

Escuela de Ingeniería Civil de la FCEIA Centro Universitario Rosario de Investigaciones Hidroambientales (CURIHAM)

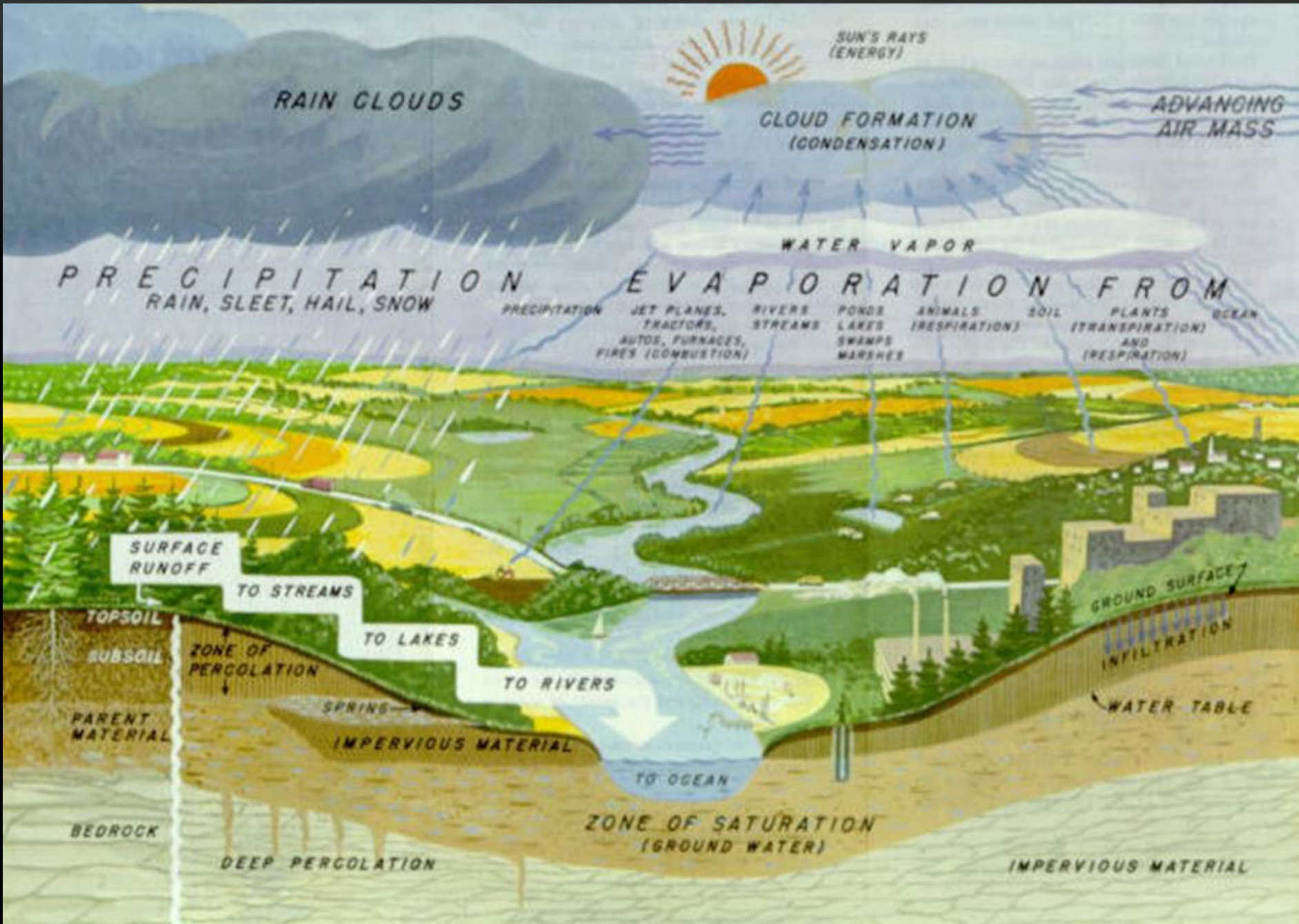
Seminario: Conductividad hidráulica saturada: su estimación y variabilidad. Influencia de la escala y de la organización espacial de esta propiedad sobre el escurrimiento.

Dr. Ing. Agr. Mario G. Castiglioni
Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos
Facultad de Agronomía (UBA)

6/11/2018

CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA

- ✓ Formas de determinación y estimación
- ✓ Factores que afectan su variabilidad
- ✓ Efecto de los cambios de escala
- ✓ Estructura espacial y consecuencias sobre el escurrimiento



SUN'S RAYS (ENERGY)

RAIN CLOUDS

CLOUD FORMATION (CONDENSATION)

ADVANCING AIR MASS

WATER VAPOR

PRECIPITATION
RAIN, SLEET, HAIL, SNOW

EVAPORATION FROM

PRECIPITATION JET PLANES, TRACTORS, AUTOS, FURNACES, FIRES (COMBUSTION) RIVERS, STREAMS PONDS, LAKES, SWAMPS, MARSHES ANIMALS (RESPIRATION) SOIL (TRANSPIRATION) AND PLANTS (RESPIRATION) OCEAN

SURFACE RUNOFF

TO STREAMS

TO LAKES

TO RIVERS

TO OCEAN

GROUND SURFACE

INFILTRATION

WATER TABLE

TOPSOIL
SUBSOIL
PARENT MATERIAL
BEDROCK

ZONE OF PERCOLATION

SPRINGS

IMPERVIOUS MATERIAL

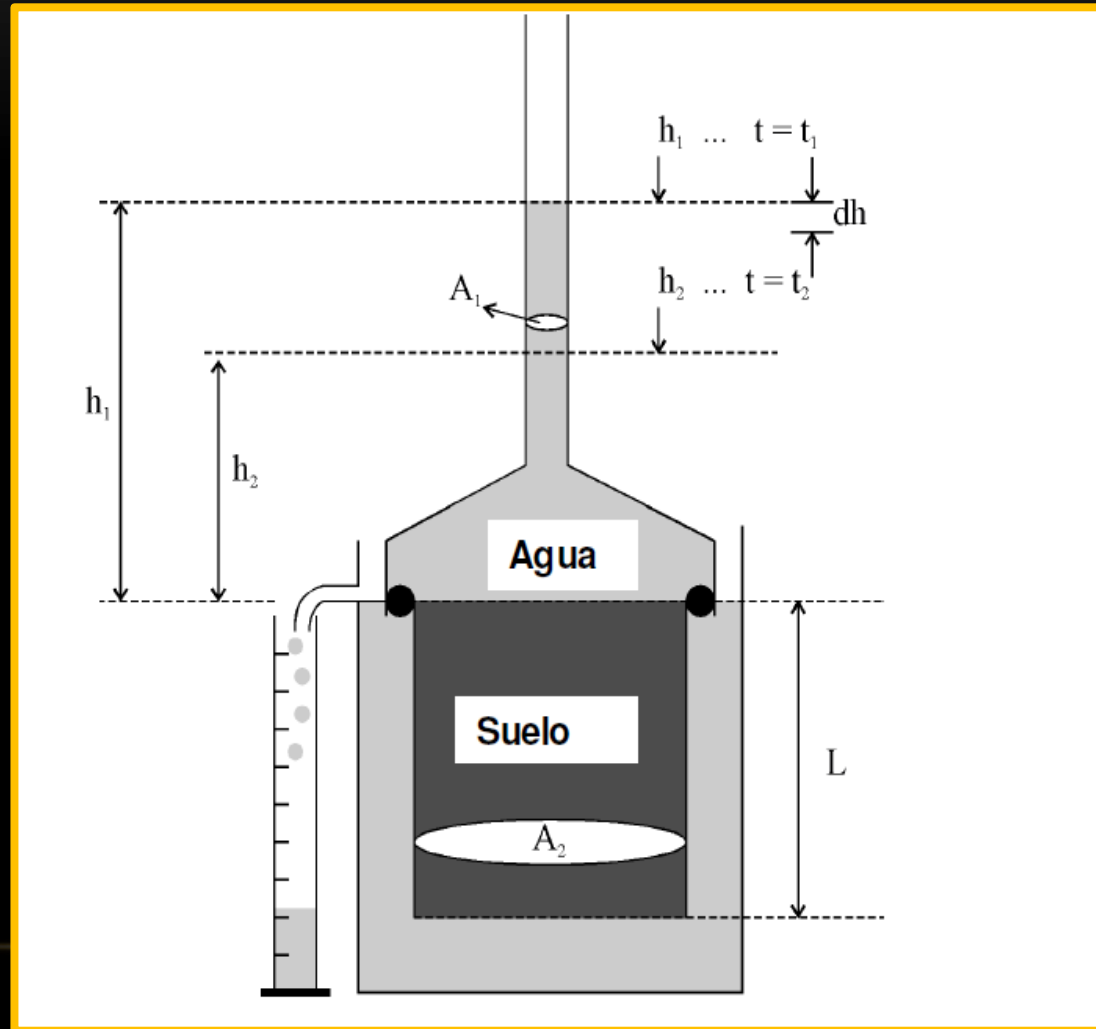
ZONE OF SATURATION (GROUND WATER)

IMPERVIOUS MATERIAL

DEEP PERCOLATION

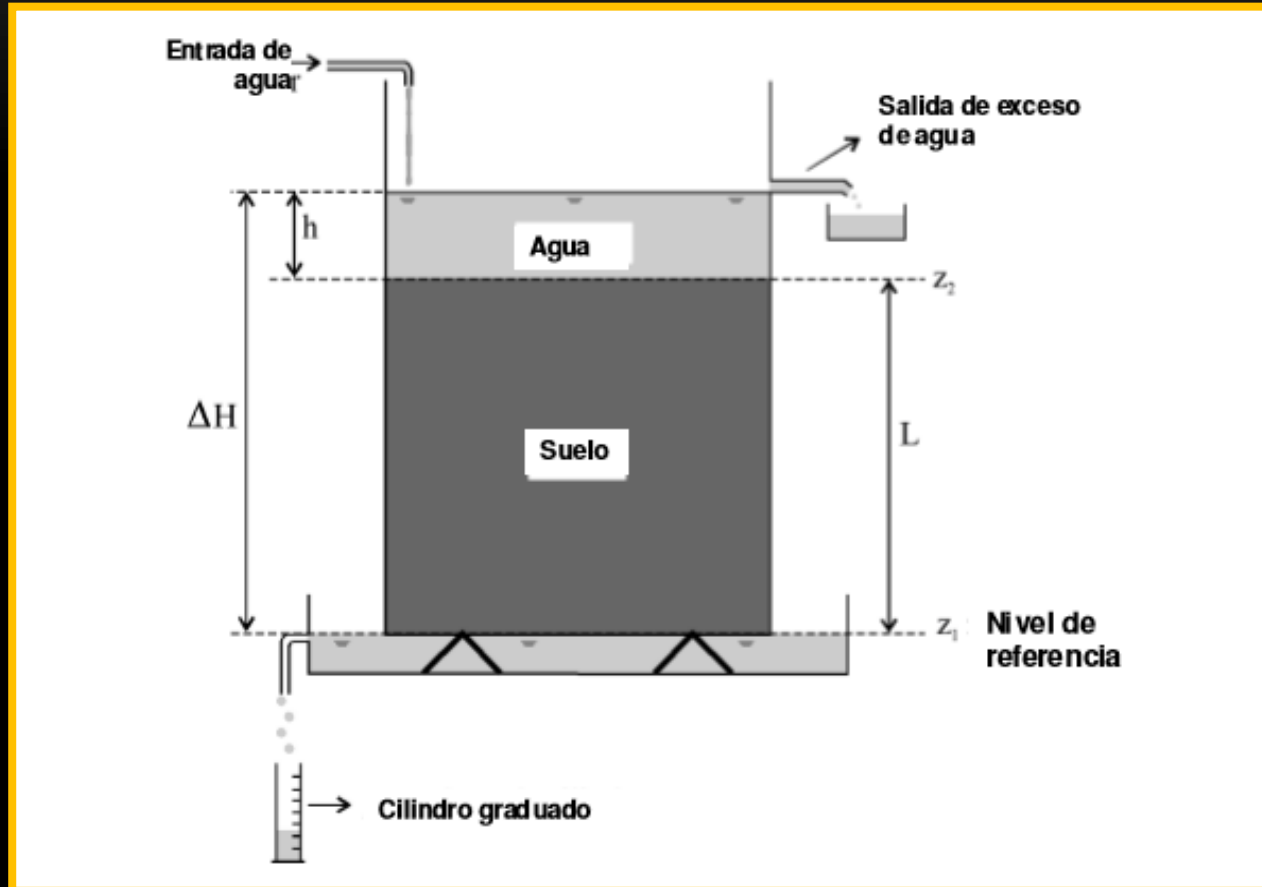
FORMAS DE DETERMINACIÓN

LABORATORIO



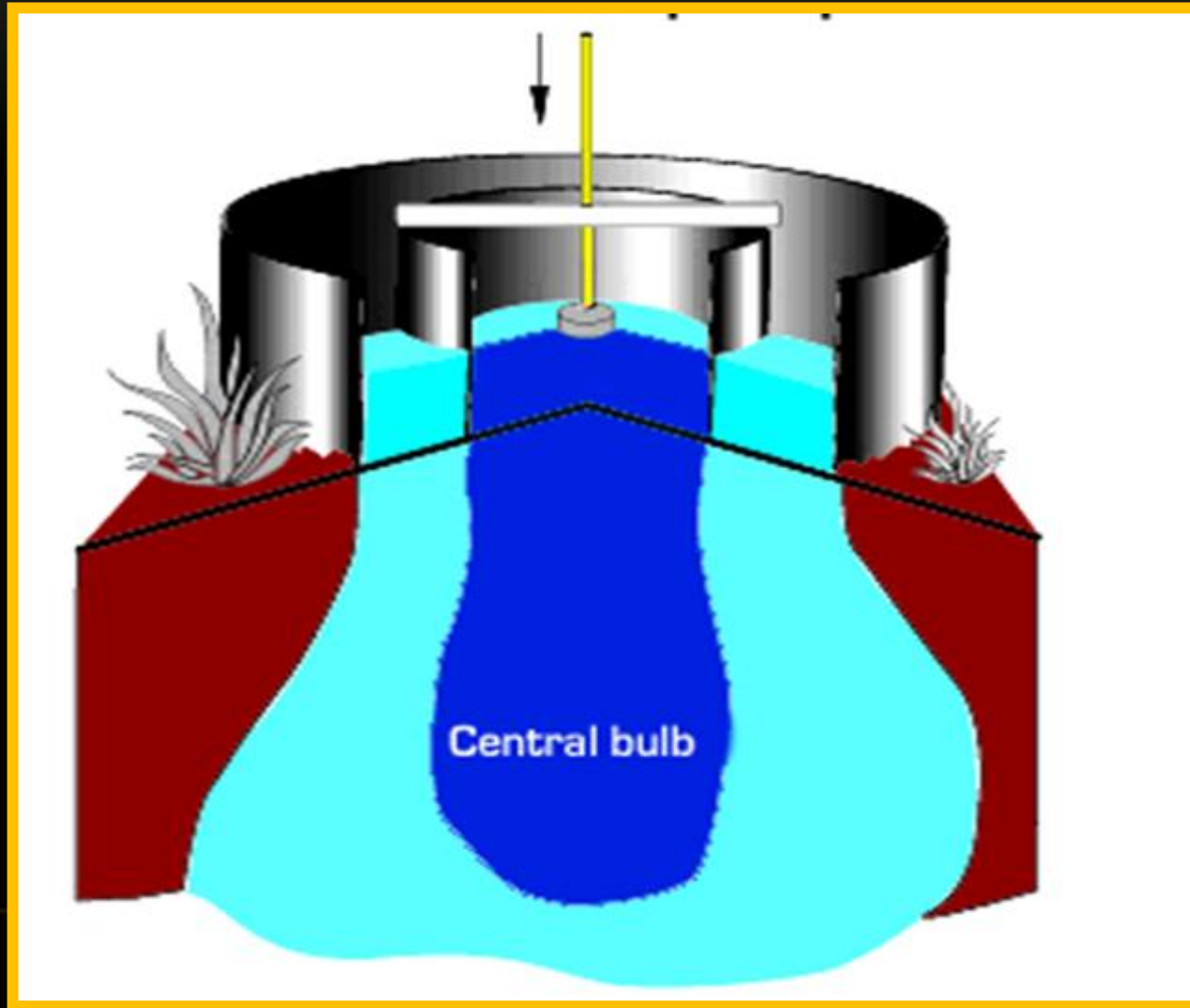
Carga variable

Carga constante

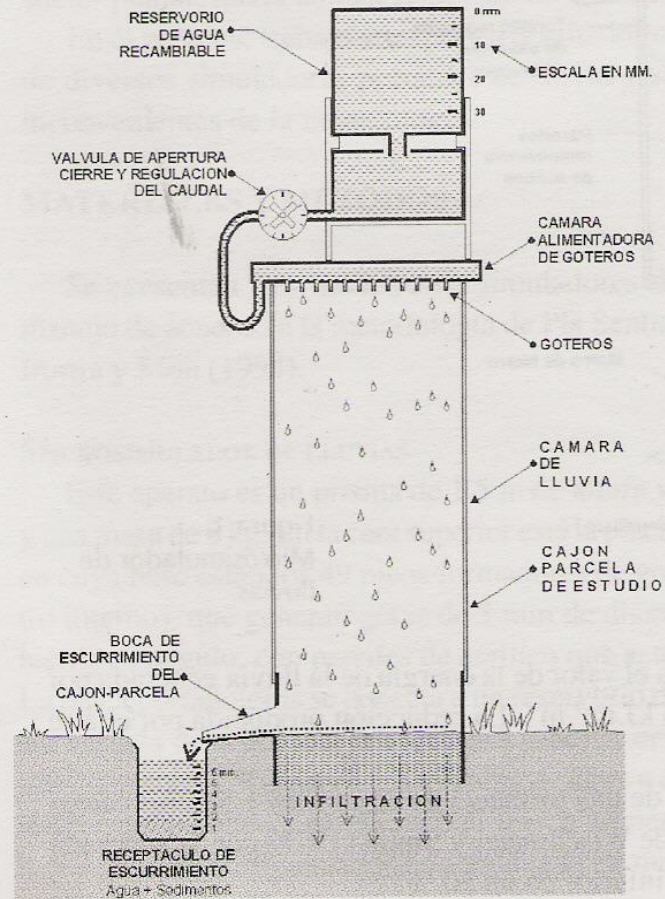


DETERMINACIONES A CAMPO

DOBLE ANILLO

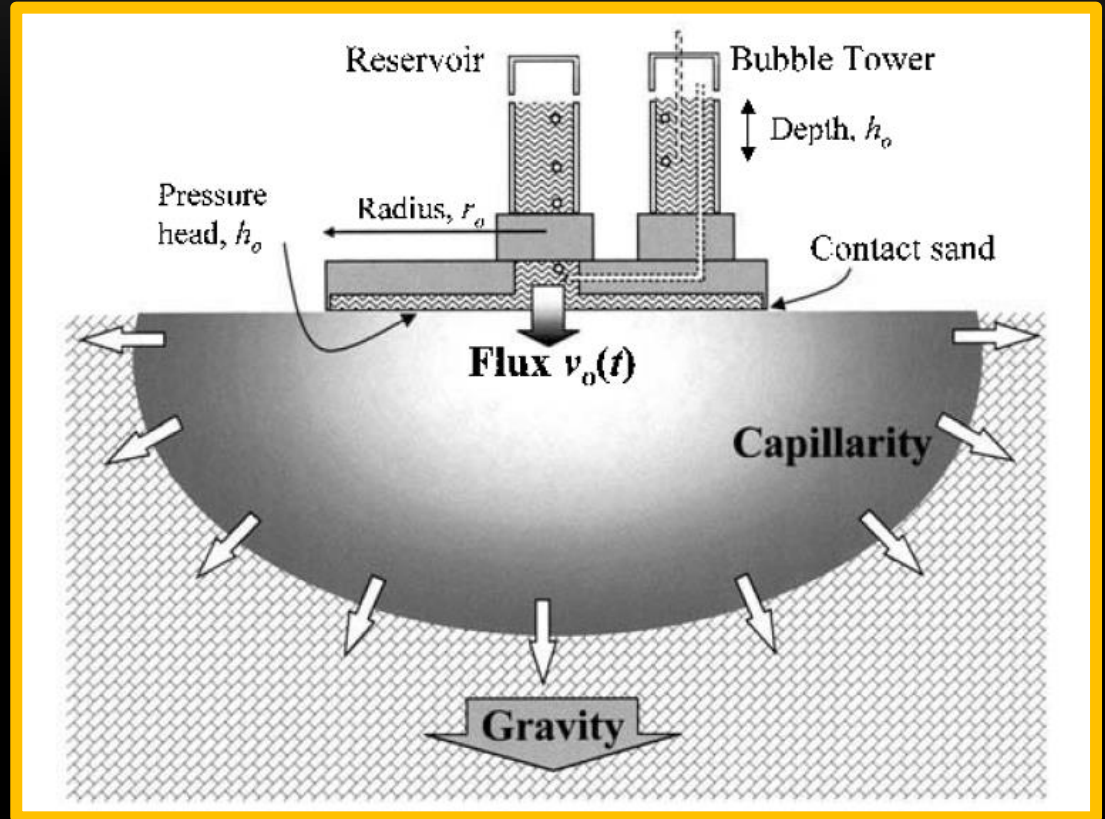


SIMULADOR DE LLUVIA



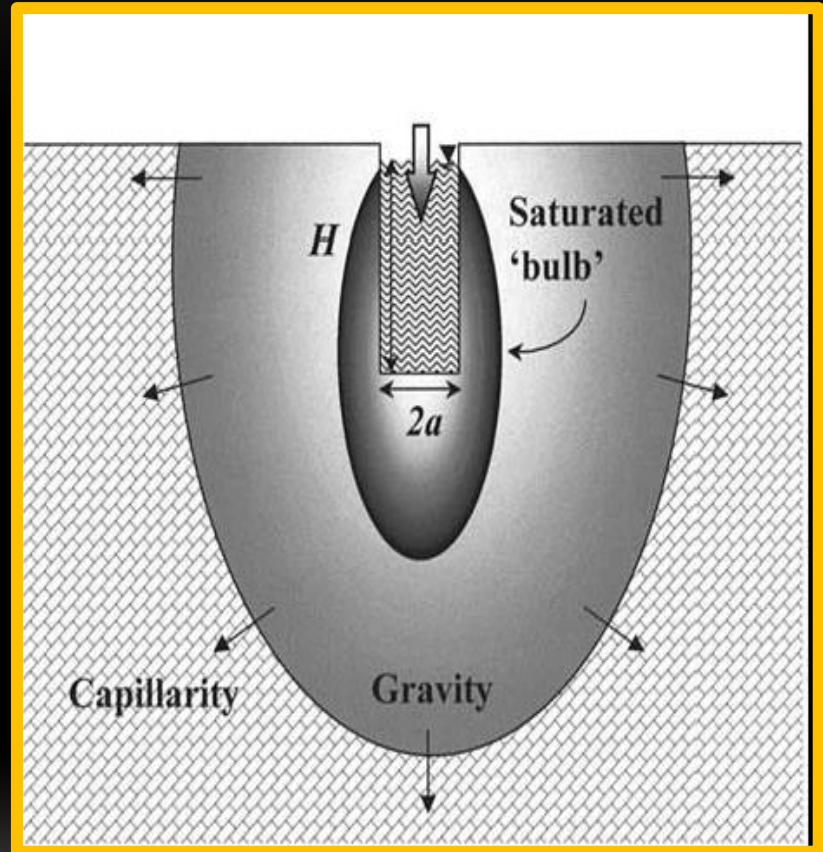
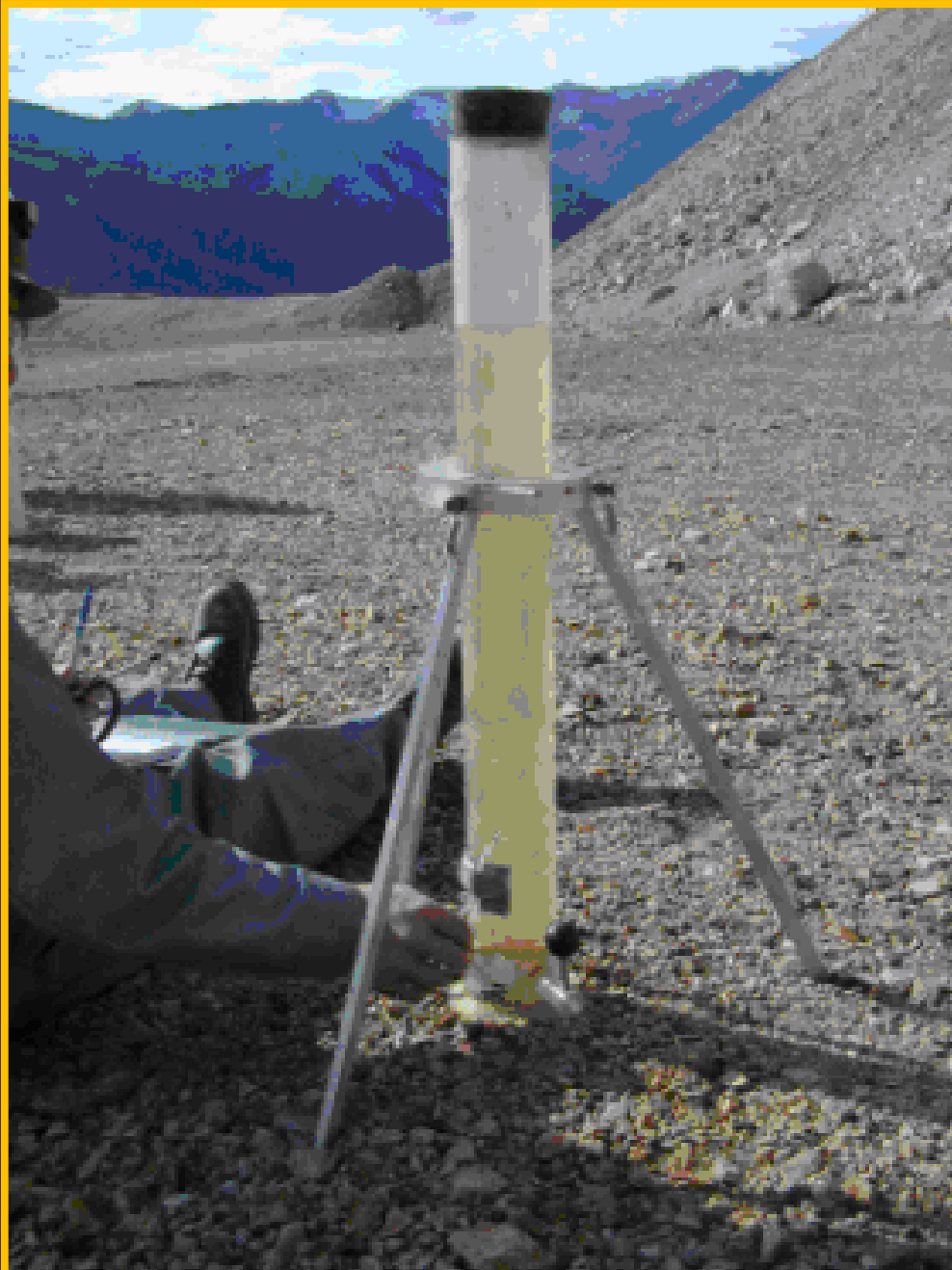
Irurtia y Mon 2004

PERMEÁMETRO DE DISCO



Clothier 2000

PERMEÁMETRO DE GUELPH

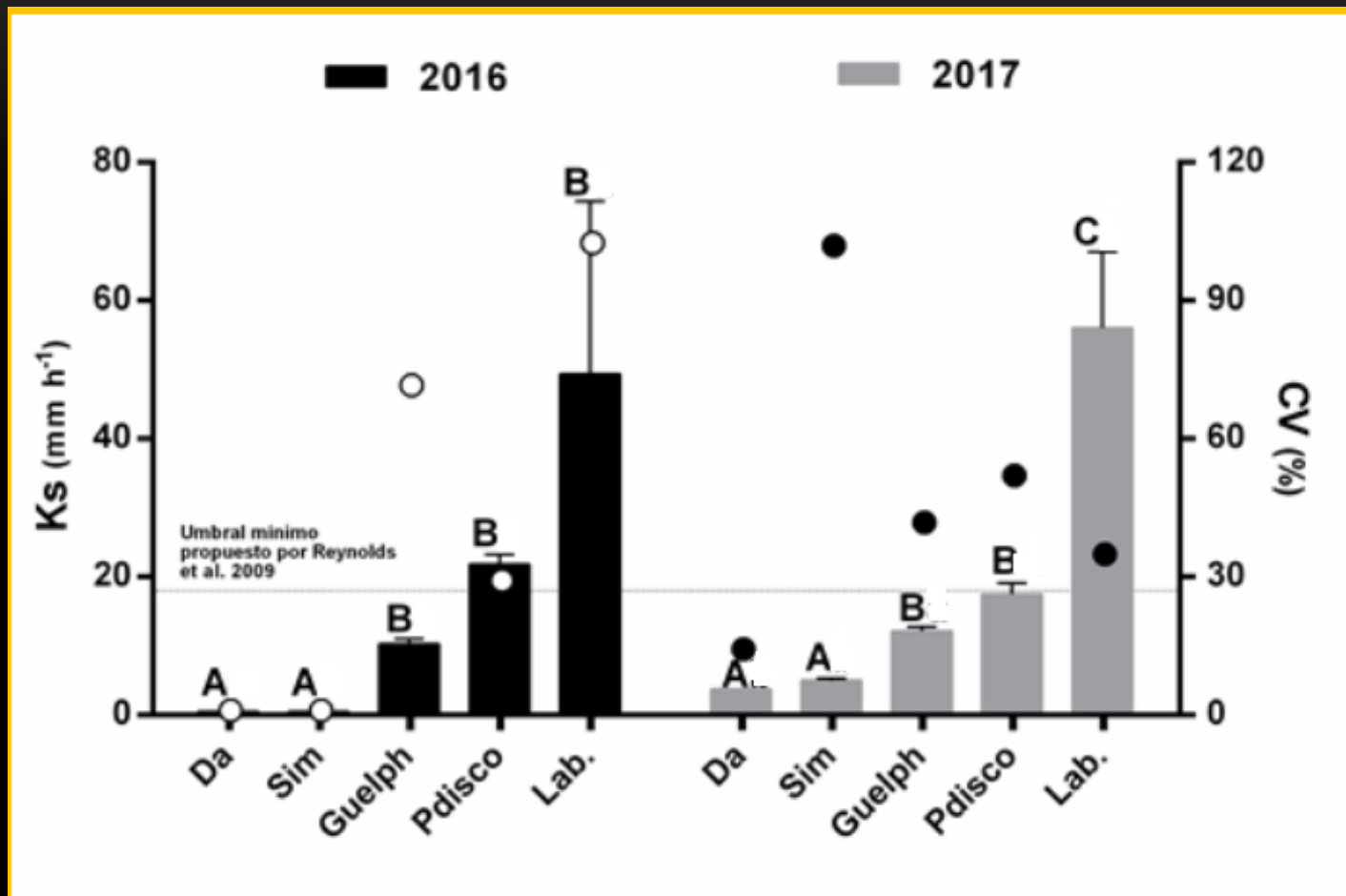


Clothier 2000

DIFERENCIAS ENTRE LAS DISTINTAS TÉCNICAS

- ✓ Grado de disrupción provocado en el suelo
 - ✓ Profundidad sobre la que se trabaja
 - ✓ Flujo de agua vertical o tridimensional
 - ✓ Forma de aplicación del agua: lluvia, lámina de agua sobre la superficie del suelo, tensión
 - ✓ Consumo de agua
 - ✓ Tiempo necesario para la determinación de K_s
 - ✓ Distintas formas de estimación: flujo variable, flujo estacionario, etc.
-

VALORES MEDIOS DE Ks



Da: doble anillo; Sim: simulador de lluvia; Guelph: permeámetro de Guelph; Pdisco: permeámetro de disco; Lab: método de laboratorio. Letras mayúsculas distintas para cada año: diferencias estadísticas significativas del Ln Ks entre técnicas ($p < 0,05$).

COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENTRE TRES METODOLOGÍAS PARA DETERMINAR LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA

Method	Annual conventional tillage (CT)				Annual no-tillage (NT)				Native woodlot (WL)						
	<i>N</i> †	K_{GM}	K_{MAX}	K_{MIN}	CV	<i>N</i>	K_{GM}	K_{MAX}	K_{MIN}	CV	<i>N</i>	K_{GM}	K_{MAX}	K_{MIN}	CV
		×10 ⁻⁵ m s ⁻¹			%		×10 ⁻⁵ m s ⁻¹			%		×10 ⁻⁵ m s ⁻¹			%
Fox sand															
TI	11	3.13b‡	6.83	1.27	59.6	12	2.57b	5.31	1.18	47.3	11	2.11b	6.18	0.98	53.1
PI	12	9.46a	17.85	3.10	51.1	12	5.36a	9.93	1.61	58.1	12	21.67a	38.95	7.12	57.8
SC	12	7.97a	16.50	3.81	48.6	11	8.14a	38.70	3.32	73.7	12	21.59a	59.30	4.49	95.5
Guelph loam															
TI	10	1.56a	7.74	0.18	163.9	10	4.20a	15.98	2.39	68.2	8	4.51b	9.98	0.81	97.4
PI	9	1.48a	4.39	0.26	101.8	10	6.90a	15.69	1.74	79.5	10	23.80a	81.59	12.20	63.8
SC	8	1.15a	6.57	0.15	218.6	9	3.38a	34.30	0.18	344.9	10	32.38a	88.20	8.56	84.3
Brookston clay loam															
TI	9	1.03a	2.14	0.59	44.5	8	2.33ab	5.10	0.95	62.8	9	6.31b	12.27	1.96	83.5
PI	8	0.132ab	1.08	0.019	362.4	9	1.89b	126.25	0.028	5058.2	10	7.22b	18.30	3.57	53.3
SC	7	0.0252b	4.34	x§	1.4E5	9	13.63a	68.70	1.46	206.6	9	25.19a	78.20	10.80	81.0

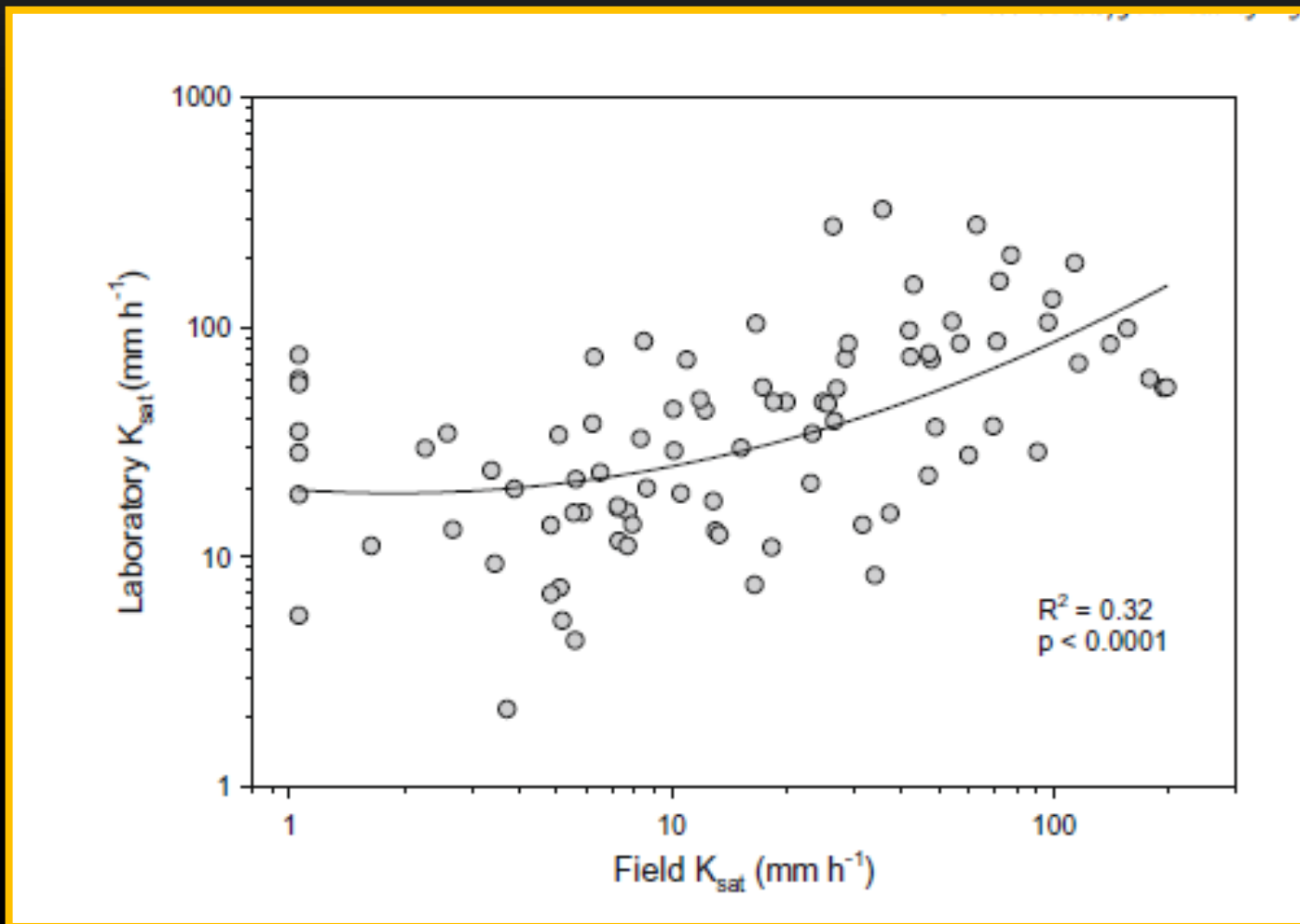
† Number of measurements.

‡ Mean values within a column and soil type followed by the same letter are not significantly different at $P < 0.05$.

§ Minimum value = $2.41 \times 10^{-9} \text{ ms}^{-1}$.

TI: infiltrómetro de tensión, PI: infiltrómetro de presión, SC: laboratorio con cilindro

RELACIÓN ENTRE LOS RESULTADOS DE K_s MEDIDOS A CAMPO Y EN LABORATORIO



PARÁMETROS DEL MODELO DE INFILTRACIÓN DE GREEN AMPT PARA SUELOS CON DIFERENTE TEXTURA

Clase de suelo	Porosidad η	Porosidad efectiva θ_e	Cabeza de succión del suelo en el frente de mojado ψ (cm)	Conductividad hidráulica K (cm/h)
Arena	0.437 (0.374–0.500)	0.417 (0.354–0.480)	4.95 (0.97–25.36)	11.78
Arena margosa	0.437 (0.363–0.506)	0.401 (0.329–0.473)	6.13 (1.35–27.94)	2.99
Marga arenosa	0.453 (0.351–0.555)	0.412 (0.283–0.541)	11.01 (2.67–45.47)	1.09
Marga	0.463 (0.375–0.551)	0.434 (0.334–0.534)	8.89 (1.33–59.38)	0.34
Marga limosa	0.501 (0.420–0.582)	0.486 (0.394–0.578)	16.68 (2.92–95.39)	0.65
Marga arenoarcillosa	0.398 (0.332–0.464)	0.330 (0.235–0.425)	21.85 (4.42–108.0)	0.15
Marga arcillosa	0.464 (0.409–0.519)	0.309 (0.279–0.501)	20.88 (4.79–91.10)	0.10
Marga limo–arcillosa	0.471 (0.418–0.524)	0.432 (0.347–0.517)	27.30 (5.67–131.50)	0.10
Arcilla arenosa	0.430 (0.370–0.490)	0.321 (0.207–0.435)	23.90 (4.08–140.2)	0.06
Arcilla limosa	0.479 (0.425–0.533)	0.423 (0.334–0.512)	29.22 (6.13–139.4)	0.05
Arcilla	0.475 (0.427–0.523)	0.385 (0.269–0.501)	31.63 (6.39–156.5)	0.03

Los números entre paréntesis debajo de cada parámetro son una desviación estándar alrededor del valor del parámetro dado. *Fuente:* Rawls, Brakensiek y Miller, 1983.

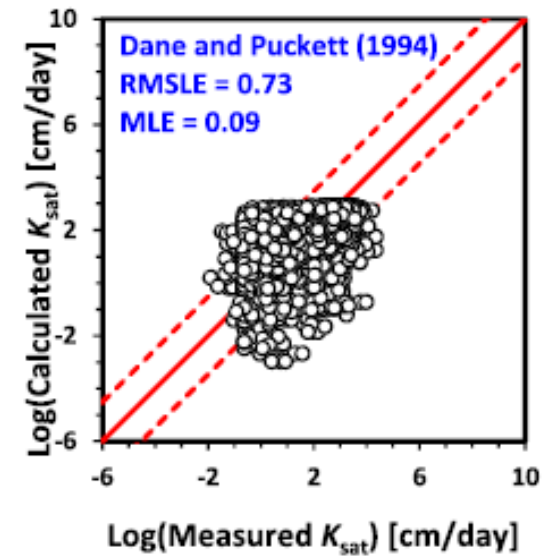
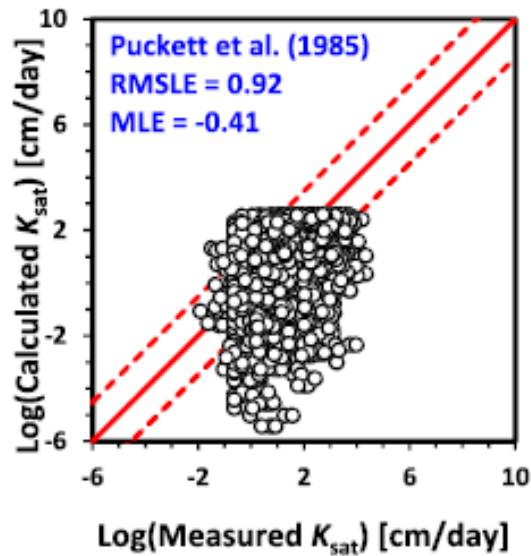
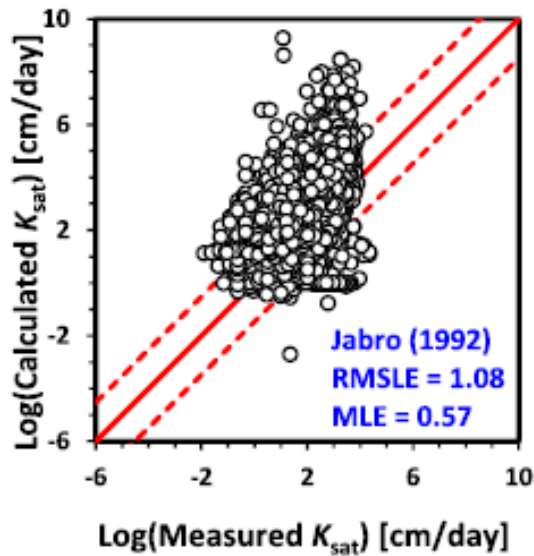
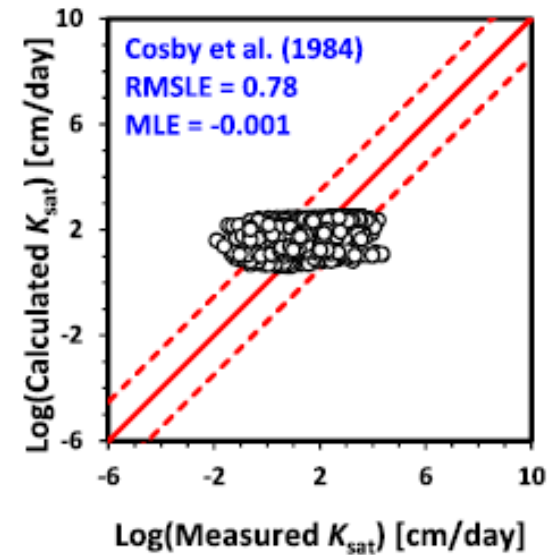
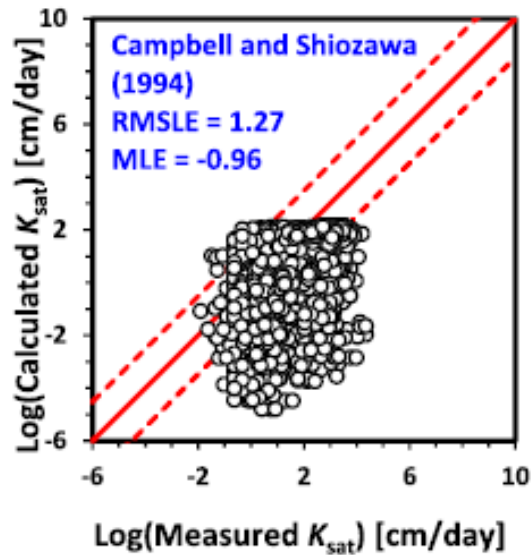
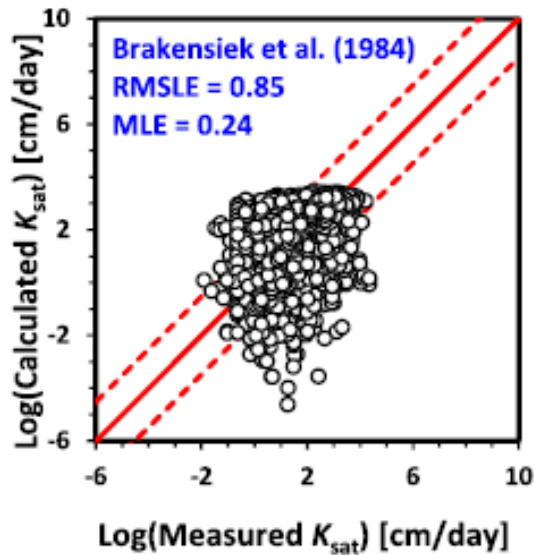
ECUACIONES DE EDAFOTRANSFERENCIA PARA ESTIMAR K_s

Reference	K_{sat} (cm/day) model*
Brakensiek et al. (1984)	$K_{sat} = 24 \exp[19.52348\phi - 8.96847 - 0.028212Cl + 0.00018107Sa^2 - 0.0094125Cl^2 - 8.395215\phi^2 + 0.077718\phi Sa - 0.00298\phi^2 Sa^2 - 0.019492\phi^2 Cl^2 + 0.0000173Sa^2 Cl + 0.02733\phi Cl^2 + 0.001434\phi Sa^2 - 0.0000035Cl^2 Sa]$
Campbell and Shiozawa (1994)	$K_{sat} = 129.6 \exp(-0.07Si - 0.167Cl)$
Cosby et al. (1984)	$K_{sat} = 60.96 \times 10^{(-0.6 + 0.01365Sa - 0.0064Cl)}$
Jabro (1992)	$K_{sat} = 24 \times [9.56 - 0.81 \log(Si) - 1.09 \log(Cl) - 4.64\rho_b]$
Puckett et al. (1985)	$K_{sat} = 376.7 \exp(-0.1975Cl)$
Dane and Puckett (1994)	$K_{sat} = 729.22 \exp(-0.144Cl)$
Saxton et al. (1986)	$K_{sat} = 24 \exp(12.012 - 0.0755Sa)$

*Sa: sand (%), Si: silt (%), Cl: clay (%), ρ_b : bulk density ($g\ cm^{-3}$), and ϕ : porosity.

Ghanbarian et al. 2017

RELACIÓN ENTRE LOS VALORES DE K_s ESTIMADOS Y MEDIDOS



ESTIMACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA EFECTIVA BÁSICA EN EL MODELO DE EROSIÓN WEPP

Para contenidos de arcilla iguales o menores al 40%

$$K_b = -0.265 + 0.0086(100sand)^{1.8} + 11.46CEC^{-0.75}$$

Flanagan, Nearing 1995

Para contenidos de arcilla superiores al 40%

$$K_b = 0.0066e^{\left(\frac{2.44}{clay}\right)}$$

Flanagan, Nearing 1995

EFECTO DE LA LABRANZA Y EL ENCOSTRAMIENTO SOBRE K_b

$$K_e = K_b (CF + (1 - CF) \exp(-C_s * E_a * (1 - r_{rt}/r_{r-max})))$$

Risse et al. 1995

K_e = conductividad hidráulica efectiva para suelo descubierto (mm h^{-1})

K_b =conductividad hidráulica básica (mm h^{-1})

CF: factor de encostramiento (de 0 a 1)

C_s = estabilidad estructural ($\text{m}^2 \text{J}^{-1}$)

E_a = energía cinética de lluvia acumulada desde la última labranza (J m^{-2})

r_{rt} = rugosidad aleatoria(cm)

r_{r-max} = rugosidad aleatoria máxima (cm)

EFECTO DE LA COBERTURA Y LA LLUVIA SOBRE K_b

$$K_e = K_b (1 - SC_{ef}) + (0.0534 + 0.01179 * K_b) * P * SC_{ef}$$

Zhang et al. 1995

K_e = conductividad hidráulica efectiva (mm h^{-1})

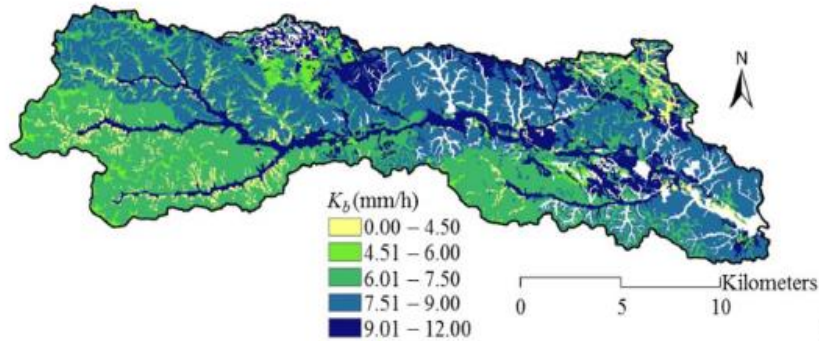
K_b =conductividad hidráulica básica (mm h^{-1})

SC_{ef} = superficie efectiva cubierta

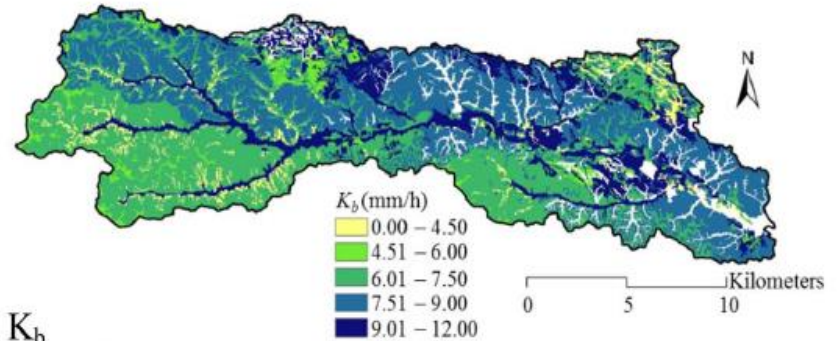
P: cantidad de lluvia (mm)

VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA K_b EN LA CUENCA

October 2007

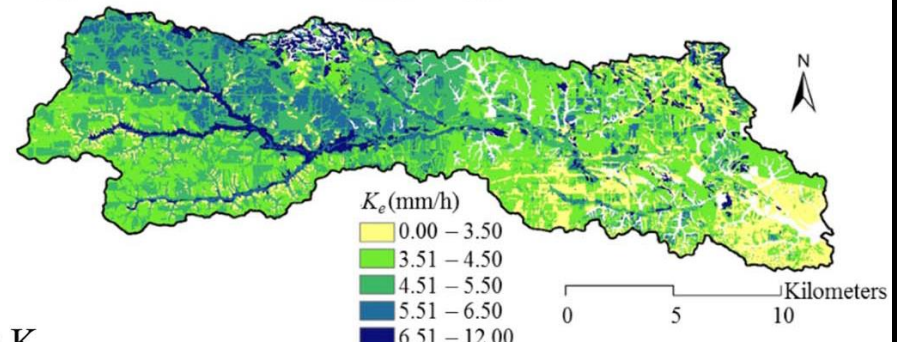
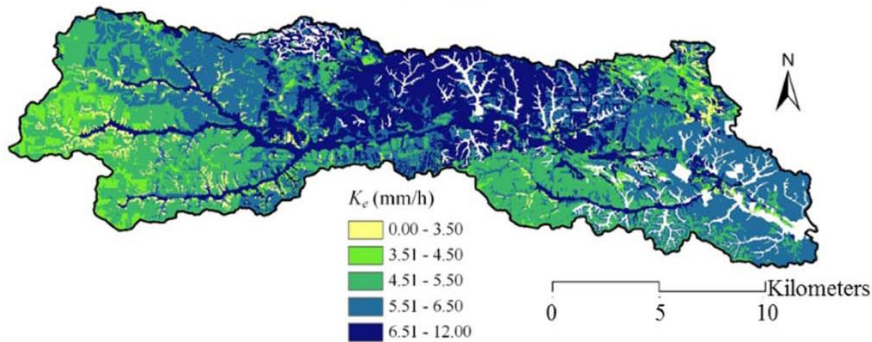


April 2008



(a) K_b

VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA K_e EN LA CUENCA



(d) K_e

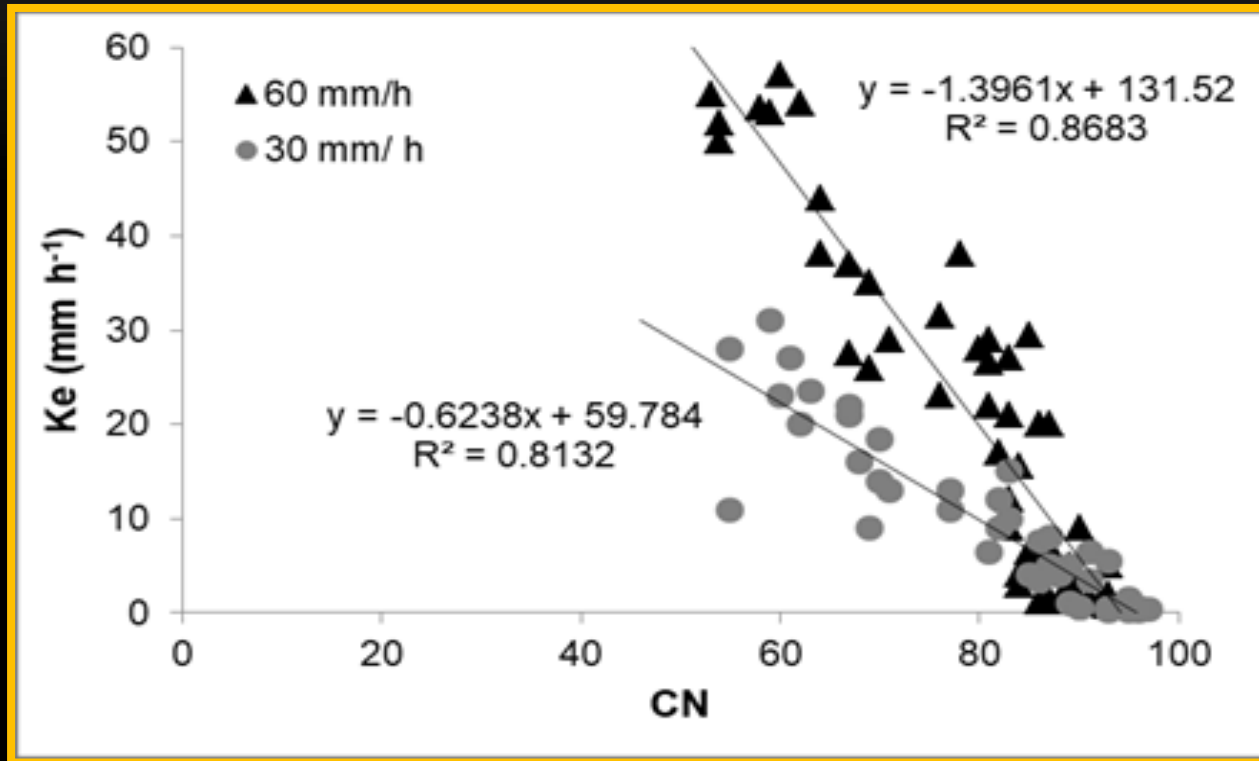
CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA EFECTIVA PARA LA CONDICIÓN BARBECHO

Hydrologic Soil Group	Formula	R2
A	$K_{ef} = 14.18$	
B	$K_{ef} = 1.17 + 0.072 \times \text{sand}$	0.95
C	$K_{ef} = 0.50 + 0.032 \times \text{sand}$	0.95
D	$K_{ef} = 0.34$	

CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA EFECTIVA PARA LA CONDICIÓN BAJO CULTIVO, CONSIDERANDO LA CURVA NÚMERO (N)

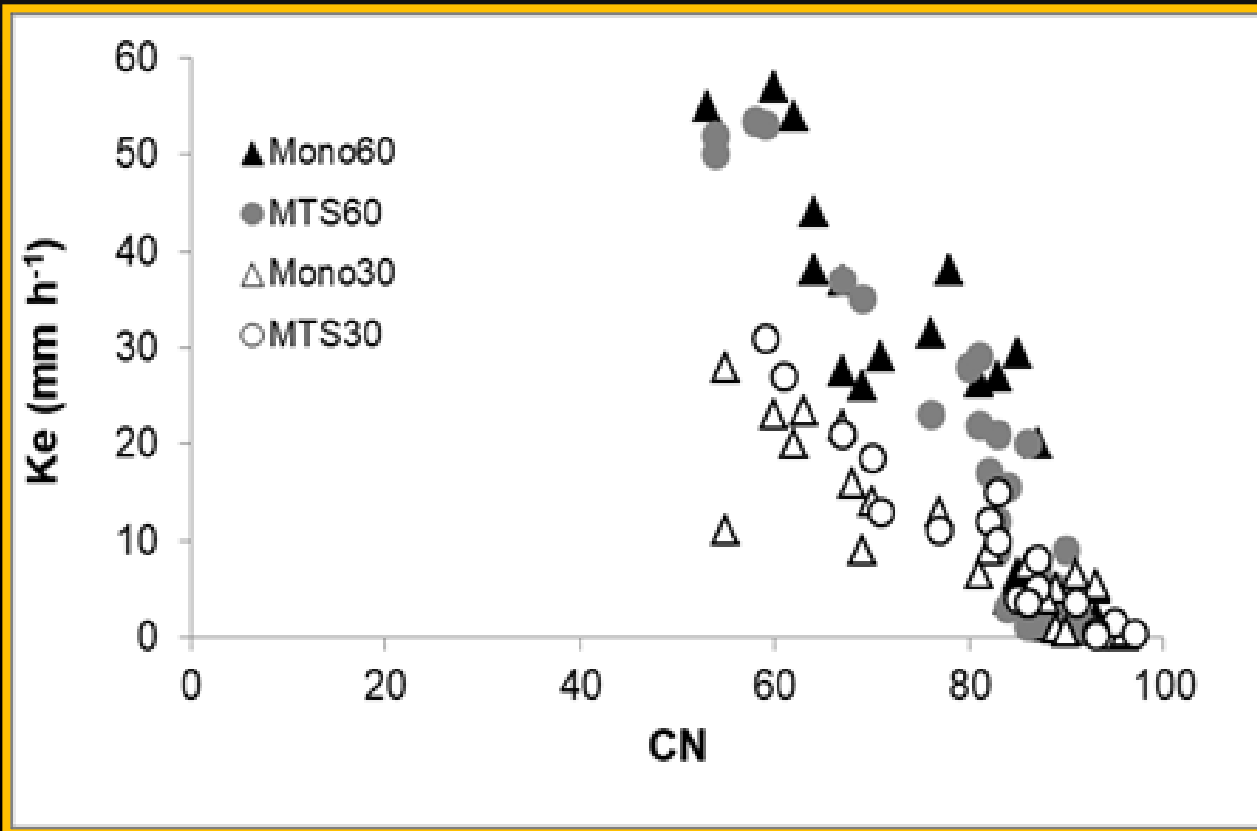
$$K_e = \frac{56.82 K_{ef}^{0.286}}{1 + 0.051 \exp(0.062N)} - 2$$

RELACIÓN ENTRE CN Y KE PARA TIERRAS CON APTITUD AGRÍCOLA, BAJO DOS INTENSIDADES DE LLUVIA.



