

SEMINARIO INTERNACIONAL

Integrando el conocimiento del cambio global
a los procesos de toma de decisiones en la
Cuenca del Plata: un enfoque transdisciplinario.

Santa Fe, Argentina, septiembre de 2019



**UNL • FACULTAD
DE INGENIERÍA Y
CIENCIAS HÍDRICAS**



Cátedra UNESCO "Agua y Educación
para el Desarrollo Sostenible"
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS HÍDRICAS

Leandro Sgroi

CEVARCAM
FICH UNL

lsgroi@unl.edu.ar

Una utilidad y aplicación para Modelos de Procesos de Superficie y dos Metodologías.

- 1.- Modelo de Procesos de Superficie (LSM). Separación de Flujos.
- 2.- Construcción de indicadores estandarizados. Metodologías. Eventos Extremos.
- 3.- Aplicación. Zona Núcleo de cultivos.

Modelos de Procesos de Superficie.

- **MODELO DE CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN VARIABLE (VIC).**

Características principales:

- * Esquema de transferencia atmósfera-vegetación-suelo (SVATS)
- * Balances superficiales de agua y energía simulados a escala diaria o sub-diaria.
- * Tamaño de celdas (pocos kms - 2°). Topografía uniforme en cada celda.
- * Heterogeneidad: más de un tipo de vegetación por celda de grilla.
- * Parámetros de suelo y parámetros de vegetación.
- * Forzantes meteorológicos: Datos que conducen la simulación.
(Pre, T, Vientos (U,V), Presión..) diarios o sub-diarios.
- * Capas de suelo: usualmente 3 de espesor variable.

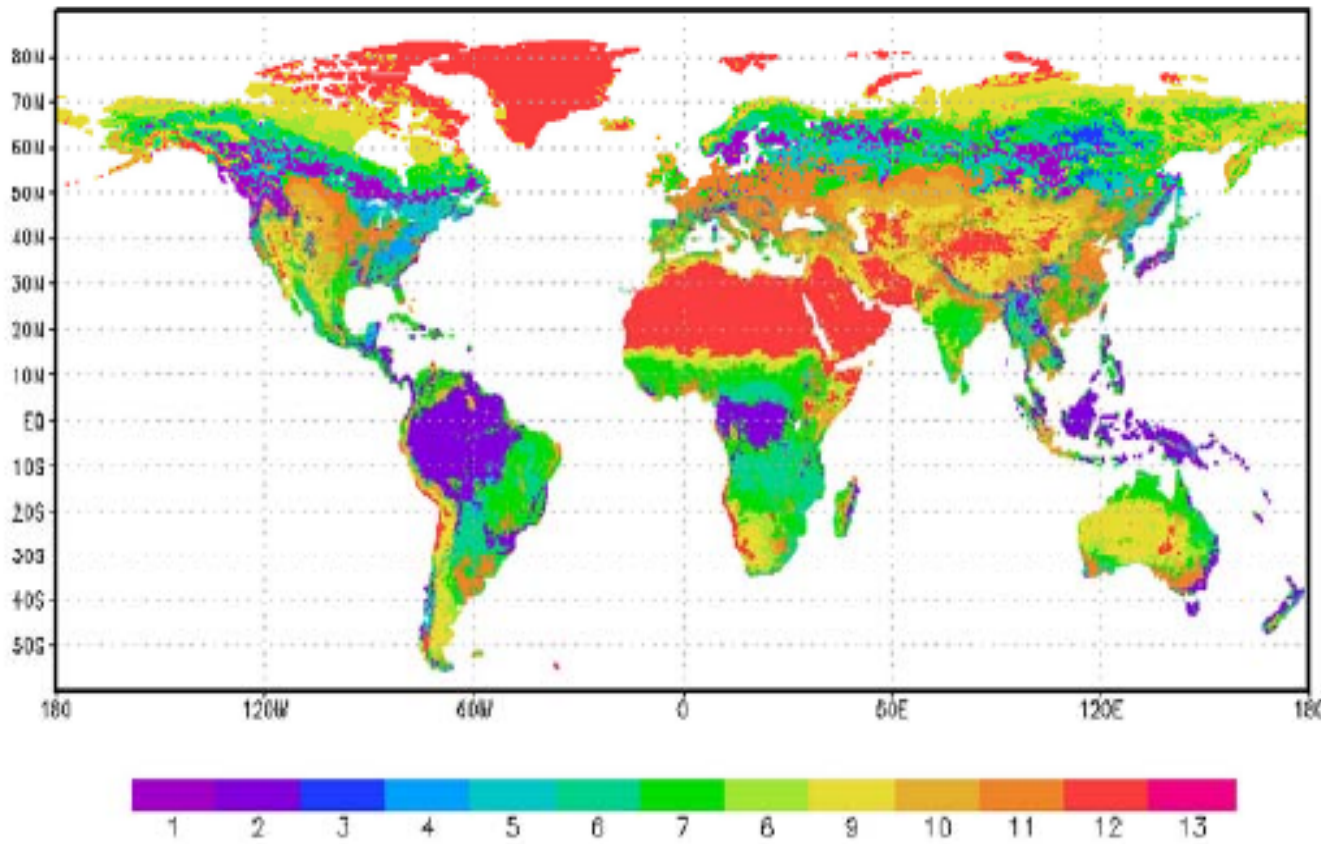
- MODELO DE CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN VARIABLE (VIC).

Presunciones del modelo:

- * No considera interacción entre celdas.
 - No existen aportes (H_S , Q_d , Q_b) de una celda a otra.
 - Procesos verticales preponderantes.
- * Simulación independiente de cada celda.
 - Variabilidad de vegetación.
 - Homogeneidad de suelo.
- * No considera ruteo de caudales.

Cobertura Vegetal

- archivo de librería de vegetación.
- archivo de parámetros de vegetación.

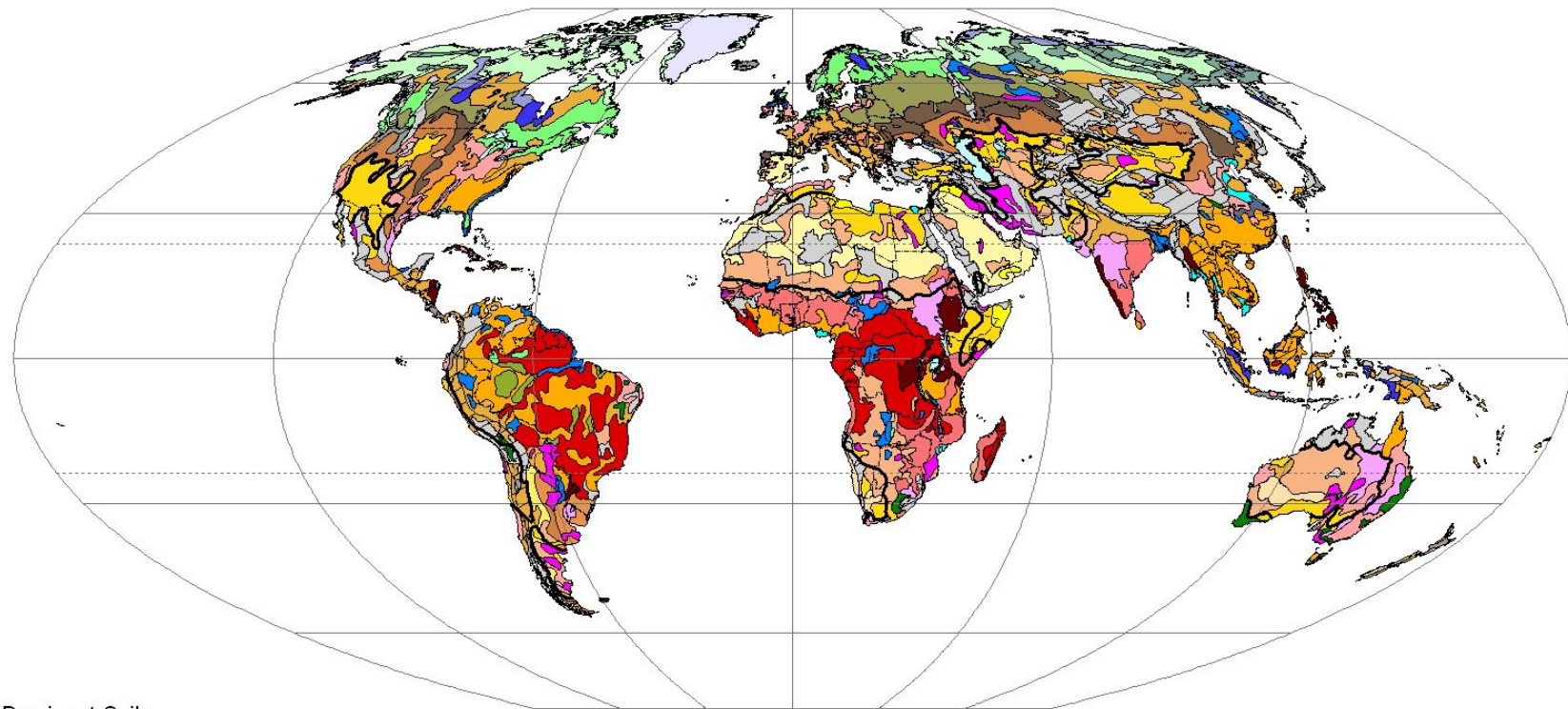


<i>Value</i>	<i>Label</i>
0	Water
1	Evergreen Needleleaf Forest
2	Evergreen Broadleaf Forest
3	Deciduous Needleleaf Forest
4	Deciduous Broadleaf Forest
5	Mixed Forest
6	Woodland
7	Wooded Grassland
8	Closed Shrubland
9	Open Shrubland
10	Grassland
11	Cropland
12	Bare Ground
13	Urban and Built

- University of Maryland AVHRR (disponible 1 km). <http://glcf.umd.edu/data/landcover/index.shtml>
- Hansen, M., R. DeFries, J.R.G. Townshend, and R. Sohlberg (2000).

