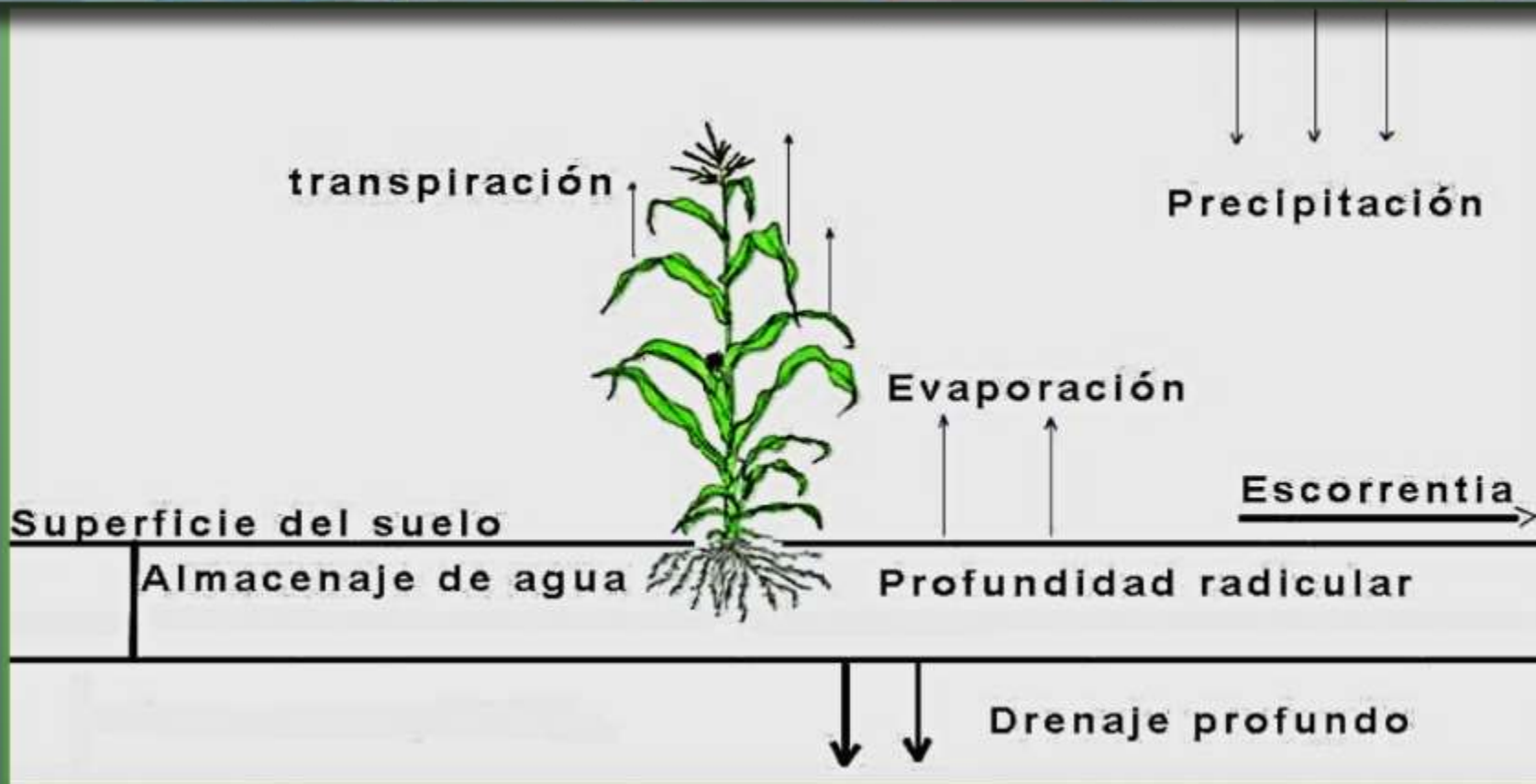


# BALANCE DE AGUA EN EL SUELO



## Equipo docente:

Rafael Hurtado  
Mónica Valdiviezo Corte  
Carla Moreno  
Fabio Alabar  
Ezequiel Bellone

Facultad de Ciencias Agrarias  
U.N.Ju.