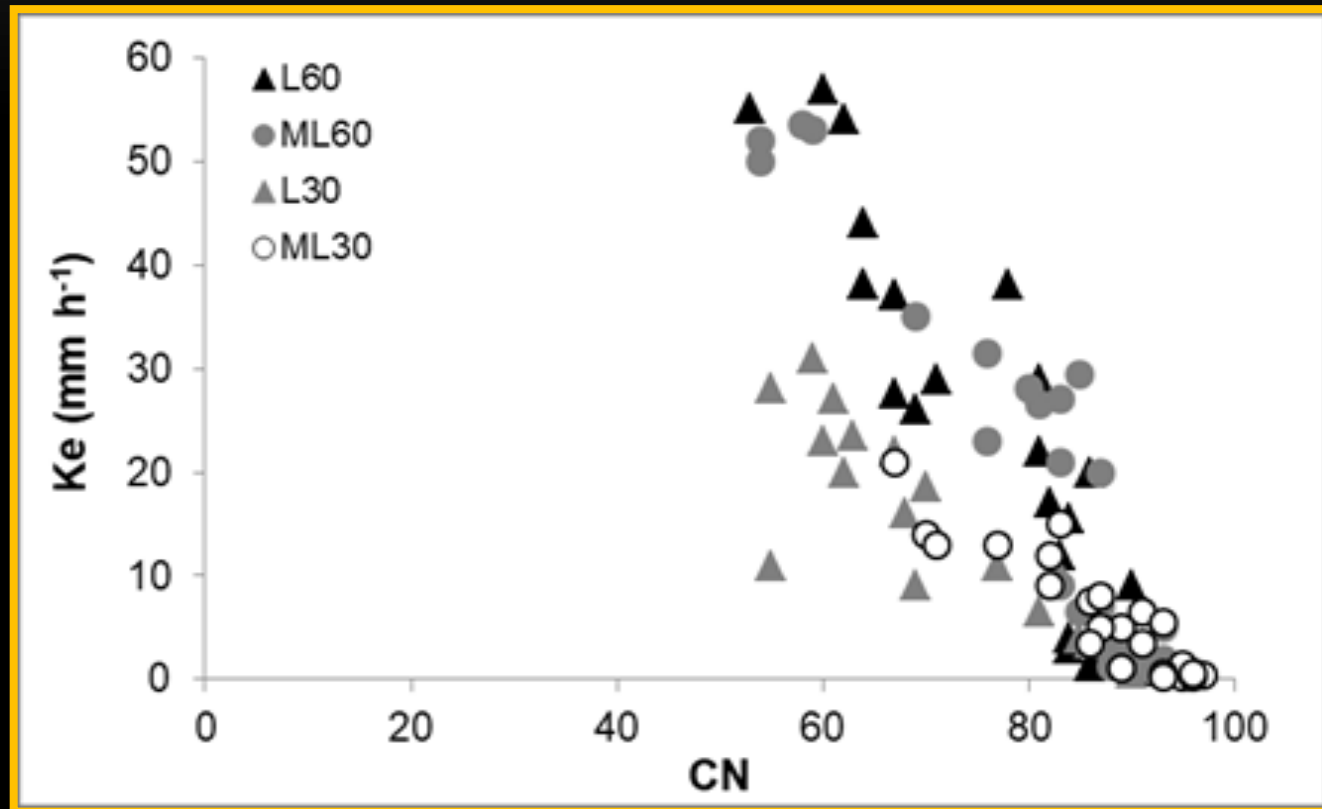
Darder et al. 2018

RELACIÓN ENTRE CN Y KE PARA TIERRAS CON APTITUD AGRÍCOLA, BAJO DOS INTENSIDADES DE LLUVIA Y DOS ROTACIONES DISTINTAS.



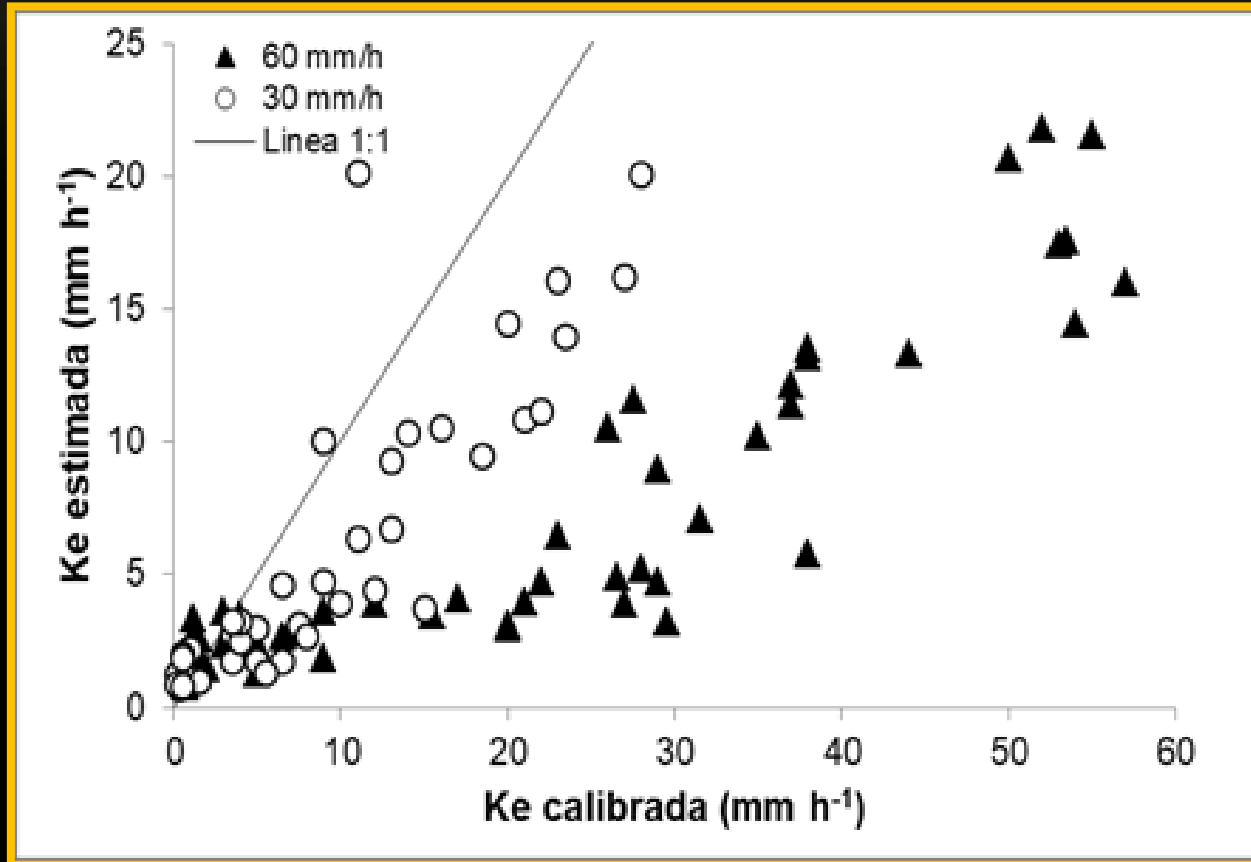
Mono: monocultivo de soja; MTS: maíz, trigo/soja

RELACIÓN ENTRE CN Y KE PARA TIERRAS CON APTITUD AGRÍCOLA, CONSIDERANDO DOS INTENSIDADES DE LLUVIA Y DOS POSICIONES EN EL PAISAJE



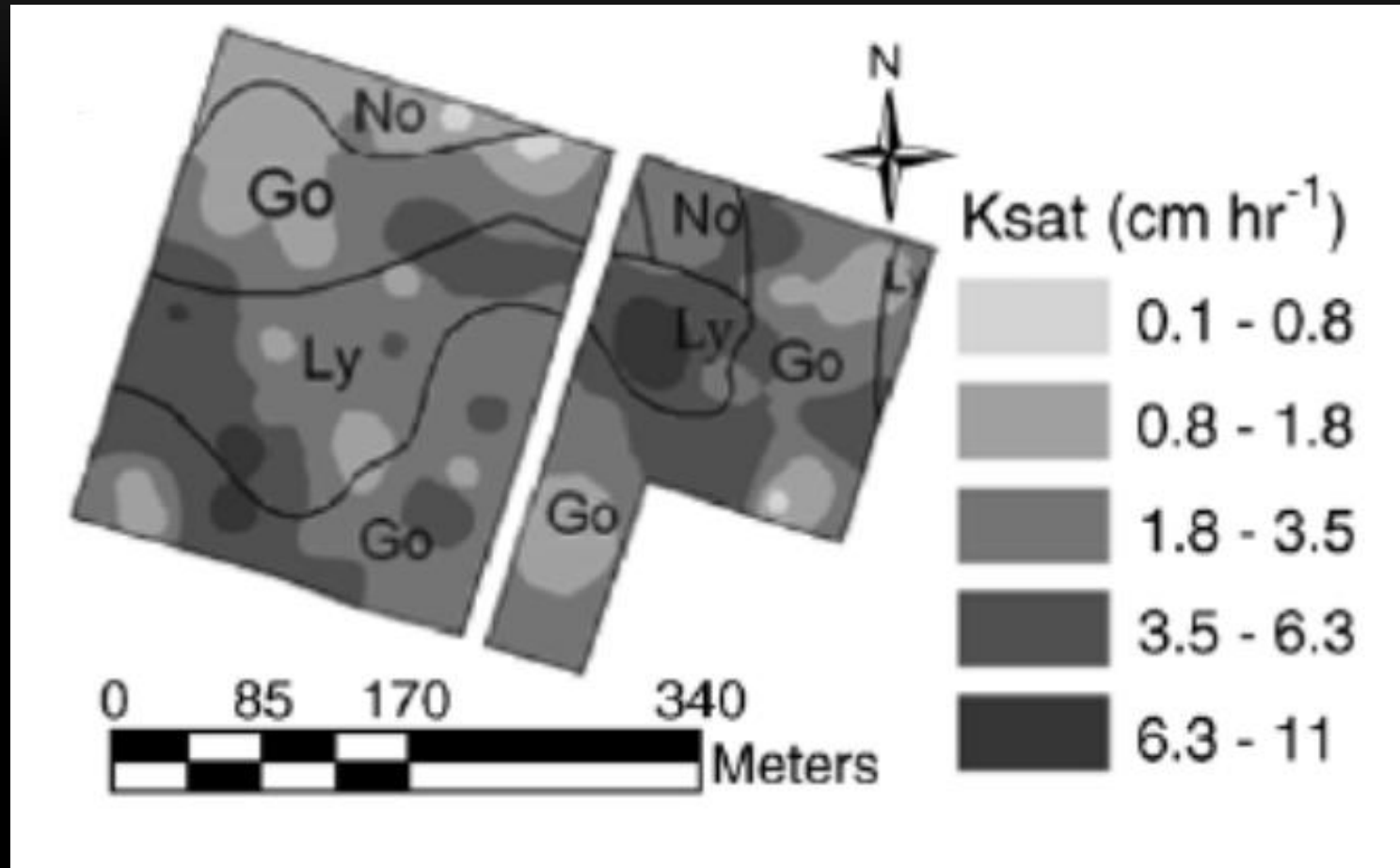
L: loma; ML: media loma

RELACIÓN ENTRE LA KE ESTIMADA DE ACUERDO A NEARING ET AL. (1996) Y LA KE CALIBRADA PARA LAS TIERRAS AGRÍCOLAS.

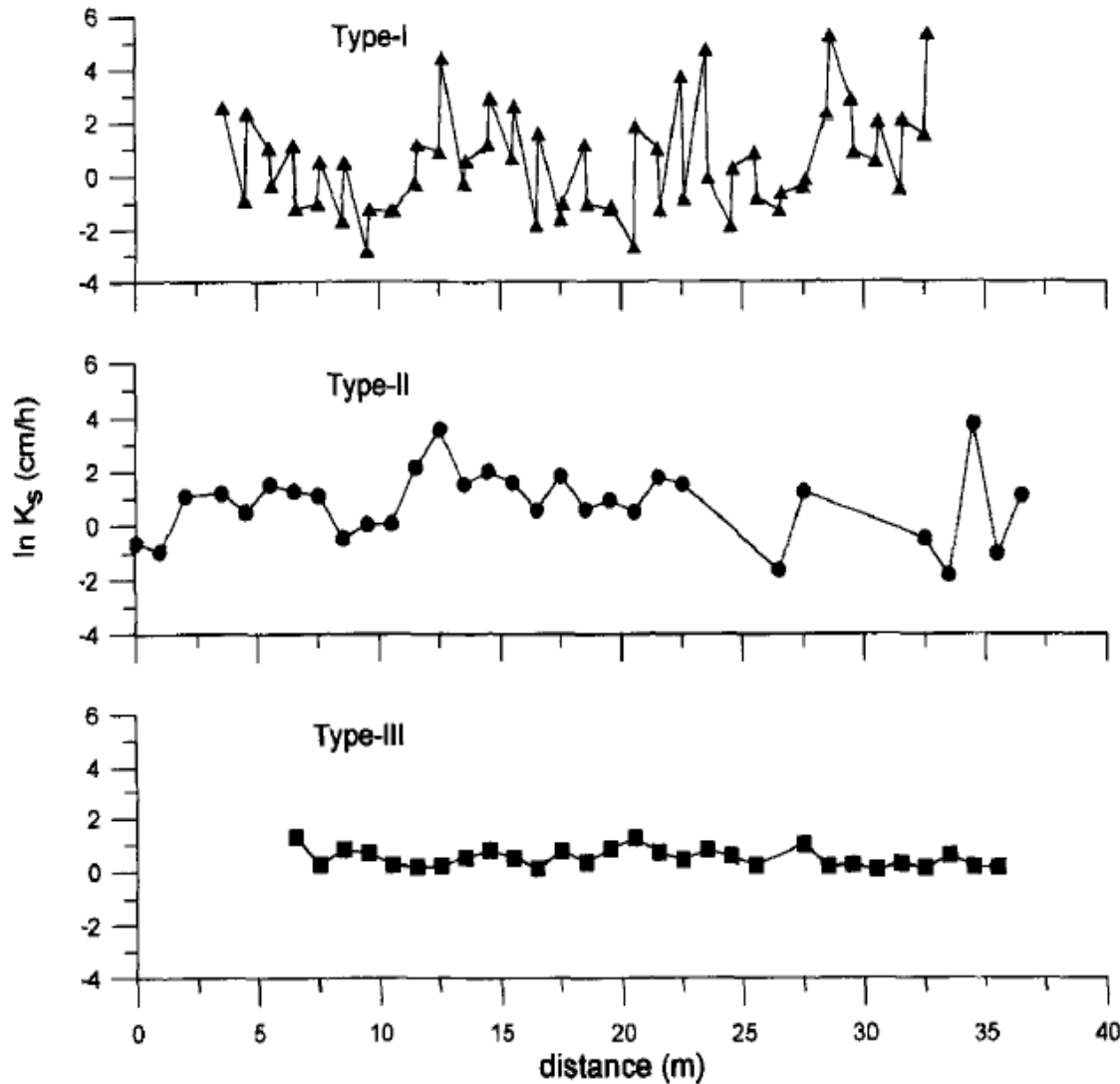


VARIABILIDAD DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA

VARIACIÓN DE LA K_s DENTRO DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO



EFECTO DEL TAMAÑO DEL SOPORTE



100 cm³
(5 cm x 5 cm)

X: 13.9 cm h⁻¹
CV: 619%

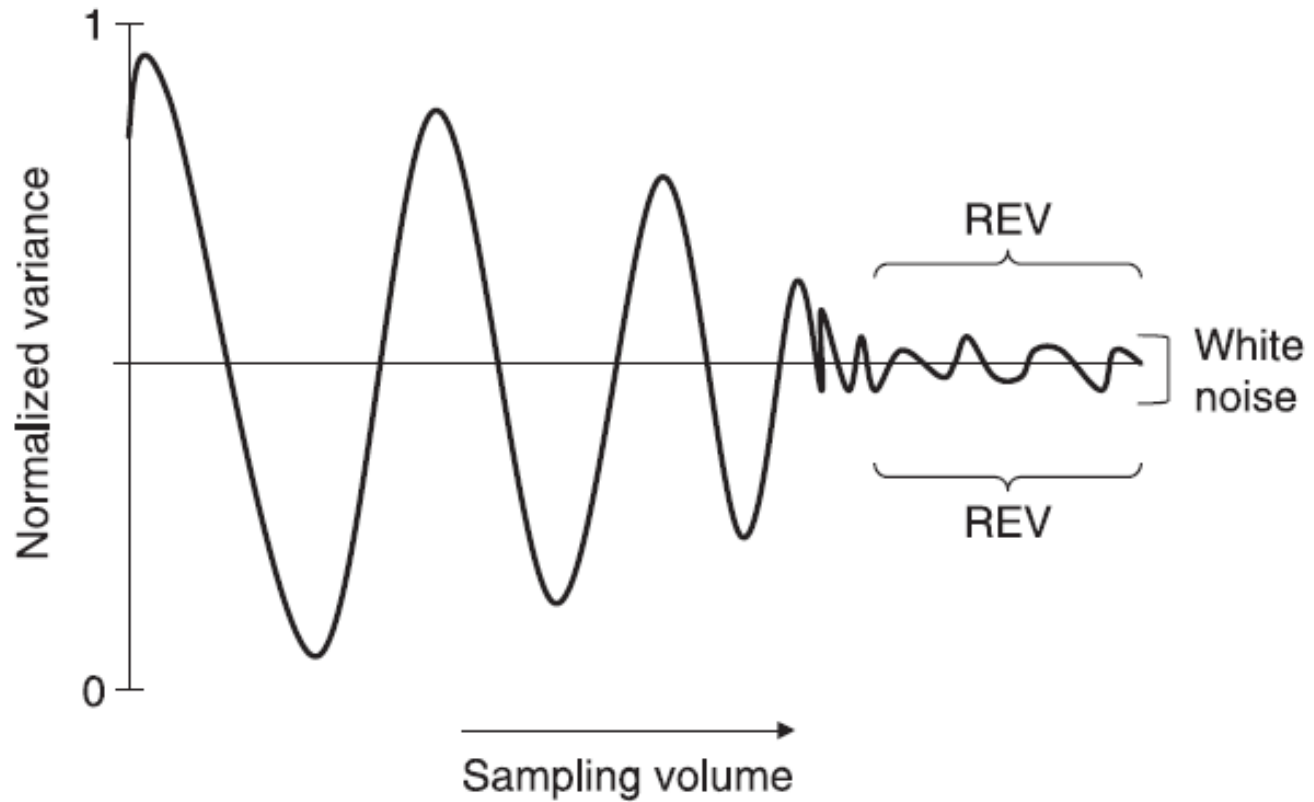
6283 cm³
(20 cm x 20 cm)

X: 5.28 cm h⁻¹
CV: 217%

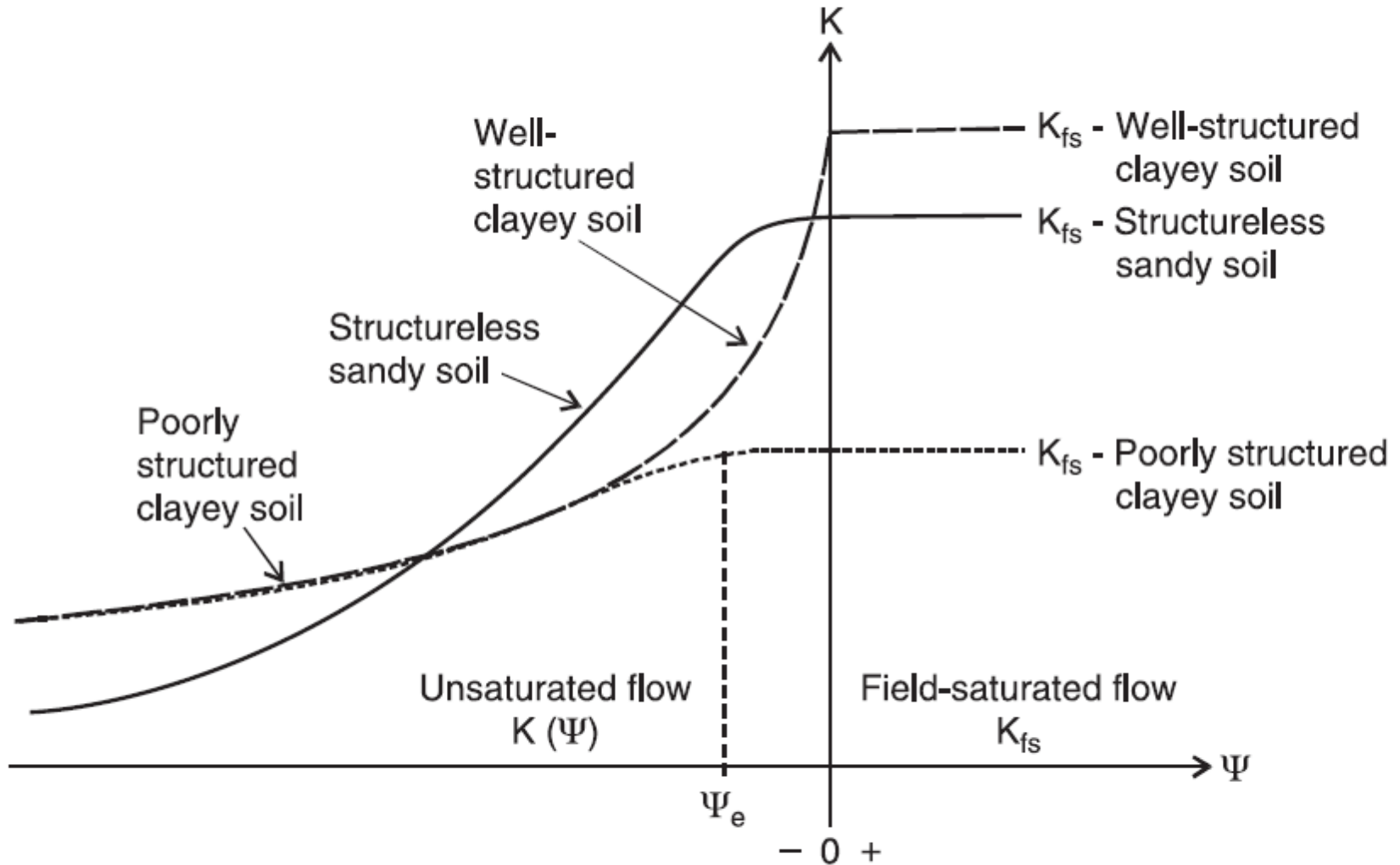
70684 cm³
(30 cm X 100 cm)

X: 0.49 cm h⁻¹
CV: 105%

REPRESENTACIÓN HIPOTÉTICA DE LA VARIANZA NORMALIZADA DE UNA PROPIEDAD FÍSICA AL AUMENTAR EL VOLUMEN DEL SOPORTE

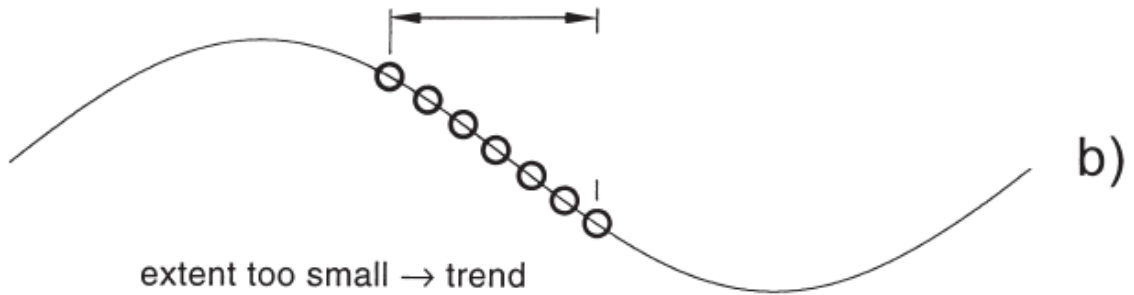
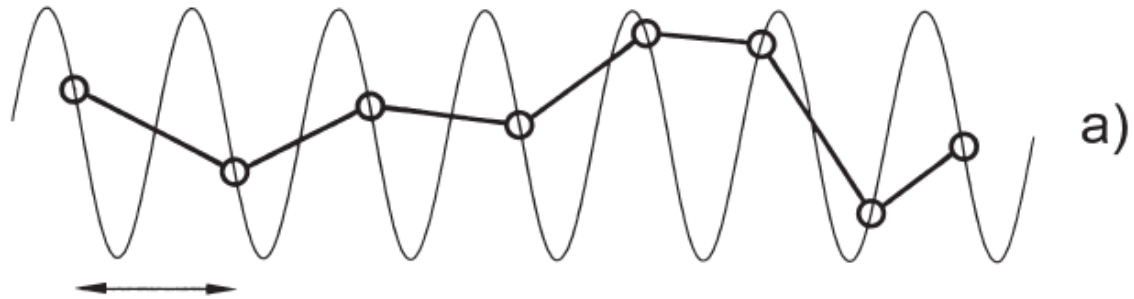


