

Incertidumbre en la Predicción con la USLE en los Trópicos: Consecuencias y Mitigación

Henrique M. Leite Chaves
EFL- Facultad de Tecnología
Universidade de Brasília



Introducción

- La USLE es ampliamente utilizada en el mundo, incluso en los trópicos
- La ecuación predice la pérdida de suelo promedio anual en laderas
- Tiene buena precisión predictiva ($E = 0,75$)
- La variabilidad espacial y temporal afectan a los factores de la ecuación y su respuesta
- La incertidumbre resultante trae importantes consecuencias agronómicas, ambientales y políticas

La U.S.L.E. (Wischmeier & Smith, 1978)

$$A = R K L S C P$$

R = factor de erosividad de la lluvia

K = factor de erodibilidad del suelo

L = factor de longitud de ladera

S = factor de gradiente de la pendiente

C = factor de uso y cobertura del suelo

P = factor de practicas conservacionistas

Incertidumbre en Modelos

Incertidumbre = Error + Variabilidad

- Todos los factores de la USLE presentan los dos tipos de incertidumbre
- La variabilidad estocástica resulta de variaciones temporales y espaciales
- Por tanto, los factores de la USLE y la pérdida de suelo son todas variables aleatorias, con valores esperados y distribuciones

Model Uncertainty



State of California
 Estimated Rate of Water Induced Sheet and Rill Erosion
 Cropland/CRP Land/Pastureland
 National Resources Inventory
 (Estimates for non-Federal lands only)

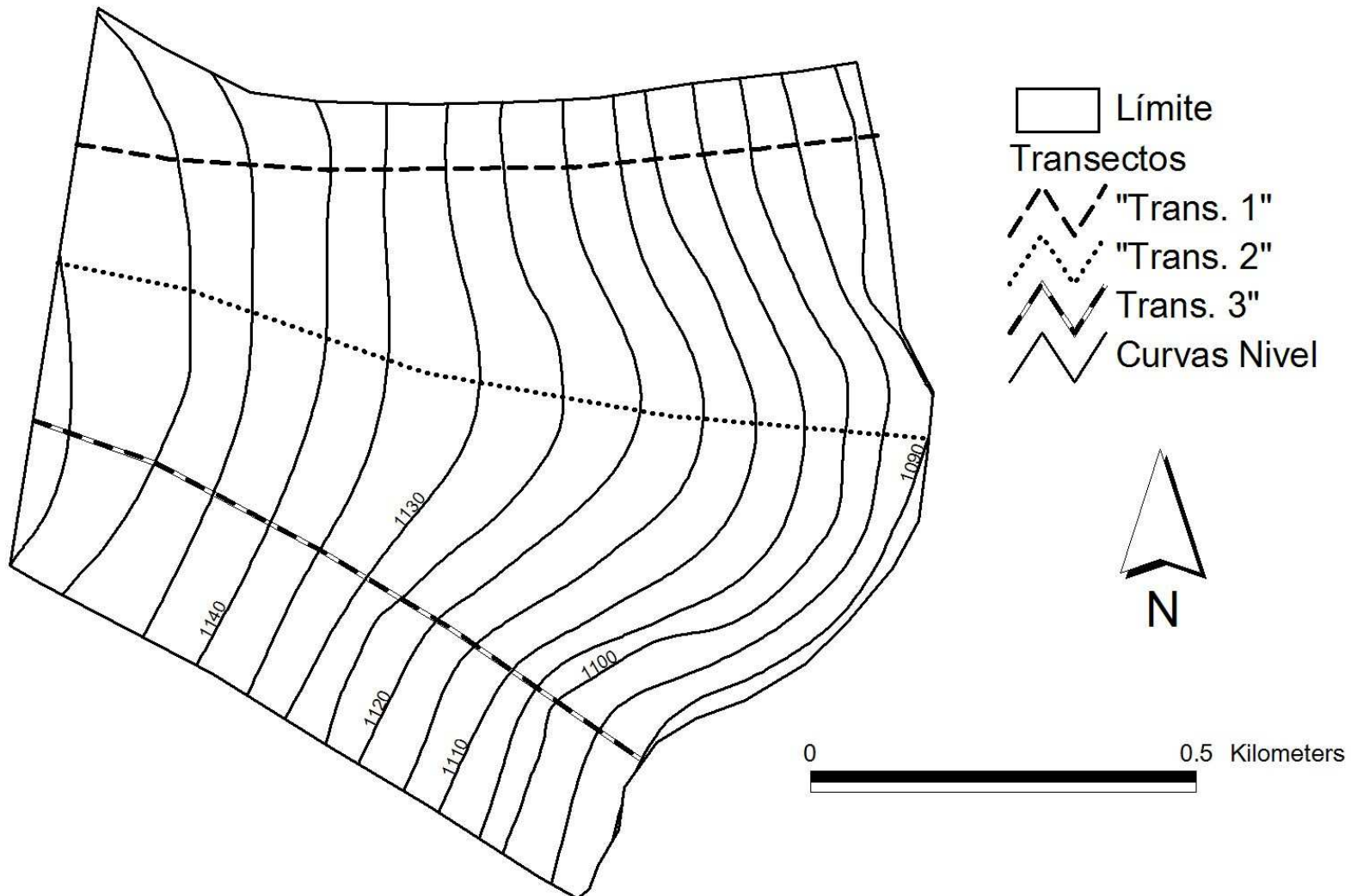
Year	Cultivated Cropland	Non-Cultivated Cropland	Pastureland	CRP Land*	Annual Average
Tons/acre/year.....				
1982	1.2	0.7	0.2	0.0	1.0
(error)	(0.12)	(0.24)	(0.06)	na	(0.09)
1987	1.1	0.8	0.2	2.4	0.9
(error)	(0.19)	(0.25)	(0.06)	(0.01)	(0.12)
1992	1.0	0.5	0.1	1.1	0.1
(error)	(0.23)	(0.06)	(0.02)	(0.01)	(0.13)
1997	0.7	0.5	0.1	0.3	0.6
(error)	(0.09)	(0.07)	(0.03)	(0.01)	(0.05)