# BALANCE DE AGUA EN EL SUELO

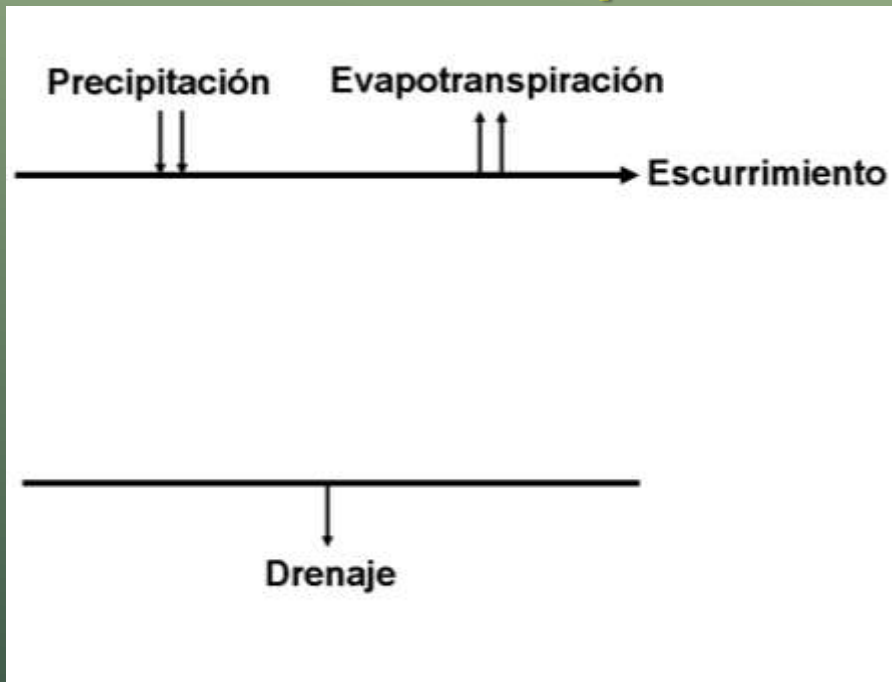
## Modelos de estimación

**EMPÍRICOS** ..... ➔ suelen ser más precisos a escala local

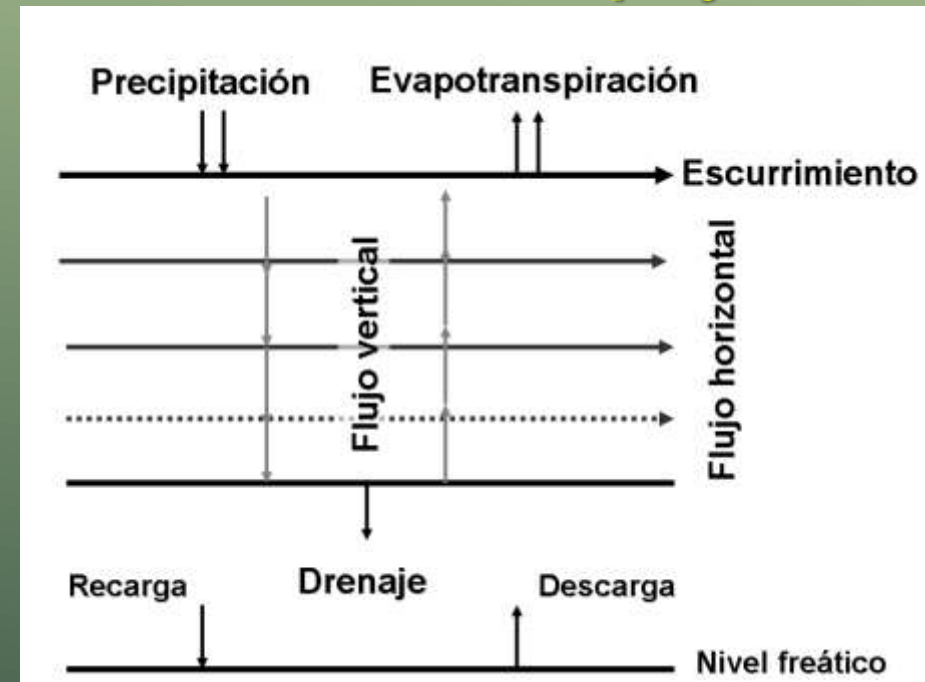
**BASE FÍSICO MATEMÁTICA** ..... ➔ área geográfica extensa

El grado de complejidad de los modelos ..... ➔ tratamiento del perfil del suelo

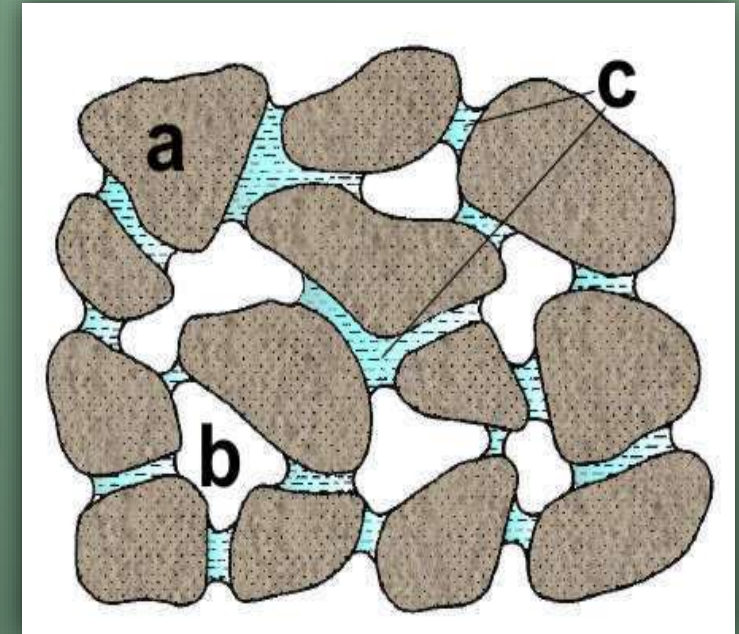
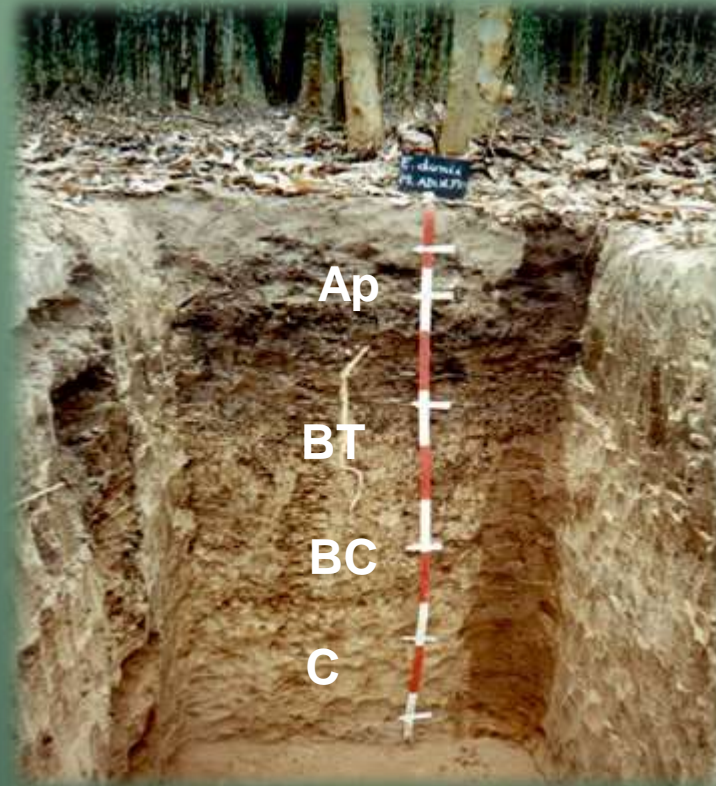
## Modelo simple



## Modelo complejo



# AGUA EN EL SUELO



a) **SÓLIDO** (minerales y materia orgánica)

b) **GASEOSO** ( $N_2$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$ , vapor agua)

c) **LÍQUIDO** (agua y soluciones)