EFFECTO DEL DISTINTO TIPO DE SUELO



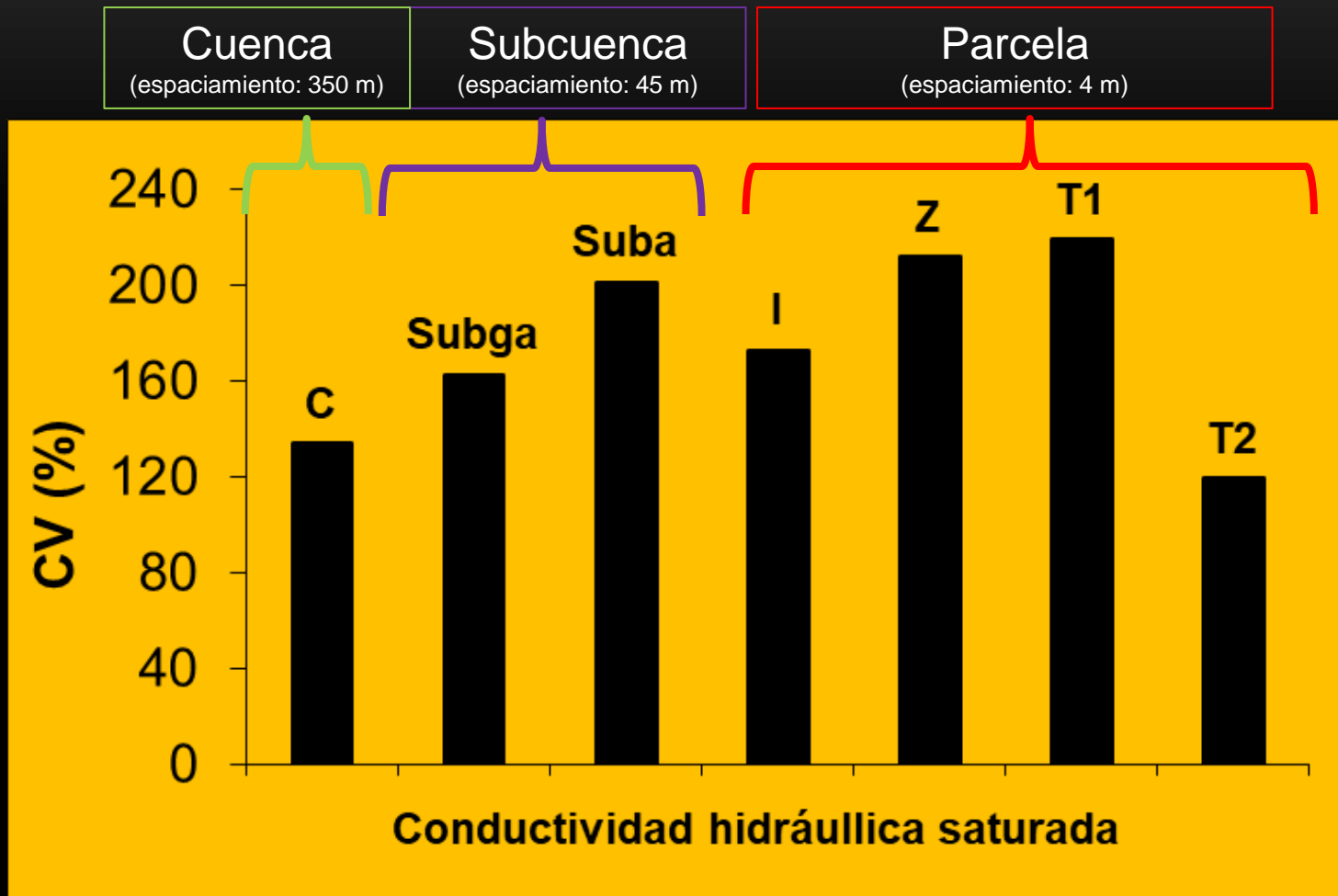
EFFECTO DE LA ESTRUCTURA DE MUESTREO

spacing too large → noise



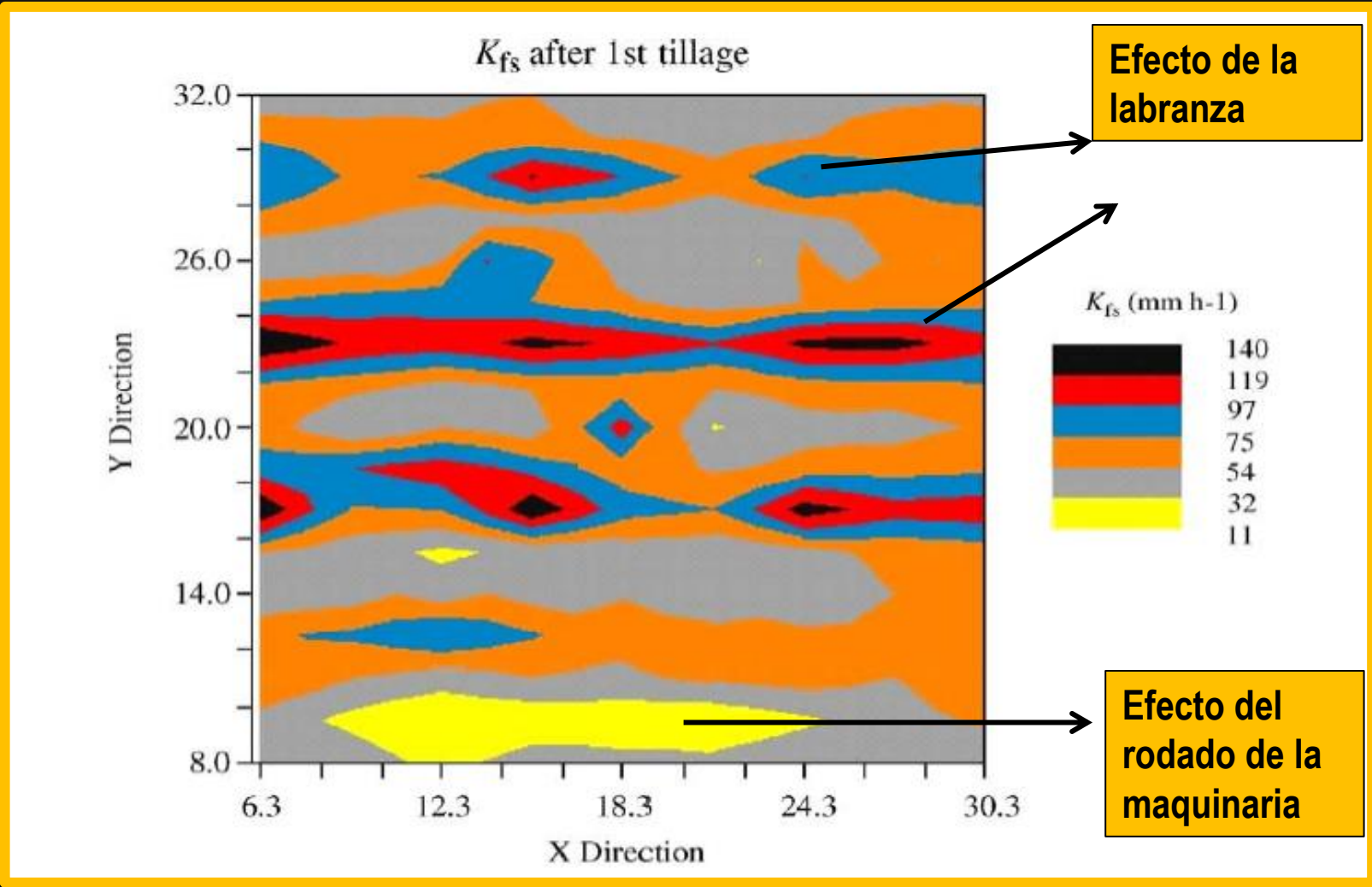
extent too small → trend

EFFECTO DE LA ESCALA

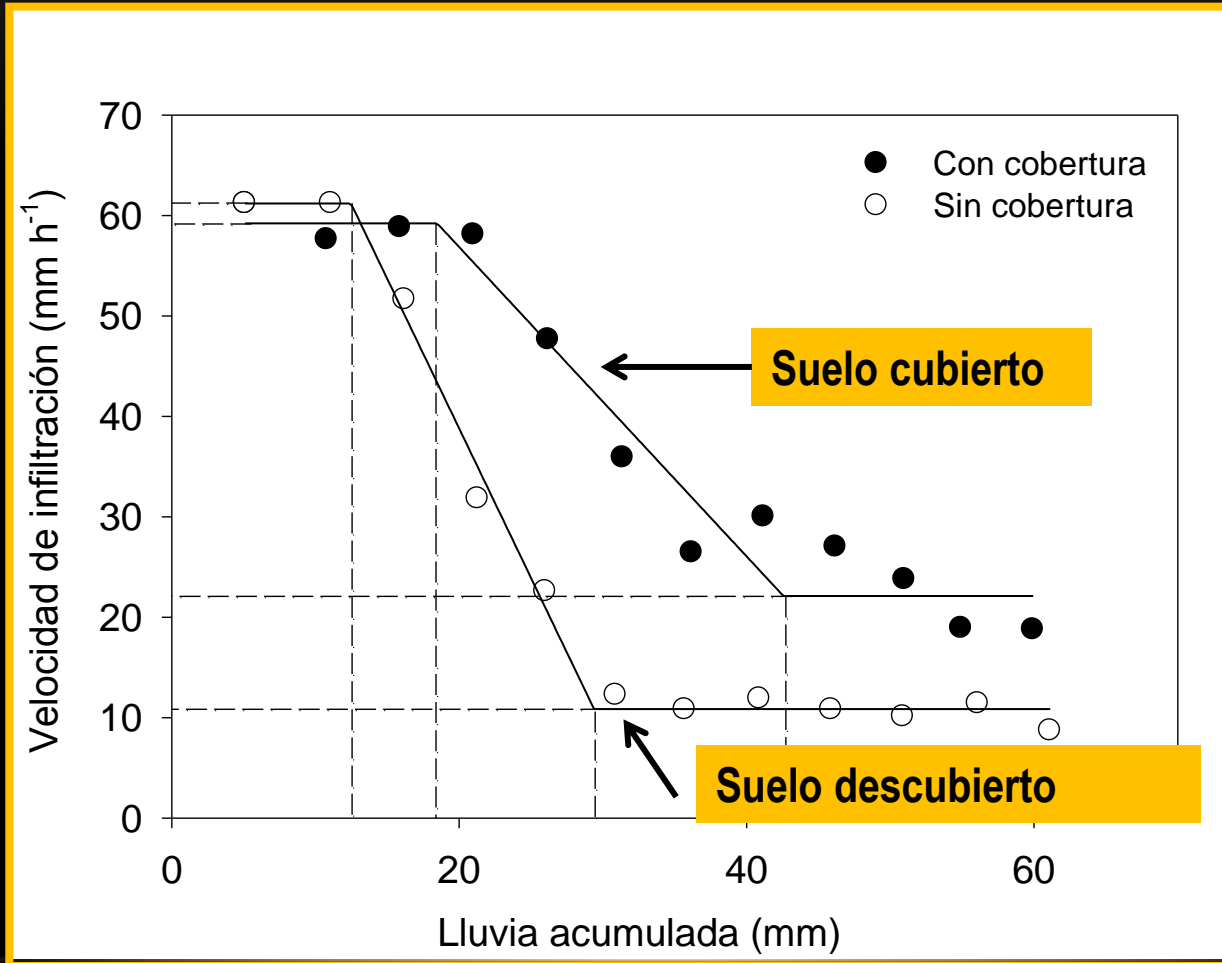


EFECTO DEL USO DE LA TIERRA

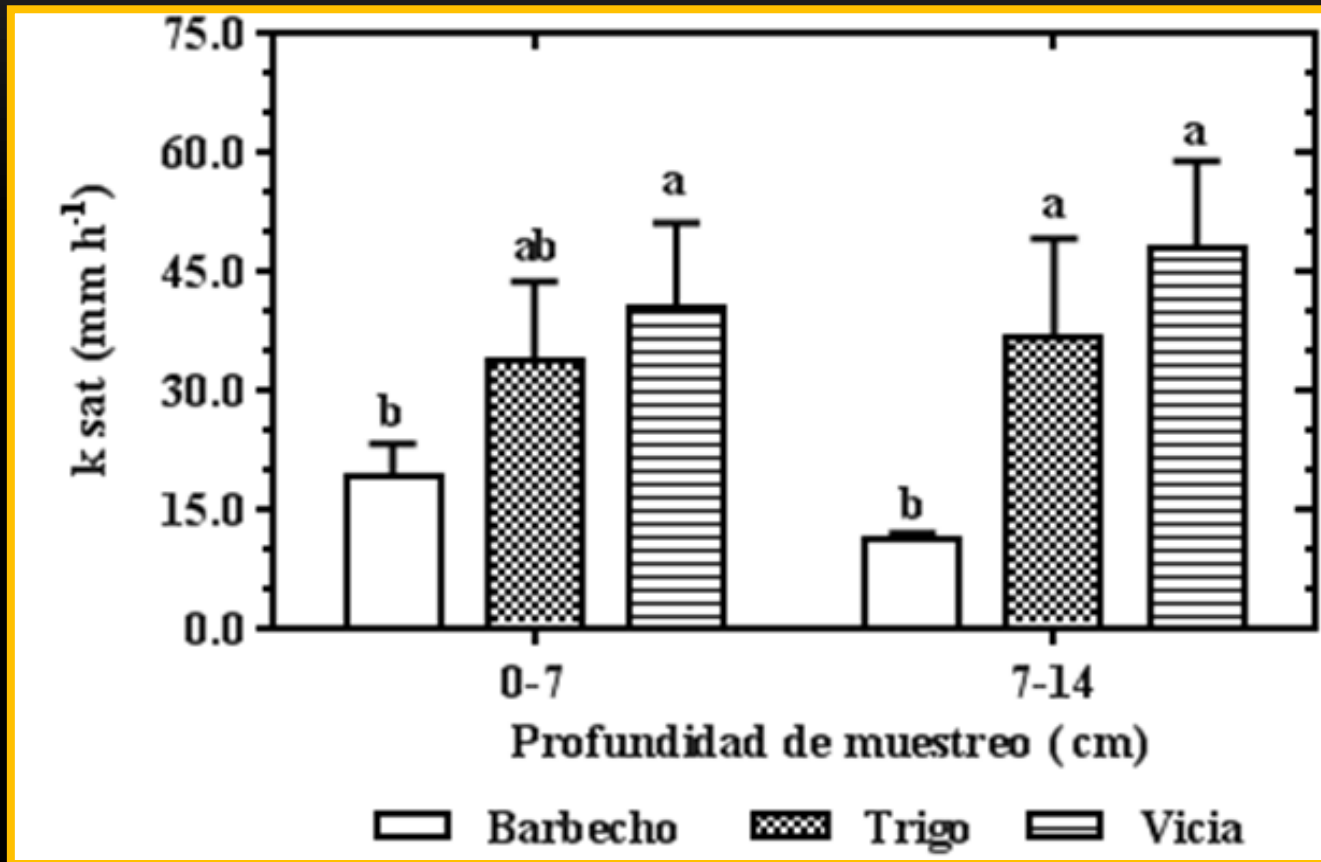
MAQUINARIA AGRICOLA



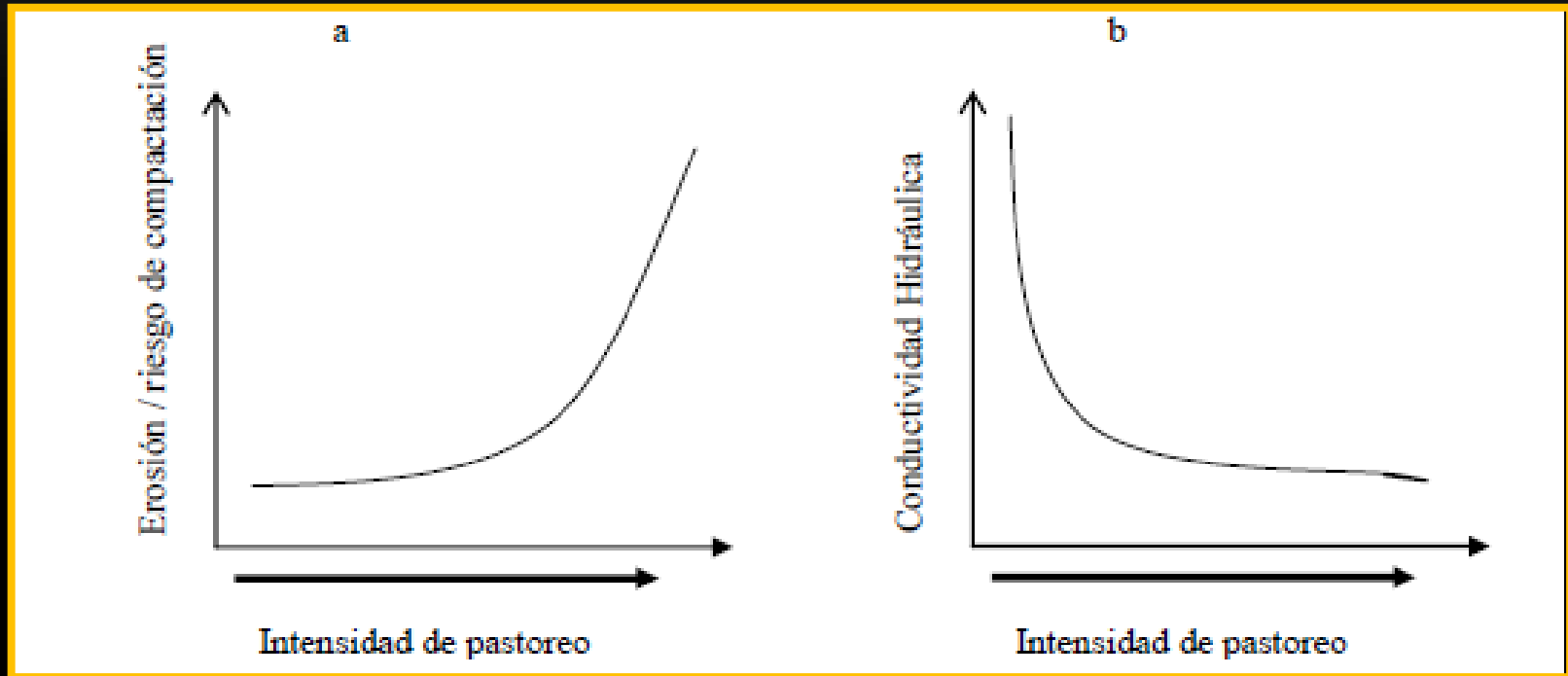
COBERTURA



INCLUSIÓN DE CULTIVOS DE COBERTURA

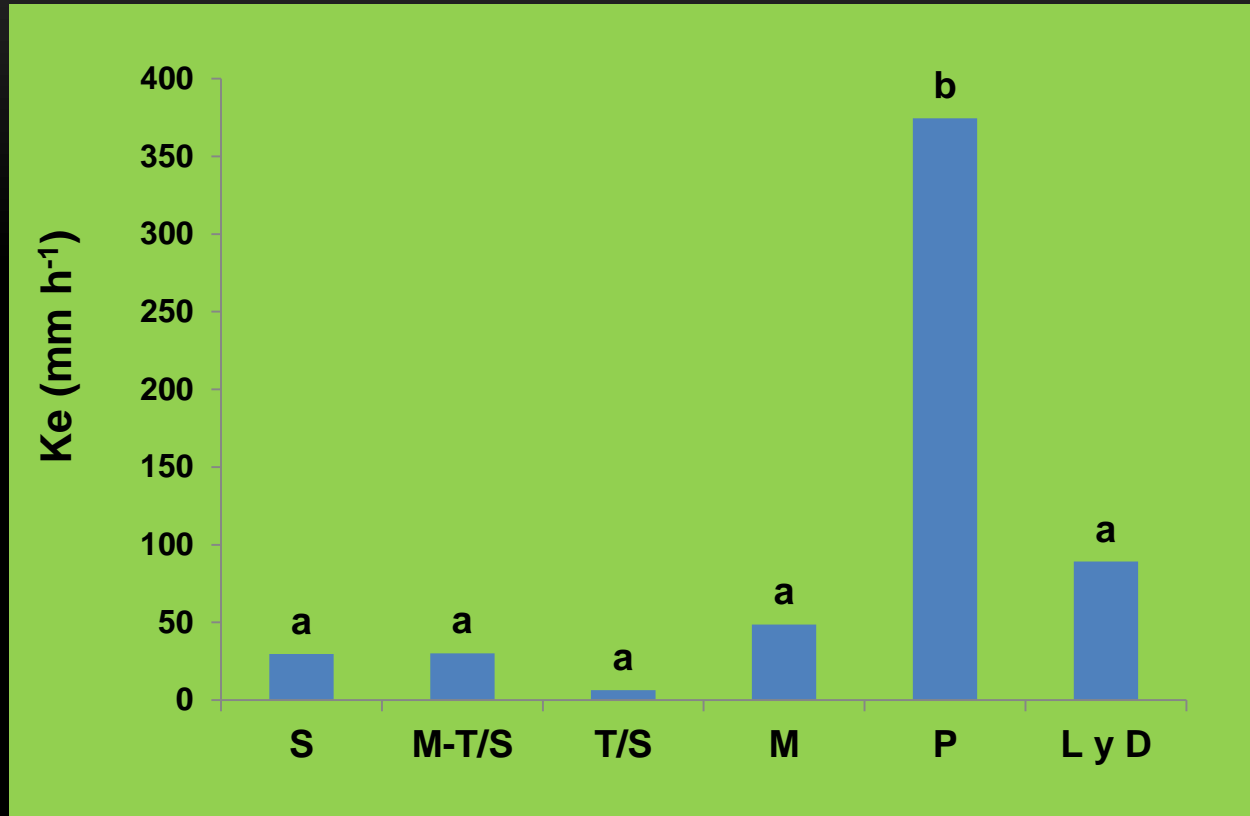


INTENSIDAD DE PASTOREO



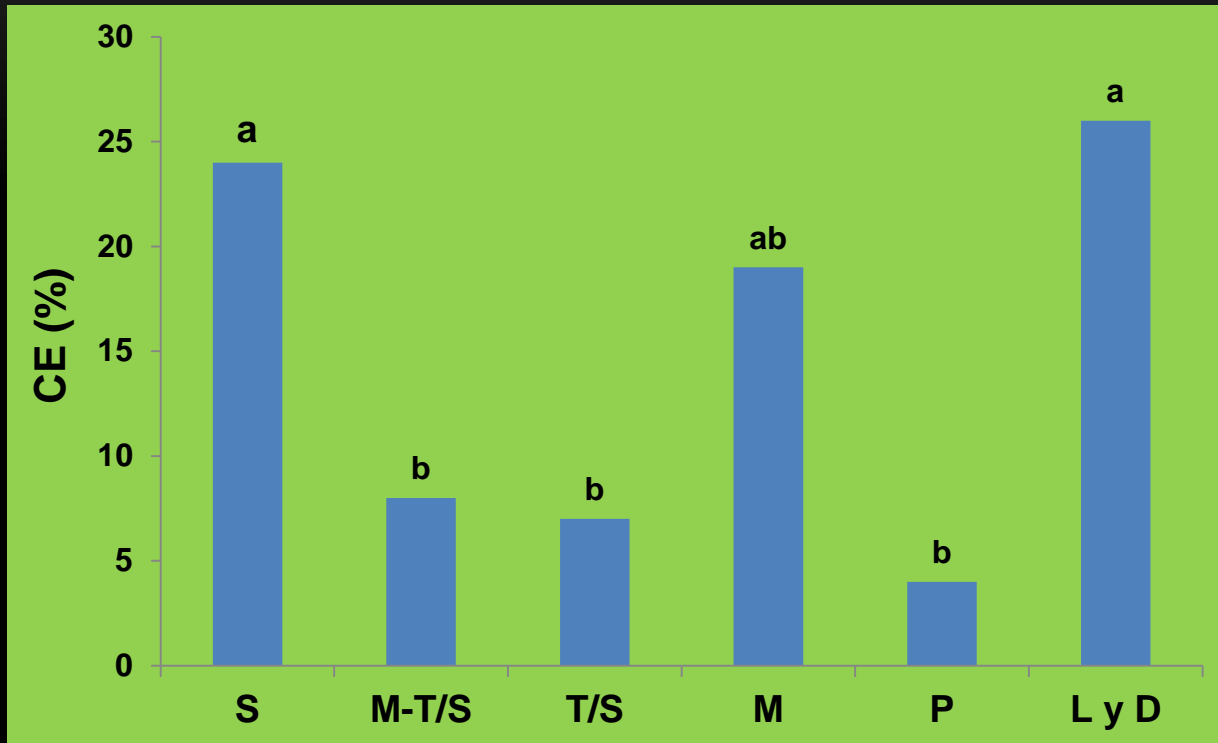
Cisneros et al. 2012

Ks PARA DISTINTOS USOS DE LA TIERRA



S: monocultivo de soja, M-T/S: maíz-trigo/soja; T/S: trigo soja;
M: monocultivo de maíz; P: pastura; Ly D: suelo labrado y
descubierto

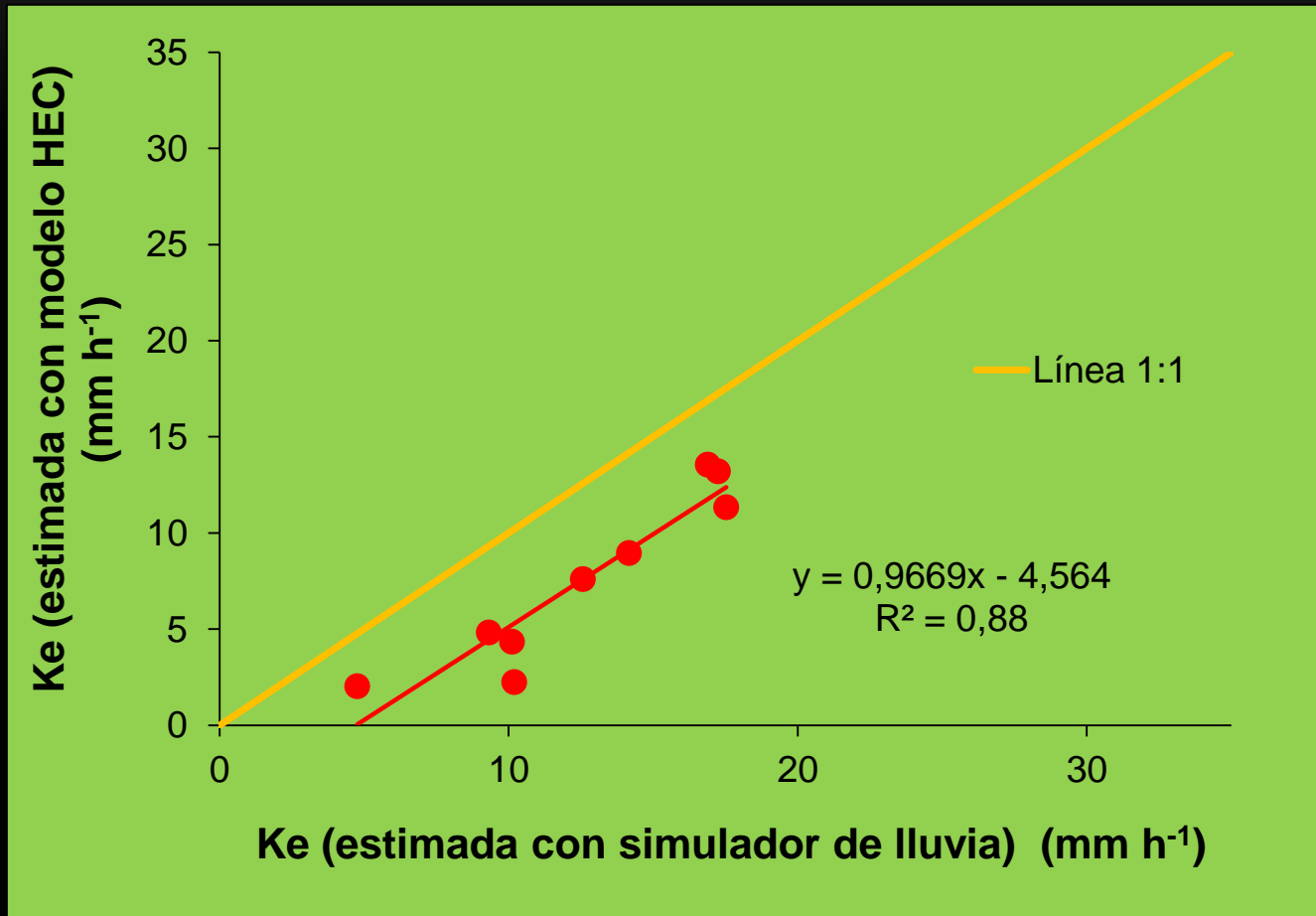
COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO PARA DISTINTOS USOS DE LA TIERRA



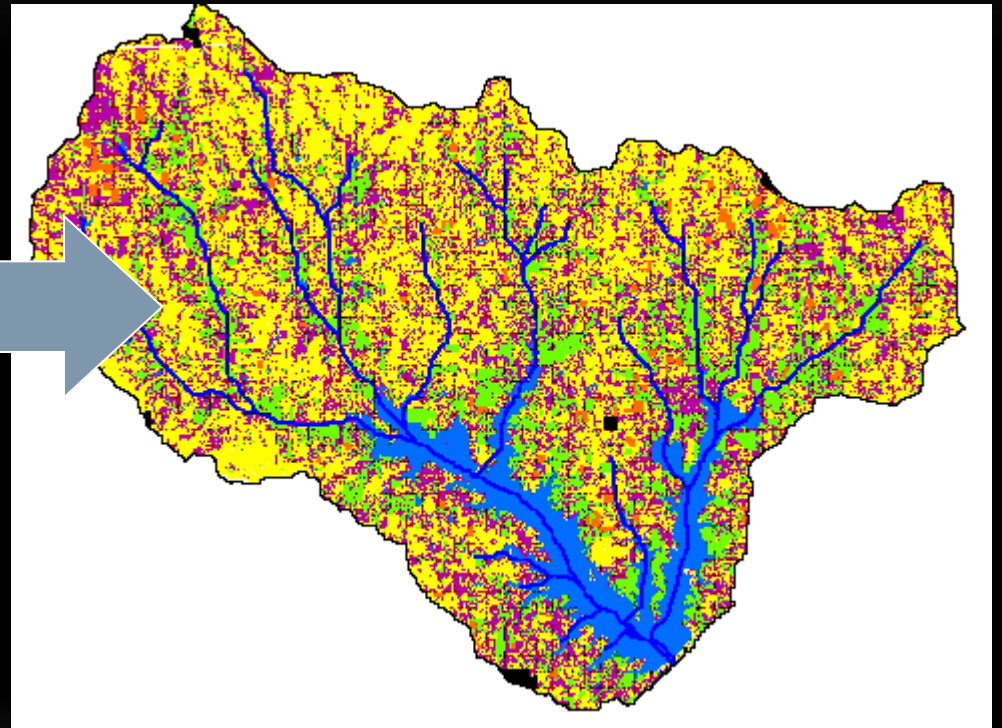
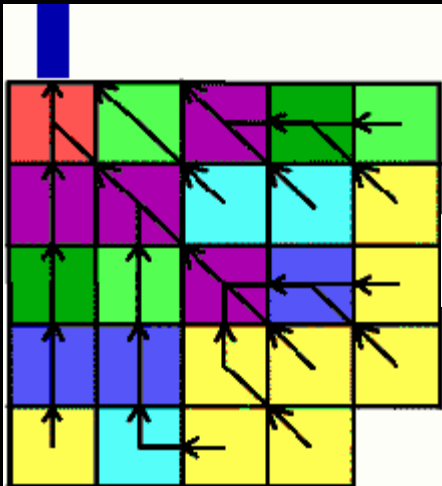
S: monocultivo de soja, M-T/S: maíz-trigo/soja; T/S: trigo soja;
M: monocultivo de maíz; P: pastura; Ly D: suelo labrado y
descubierto