Información de Suelo

WORLD SOIL RESOURCES



Dominant Soils

■ Acrisols, Alisols, Plinthosols (AC)
■ Albeluvisols, Luvisols (AB)
■ Andosols (AN)
■ Anthrosols (AT)
■ Arenosols (AR)
■ Calcisols, Cambisols, Luvisols (CL)
■ Calcisols, Regosols, Arenosols (CA)
■ Cambisols (CM)

■ Chernozems, Phaeozems (CH)
■ Cryosols (CR)
■ Durisols (DU)
■ Ferralsols, Acrisols, Nitisols (FR)
■ Fluvisols, Gleysols, Cambisols (FL)
■ Gleysols, Histosols, Fluvisols (GL)
■ Gypsisols, Calcisols (GY)
■ Histosols, Cryosols (HR)

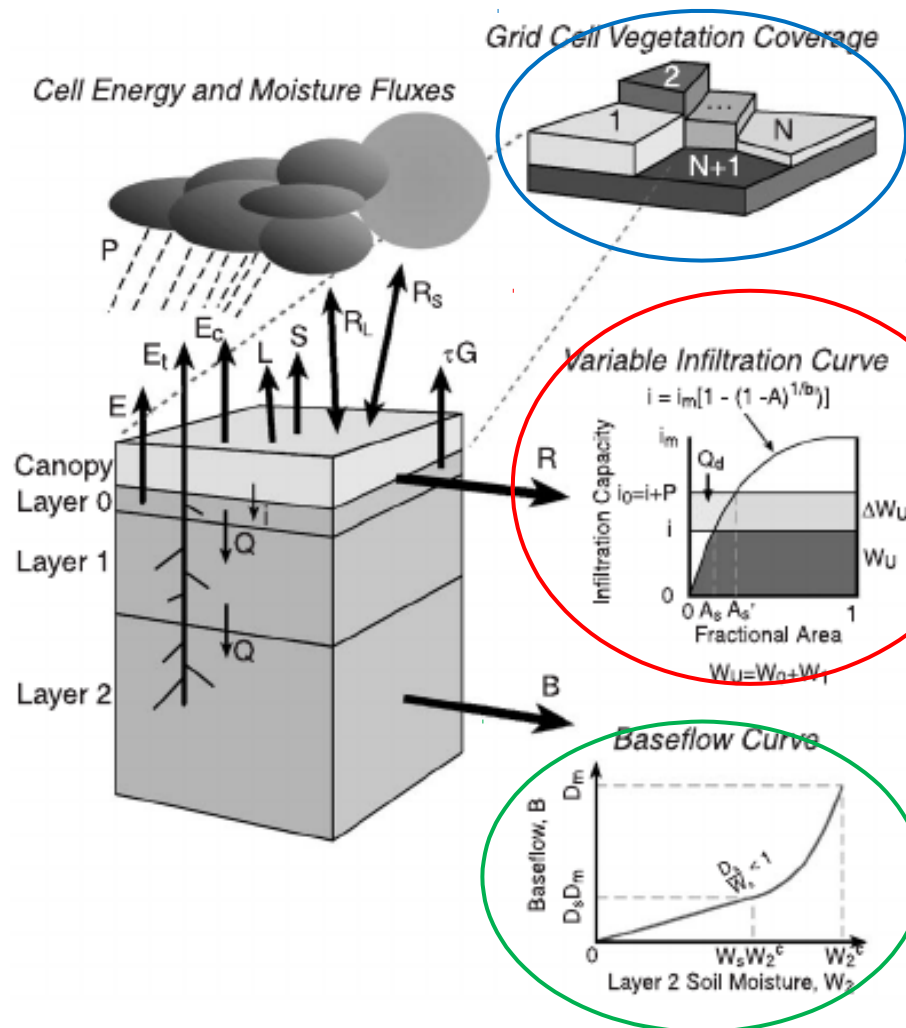
■ Histosols, Gleysols (HS)
■ Kastanozems, Solonetz (KS)
■ Leptosols, Regosols (LP)
■ Leptosols, Cryosols (LR)
■ Lixisols (LX)
■ Luvisols, Cambisols (LV)
■ Nitisols (NT)
■ Phaeozems (PH)

■ Planosols (PL)
■ Plinthosols (PT)
■ Podzols, Histosols (PZ)
■ Regosols (RG)
■ Solonchaks, Solonetz (SC)
■ Umbrisols (UM)
■ Vertisols (VR)
■ Glaciers (gl)

■ Waterbodies
■ Limit of aridity
■ Steep lands
■ Country boundaries

Projection Flat Polar Quartic
© FAO/EC/ISRIC, 2003

• MODELO DE CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN VARIABLE (VIC).



- 0 Genera campos de variables hidrometeorológicas.
- 0 Uso global y regional.
- 0 Variabilidad de vegetación.
- 0 Resuelve balances hidrológico y de energía.

$$\frac{\partial S}{\partial t} = P - E - R$$

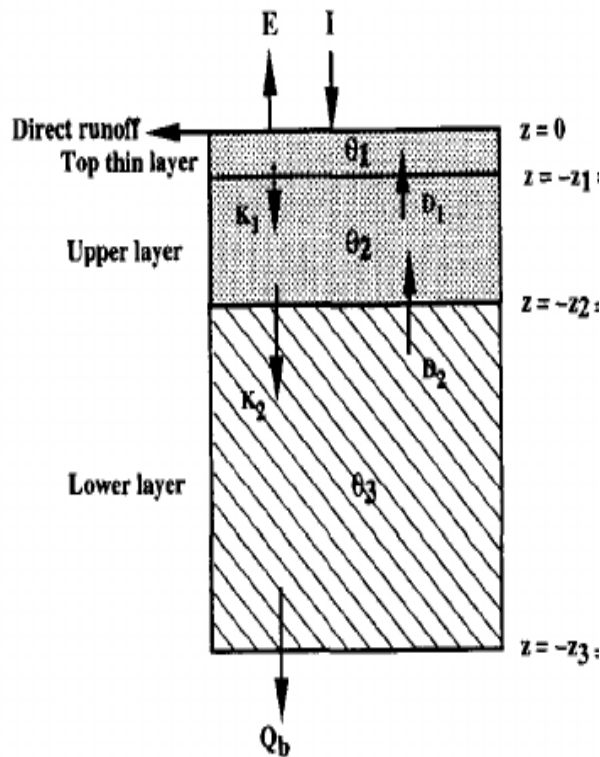
- 0 Función de variabilidad espacial de infiltración.
- 0 Función de flujo Base.

Seminario Internacional Cambio Global

• MODELO VIC.