# CONSTANTES HIDROLOGICAS

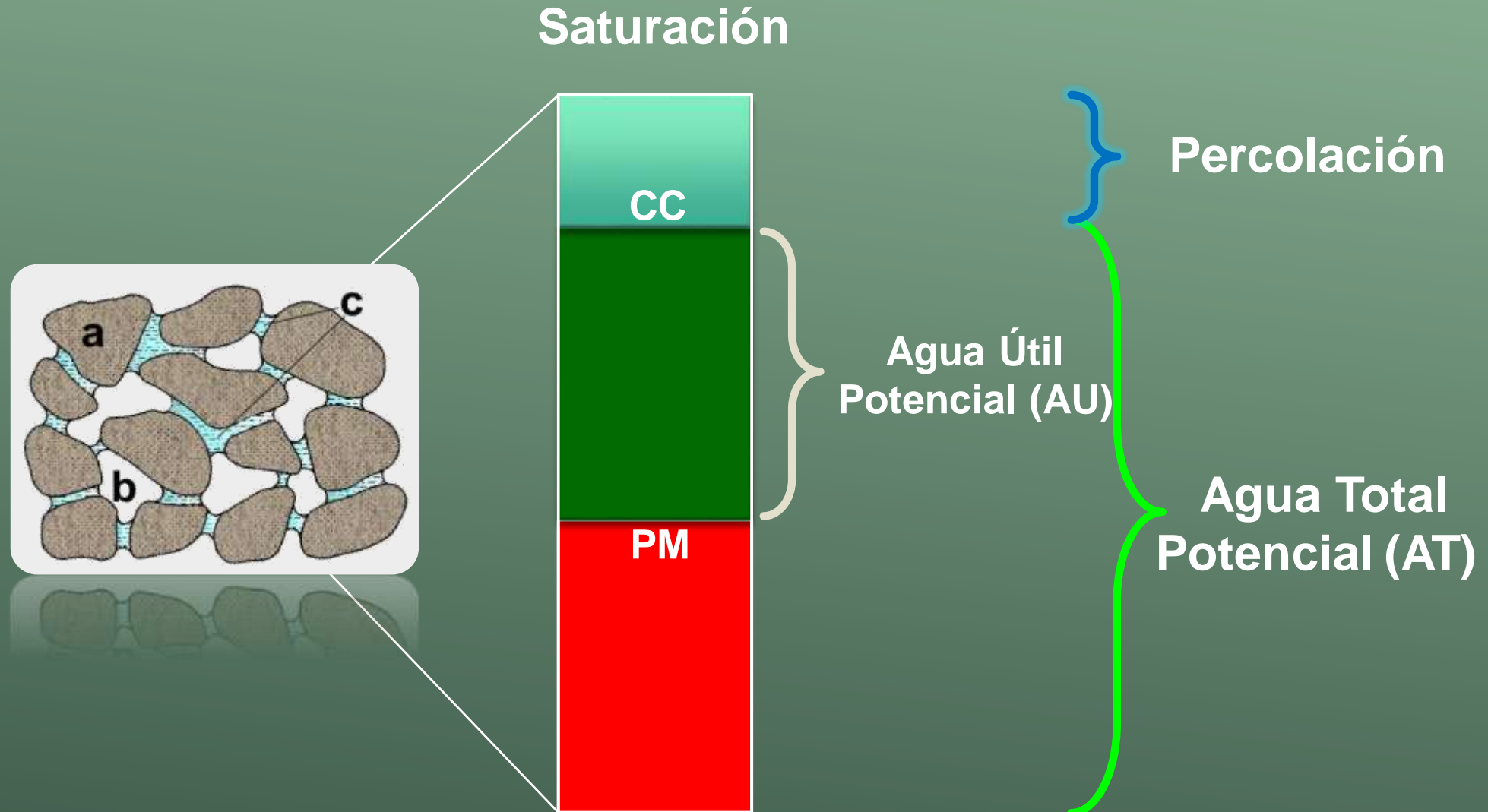
**CAPACIDAD DE CAMPO (CC):** Es el contenido de agua en el suelo, después que ha sido mojado abundantemente y se ha dejado drenar libremente, evitando las pérdidas por evapotranspiración alrededor de 24 a 48 horas después del riego o la lluvia.

Corresponde a una **tensión o potencial mátrico de -0.33 bares**

**COEFICIENTE DE MARCHITEZ (CM):** Es el contenido de agua en el suelo al cual la planta se marchita y ya no recobra su turgencia al colocarla en una atmósfera saturada durante 12 horas. Corresponde a una **tensión de -15 bares**.

**AGUA UTIL O DISPONIBLE:** Es el agua localizada en los capilares del suelo en los poros entre 0.2 y 5.6 micrones, se encuentra retenida por presiones entre 0,3 y 15 bares, y se mueve por capilaridad. **Es el agua disponible para los cultivos.** Es la diferencia entre C.C.– C.M.P

# CONSTANTES HIDROLÓGICAS



# FORMAS DEL AGUA EN EL SUELO



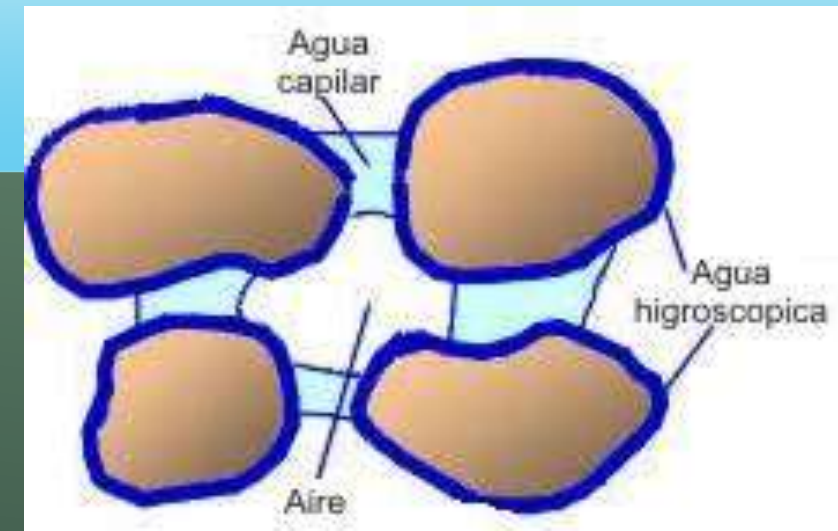
# Clasificación Física del agua en el suelo

AGUA NO RETENIDA POR ACCIÓN DE LA FUERZA DE GRAVEDAD:

- **Agua Gravitacional**

AGUA RETENIDA CONTRA LA FUERZA DE GRAVEDAD:

- **Agua Capilar**
- **Agua Higroscópica**



# ¿Como se estima: la **capacidad de retención (C.R.)** de un suelo?

$$(CR)(mm) = DA (gr/cm^3) \cdot HE (cm^3/gr) \cdot h (cm) \cdot 10 (mm/cm)$$

**DA:** densidad aparente

**HE:** Humedad equivalente

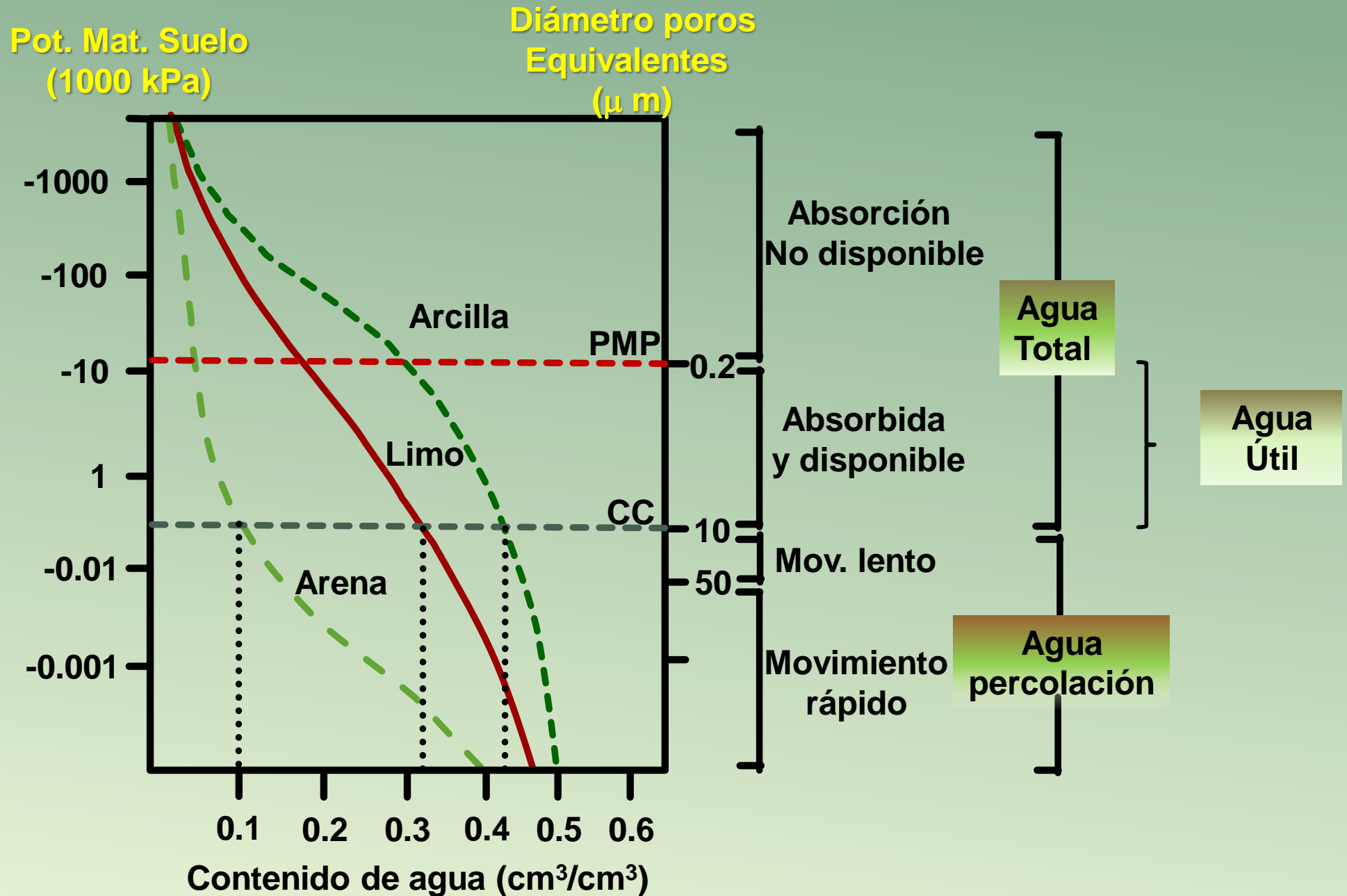
**h:** altura de un horizonte o de todo el perfil de suelo

Densidad aparente: es la relación entre el peso de suelo seco y el volumen total del suelo incluido los poros.