Que pasa se $E[A] < E[T]$ pero resulta una degradación permanente (o vice-versa)?

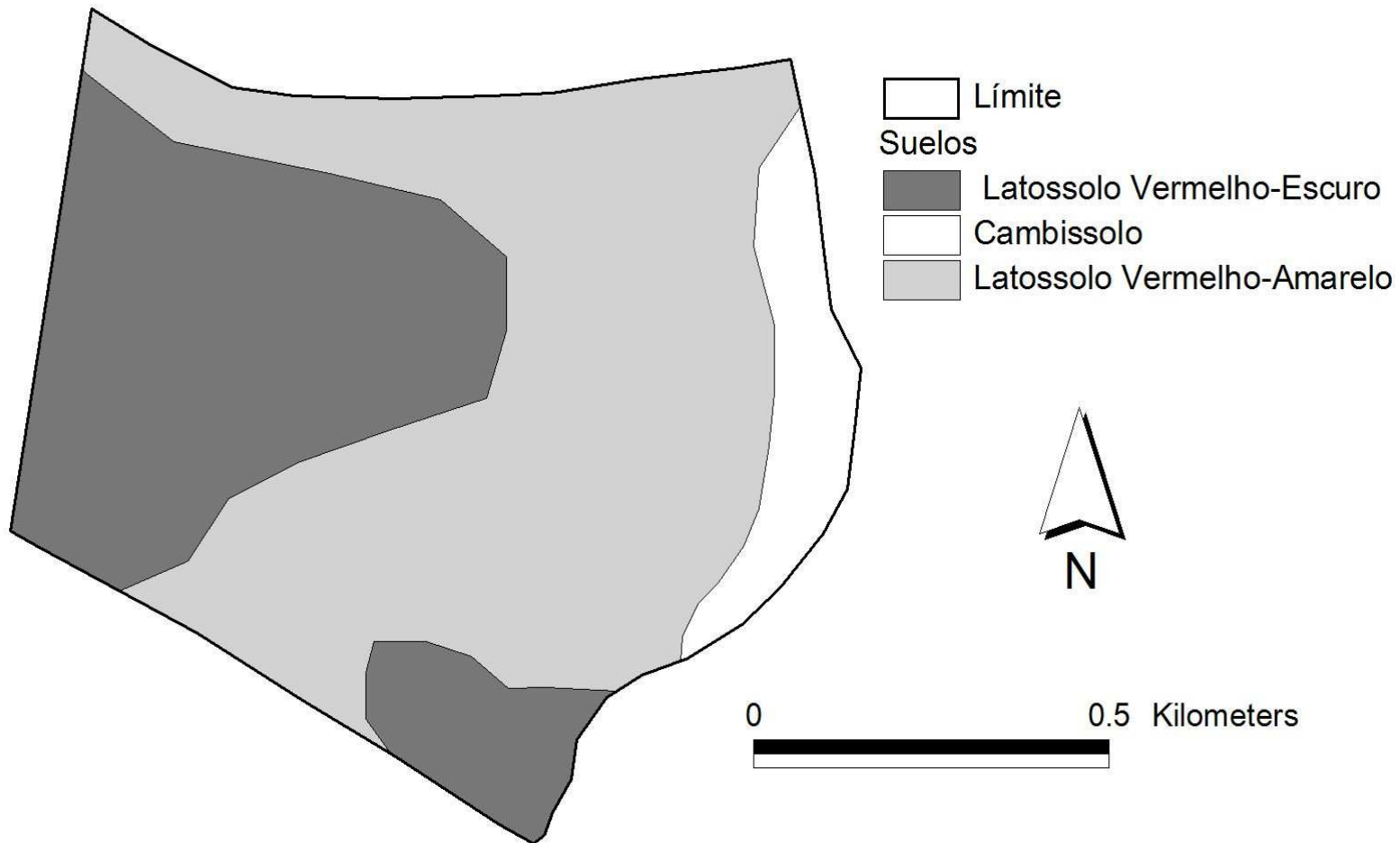
Objetivos

- Cuantificar la variabilidad espacial y temporal de los parámetros de la USLE en una situación típica en Brasil
- Estimar la incertidumbre en la predicción de erosión con la USLE
- Calcular la probabilidad de falla de erosión, dado un valor de tolerancia T
- Establecer medidas apropiadas de mitigación de la incertidumbre en el