Procesos del balance H:

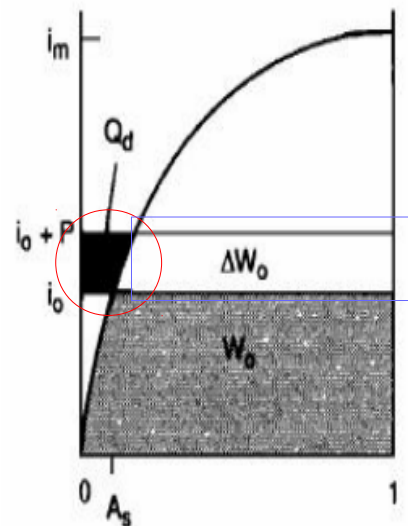
$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(D(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) + \frac{\partial K(\theta)}{\partial z}$$



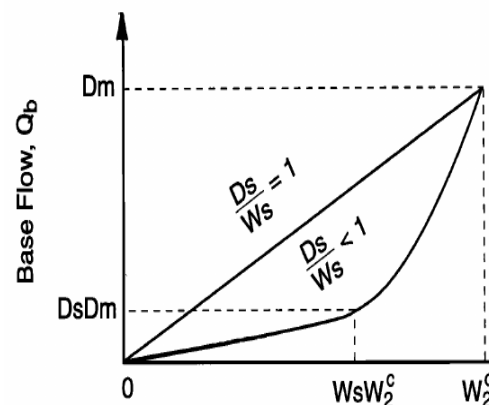
(Liang et al., 1996)

$$i_m = [1 + b_i] \theta_s |z|$$

$$i = i_m [1 - (1 - A)^{1/b_i}]$$

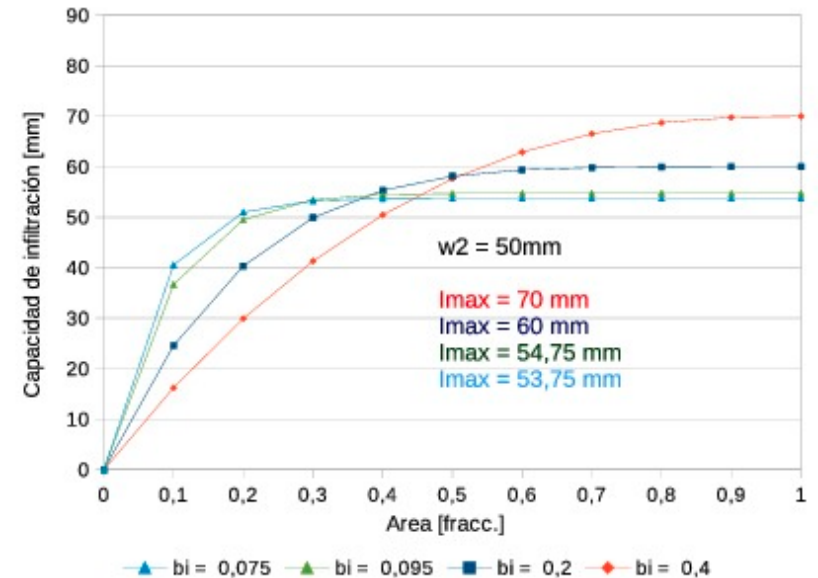


(Wood et al., 1992)

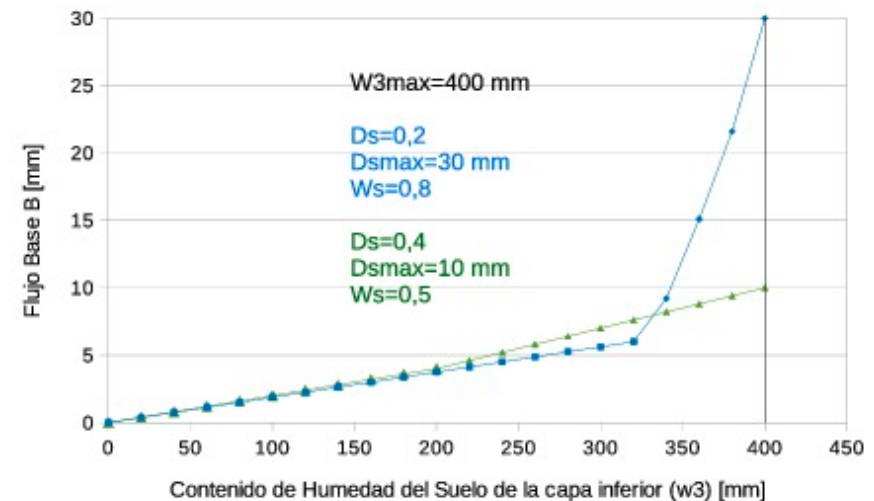


(Liang et al., 1994)

Curva de Capacidad de Infiltración Variable



Representación del flujo Base parte lineal y parte no lineal



- SENSIBILIDAD DE PARÁMETROS.

	exponente de curva de capacidad de infiltración variable b_i	0,001-0,400	
	espesor de capas de suelo $d_1, d_2, d_3(m)$	0,05-2,00	
Calibración	velocidad máxima del flujo base $D_m(m\ d^{-1})$	0-30	Gao et al. (2010)
	máxima fracción del flujo base D_s	0-1	
	máxima fracción del contenido de humedad del suelo de capa inferior W_s	0-1	

- Valores BASE tomados dentro del rango físico. (Gao et al., 2010).
- Cada parámetro se incrementó 20% y se decrementó un mismo porcentaje para identificar la sensibilidad de c/u respecto a la condición BASE.
- Cada variación se realizó de a un parámetro por vez.

• SENSIBILIDAD DE PARÁMETROS.

Condición	b_i	ds	ds_{max} (mm/d)	ws	d_1 (m)	d_2 (m)	d_3 (m)
Inicial (BASE)	0,1	0,5	10	0,5	0,1	1,0	2,0
(Base +20 %)	0,12	0,6	12	0,6	0,12	1,2	2,4
(Base -20 %)	0,08	0,4	8	0,4	0,08	0,8	1,6

	$b_i + 20\%$ $b_i - 20\%$	$ds + 20\%$ $ds - 20\%$	$ds_{max} + 20\%$ $ds_{max} - 20\%$	$ws + 20\%$ $ws - 20\%$	$d_1 + 20\%$ $d_1 - 20\%$	$d_2 + 20\%$ $d_2 - 20\%$	$d_3 + 20\%$ $d_3 - 20\%$
HdS1	-0,1 0,1	-0,01 0,01	-0,01 0,01	0,01 -0,01	20,6 -20,4	0,1 -0,2	-0,01 0,001
HdS2	-0,2 0,2	-0,02 0,04	-0,02 0,04	0,03 -0,02	-0,04 0,2	19,7 -19,9	-0,02 0,02
HdS3	-0,8 0,8	-4,6 6,7	-4,7 6,9	5,4 -5,4	-0,04 0,2	-1,1 1,3	19,2 -19,9
R	15,3 -16,4	-0,03 0,1	-0,04 0,1	0,05 -0,04	-0,3 0,5	-2,6 4,1	-0,04 0,04
B	-2,6 2,8	0,8 -1,1	0,8 -1,1	-0,9 0,9	-0,1 0,8	-4,3 4,9	-2,4 0,8
Evp	-0,3 0,3	-0,1 0,1	-0,07 0,1	0,1 -0,1	-0,1 -0,8	2,2 -4,2	-0,1 0,06

- (d_1) es el parámetro mas sensible respecto a la HdS.
- (b_i) incide con mayor sensibilidad en el Esguerrimiento directo R.
- (d_2) también afecta a la Evp y Esguerrimiento base B.

- Actividad 1:
- Utilizando el archivo suministrado 'vic.xlsx'.
- Construir la Curva de Capacidad de Infiltración Variable [$i = f(im, A, bi)$] para los valores de los parámetros $|z|$ y θ_s sugeridos, dando diferentes valores al parámetro de forma bi .

$$i_m = [1 + b_i] \theta_s |z| \quad i = i_m [1 - (1 - A)^{1/b_i}]$$

- Identificar qué tipo de proceso de separación es preponderante en función de los valores de bi .

Construcción de Indicadores.

Construcción de Indicadores



**Herramienta que permite
el monitoreo y caracterización
de Eventos Extremos**

- CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES.

Metodología paramétrica

- Indicadores Estandarizados.
- Usualmente función de probabilidad teórica:
 - Gamma, Pearson...
 - Parámetros
- Función se asocia con el comportamiento de la variable.

Función Gamma

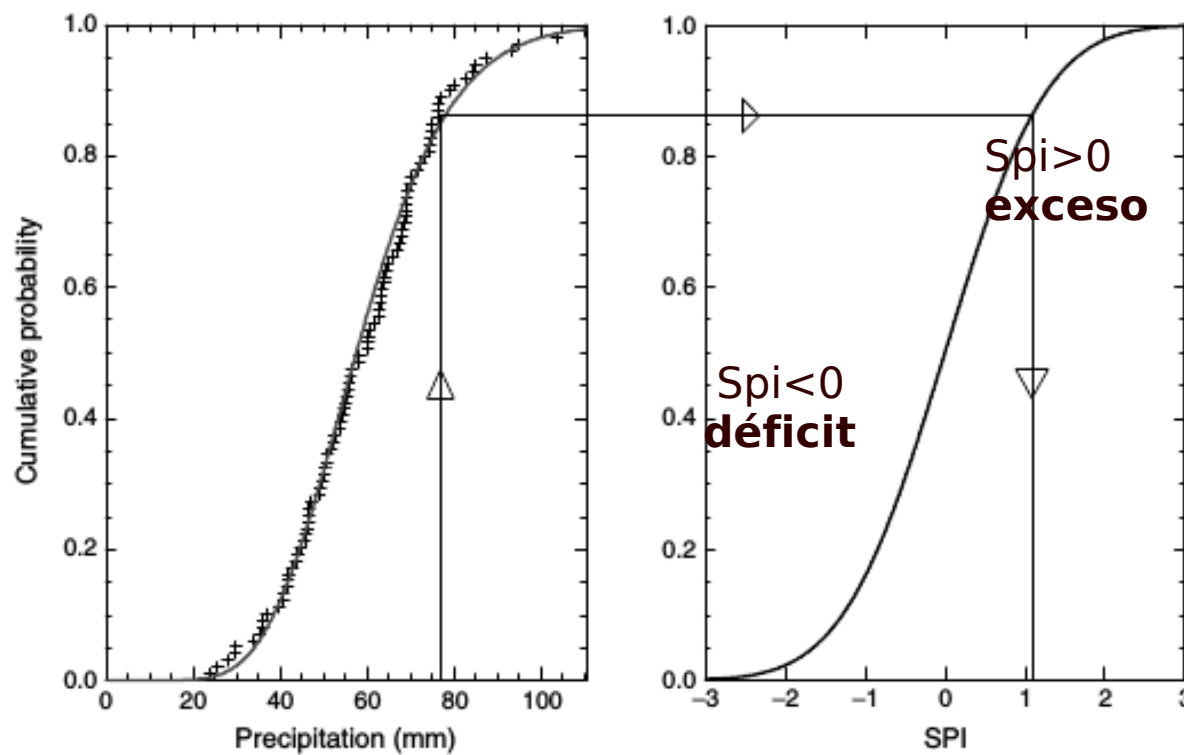
$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}$$