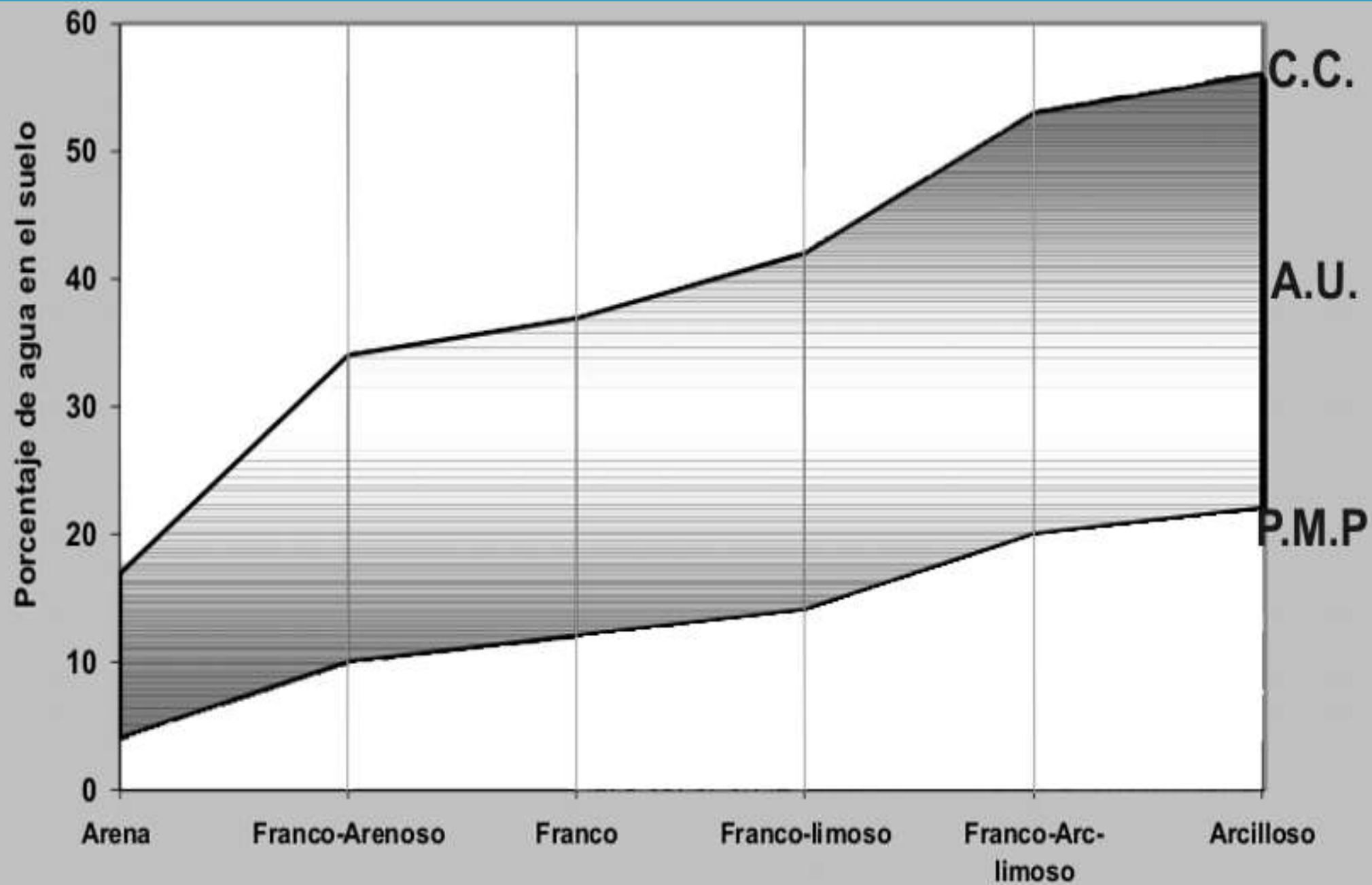
$$DA = \frac{PSS}{Vt}$$



# AGUA RETENIDA EN EL SUELO



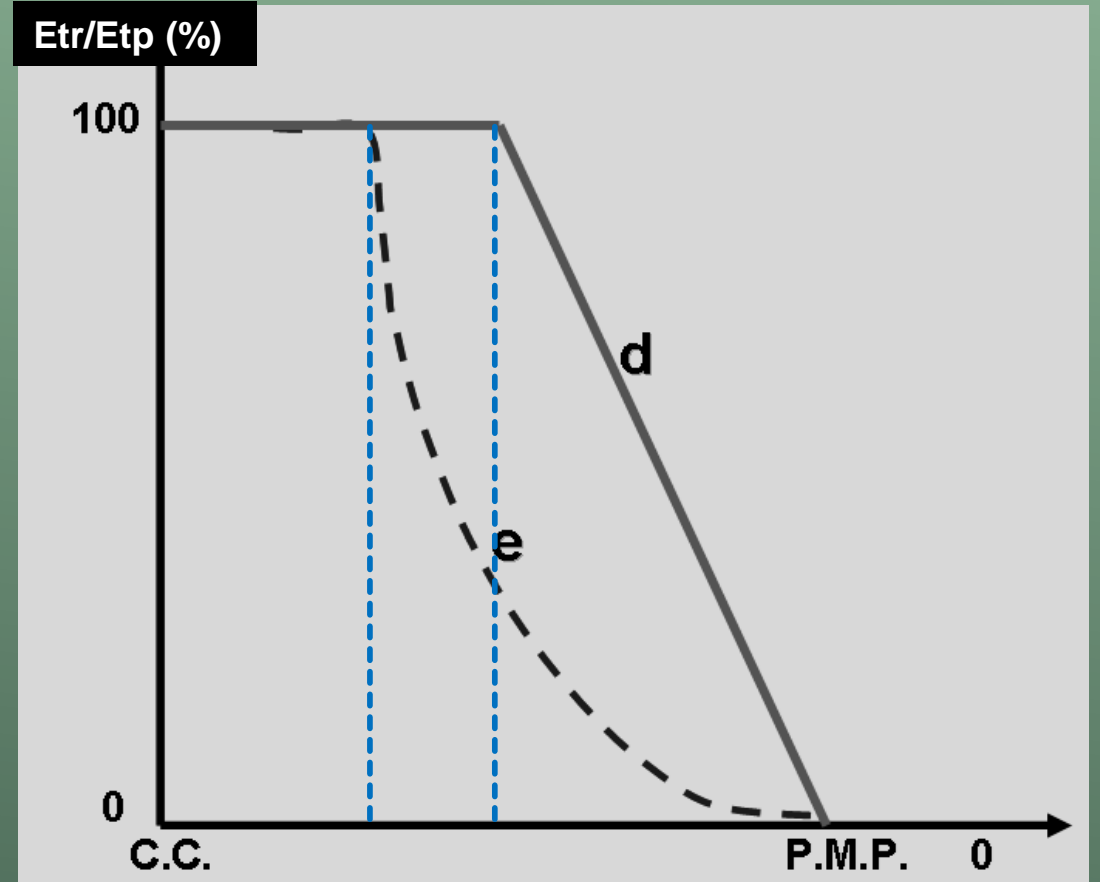
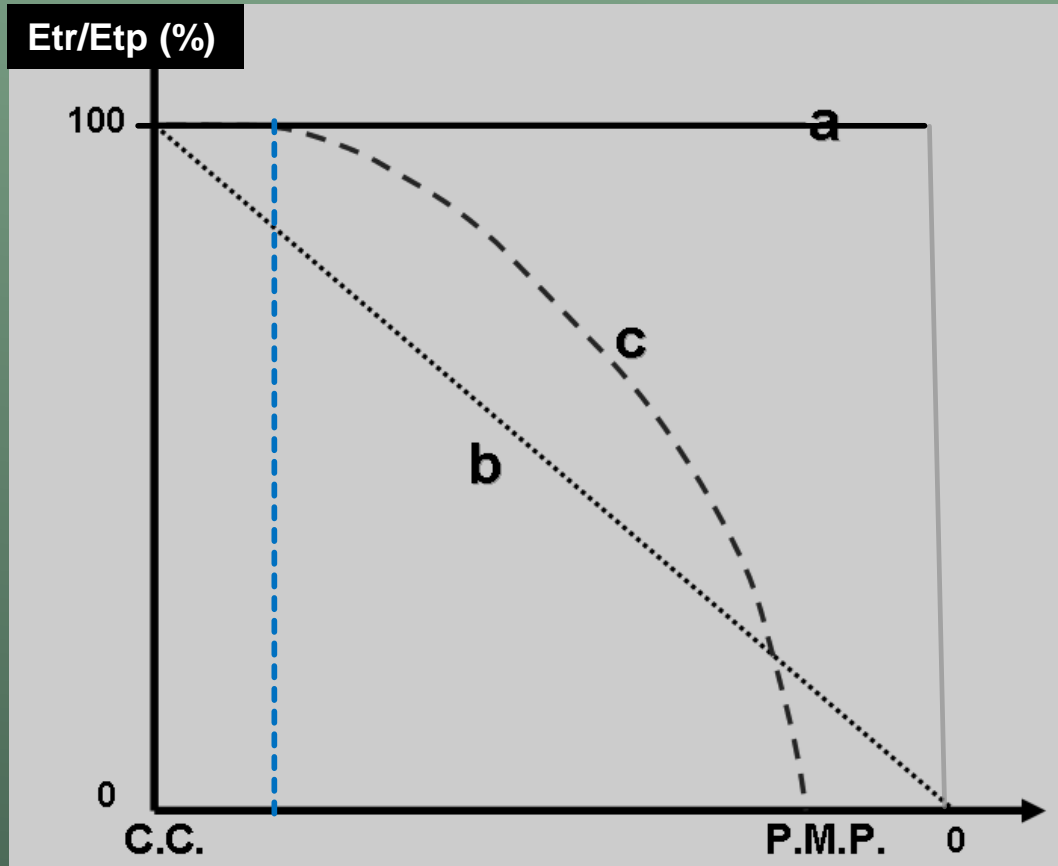
# TEXTURA



# FACTORES QUE MODIFICAN EL CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO

- ✿ **TEXTURA** (tamaño de partículas sólidas arena- limo- arcilla)
- ✿ **ESTRUCTURA** (forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla)
- ✿ **PROFUNDIDAD**
- ✿ **MATERIA ORGÁNICA**