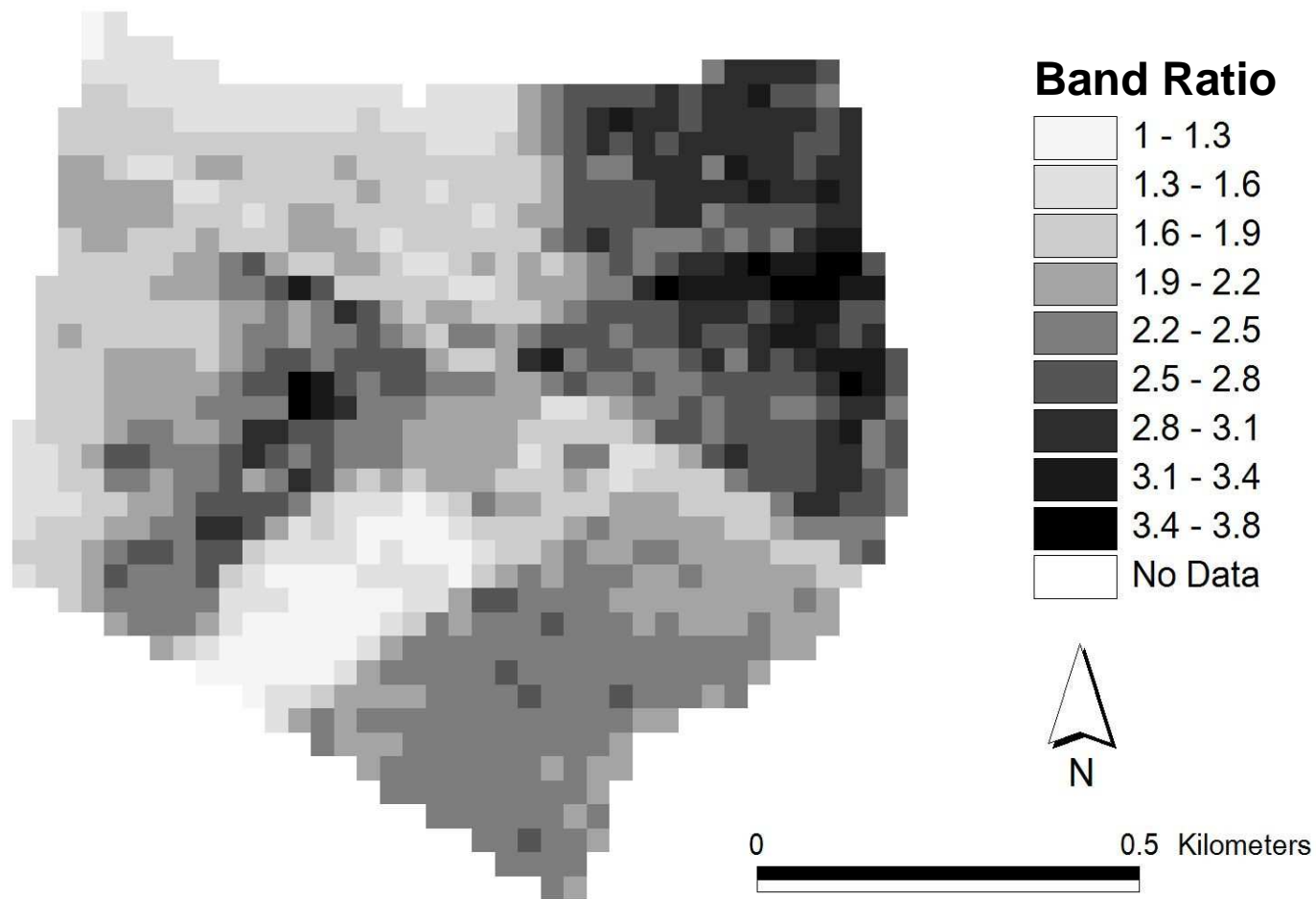
Area de Estudio: Topografía



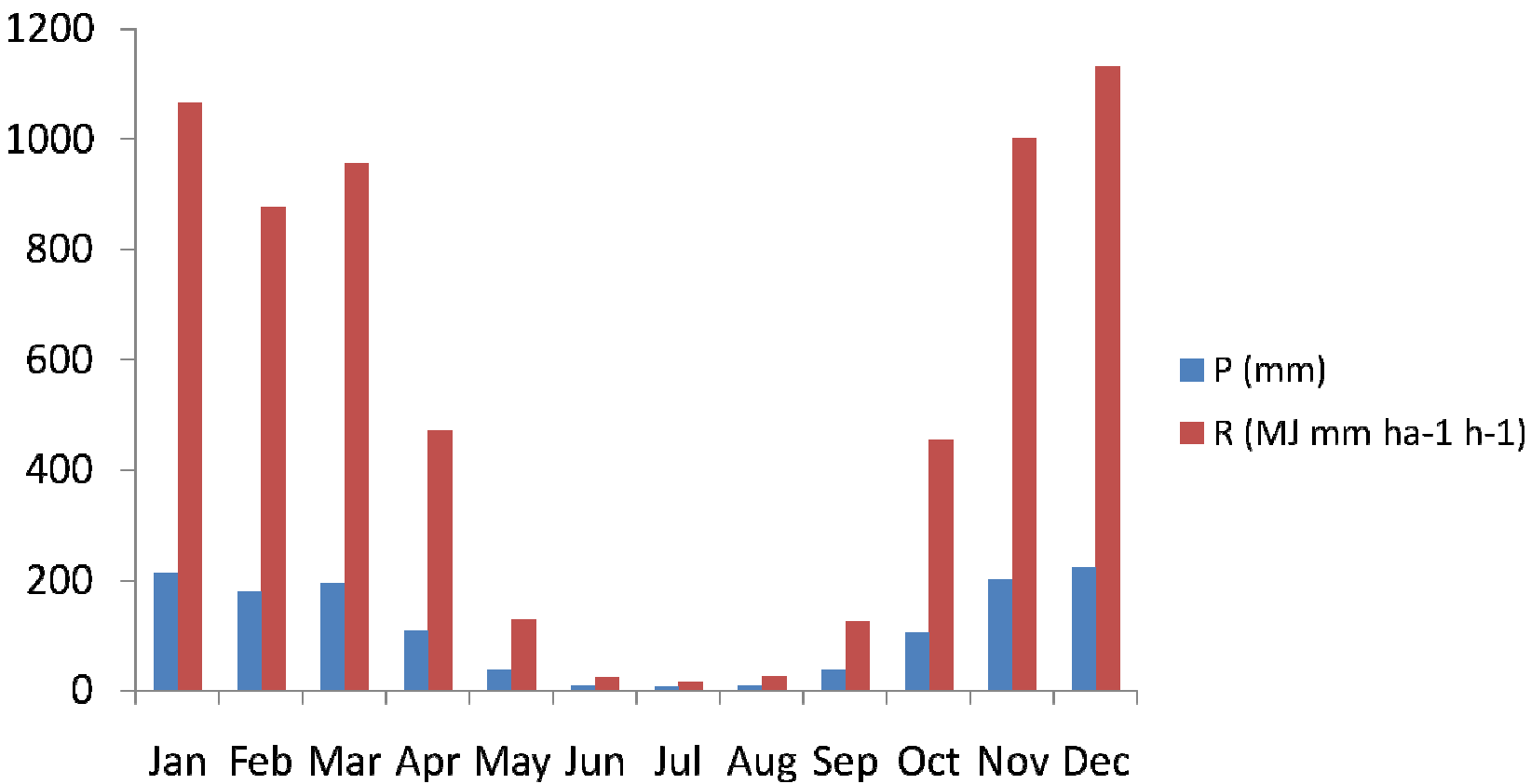
Area de Estudio: Suelos



Area de Estudio: Uso del Suelo



Area de Estudio: Erosividad Lluvia



Variabilidad Espacial y Temporal

Valor Esperado: $E[X] = \frac{\sum_i X_i}{n}$