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right)$$

$$\hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}}$$

where, for n observations

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n}$$



Edwards and McKee (1997)

• CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES

Función Gamma

10 B I U T f_x Σ = =GAMMA.DIST(D4,2.2042,28.472,1)				
B	C	D	E	F
tiempo	p	p ord	Gamma	SI
01/80	71.619	4.861	0.007427153	-2.435912
02/80	178.511	5.724	0.010431205	-2.310465
03/80	178.511	5.724	0.010431205	-2.310465
04/80	89.354	6.369	0.012998318	-2.226262
05/80	89.354	6.369	0.012998318	-2.226262
06/80	26.555	6.653	0.014214119	-2.191326

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right)$$

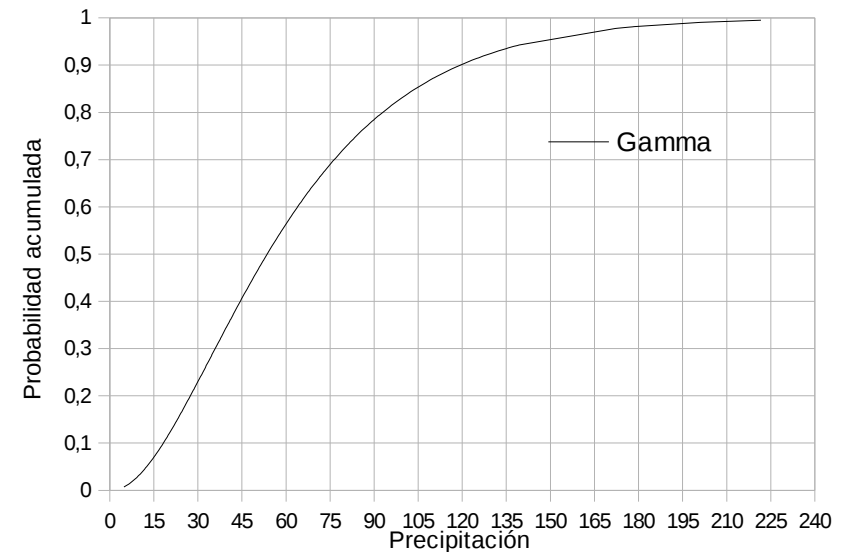
$$\hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}}$$

where, for n observations

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n}$$

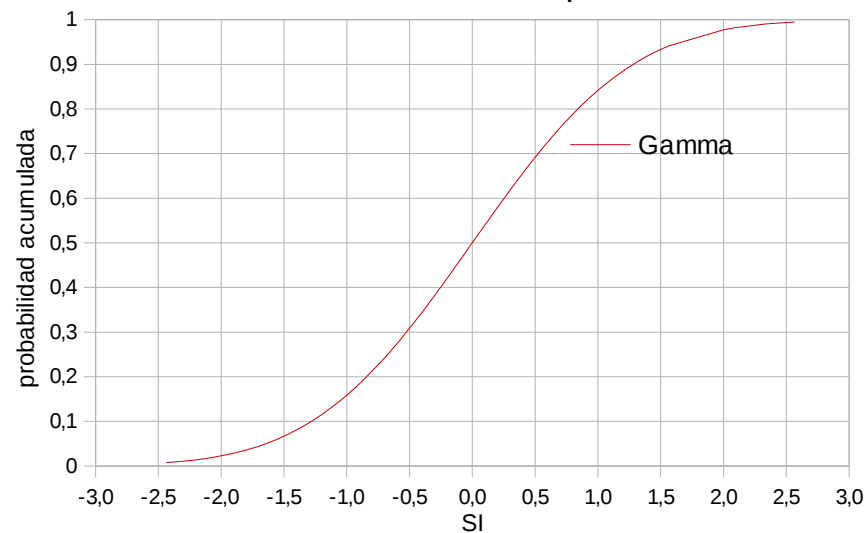
Edwards and McKee (1997)

Función de Distribución Acumulada



Sum	23346.54		Sum Ln	1449.06
Med	62.76		Sum Ln/n	3.895323
n	372		A = Ln (med) - Sum Ln/n	0.2440
Ln (med)	4.1393103			
		alpha	2.2042	
		beta	28.472	

Índice Estandarizado de Precipitación SPI1



B I U T = =NORM.S.INV(E4)			
C	D	E	F
p	p ord	Gamma	SI
71.619	4.861	0.007427153	-2.435912
178.511	5.724	0.010431205	-2.310465
178.511	5.724	0.010431205	-2.310465
89.354	6.369	0.012998318	-2.226262
89.354	6.369	0.012998318	-2.226262
26.555	6.653	0.014214119	-2.191326

- CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES.

Alam et al. (2018)

Valores de a:

$a = 0,44$

(gamma, exp,...)

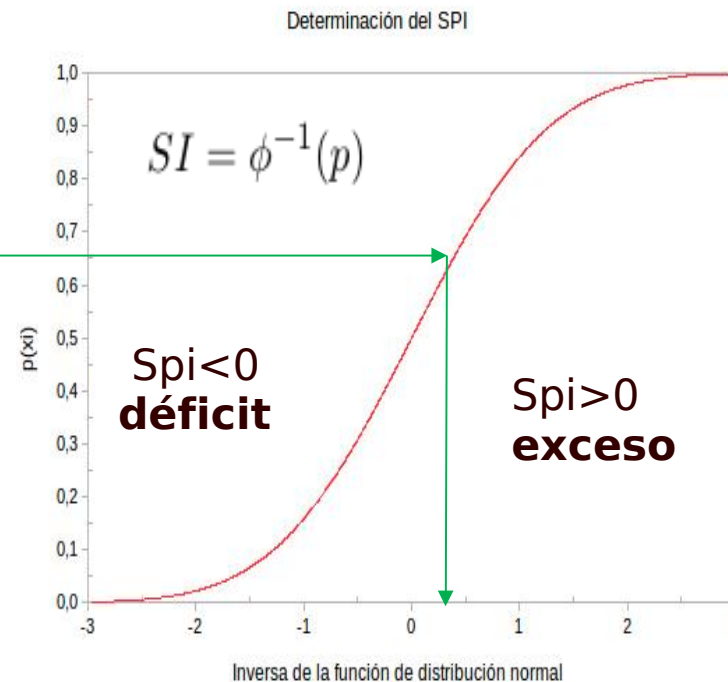
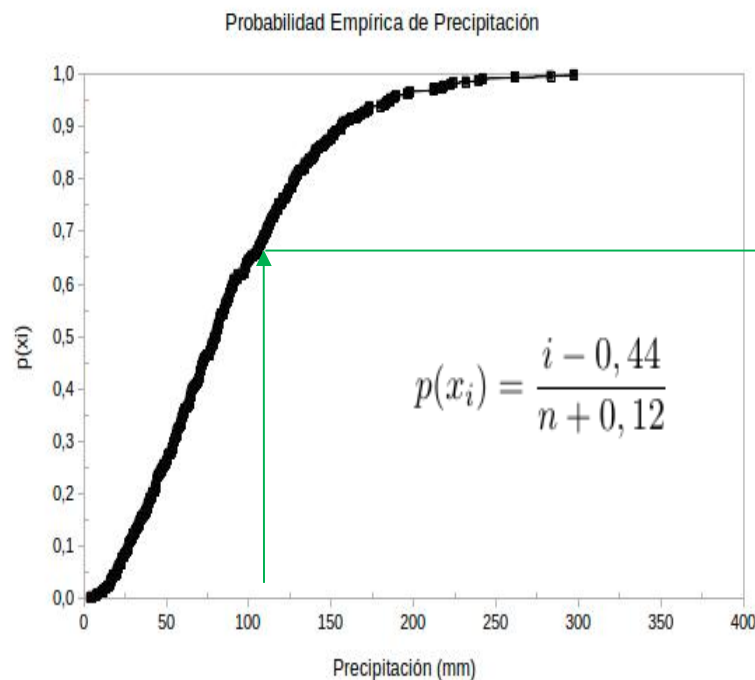
$a = 0,375$

(normal, pearson,...)