# CURVAS DE DESECAMIENTO DEL SUELO



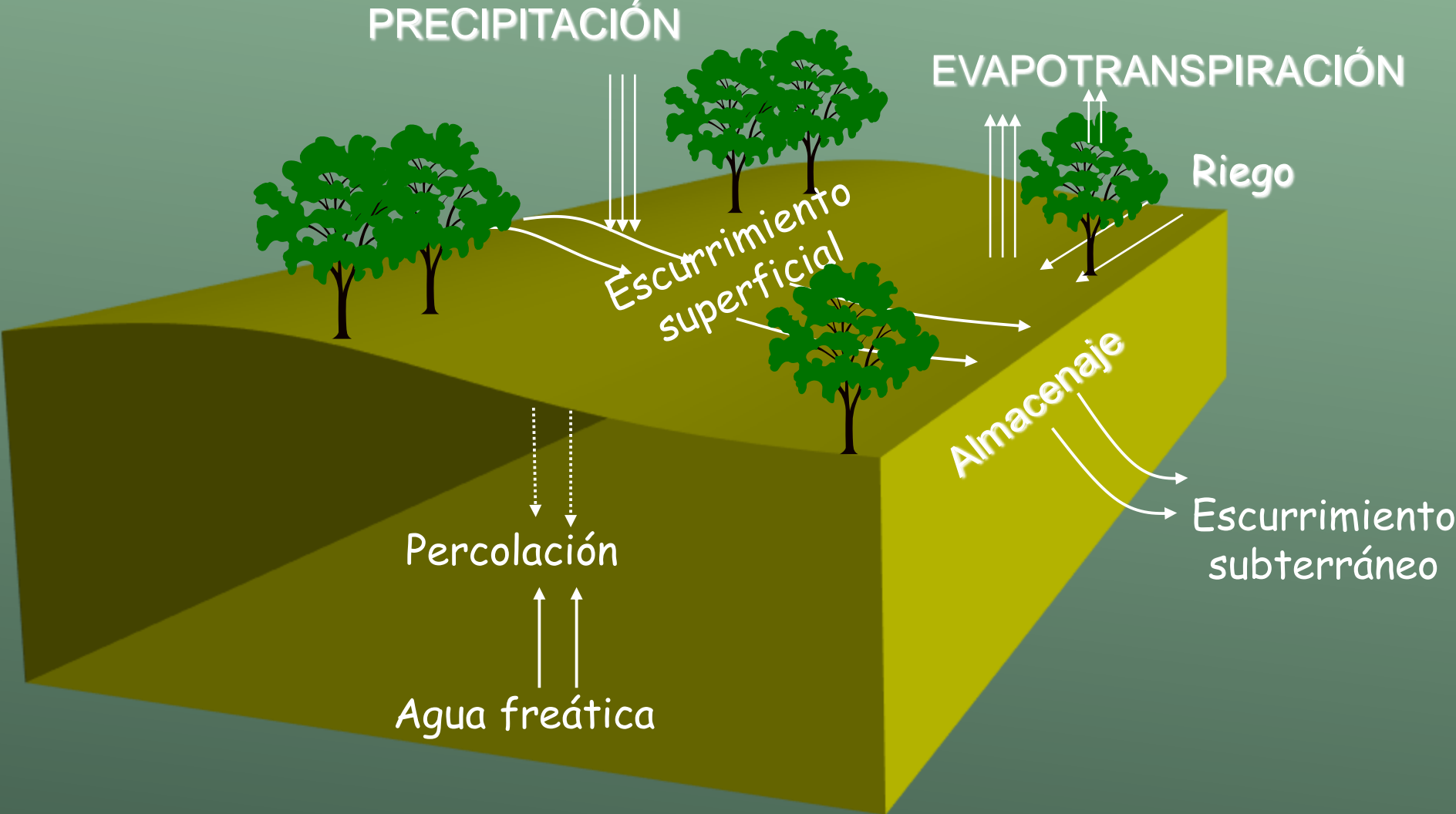
- a) Veihmeyer y Hendrickson
- b) Thornthwaite y Mather
- c) Pierce
- d) Fitzpatrick y Baier
- e) Ritchie.

# BALANCE HIDRICO

$$\text{Agua retenida} = \text{Recibida} - \text{Perdida}$$

Es una herramienta que permite estimar con facilidad variables relativas el contenido de **humedad del suelo**.

También se puede decir que es un **modelo sencillo** que parametriza el contenido **hídrico del suelo** a través de la demanda atmosférica, **la evapotranspiración** y la oferta de agua, que es **la precipitación**.



# ESCALAS DE TRABAJO

## MACROESCALA

Por ej: **Balance Hidrológico Climático:**

- Escala temporal: Promedio de por lo menos 10 años
- Escala espacial: Regional o macroclimática

## MESOESCALA

Por ej: **Balance Hidrológico Seriado:**

- Escala temporal: Mensual, quincenal, decadal o diaria
- Escala espacial: Mesoescala y microescala

## MICROESCALA

Resistencia estomática, IAF

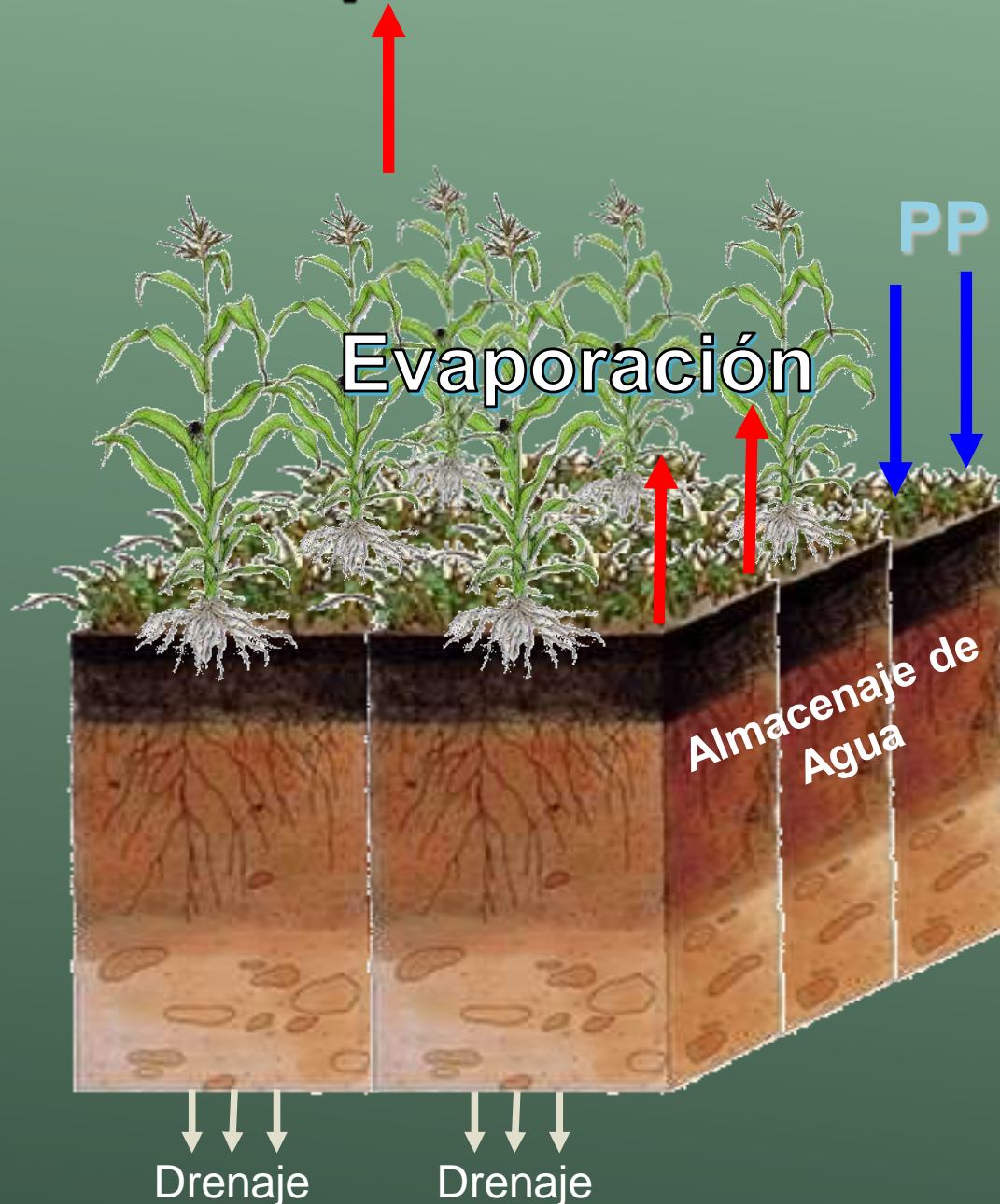
# Balance Hidrológico Climático de THORNTHWAITÉ (TH)