Desvío-patrón: $s[X] = \sqrt{\frac{\sum_i (X_i - E[X])^2}{n - 1}}$

Coef. de Variación: $v[X] = \frac{s[X]}{E[X]}$

Factores normal e indendentemente distribuídos:
(P.M.E. - Jaynes, 1978)

Propagación de la Incertidumbre

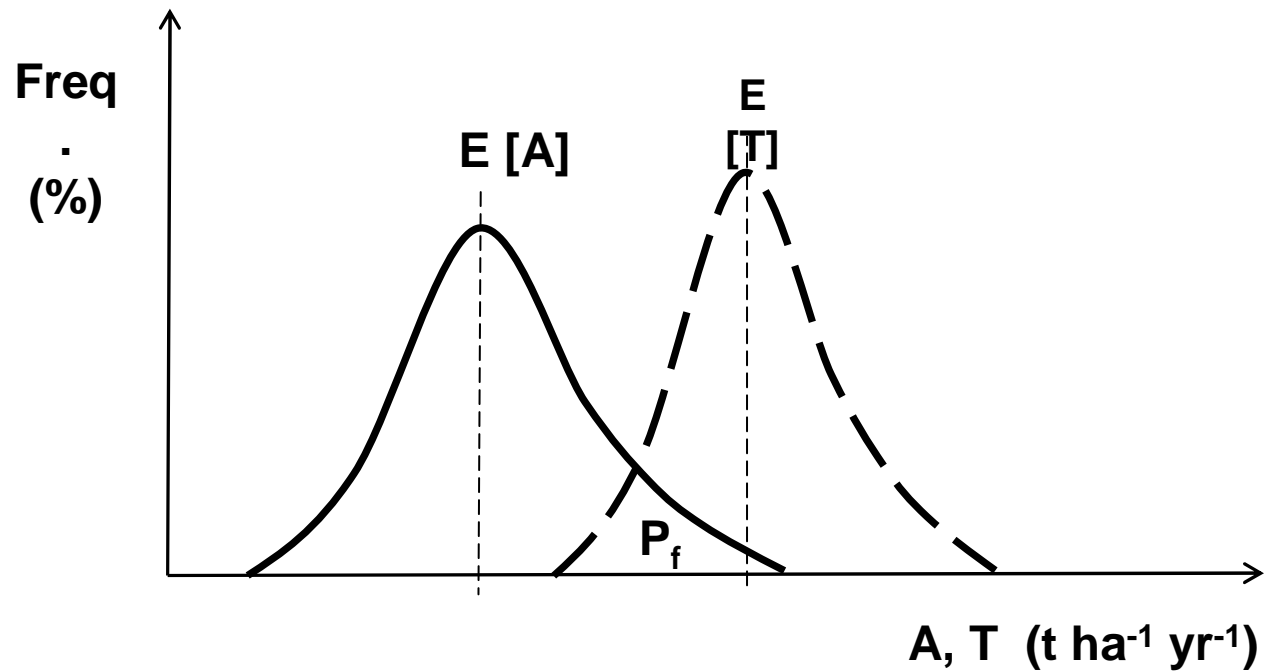
Vector Equation (Harr, 1987):