$a = 0,4$ (GEV)

Metodología No paramétrica

- o **Función de probabilidad empírica.** $\hat{P}_i = (i - a)/(n + 1 - 2a)$ $0 \leq a < 1$
- o Función se asocia con la ocurrencia y no depende de la variable.



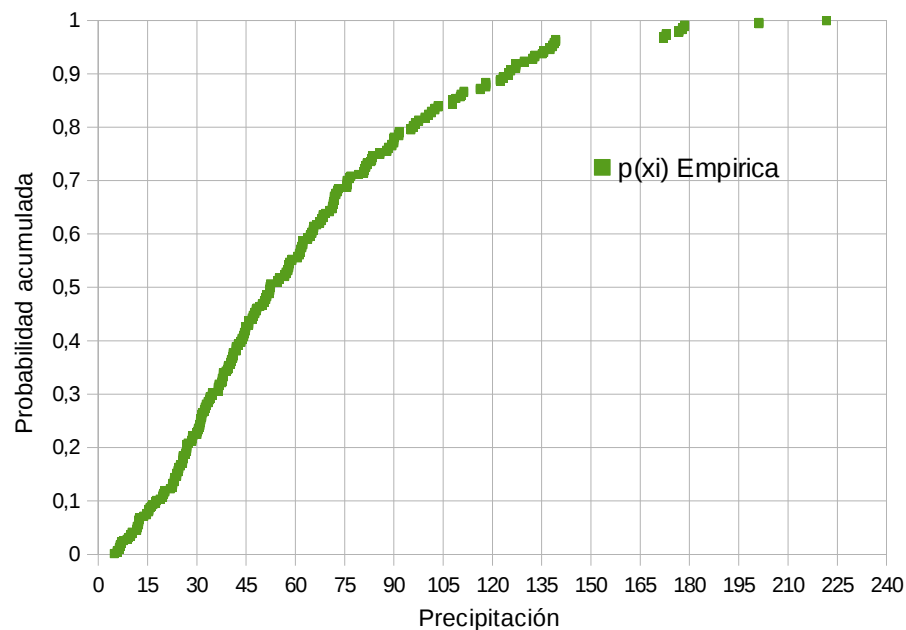
• CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES.

Función Empírica

$$\hat{P}_i = (i - a)/(n + 1 - 2a) \quad 0 \leq a < 1$$

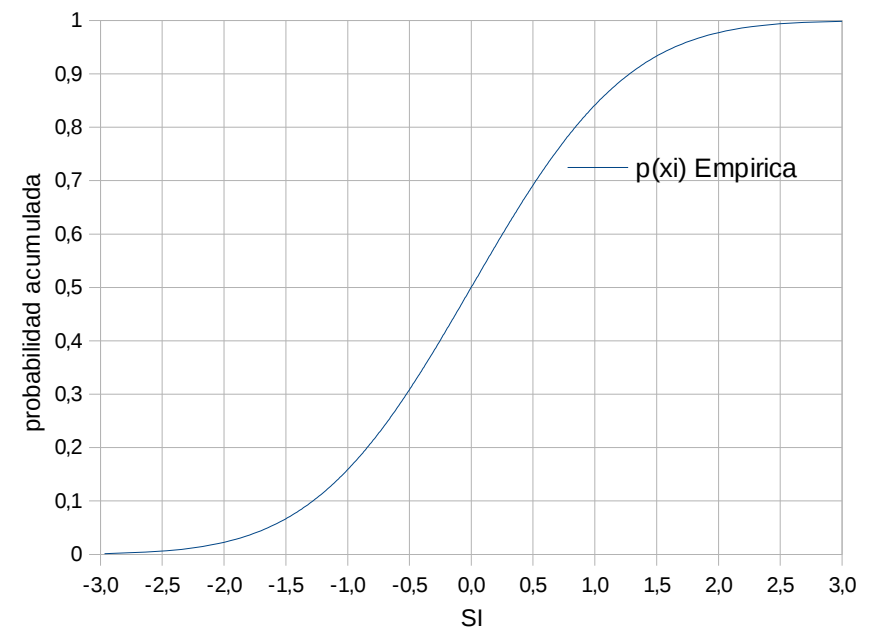
f _x Σ = =(F4-\$H\$1)/(372+(1-2*\$H\$1))						
B	C	D	E	F	G	H
					p(xi) -a=	0.44
tiempo	p	-i-	p ord	-i-	p(xi) Empirica	SI
01/80	71.619	246	4.861	1	0.001505	-2.966737
02/80	178.511	368	5.724	2	0.004192	-2.636185
03/80	178.511	368	5.724	3	0.006880	-2.463494
04/80	89.354	285	6.369	4	0.009567	-2.342918

Función de Distribución Acumulada



f _x Σ = =NORM.S.INV(G4)					
C	D	E	F	G	H
				p(xi) -a=	0.44
p	-i-	p ord	-i-	p(xi) Empirica	SI
71.619	246	4.861	1	0.001505	-2.966737
178.511	368	5.724	2	0.004192	-2.636185
178.511	368	5.724	3	0.006880	-2.463494
89.354	285	6.369	4	0.009567	-2.342918
89.354	285	6.369	5	0.012254	-2.249067

Índice Estandarizado de Precipitación SPI1



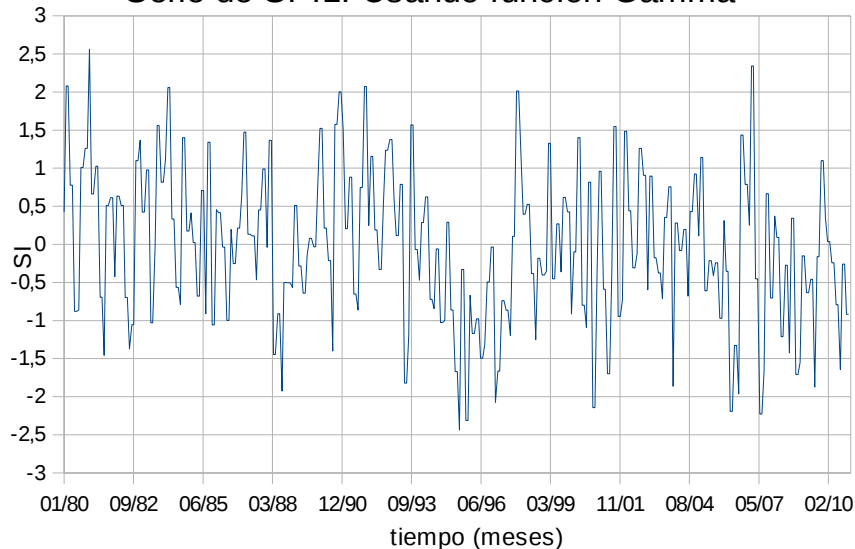
Seminario Internacional Cambio Global

• CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES.

alpha	2.2042	
beta	28.472	

=GAMMA.DIST(H4,2.2042,28.472,1)			
G	H	I	J
ln (p)	p	Gamma	SI Gamm
4.2714	71.619	0.664408	0.424524
5.1847	178.511	0.9812762	2.080851
5.1847	178.511	0.9812762	2.080851
4.4926	89.354	0.7814445	0.777081
4.4926	89.354	0.7814445	0.777081
3.2792	26.555	0.1898209	-0.878557
3.2792	26.555	0.1898209	-0.878557

Serie de SPI1. Usando función Gamma



f _x Σ = =RANK.EQ(C4,\$C\$4:\$C\$375,2)				
B	C	D	E	F
tiempo	p	-i-	p ord	-i-
01/80	71.619	246	4.861	1
02/80	178.511	368	5.724	2
03/80	178.511	368	5.724	3
04/80	89.354	285	6.369	4
05/80	89.354	285	6.369	5
06/80	26.555	70	6.653	6
07/80	26.555	70	6.653	7