- Fue introducido por TH., como base para su clasificación de climas (1948).
- La evapotranspiración es estimada por el método de TH.
- Es climático, utiliza valores medios de PP y EP mensuales.
- Suelo (1m CC=300 mm) (1948).
- Tabla de retención (1957): CC entre 25 y 400 mm (prof. de raíces y tipo de suelo).



# Transpiración

# Thornthwaite



ETP

Transpiración  
+  
Evaporación

**ENTRADA**

PP, ETP medias mensuales y C.C.

**SALIDA**

Evapotranspiración real, almacenaje de agua en el suelo, excesos y deficiencias

**El BHC caracteriza la situación hídrica media para el lugar considerado.**

# METODOLOGIA DE THORNTHWAITE

$$P - ER (\pm \Delta \text{ almac}) - EXC = 0$$

## Precipitación

- Todo lo que precipita ingresa al suelo.

## Evapotranspiración

- Se estima según el método de Thornthwaite.

## Suelos

- Considera suelos homogéneos y francos

# Más consideraciones

- La reserva de agua en el suelo esta entre la **CC** y **0 mm**.
- A medida que el suelo se va secando, el agua en él, es retenida con mayor fuerza.
- El suelo cede toda el agua que demanda la atmósfera solo a CC y la retención de agua se asimila a una función lineal
- Cuando se supera la capacidad de campo se produce percolación.
- No considera escorrentía superficial ni anegamiento.
- No considera drenaje profundo
- El agua que supera la C.C. constituye los excesos.

## Balance Hidrológico Climático:

- Escala temporal: Promedio de por lo menos 10 años
- Escala espacial: Regional o macroclimática

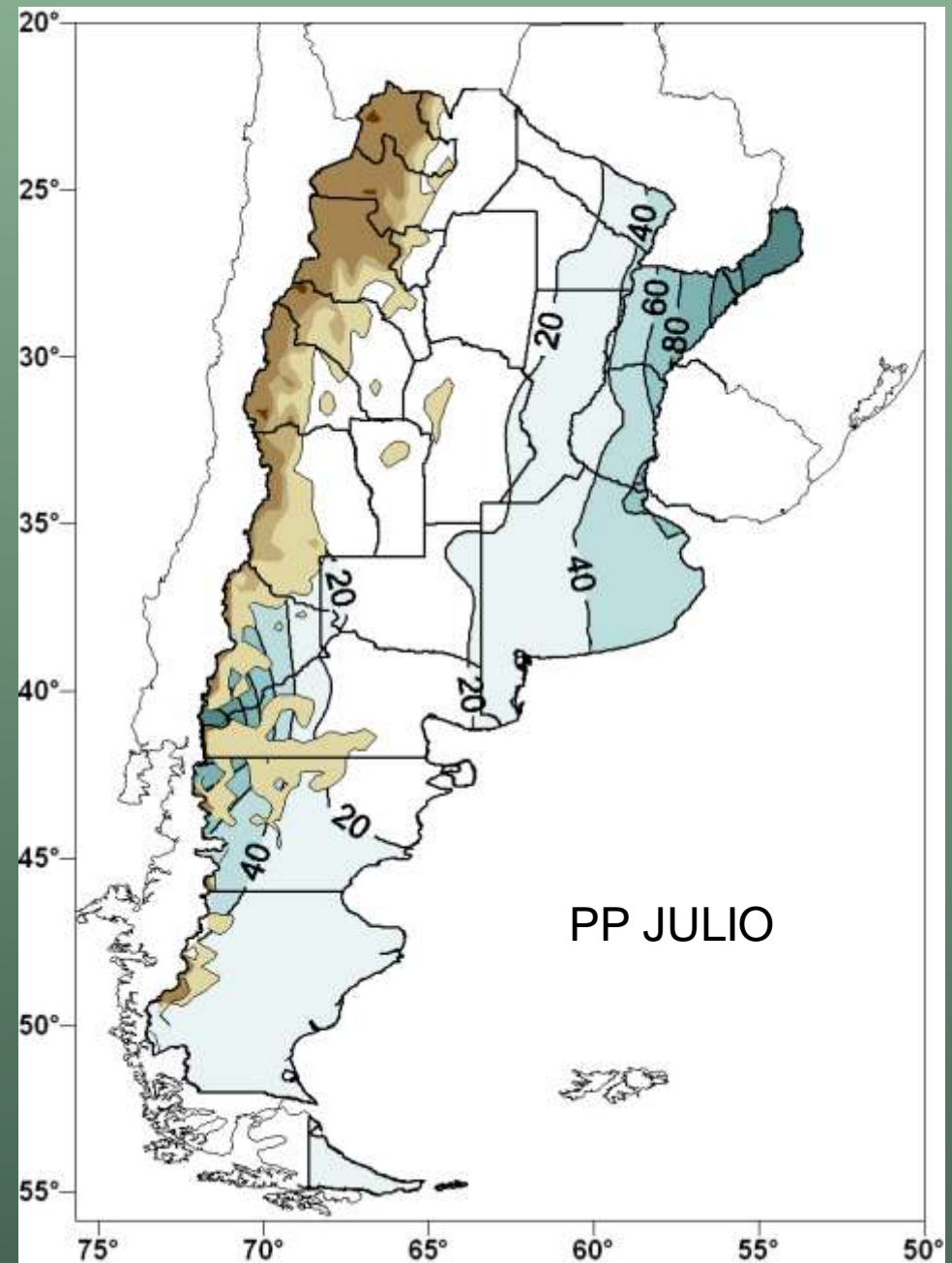
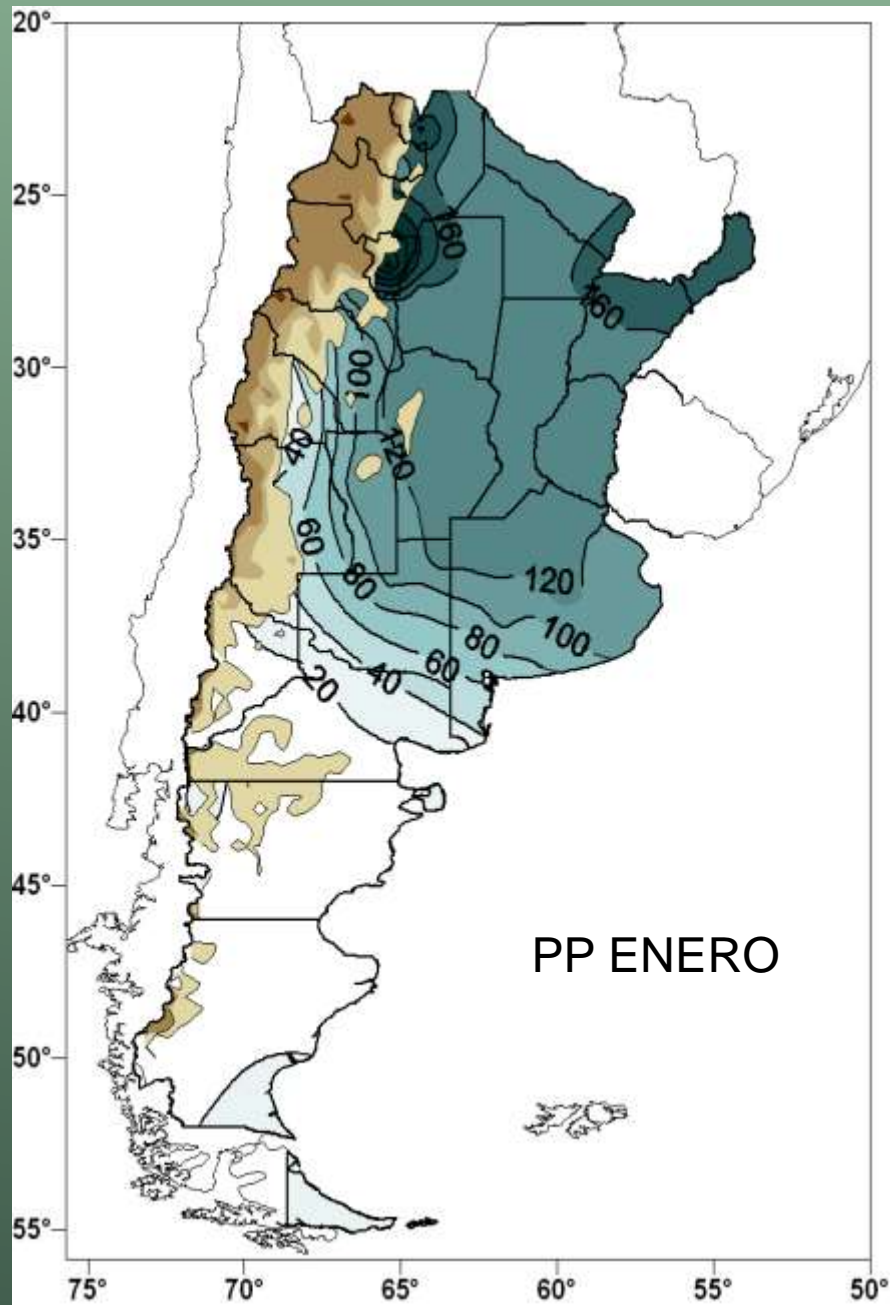
Debido a que Thornthwaite utilizó al BHC como una herramienta para hacer una Clasificación Climática a escala global.