$$[A] = E [R] \cdot E [K] \cdot E [L] \cdot E [S] \cdot E [C] \cdot E [P]$$

$$V[A] = (V^2[R] + V^2[K] + V^2[L] + V^2[S] + V^2[C] + V^2[P])^{0,5}$$

$$\sigma[A] = V[A] E[A]$$

Probabilidad de Falla de Sistemas



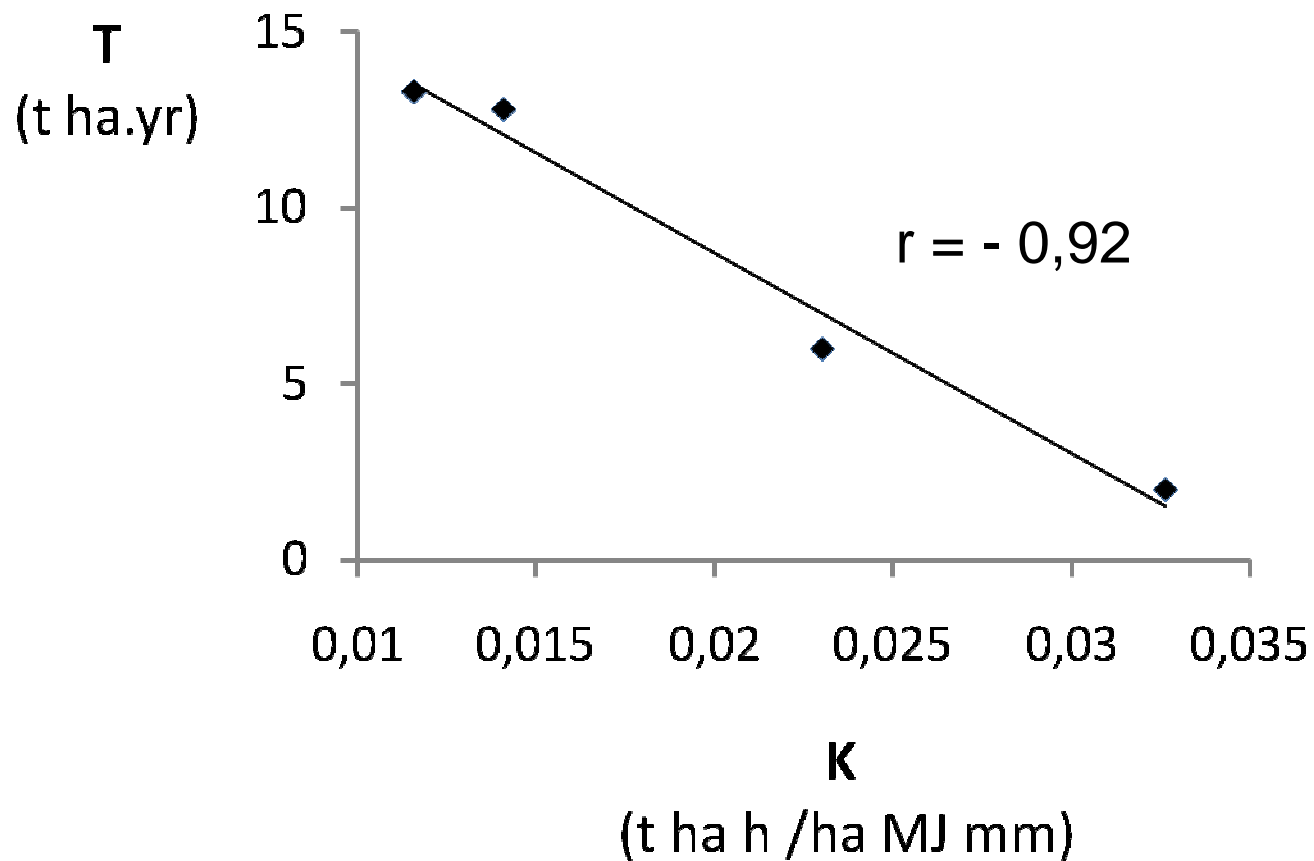
$$= 0,5 - \psi \left(\frac{E[T] - E[A]}{s[M_s]} \right) \rightarrow \text{Margen de Seguridad, } M_s$$