10

B
I
U

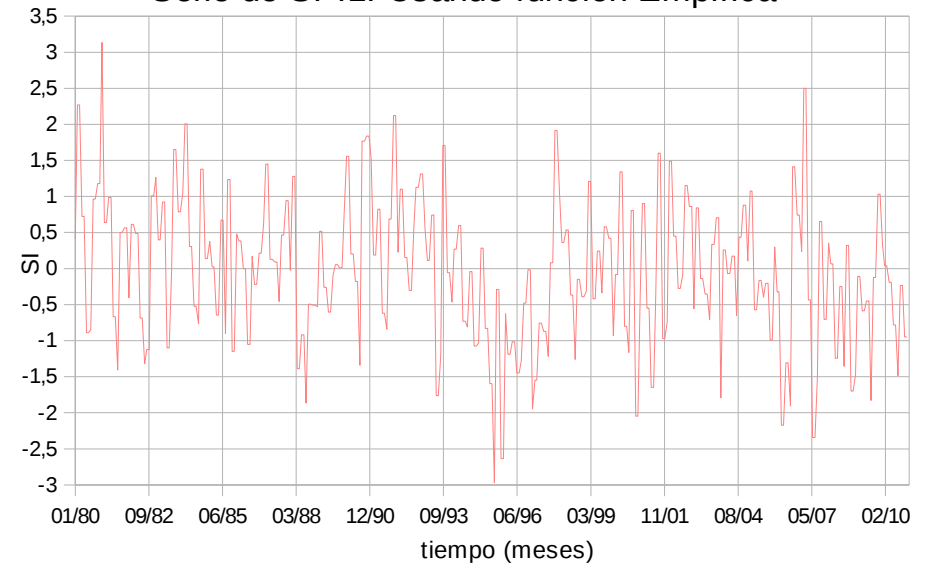
T

f_x
 Σ
=

=(D4-\$H\$1)/(372+(1-2*\$H\$1))

C	D	E	F	G	H	I
				p(xi) -a- =	0.44	
p	-i-	p ord	-i-	p(xi) Empirica	SI	p(xi)
71.619	246	4.861	1	0.001505	-2.966737	0.659895
178.511	368	5.724	2	0.004192	-2.636185	0.987746
178.511	368	5.724	3	0.006880	-2.463494	0.987746
89.354	285	6.369	4	0.009567	-2.342918	0.764700

Serie de SPI1. Usando función Empírica



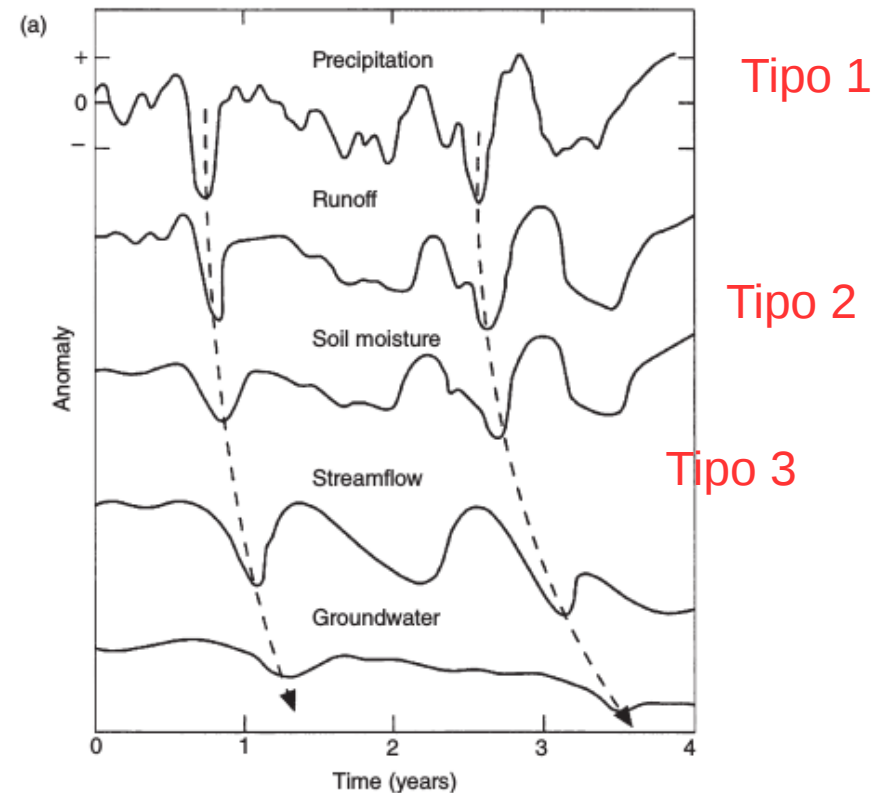
- CLIMATOLOGÍA DE SEQUÍAS.

Campos superficiales simulados.

- P, Evp, HdS, Escorrentía.
- Construcción de Indicadores Estandarizados (SPI, SEI, SSI, SRI).

Tipos de Sequía:

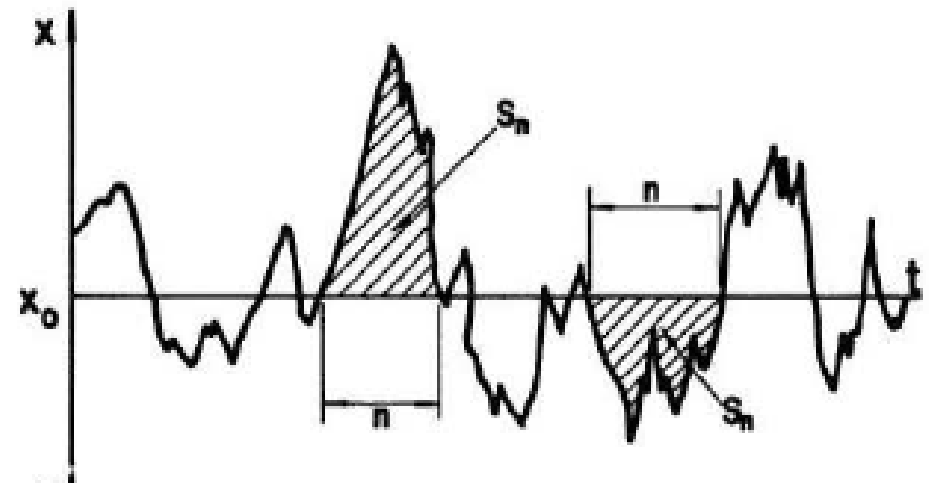
- 1. Deficit de P. Meteorológica. Se evidencia en una escala de tiempo corta.
- 2. Déficit de HdS. Agrológica. Se asocia a una escala intermedia.
- 3. Déficit de Escorrentía. Hidrológica. Se asocia a una escala de tiempo más prolongada.



Van Loon (2015)

• CLIMATOLOGÍA DE SEQUÍAS.

- Frecuencia (F).
- Duración (D).
- Magnitud (M).
- Severidad (S), función de (M,D).
- Extensión Areal (E).



Yevjevich (1967)

Utilización del umbral $X_0 = \bar{X} - \sigma$

Entonces, por ejemplo $SI \leq -1$ indica una condición de sequía moderada a extrema.

SPI value	Category	Probability %
2.00 or more	Extremely wet	2.3
1.50 to 1.99	Severely wet	4.4
1.00 to 1.49	Moderately wet	9.2
0 to 0.99	Mildly wet	34.1
0 to -0.99	Mild drought	34.1
-1.00 to -1.49	Moderate drought	9.2
-1.50 to -1.99	Severe drought	4.4
-2 or less	Extreme drought	2.3

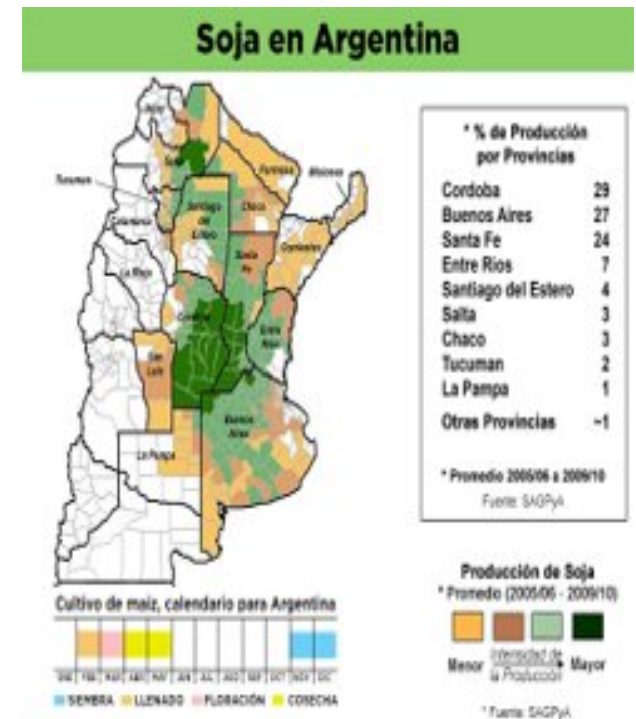
McKee et al.(1993)

- Actividad 2:
- Utilizando el archivo suministrado 'indicador.xlsx' y la serie temporal de humedad del suelo, período 01/79-12/18 (480 meses).
- Construir, utilizando la metodología empírica y el coeficiente 'a' dado, la series del índice estandarizado de humedad del suelo de 1 mes (SSI1).
- Graficar la serie de SSI1.

- Actividad 3:
 - Utilizando la serie temporal SSI1 construida:
 - Adoptar un umbral (X_0) para separar eventos secos de los no secos.
 - Contabilizar la cantidad de eventos detectados.
 - Contabilizar la duración del evento más prolongado.

Uso de Indicadores. Producción Agrícola.