EFECTO DE LA ESCALA SOBRE EL VALOR DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA

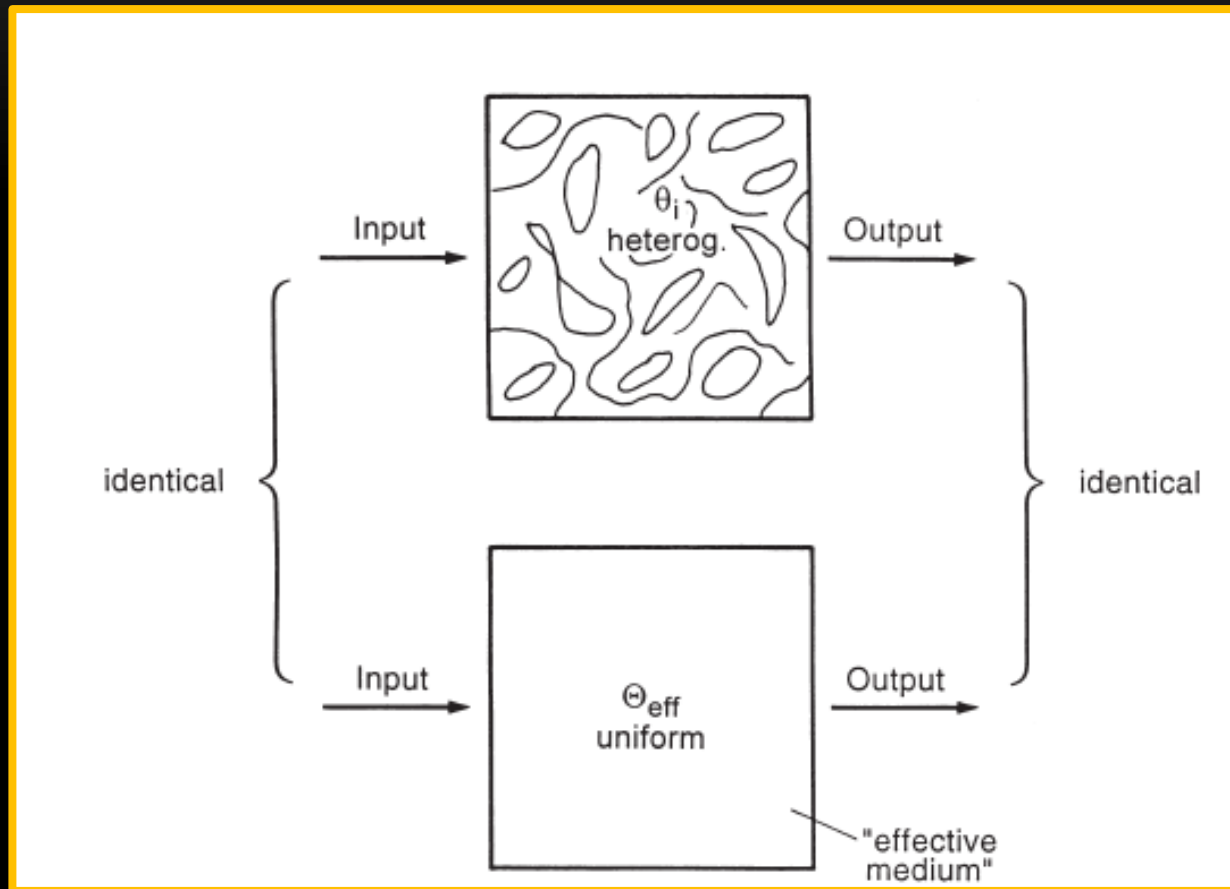
RELACIÓN ENTRE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA EFECTIVA ESTIMADA A DOS ESCALAS DIFERENTES



MODELOS DISTRIBUÍDOS



PARÁMETROS EFECTIVOS



ALTERNATIVAS DE OBTENCIÓN DE LA K_s EFECTIVA

- ✓ Rescalar los valores de K_s obtenidos en ensayos de campo o de laboratorio a la escala requerida por el modelo
- ✓ Diseño de nuevas estrategias de medición de K_s para la escala requerida por el modelo
- ✓ Calibrar la K_s para el modelo a partir de resultados de campo

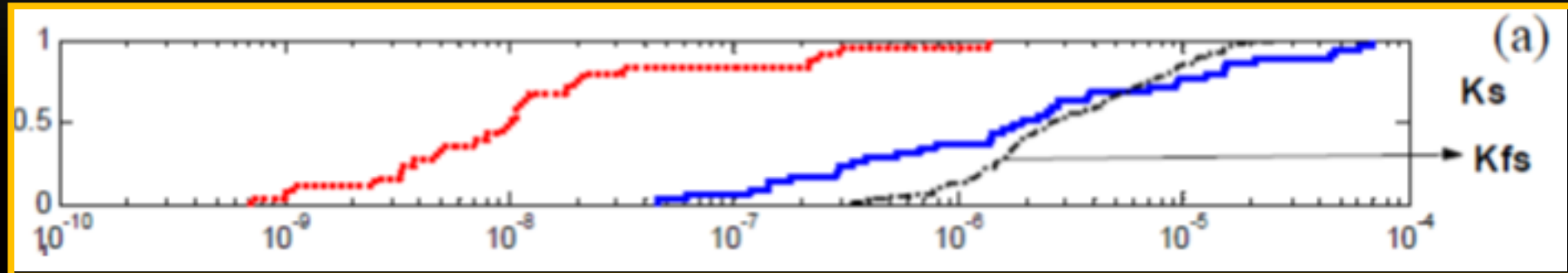
Ladera con suelo franco arenoso en Bélgica (superficie 4000 m², pendiente 10%).



Mertens 2003

DISTRIBUCIÓN ACUMULADA DE LA KS EFECTIVA OPTIMIZADA Y LA KS DETERMINADA A CAMPO Y EN LABORATORIO

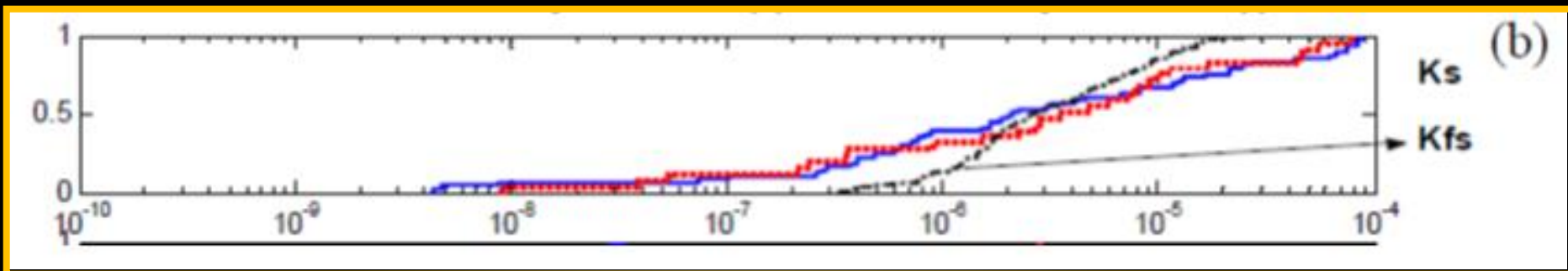
Horizonte A.



Unidades m s^{-1}

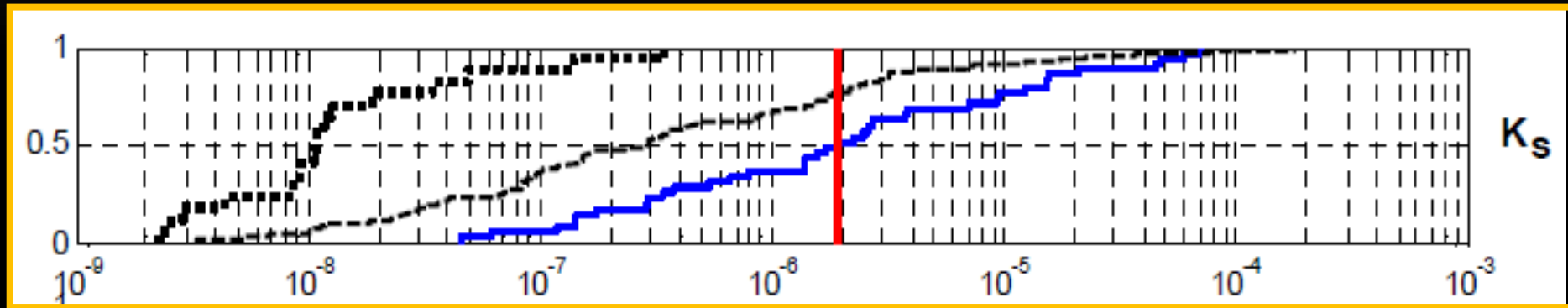
Ks calibrada ————
Ks laboratorio ————
Kfs a campo - - - - -

Horizonte B.



Unidades m s^{-1}

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE LA K_s EFECTIVA OPTIMIZADA CON Y SIN INFORMACIÓN PREVIA Y LA K_s MEDIDA



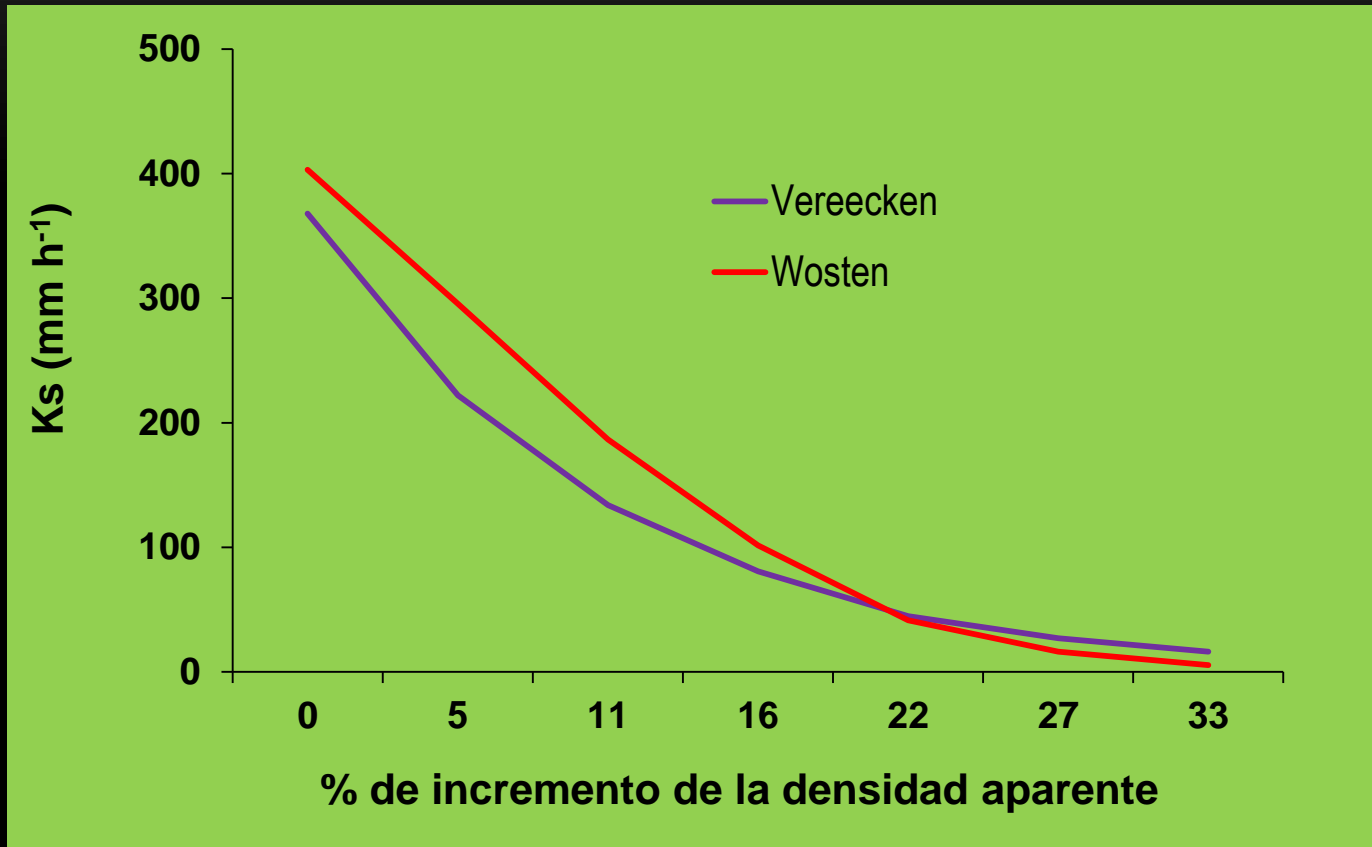
K_s medida —————

K_s calibrada por el modelo sin valores de referencia
.....

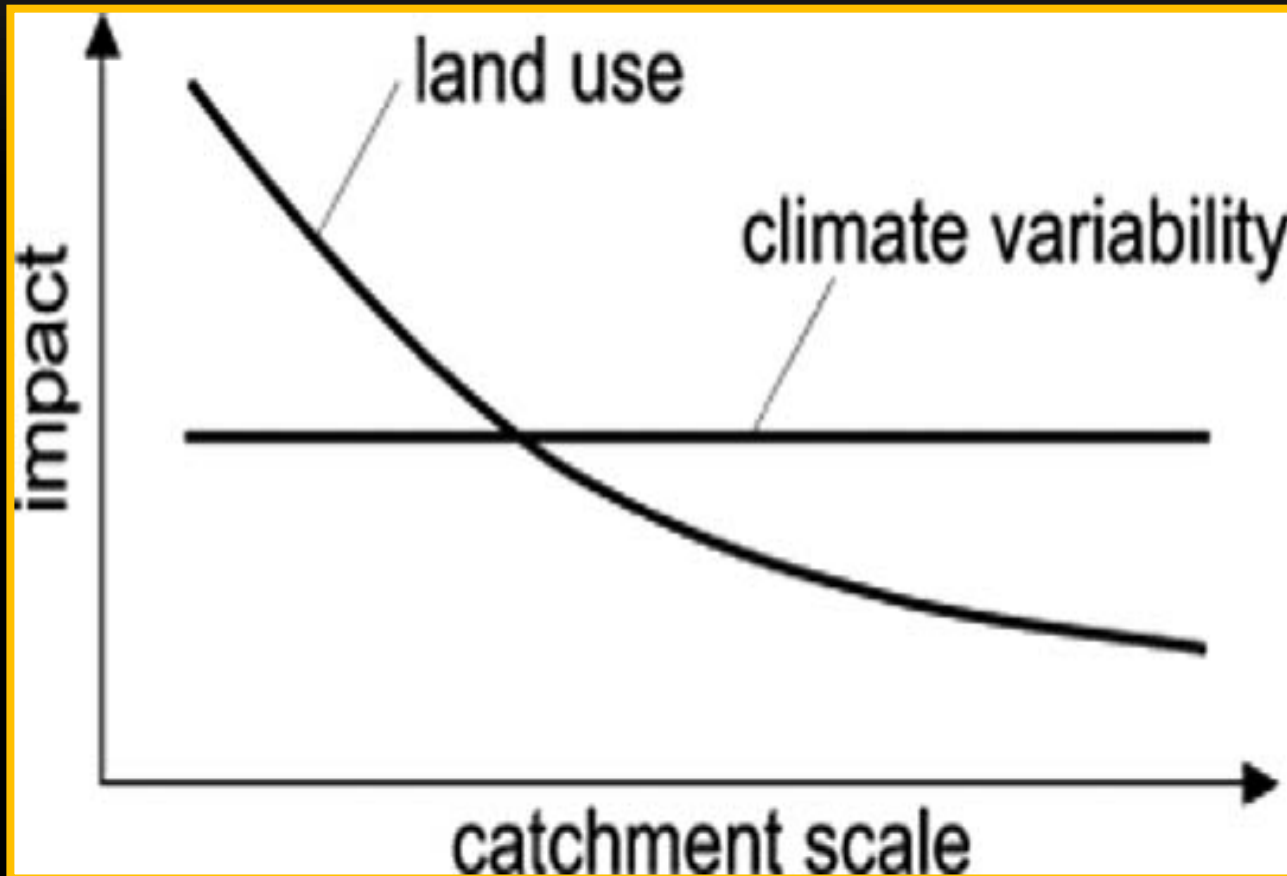
K_s calibrada por el modelo con valores de referencia - - - - -
- - - - -

K_s media medida —————

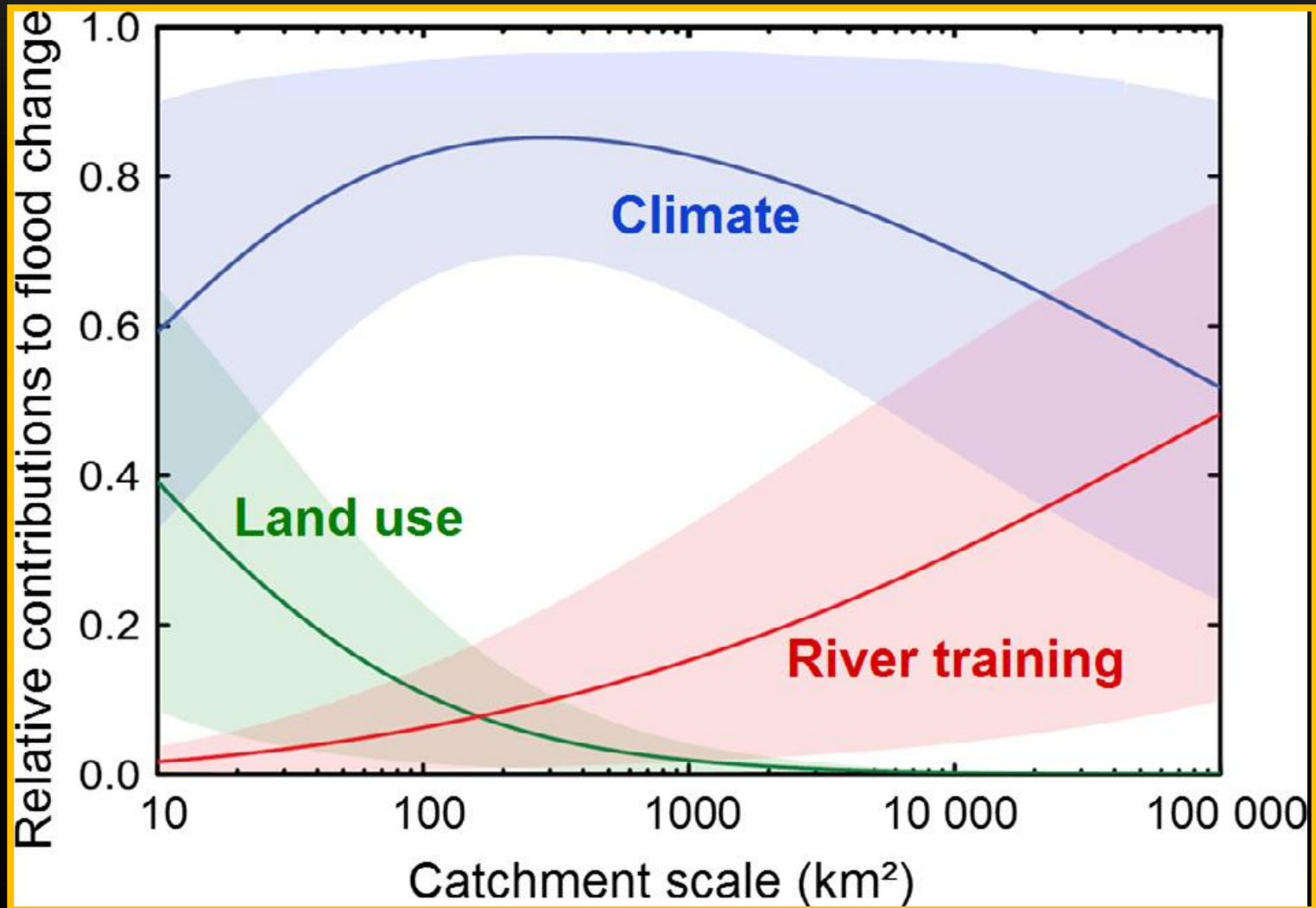
EFECTO DE LA DENSIDAD APARENTE SOBRE LA K_s



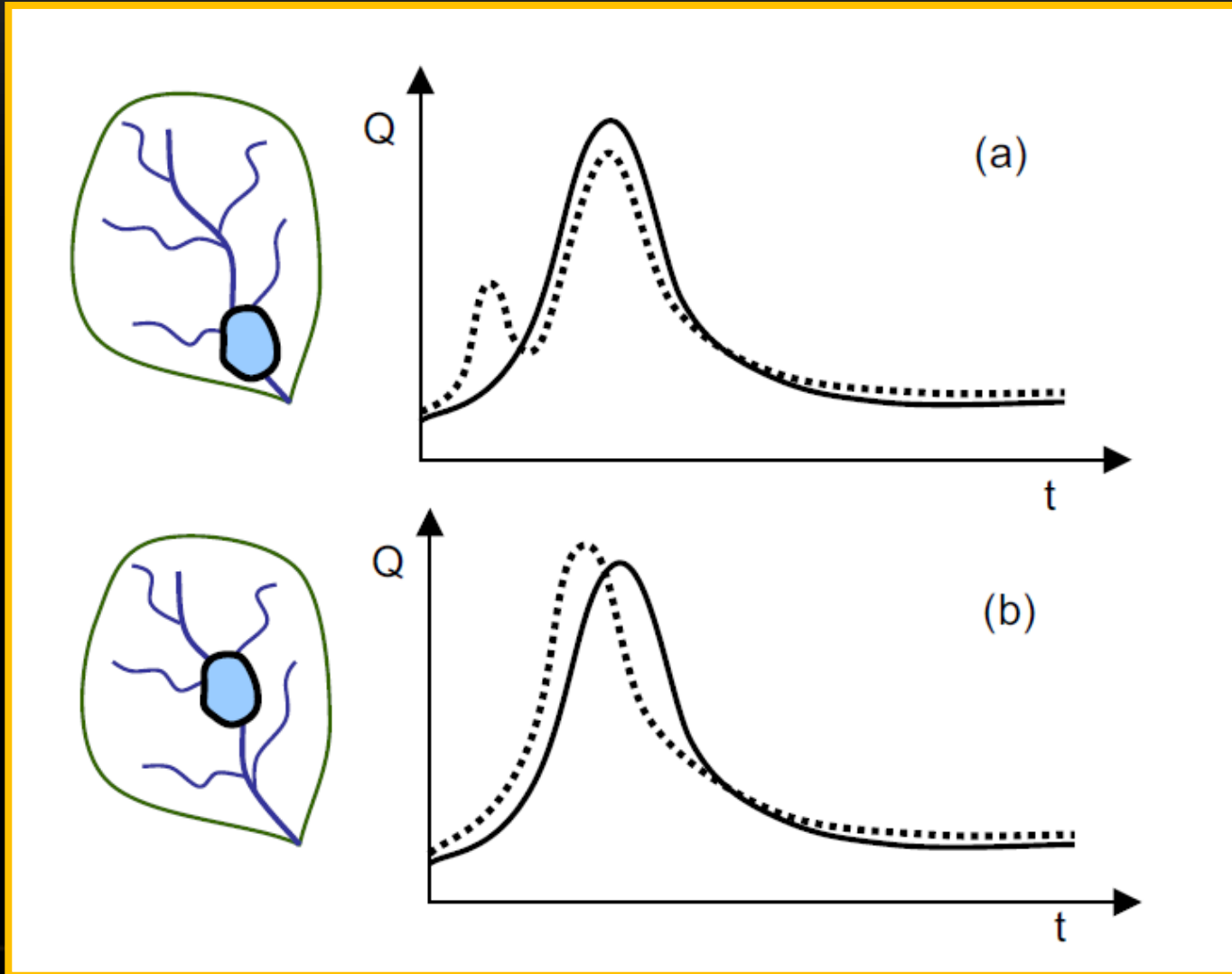
IMPACTO DEL USO DE LA TIERRA SOBRE LA RESPUESTA HIDROLÓGICA A DISTINTAS ESCALAS



EFFECTO DEL USO DE LA TIERRA SOBRE EL ESCURRIMIENTO PARA DISTINTOS TAMAÑOS DE CUENCA.



CAMBIOS EN EL HIDROGRAMA A LA SALIDA DE LA CUENCA DE ACUERDO A LA UBICACIÓN DEL ÁREA DEGRADADA

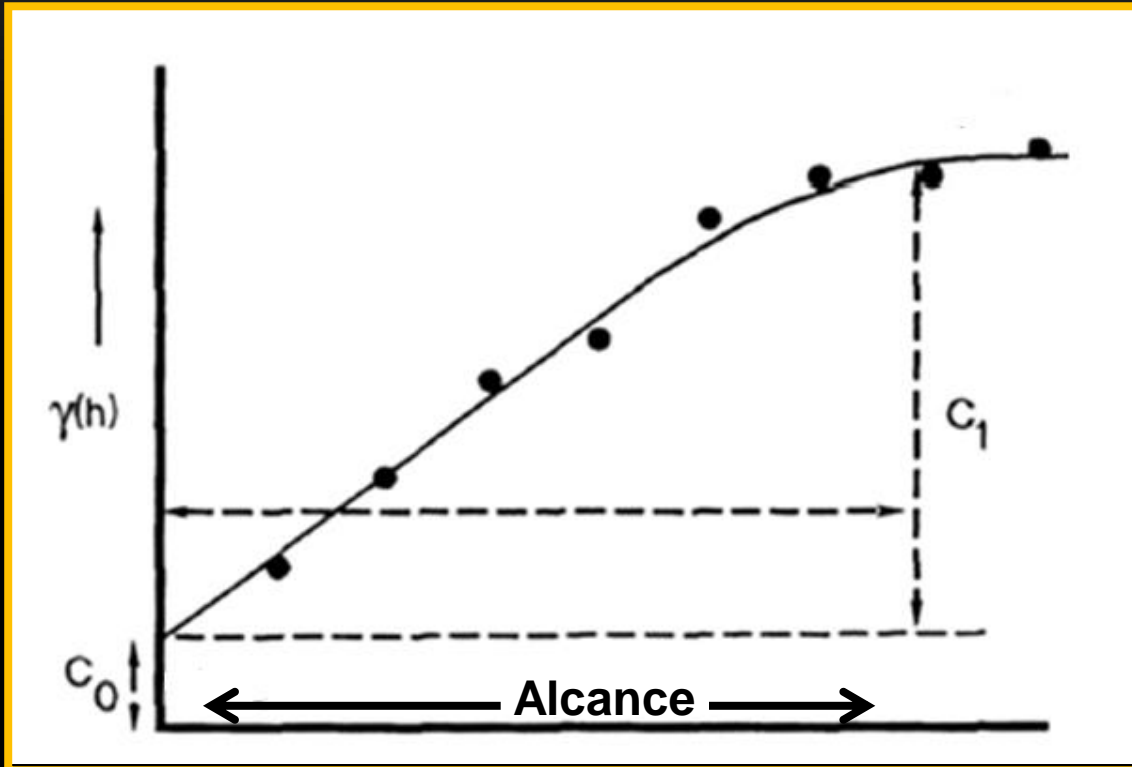


Línea sólida: hidrograma antes del cambio; Línea punteada: hidrograma después del cambio

O'Connell et al. 2004

ESTRUCTURA ESPACIAL DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA

ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO



$$RD = \frac{C_0}{(C_0 + C_1)} \times 100$$

Donde:

RD: grado de dependencia espacial (%)

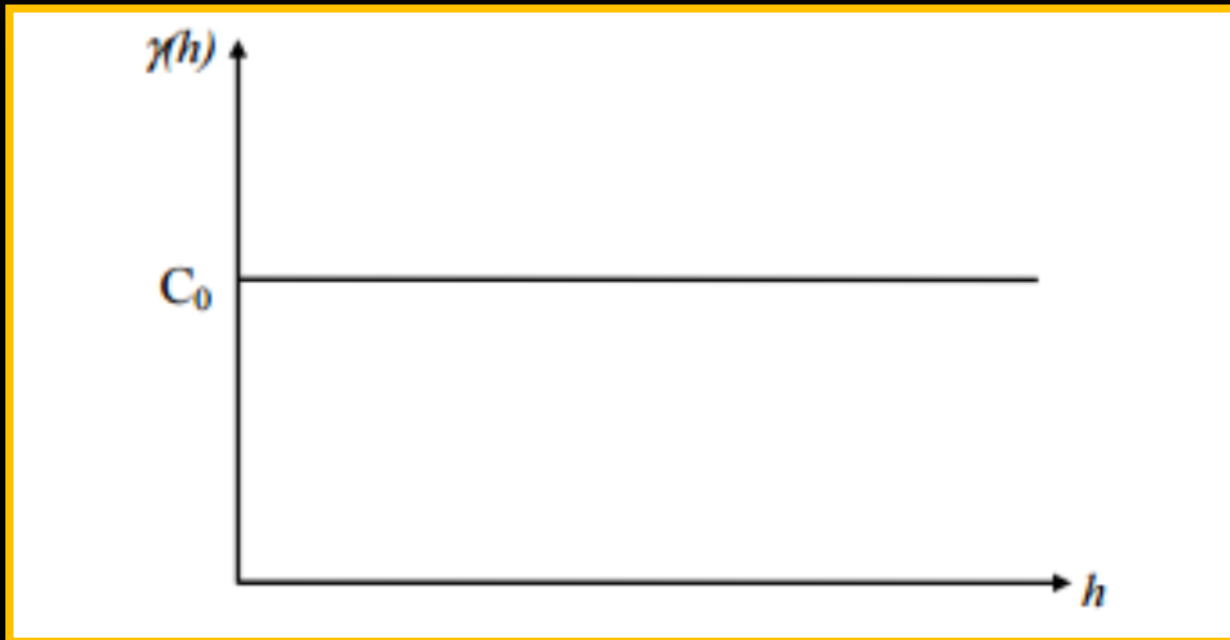
C_1 : varianza estructural que corresponde al valor de la meseta menos el efecto pepita

C_0 : efecto pepita que representa la varianza local y que ocurre a escalas de muestreo menores a las del intervalo de muestreo efectuado

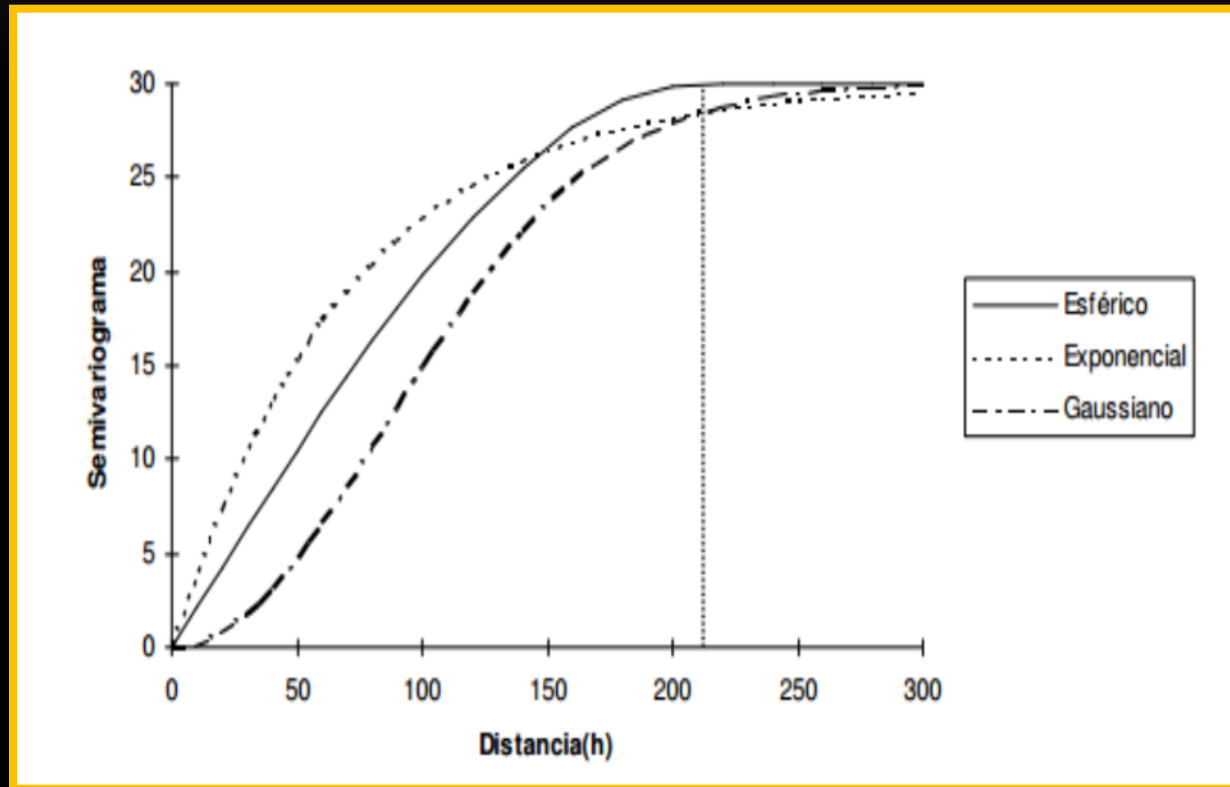
$C_0 + C_1$: varianza total o meseta.