Resultados

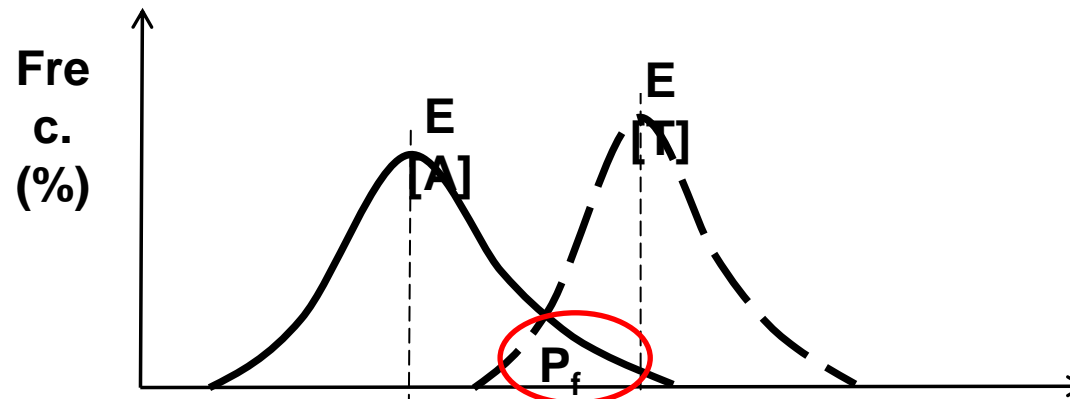
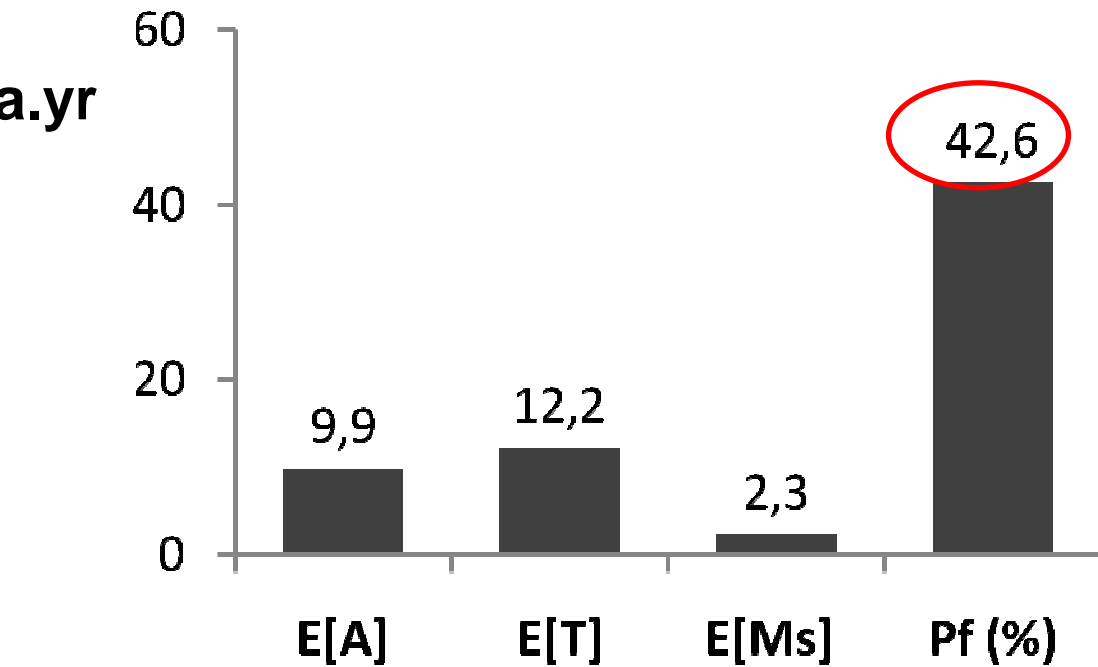
Factor	E []	V []	Tipo
R	6.349	0,12	Temporal
K	0,015	0,54	Espacial
L	6,50	0,07	Espacial
S	0,66	0,21	Espacial
C	0,025	0,24	Espacial
P	1,00	0,00	Espacial
A	9,9	0,64	
T	12,2	0,52	