- ACTIVIDAD AGRÍCOLA.

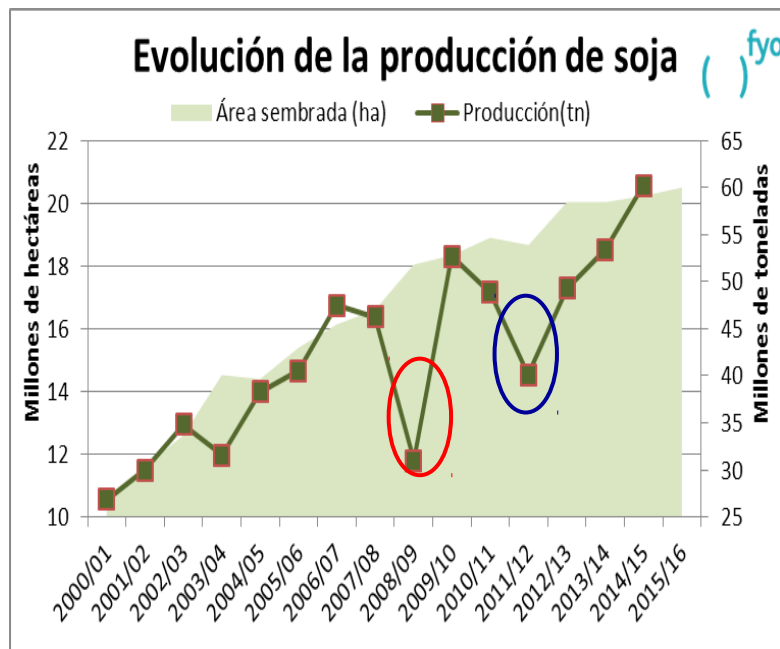
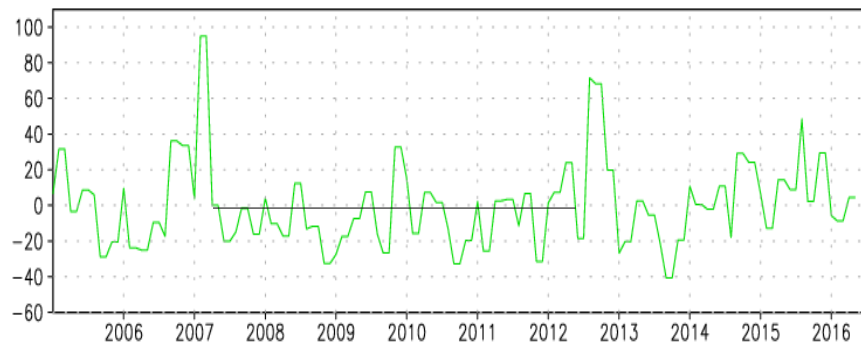


0 Zona de alta Intensidad de producción.

- o 80 % de la producción total de maíz, trigo y soja del país. Representa el 60% PBI.

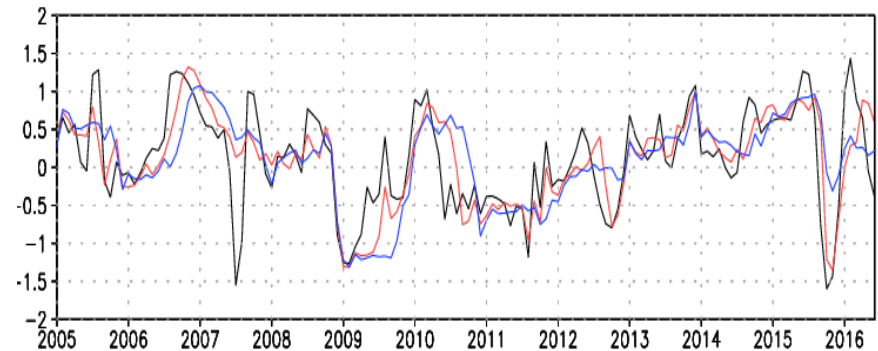
• MONITOREO DE SEQUÍAS.

a) Anomal. Precip.

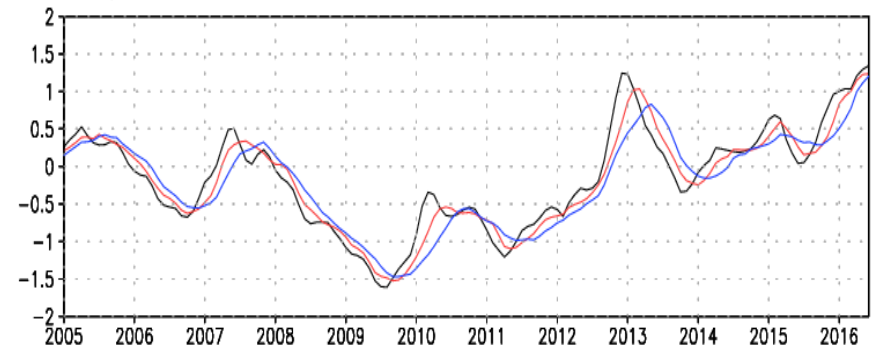


(<https://news.agrofy.com.ar/especiales/soja15-16/siembra-soja>)

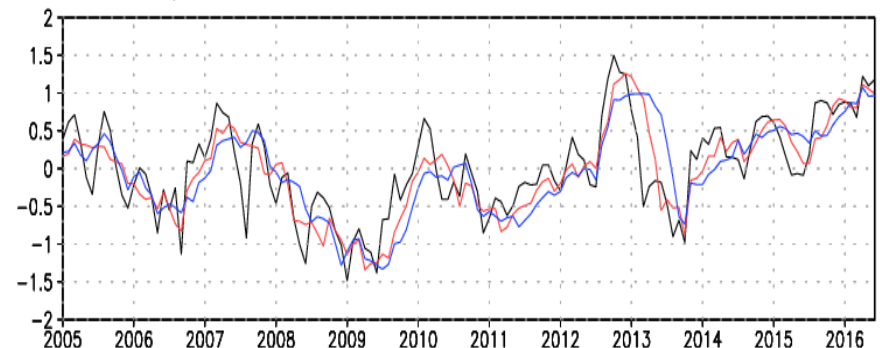
c) Indicadores de Evapot. SEI3, SEI6, SEI9