RD \leq 25 %: fuerte dependencia espacial
RD: 25 - 75 %: moderada dependencia espacial
RD \geq 75 %: débil estructura espacial.

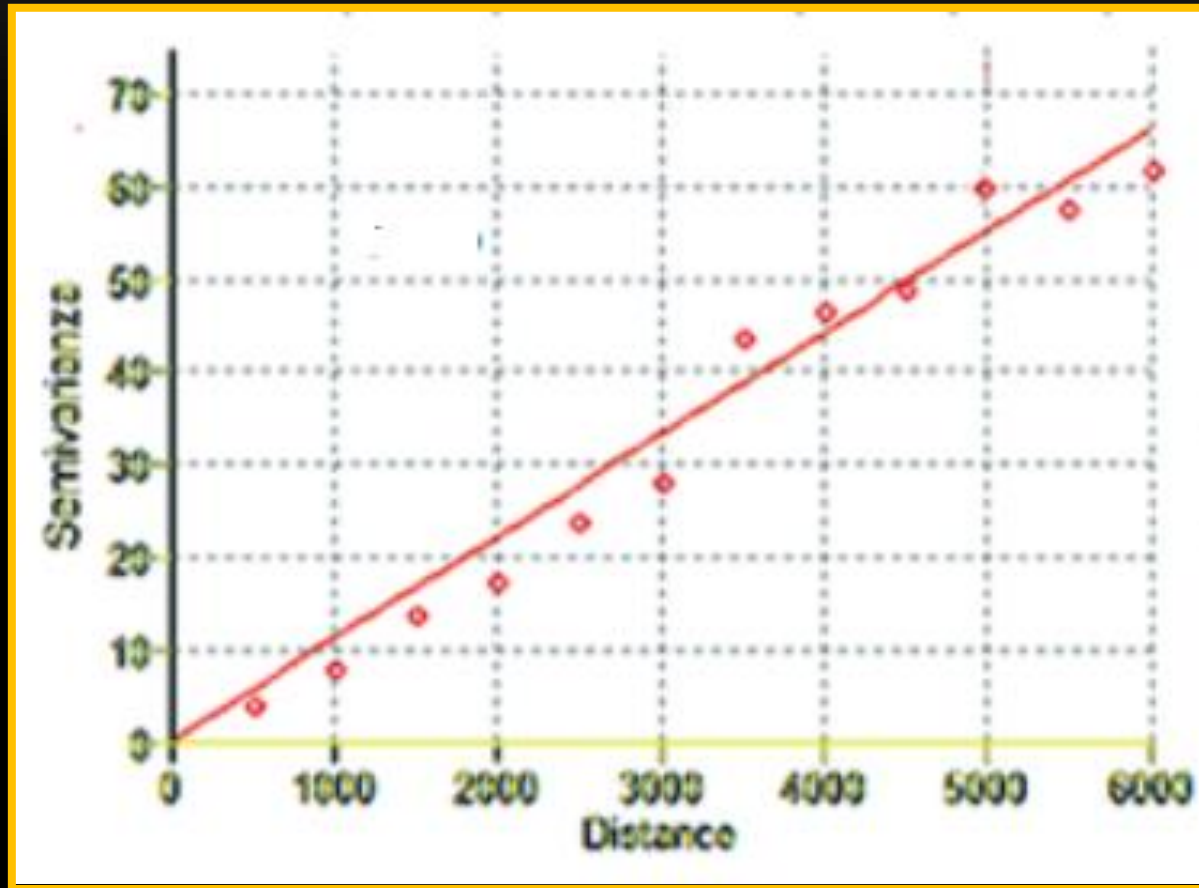
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL ALEATORIA



DISTRIBUCIÓN ESPACIAL ORGANIZADA



DISTRIBUCIÓN ESPACIAL CON TENDENCIA



CONDICIONANTES DE LA FALTA DE ESTRUCTURA ESPACIAL

Suelos agrícolas
(Tsegaye, Hill 1998; Bosch, West 1998)

La labranza provoca altos valores del efecto pepita en el estrato superficial

Mohanty, Mously
(2000)

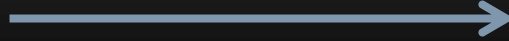
Tráfico de maquinaria, raíces, fauna del suelo

Sobieraj et al.
(2002)

La acción de la biología del suelo enmascara posible estructura debido a diferencias texturales

CONDICIONANTES DE LA OCURRENCIA DE ESTRUCTURA ESPACIAL

Reynolds, Zebchuk
1996



Estructura del suelo
estable y bien
desarrollada

Mohanty, Mousli 2000



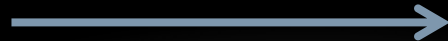
Uniformidad en la textura
del suelo y en la
distribución de poros

Shukla et al. 2004



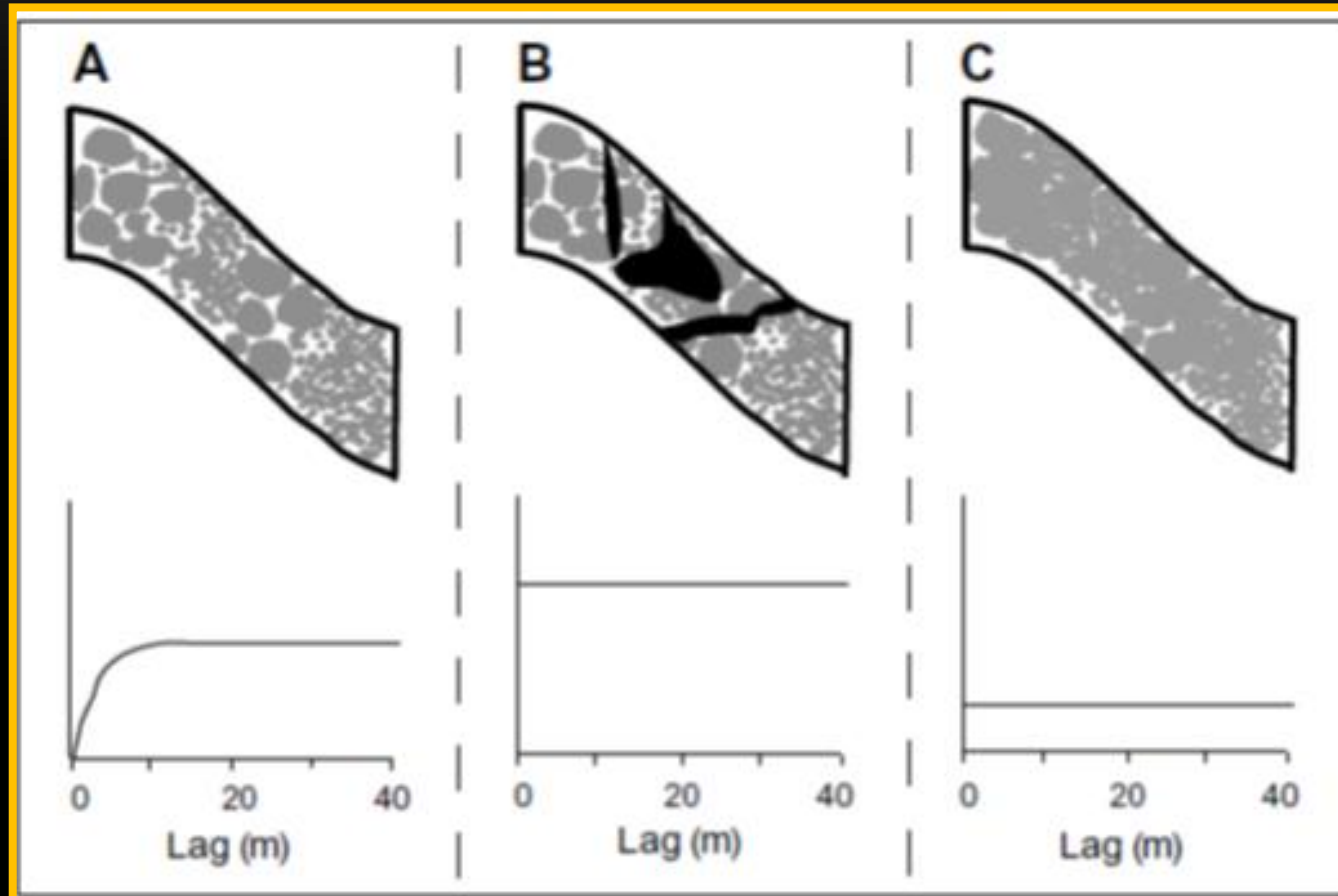
Variación intrínseca de la
textura y mineralogía del
suelo

Reynolds, Zebchuk
1996; Mohanty,
Mousli 2000



Condición del suelo
estable

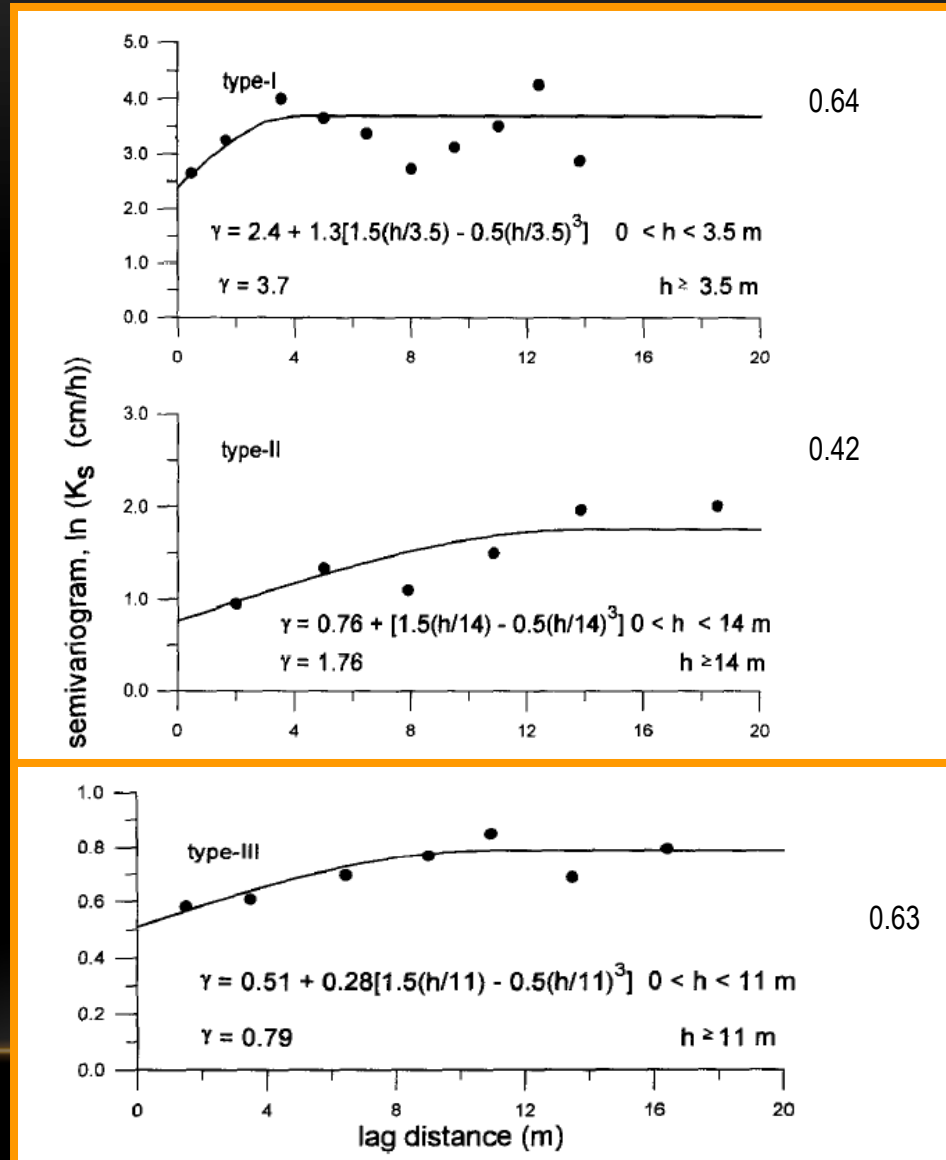
ESTRUCTURA ESPACIAL DE K_s SEGÚN DISTINTOS TIPOS DE DISTURBIO



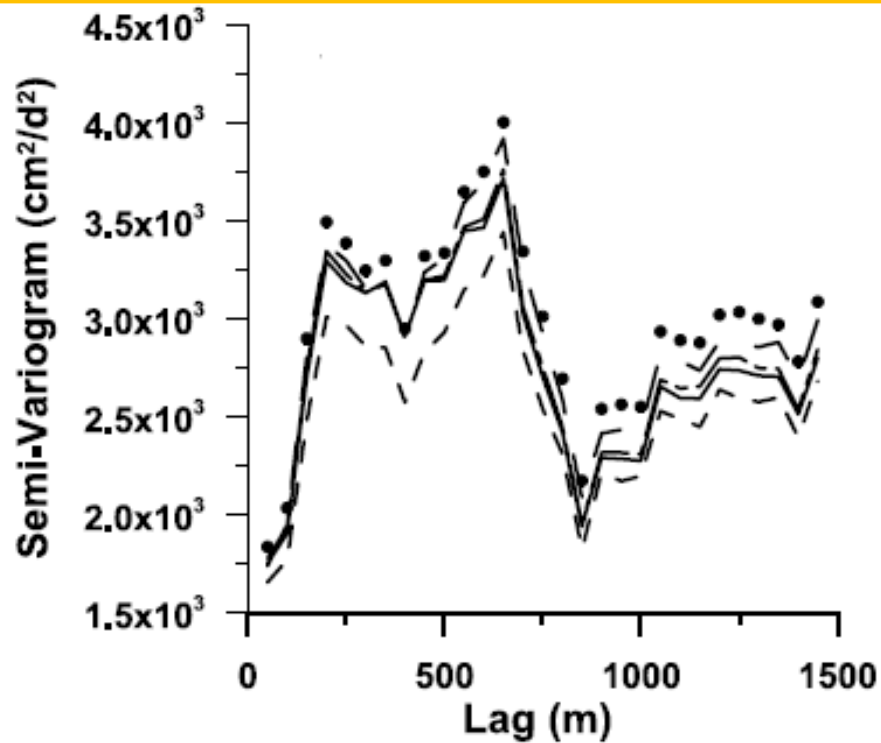
A: condición natural, cambios texturales; B: efecto de la acción biológica; C: proceso de densificación del suelo

Zimmermann, Elsenbeer 2008

CORRELACIÓN ESPACIAL DEL LN DE K_S CORRESPONDIENTE A TRES TAMAÑOS DE SOPORTE



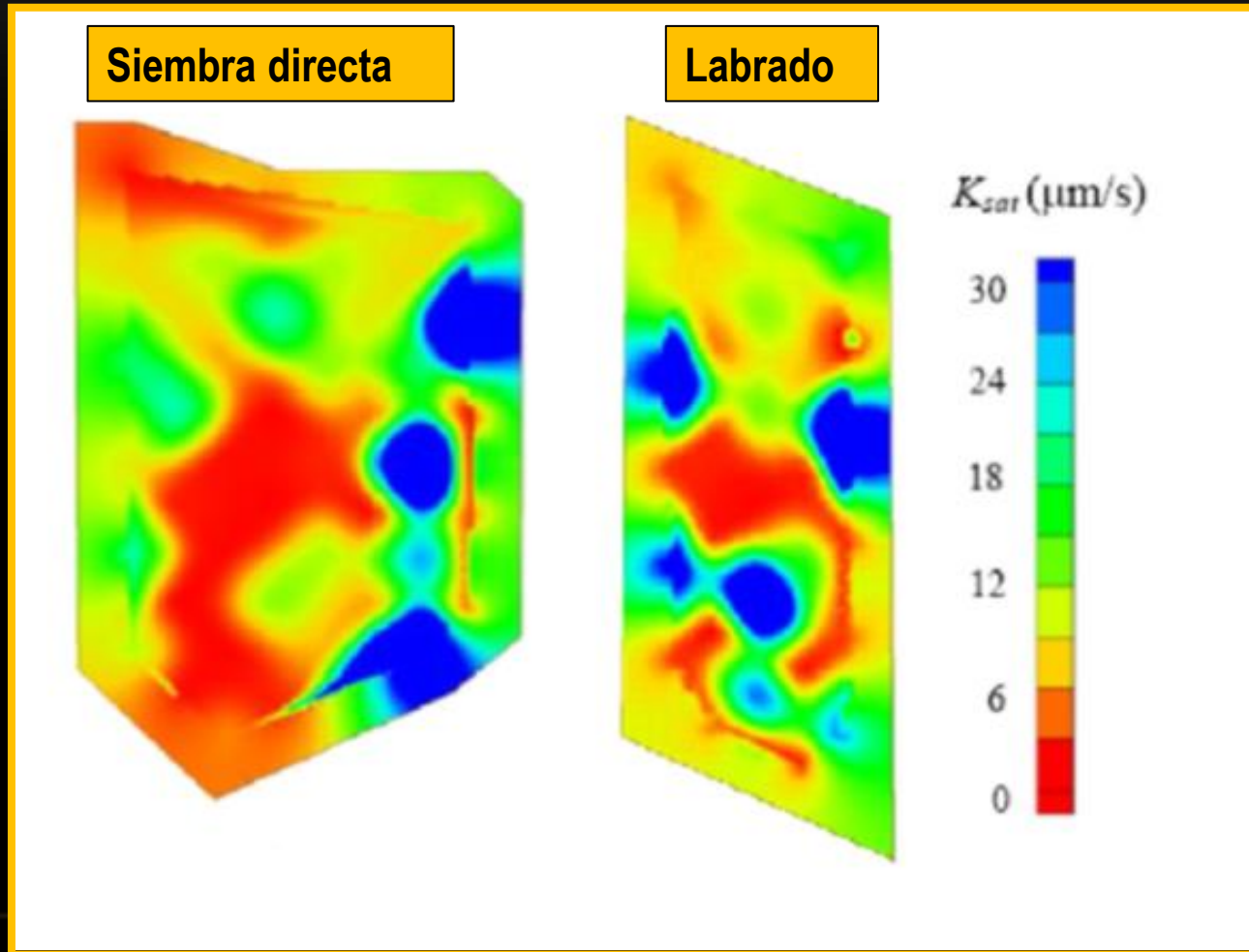
SEMIVARIOGRAMAS GENERADOS POR LA K_s MEDIDA A CAMPO Y POR DISTINTAS ECUACIONES DE EDAFOTRANSFERENCIA



- K_s medida a campo (black dots)
- EFT: densidad aparente - - - - - (dashed line)
- EFT: densidad aparente y contenido de carbono — — — — — (long-dashed line)
- EFT: densidad aparente, contenido de carbono, pendiente máxima y elevación — . . . (dash-dot line)
- EFT: densidad aparente, contenido de carbono, pendiente máxima, elevación y aspecto de la pendiente ————— (solid line)

Leij et al. 2004

DIFERENTE ORGANIZACIÓN ESPACIAL DE K_s DE ACUERDO A DISTINTOS USOS DE LA TIERRA



PROPORCIÓN DE CASOS CON CORRELACIÓN ESPACIAL Y GRADO DE CORRELACIÓN PROMEDIO, DISCRIMINADO POR ESCALA

Parcela (0.096 ha)		Subcuenca (200 ha)		Cuenca (74000 ha)	
Casos (%)	RD medio (%)	Casos (%)	RD medio (%)	Casos (%)	RD medio (%)
40	78	50	63	100	44

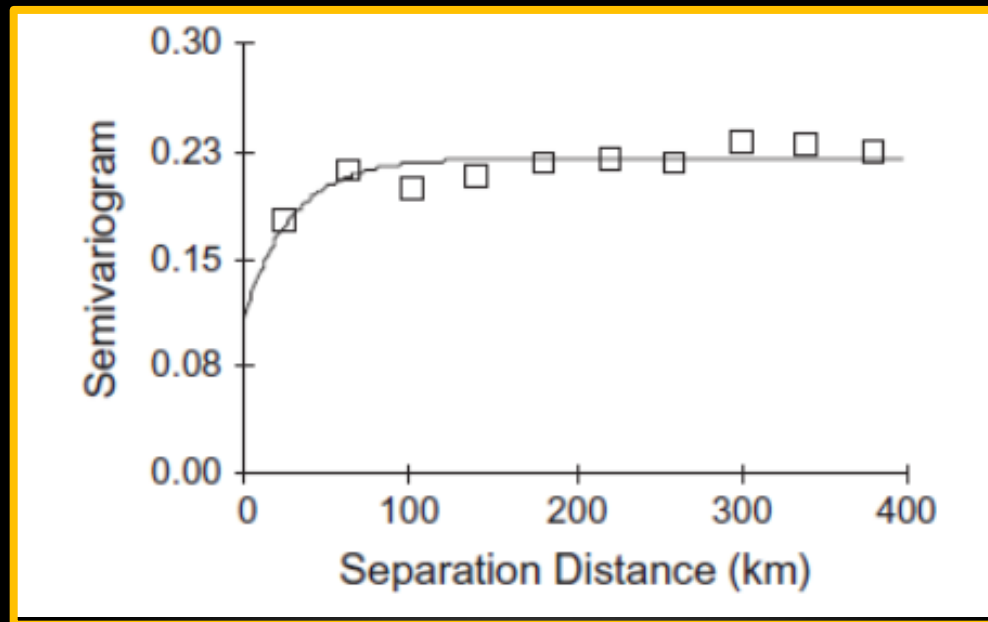
PROPORCIÓN DE CASOS CON CORRELACIÓN ESPACIAL Y GRADO DE CORRELACIÓN PROMEDIO, DISCRIMINADO POR USO DE LA TIERRA

Uso agrícola		Uso ganadero	
Casos (%)	RD medio (%)	Casos (%)	RD medio (%)
40	73	75	54

RANGOS DE CORRELACIÓN ESPACIAL DE ACUERDO A LA ESCALA

Parcela (0.096 ha)	Subcuenca (200 ha)	Cuenca (74000 ha)
40 m	272 m	4800 m

Castiglioni 2017



Semivariograma de la Ks superficial para una superficie de 62000 Km²

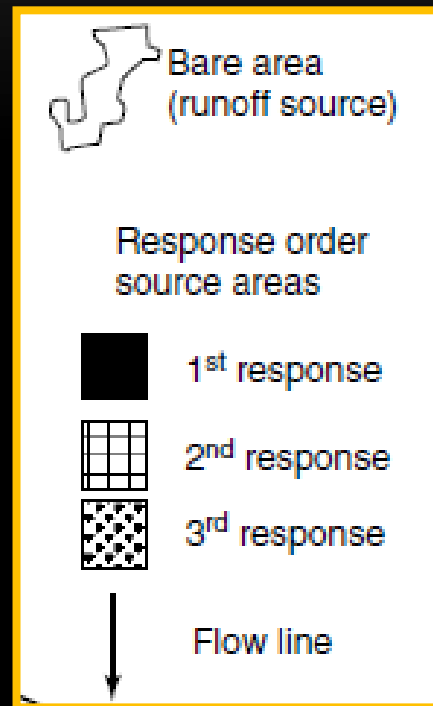
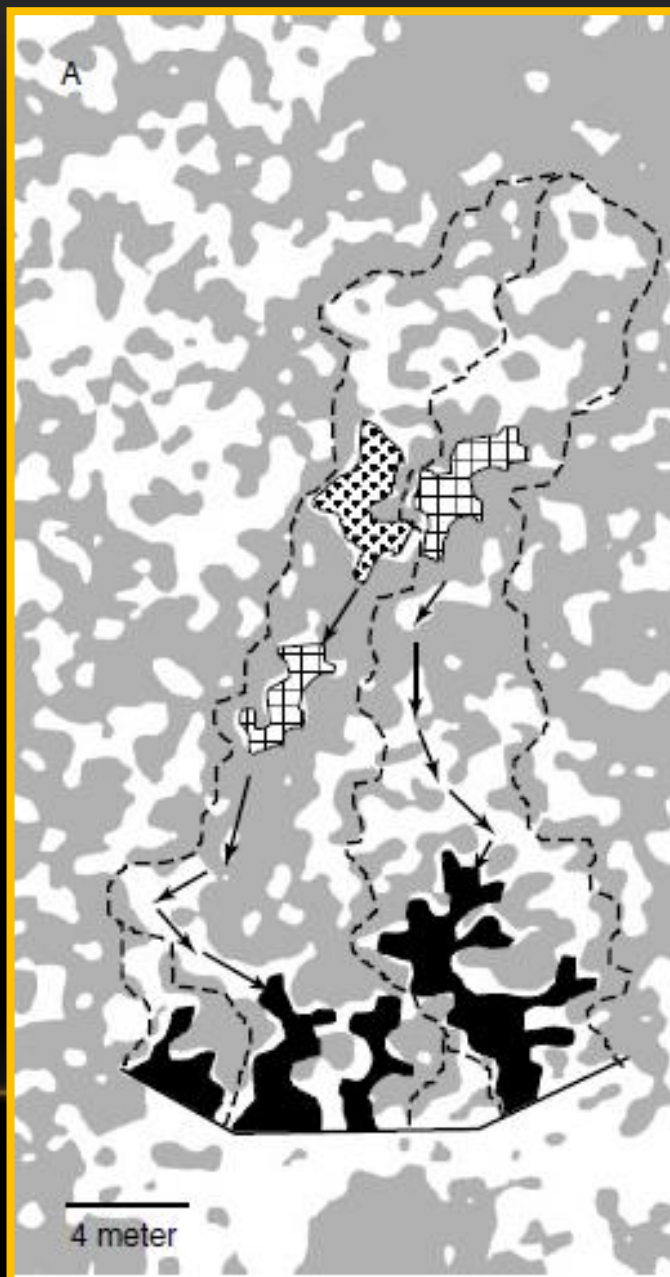
Wang et al. 2013