V = 0,20

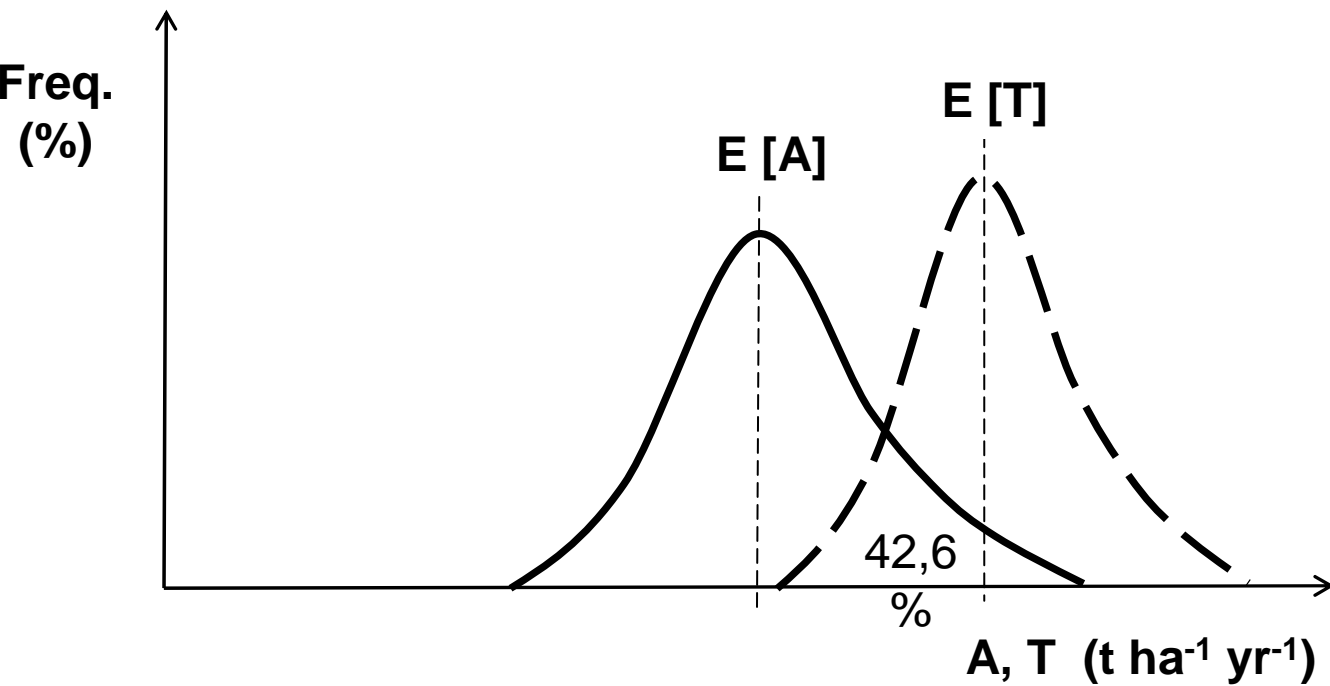
Resultados: Correlación T & K



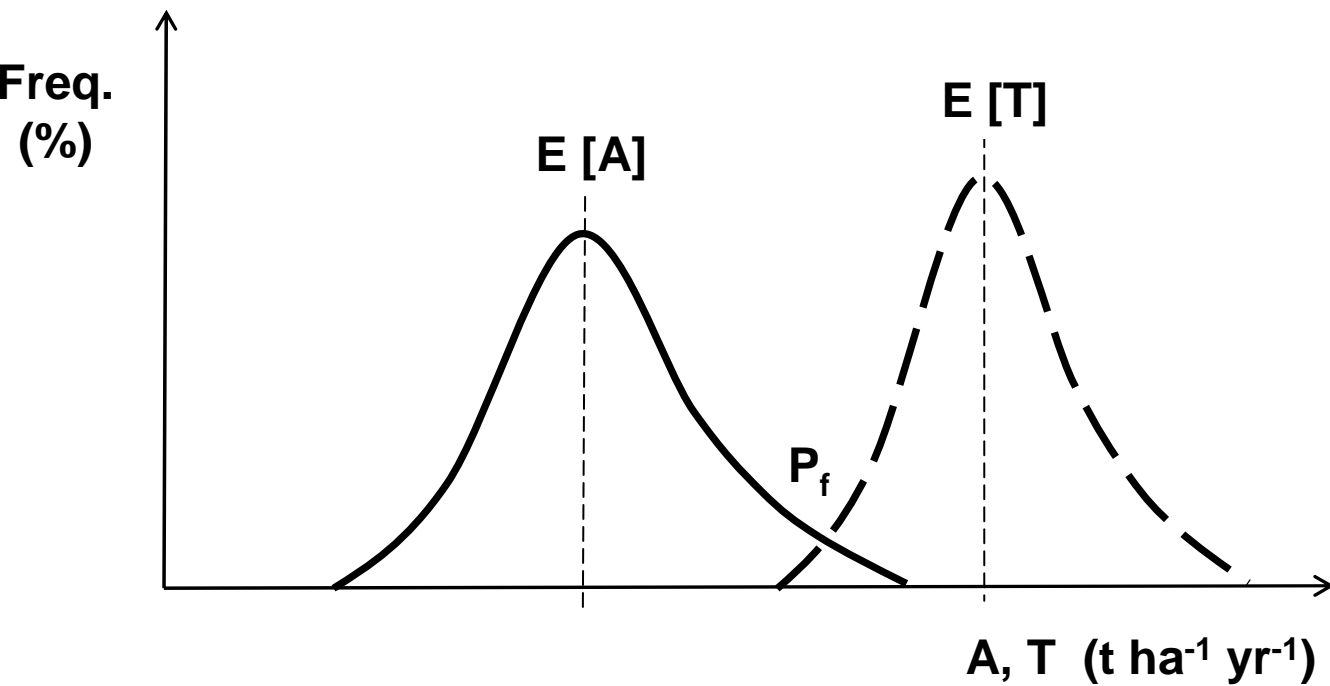
Resultados: Condición Original



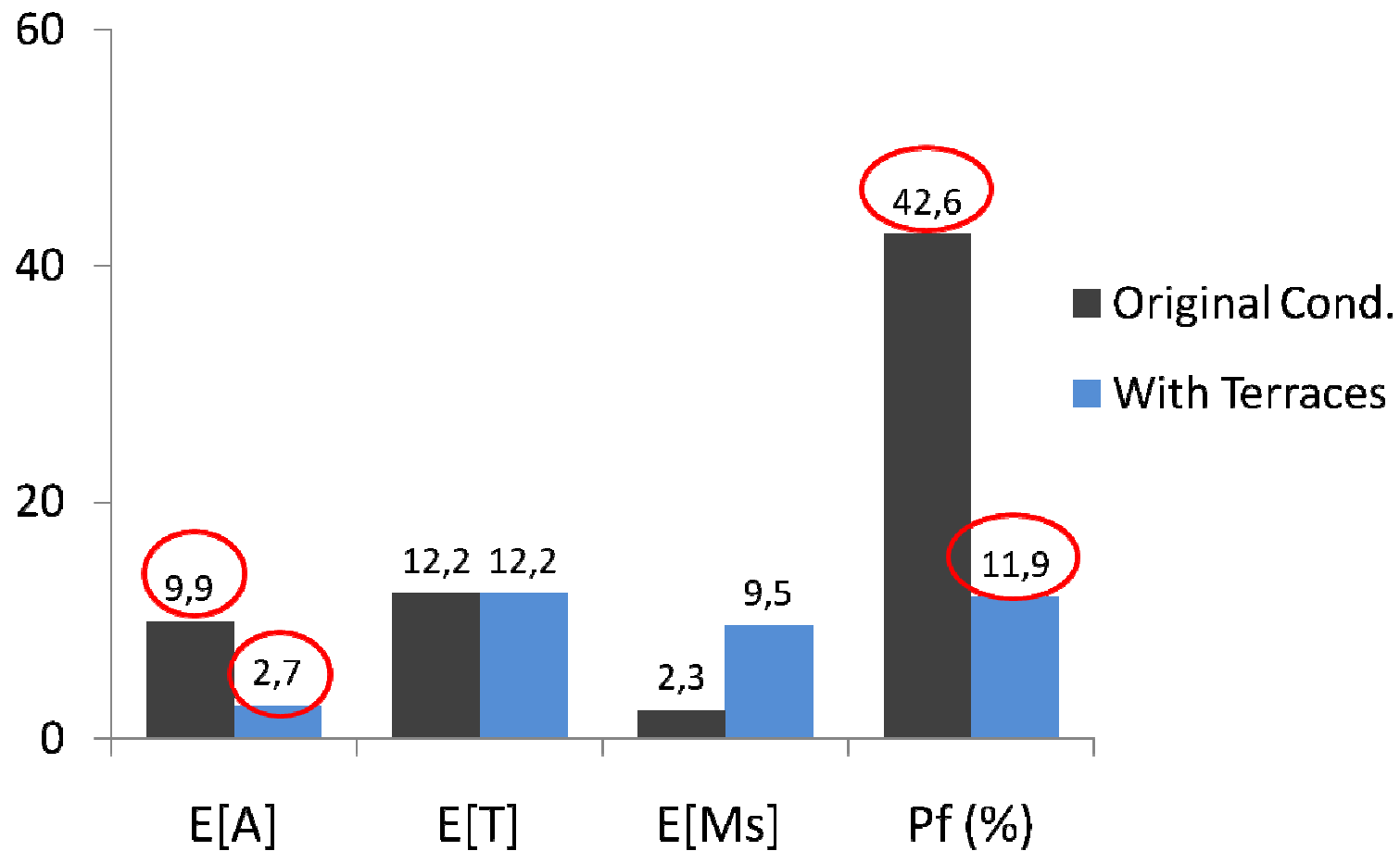
Resultados: Condición Original



Resultados: Con Terrazas



Resultados: Con Terrazas



Conclusiones

El coeficiente de variación de los factores de la USLE en una gleba de 90 ha en Brasil fue $CV=20\%$

CV de la pérdida de suelo fue 64%

Sin embargo $E[A] < E[T]$ en la condición original, P_f fue $42,6\%$ (inaceptable)

Con la implementación de terrazas, la pérdida de suelo A sería reducida en 65% , y P_f sería apenas $1,9\%$ (aceptable)

Estos resultados indican que la variabilidad estocástica debe ser incorporada al proceso de planeamiento y gestión del proceso de control de

Gracias



International Sediment Initiative

hchaves@unb.br