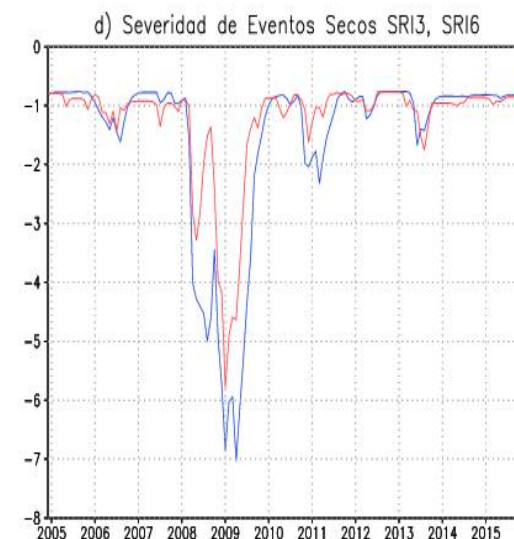
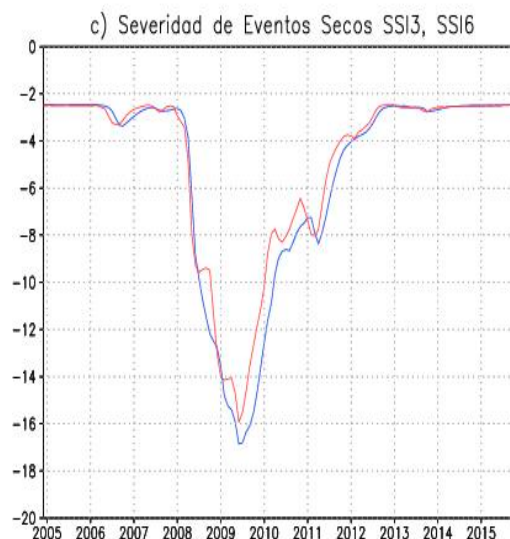
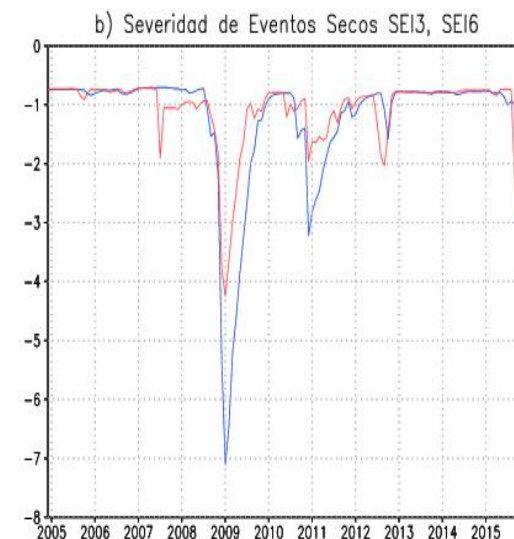
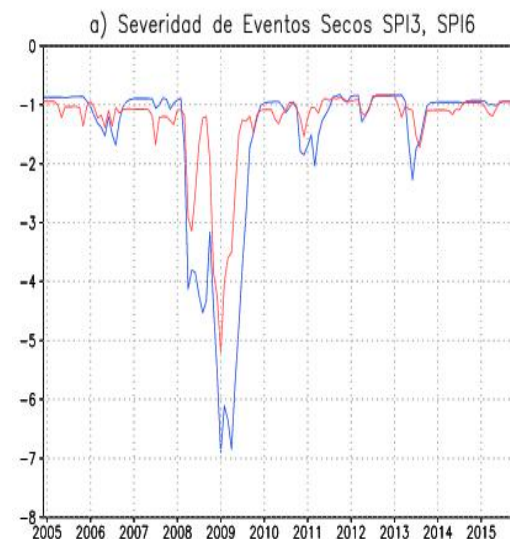
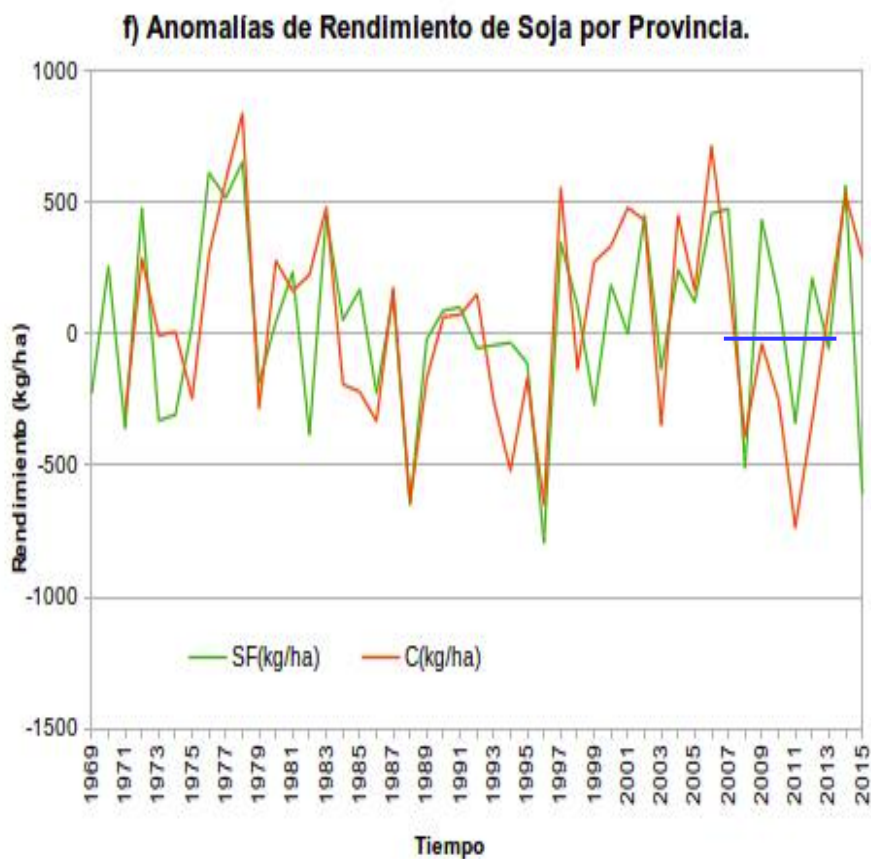
d) Indicadores de Humedad del Suelo SSI3, SSI6, SSI9



e) Indicadores de Escorrent. SRI3, SRI6, SRI9

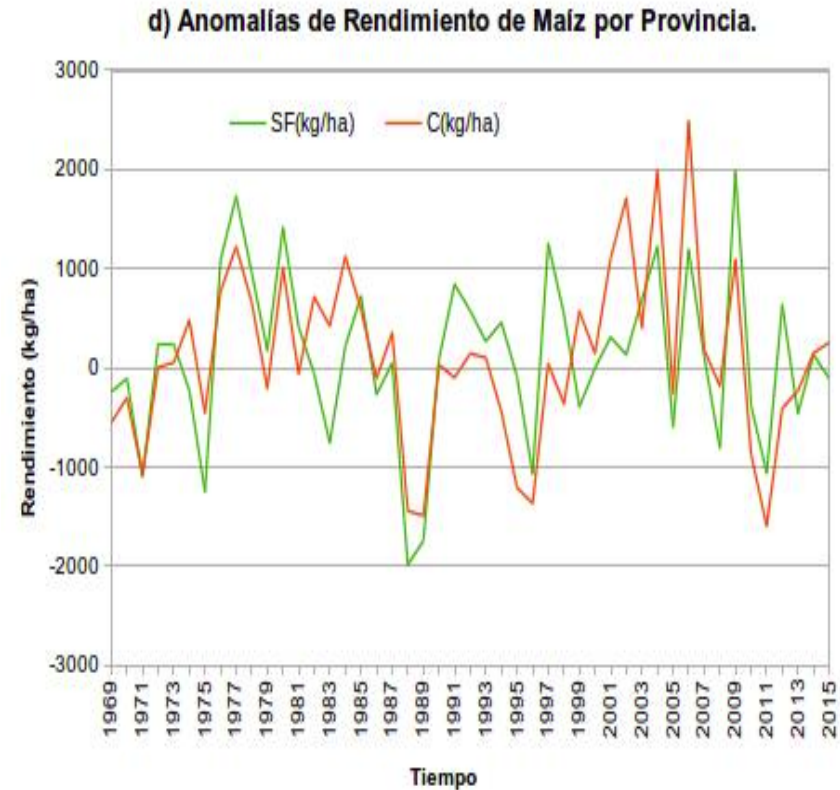
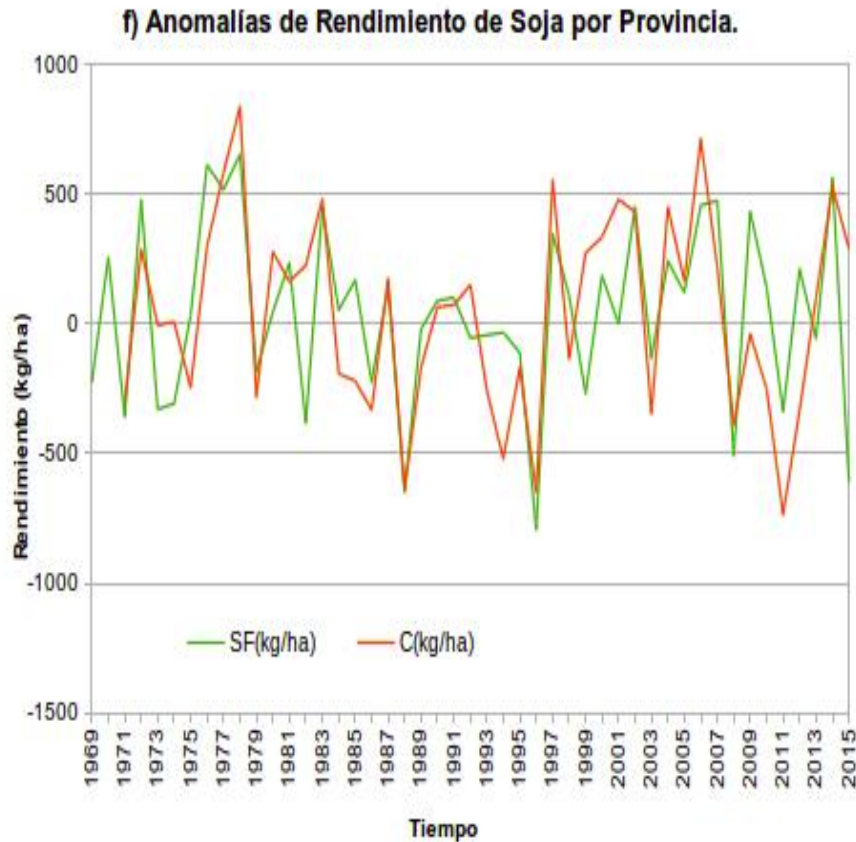


- MONITOREO DE SEQUÍAS.



Seminario Internacional Cambio Global

Cultivos de Maíz y Soja.



Coefficiente de Determinación [R^2].
Severidad vs Anomalías Rendimiento.

	Trigo (SF)	Maíz (SF)	Soja (SF)	Trigo (Có)	Maíz (Có)	Soja (Có)
SPI3	0,52	0,46	0,59	0,49	0,69	0,60
SEI3	0,43	0,37	0,47	0,41	0,64	0,51
SSI3	0,37	0,26	0,49	0,56	0,60	0,50
SRI3	0,51	0,42	0,62	0,71	0,75	0,77

Seminario Internacional Cambio Global



MUCHAS GRACIAS.