ESTRUCTURA DE LA VEGETACION EN ZONA SEMIÀRIDA



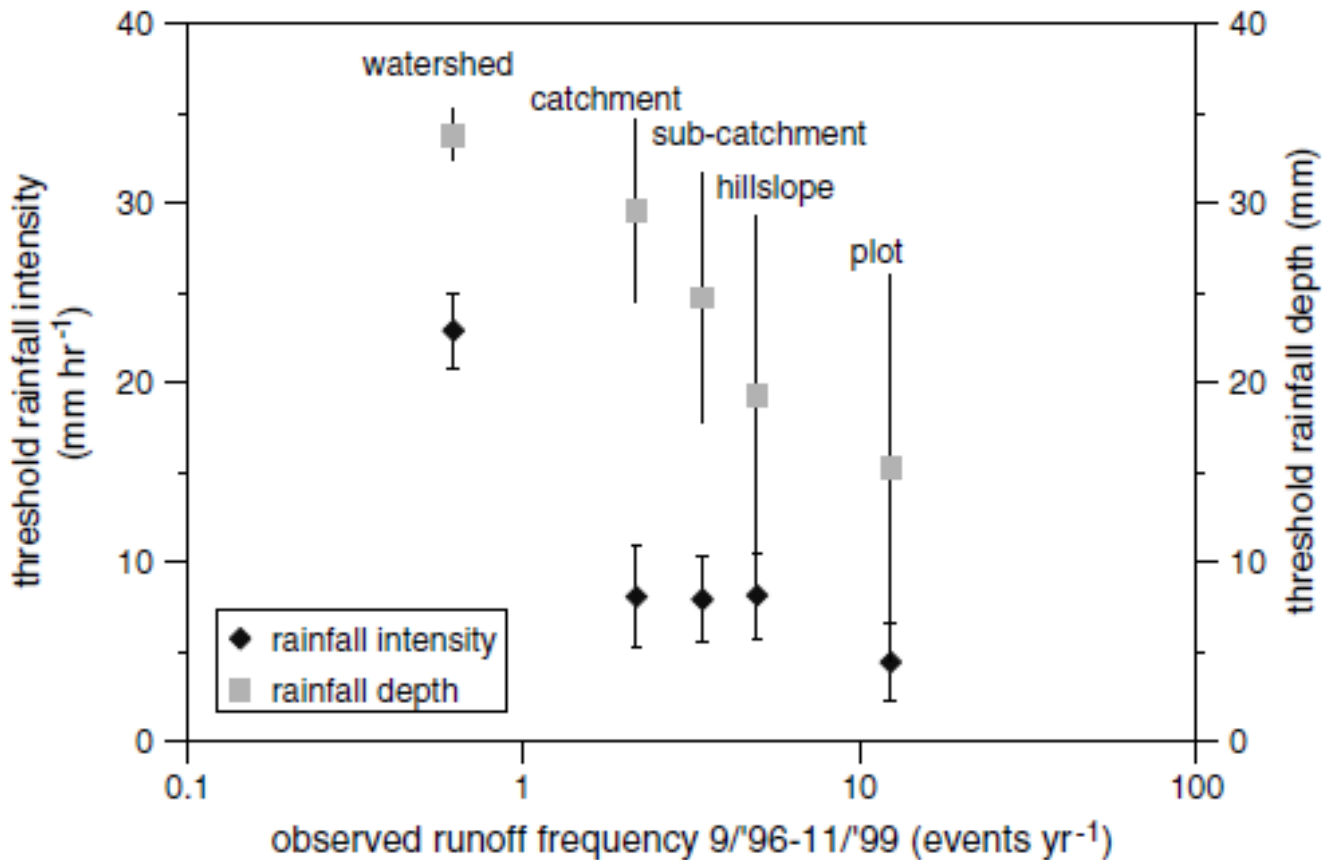
Cammeraat 2002

DISTRIBUCIÓN DE LAS ÁREAS DESCUBIERTAS Y CUBIERTAS EN UNA VERTIENTE CORRESPONDIENTE A UN CLIMA SEMIÁRIDO

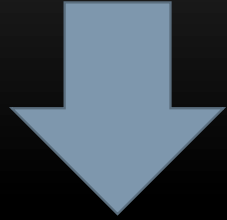


Cammeraat 2002

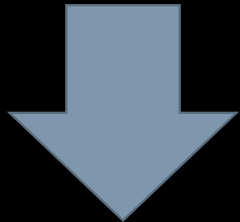
VALORES UMBRAL DE LA INTENSIDAD Y VOLUMEN DE LLUVIA REQUERIDA PARA INICIAR EL ESCURRIMIENTO A DIFERENTES ESCALAS



**Valores de lluvia
por encima del
umbral**



**La variabilidad de Ks no
controla la conectividad
hidrológica**



**Escorrentamiento
extendido en la
cuenca**

**Valores de lluvia
por debajo del
umbral**



**Patrón de distribución espacial de
Ks influye en el escurrimiento**



**Áreas con bajo
Ks conectadas**



**Alta conectividad
hidrológica. Potencial
escurrimiento
generalizado**

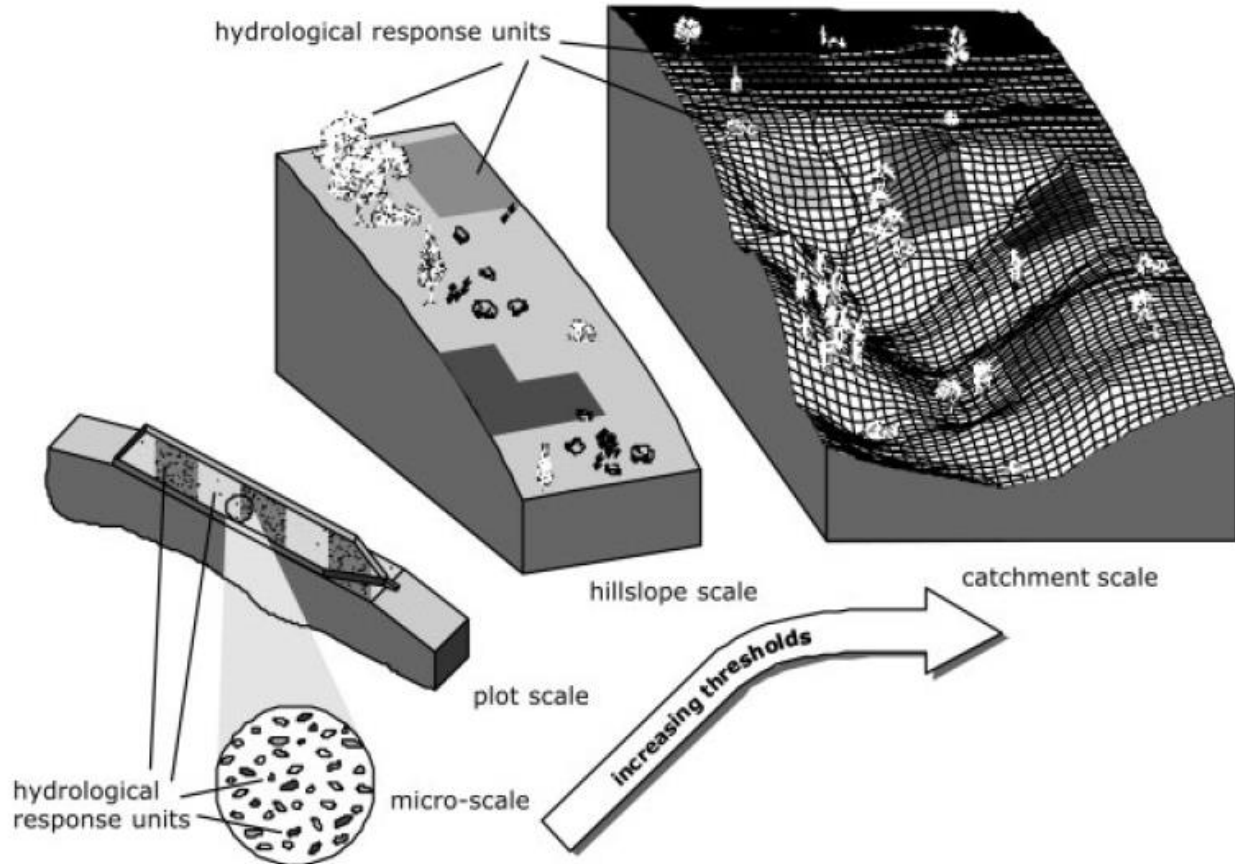


**Áreas con bajo Ks
desconectadas**



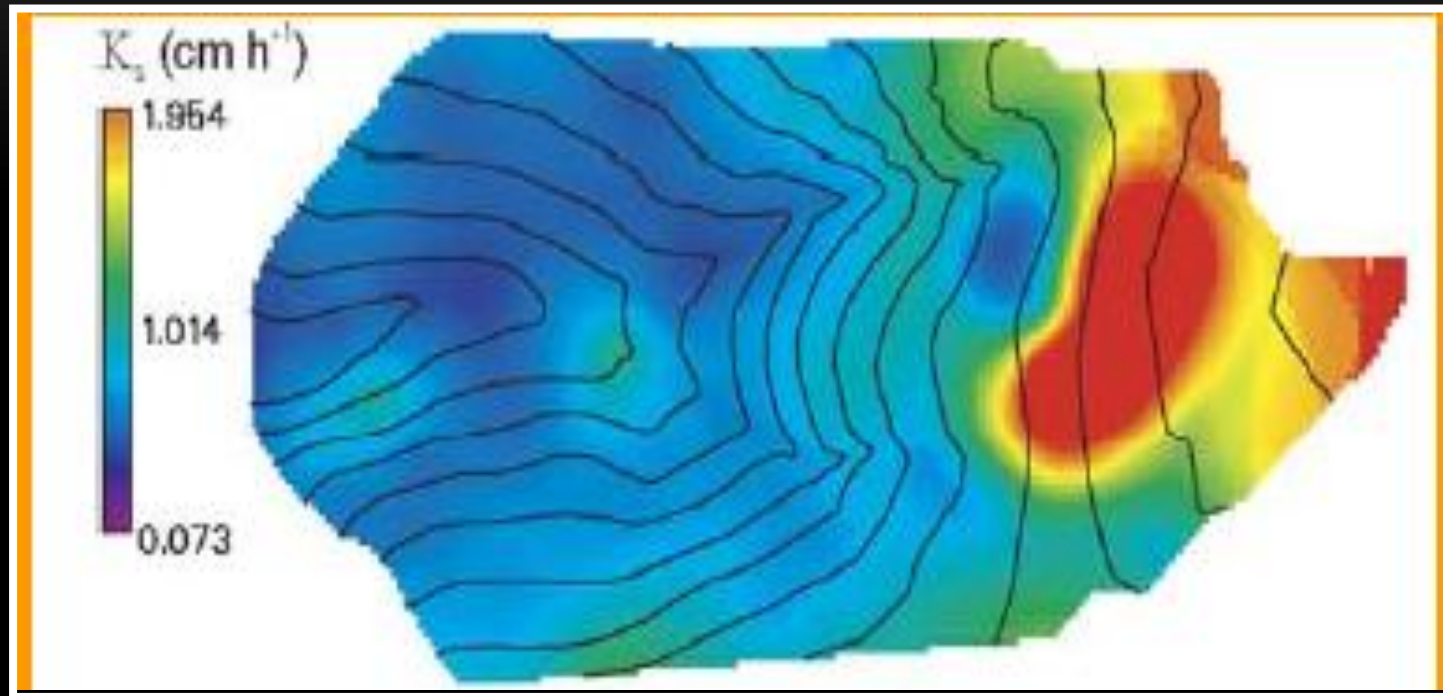
**Baja conectividad
hidrológica.
Escorrentamiento
altamente localizado**

UNIDADES DE RESPUESTA HIDROLÓGICA A DIFERENTES ESCALAS



Fitzjohn et al. 2002

PATRÓN ESPACIAL DE LA KS SUPERFICIAL EN LA CUENCA

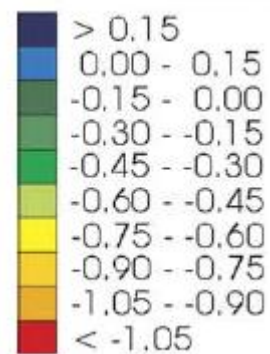
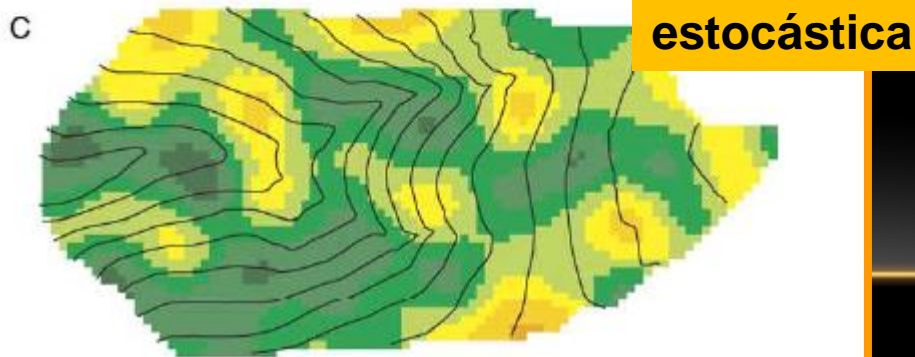
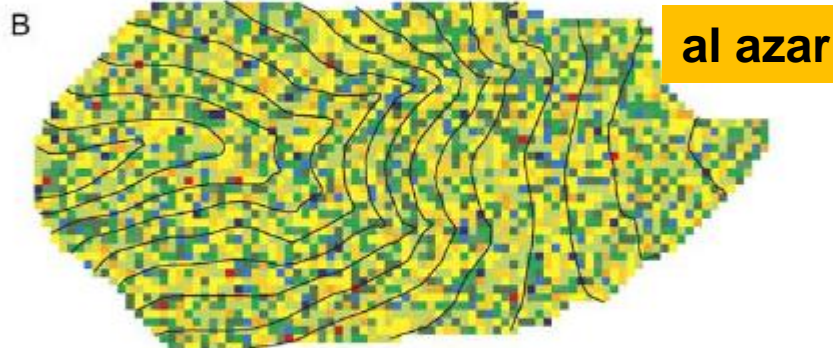
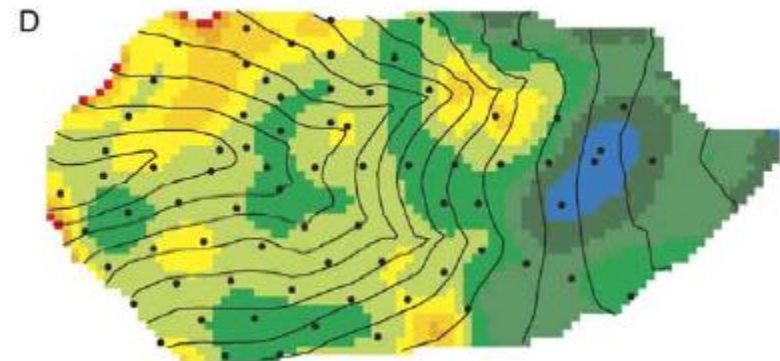
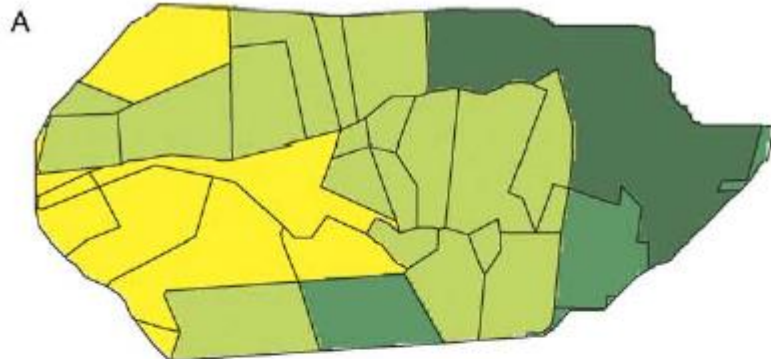


Herbst et al. 2006

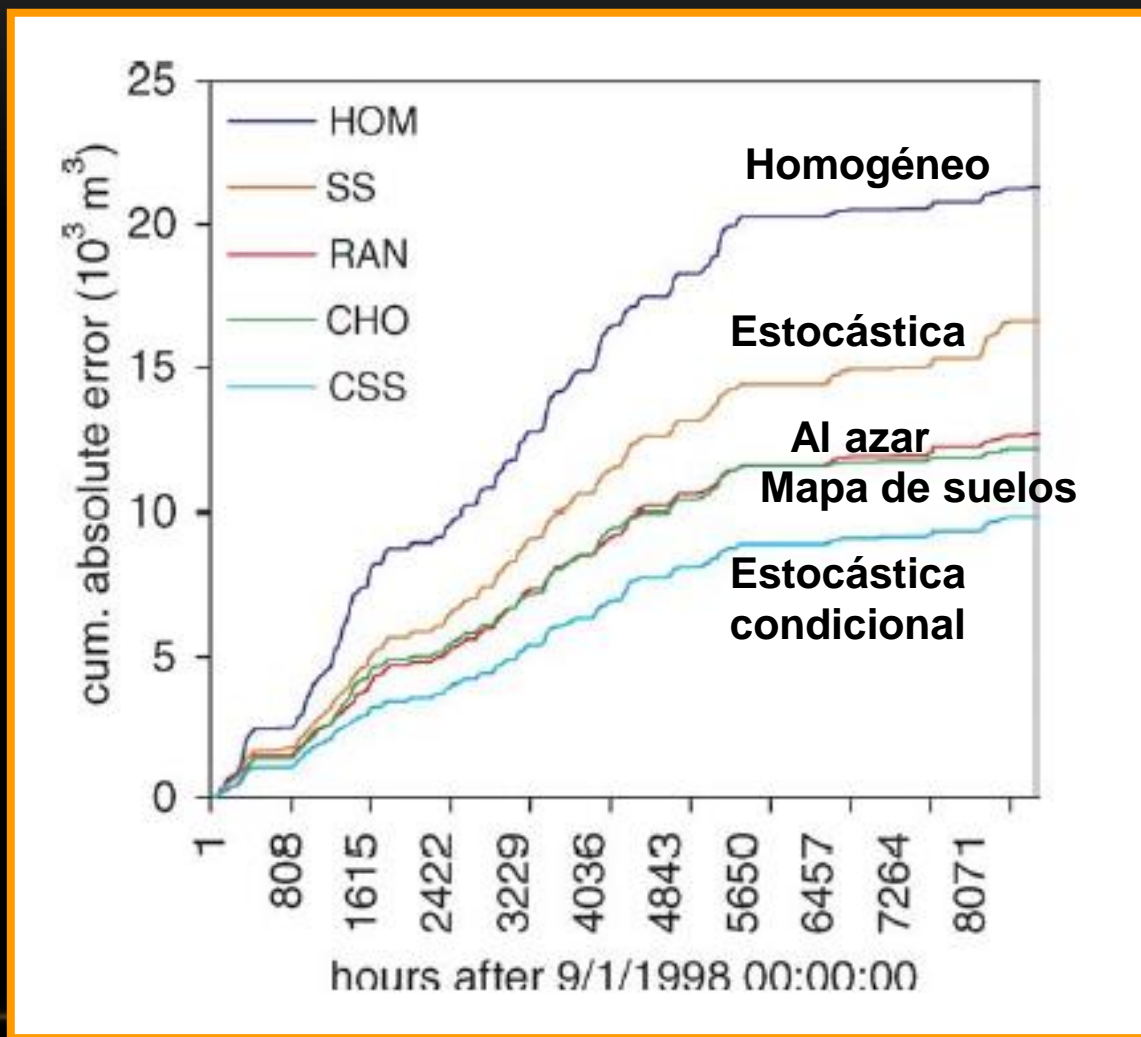
DISTRIBUCIÓN DEL LOG KS SEGÚN DISTINTOS CRITERIOS

mapa se suelos

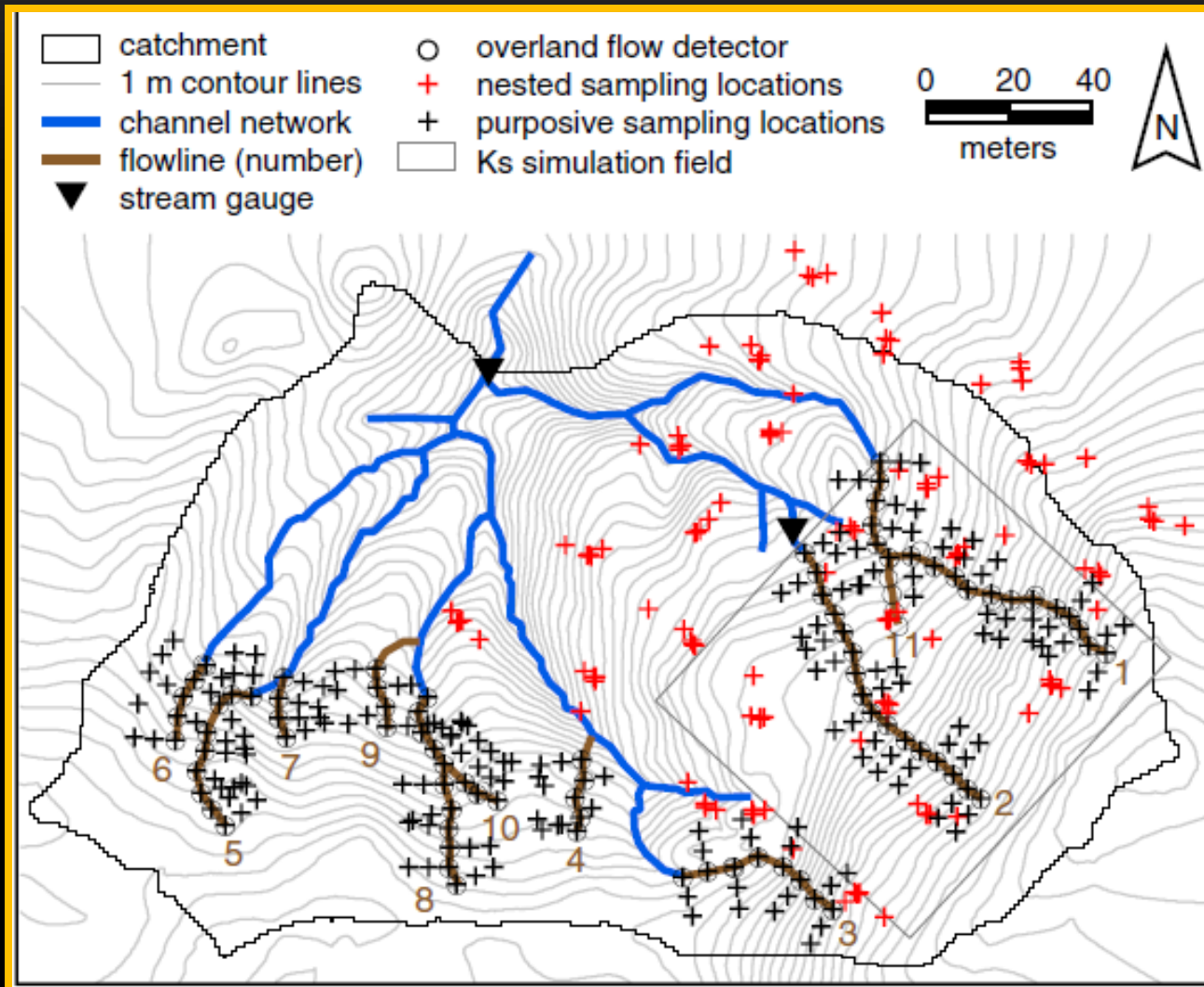
estocástica
condicional



ERROR ABSOLUTO ACUMULADO DE LA ESCORRENTÍA DE ACUERDO A LOS DISTINTOS CRITERIOS DE DISTRIBUCIÓN DE PARÁMETROS DENTRO DE LA CUENCA

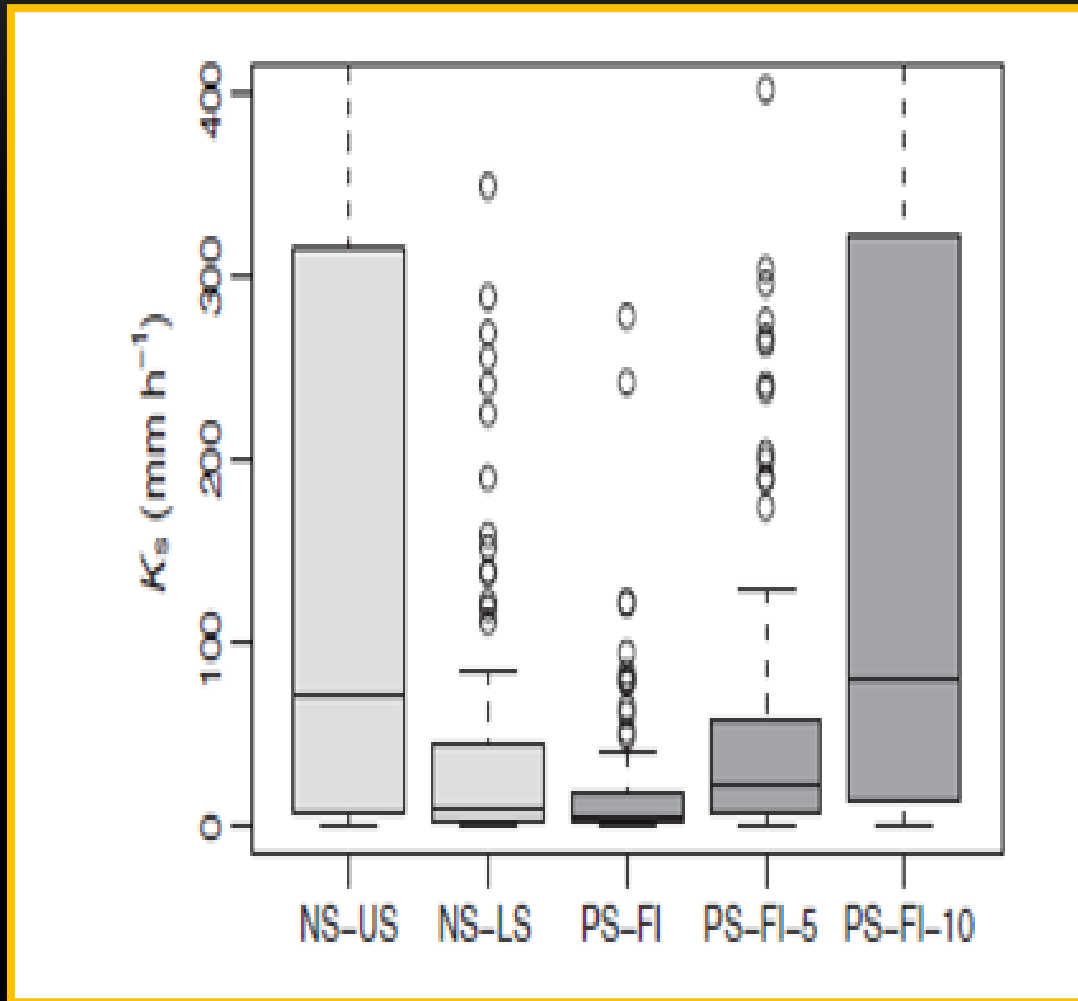


ESTRUCTURA ESPACIAL DE KS A PEQUEÑA ESCALA

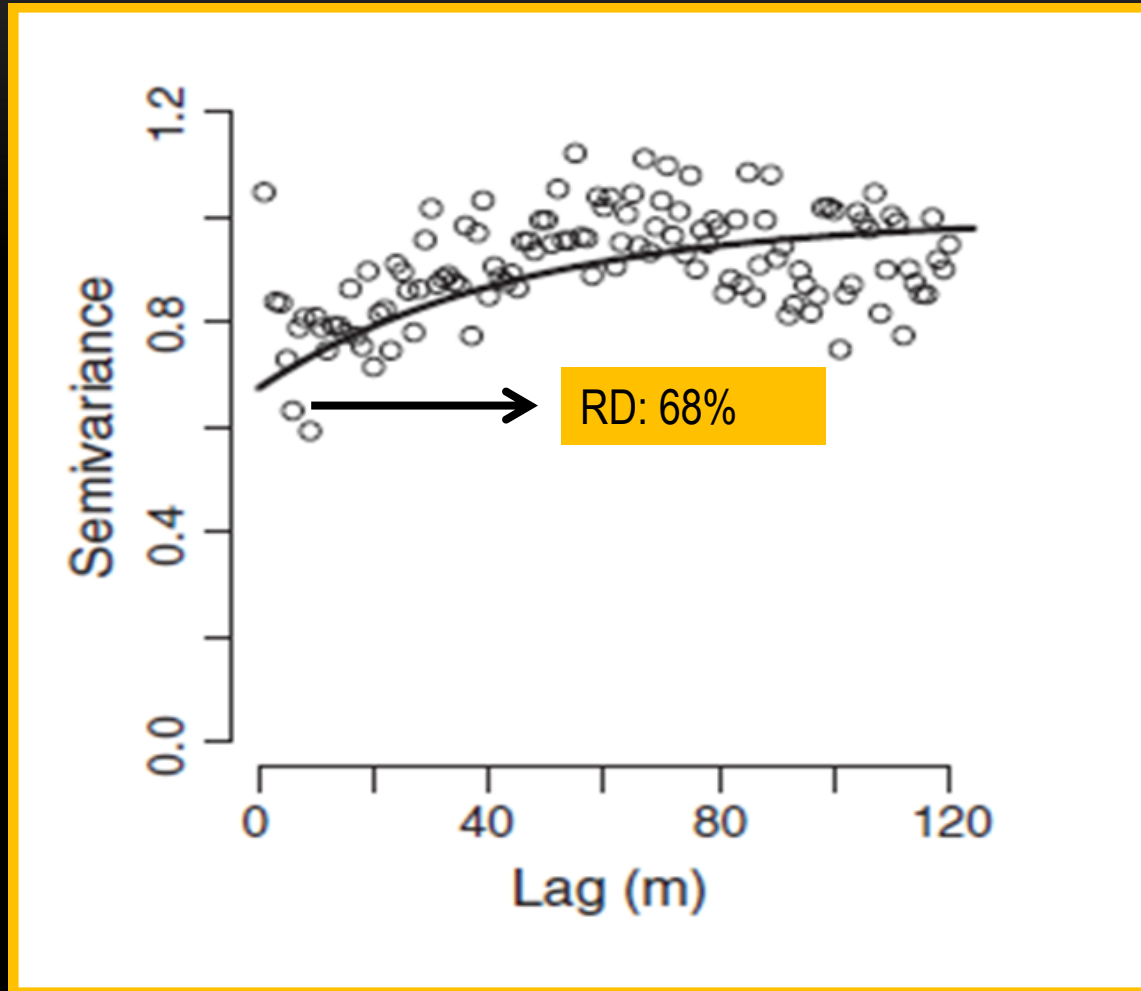


Cuenca forestal de Panamá
Clima tropical
Superficie: 3.3 ha
Área de 120*120 m
Grilla de 30 m

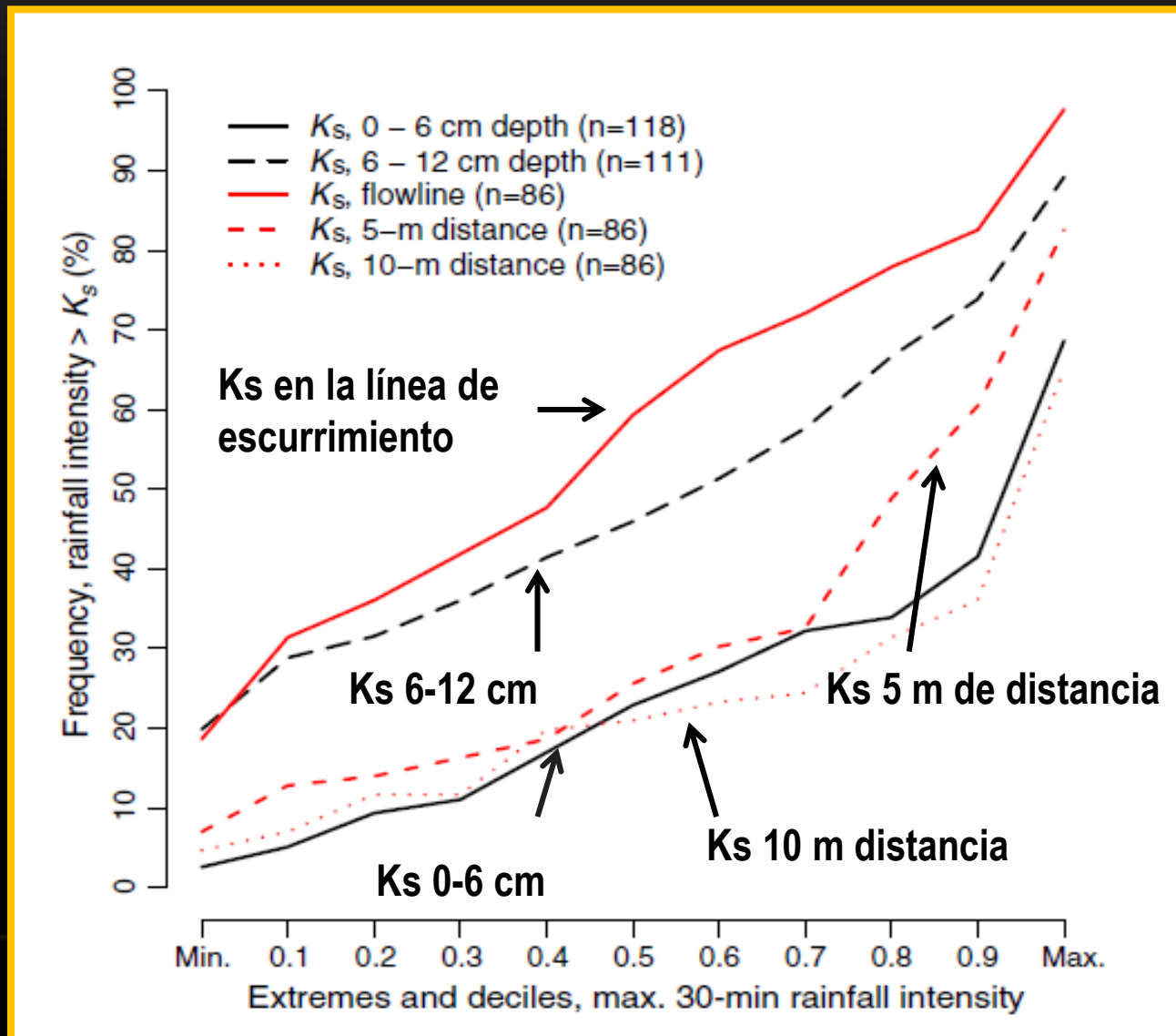
VALORES DE K_s CORRESPONDIENTES A LOS DOS TIPOS DE MUESTREO

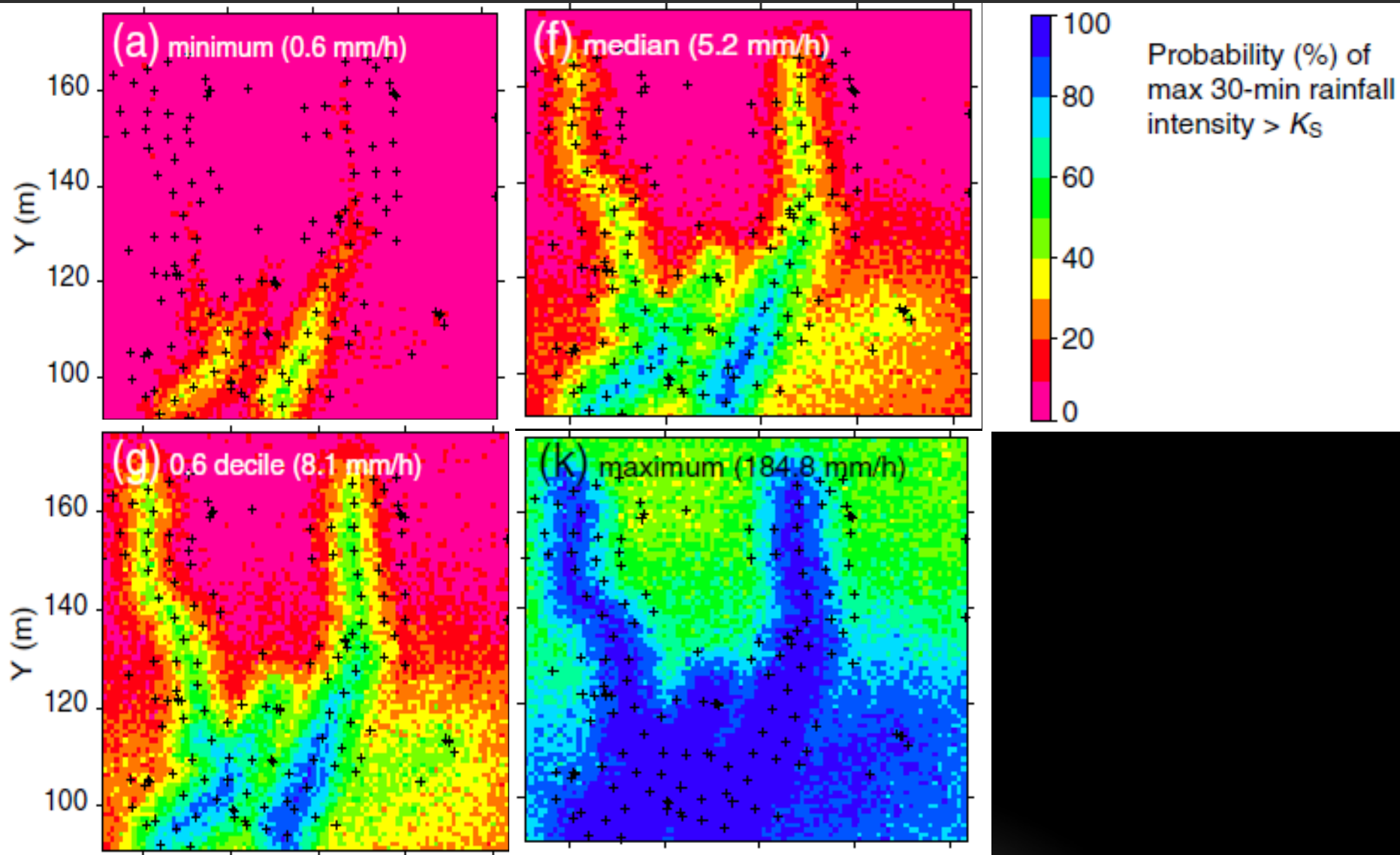


SEMIVARIOGRAMA DE LA KS CONSIDERANDO TODOS LOS PUNTOS OBSERVADOS

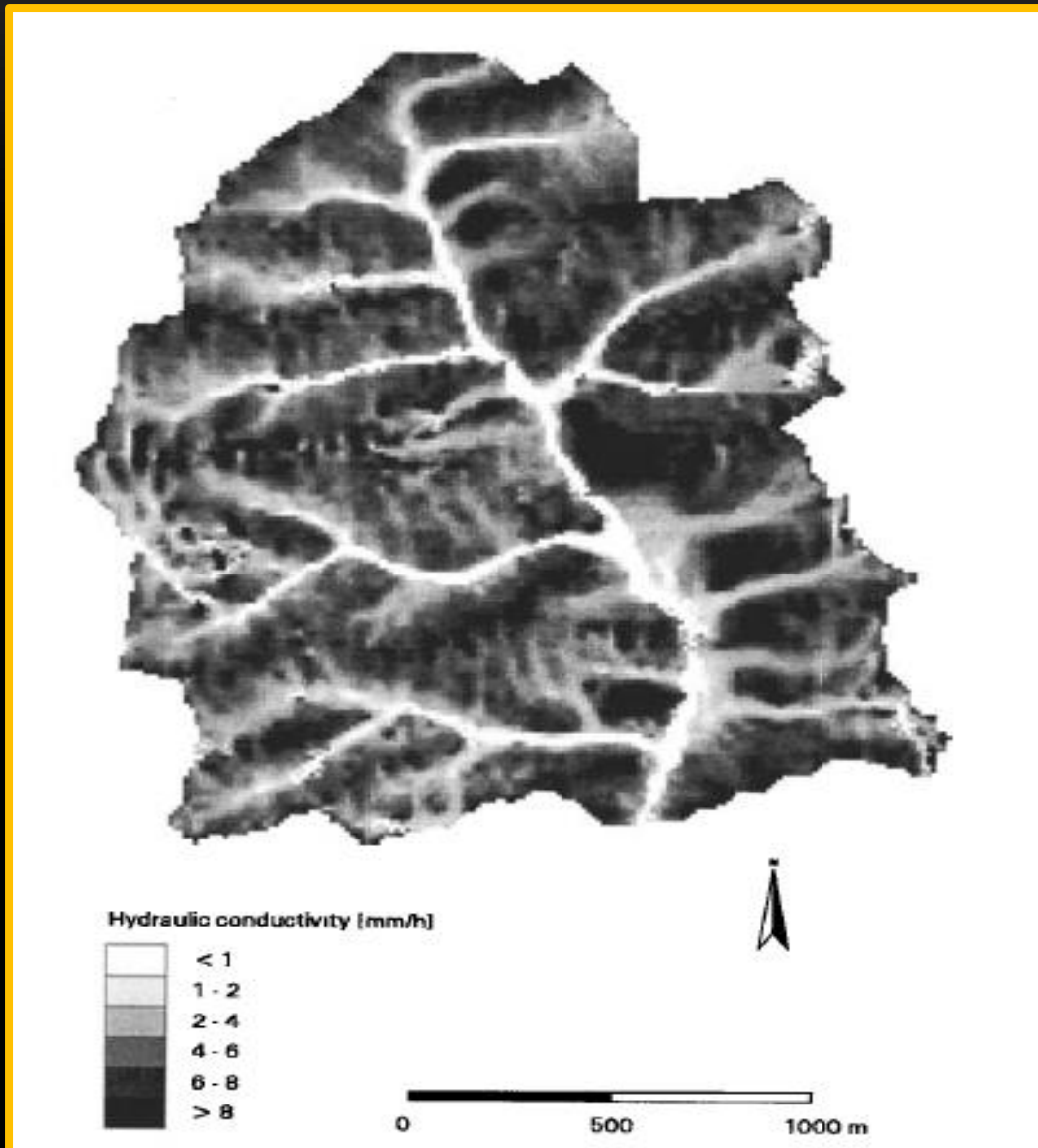


FRECUENCIA EN QUE LA INTENSIDAD DE LLUVIA EXCEDE LA K_s



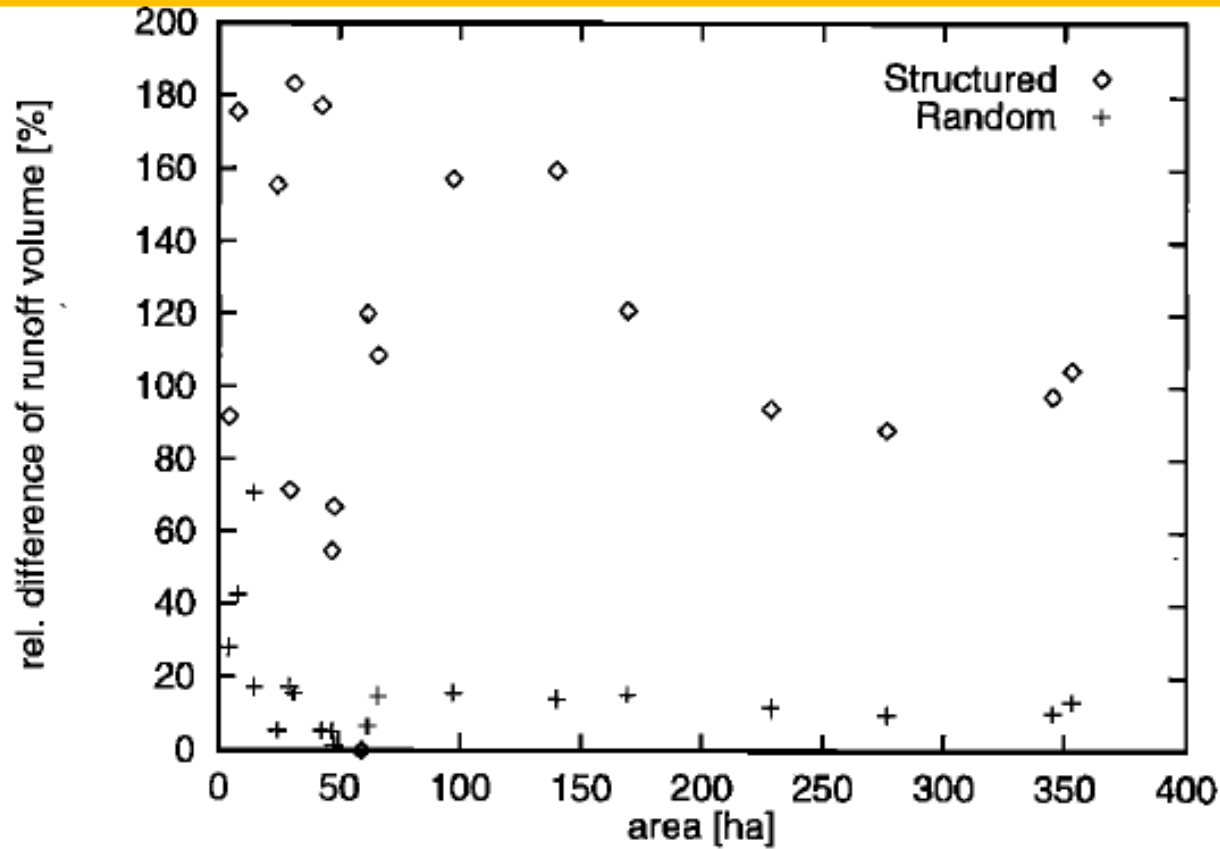


DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA KS EN UNA CUENCA DE ALEMANIA



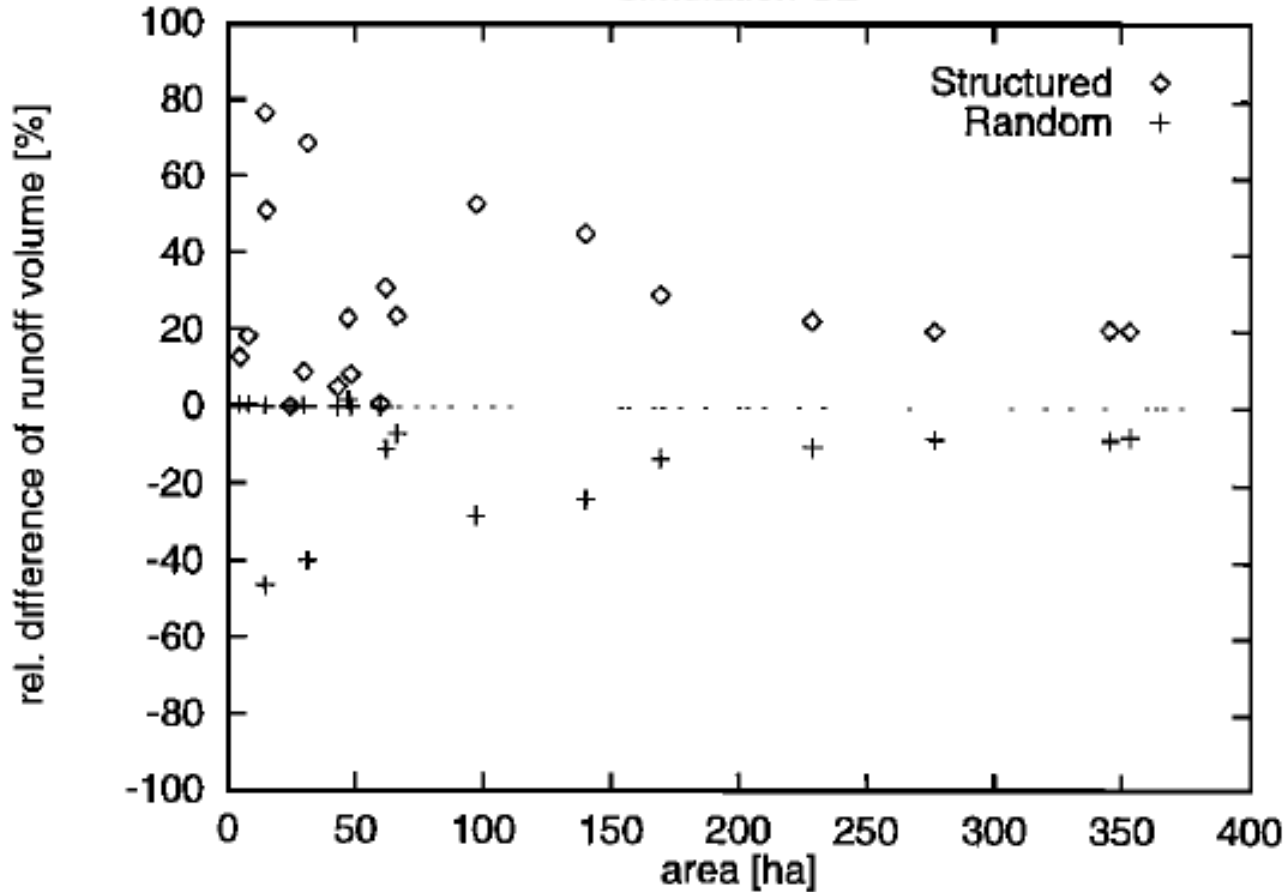
Cuenca agrícola de
Alemania
Sup: 3.4 km²
PP anual: 830 mm

EFFECTO DE LA ESTRUCTURA ESPACIAL DE ACUERDO A LA SUPERFICIE CONSIDERADA



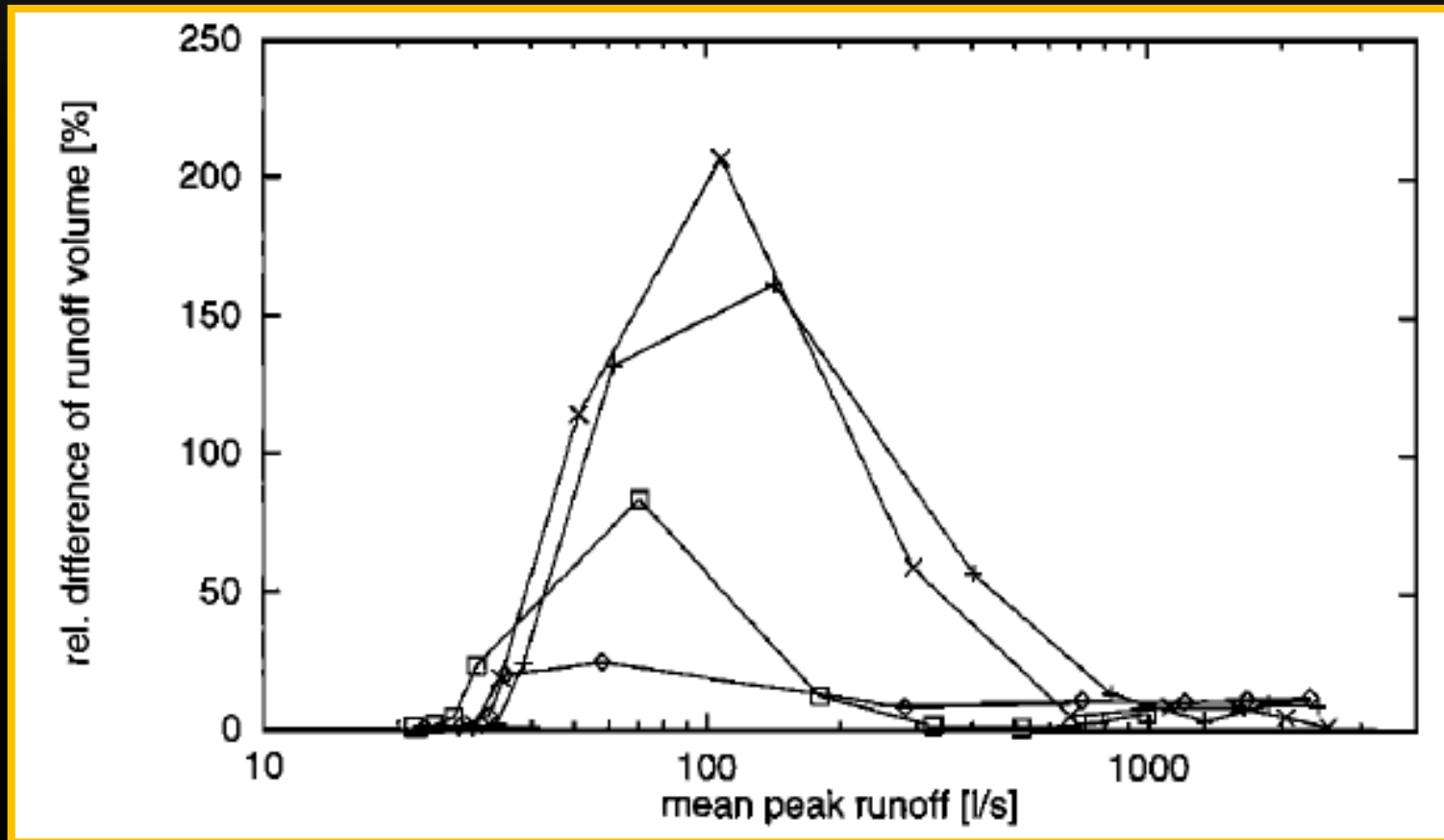
Precipitación: 26.7 mm
Humedad inicial: 23%
Coeficiente de escurrimiento: 2.5%
Caudal pico: 788 L/s

EFFECTO DE LA ESTRUCTURA ESPACIAL DE ACUERDO A LA SUPERFICIE CONSIDERADA

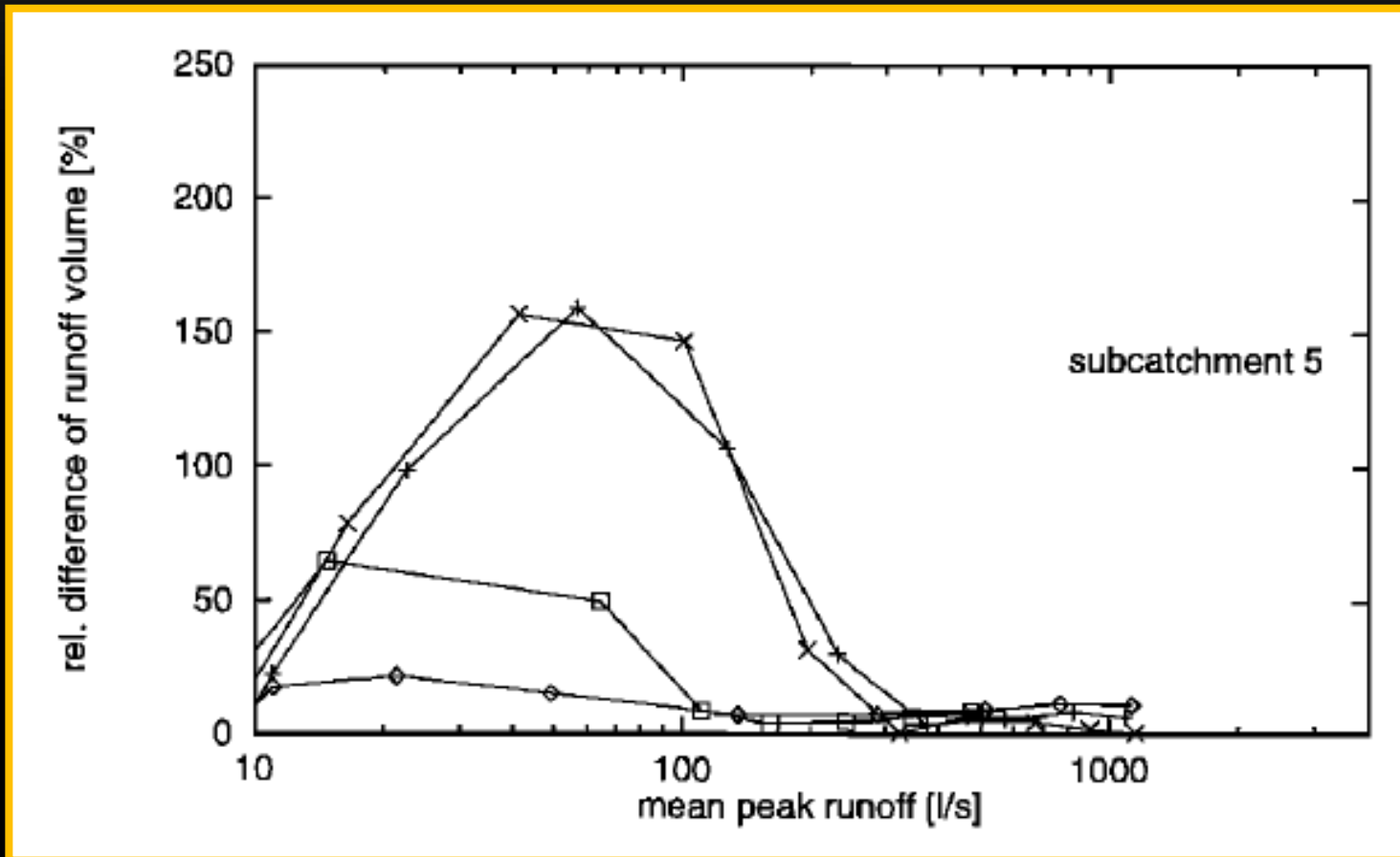


Precipitación: 34.8 mm
Humedad inicial: 27%
Coeficiente de escurrimiento: 2.7%
Caudal pico: 997 L/s

EFFECTO DE LA ESTRUCTURA ESPACIAL DE ACUERDO A LA TORMENTA CONSIDERADA



EFFECTO DE LA ESTRUCTURA ESPACIAL DE ACUERDO A LA TORMENTA CONSIDERADA



SÍNTESIS

- ✓ Hay distintas formas de determinar o estimar esta propiedad
 - ✓ La K_s es una propiedad altamente variable
 - ✓ Hay efectos de escala sobre la K_s
 - ✓ Los cambios de K_s pueden o no tener impacto dependiendo de la escala
 - ✓ La organización espacial de esta propiedad influye en los escurrimientos generados
-

MUCHAS GRACIAS