## Alcances del Balance hidrológico climático (BHC):

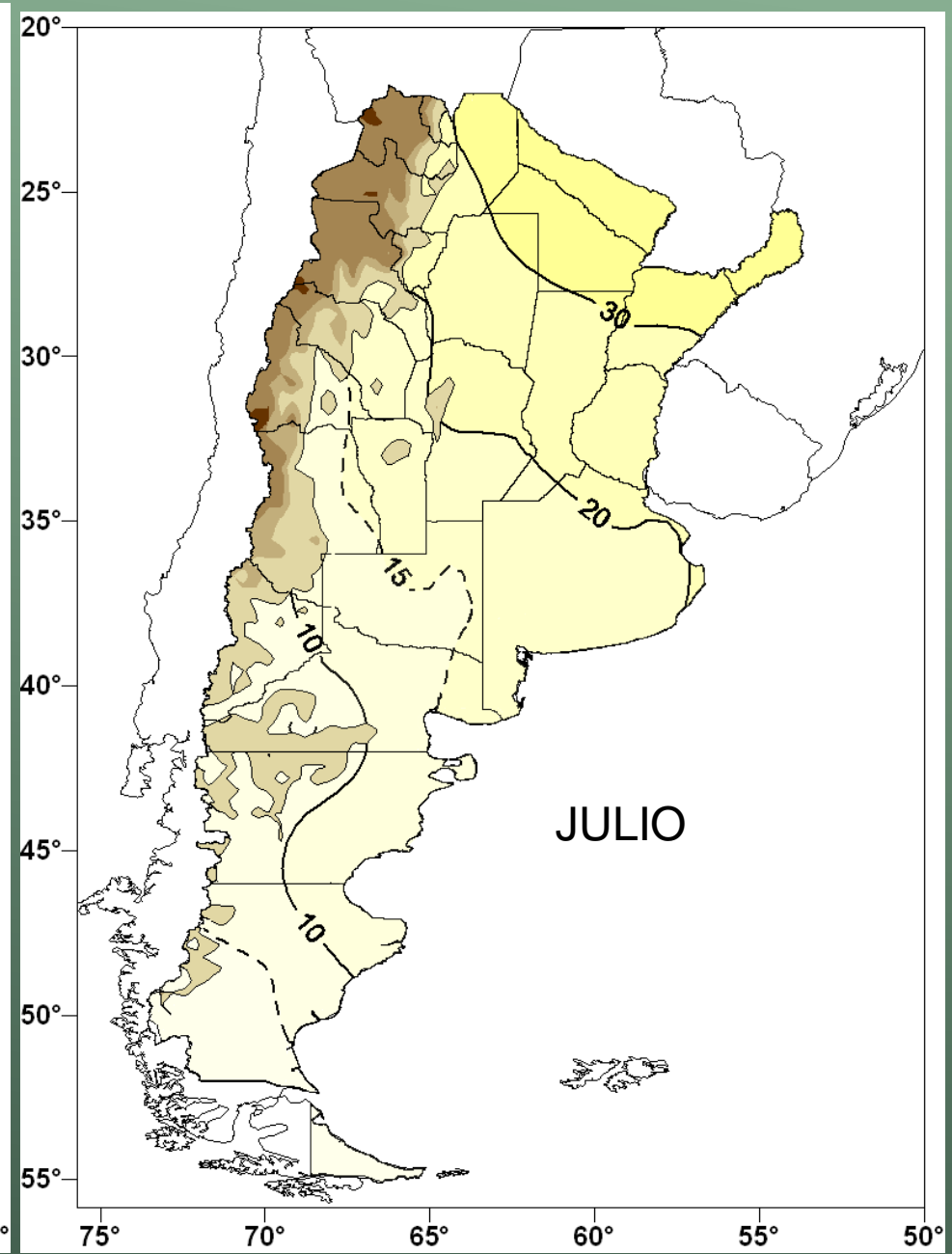
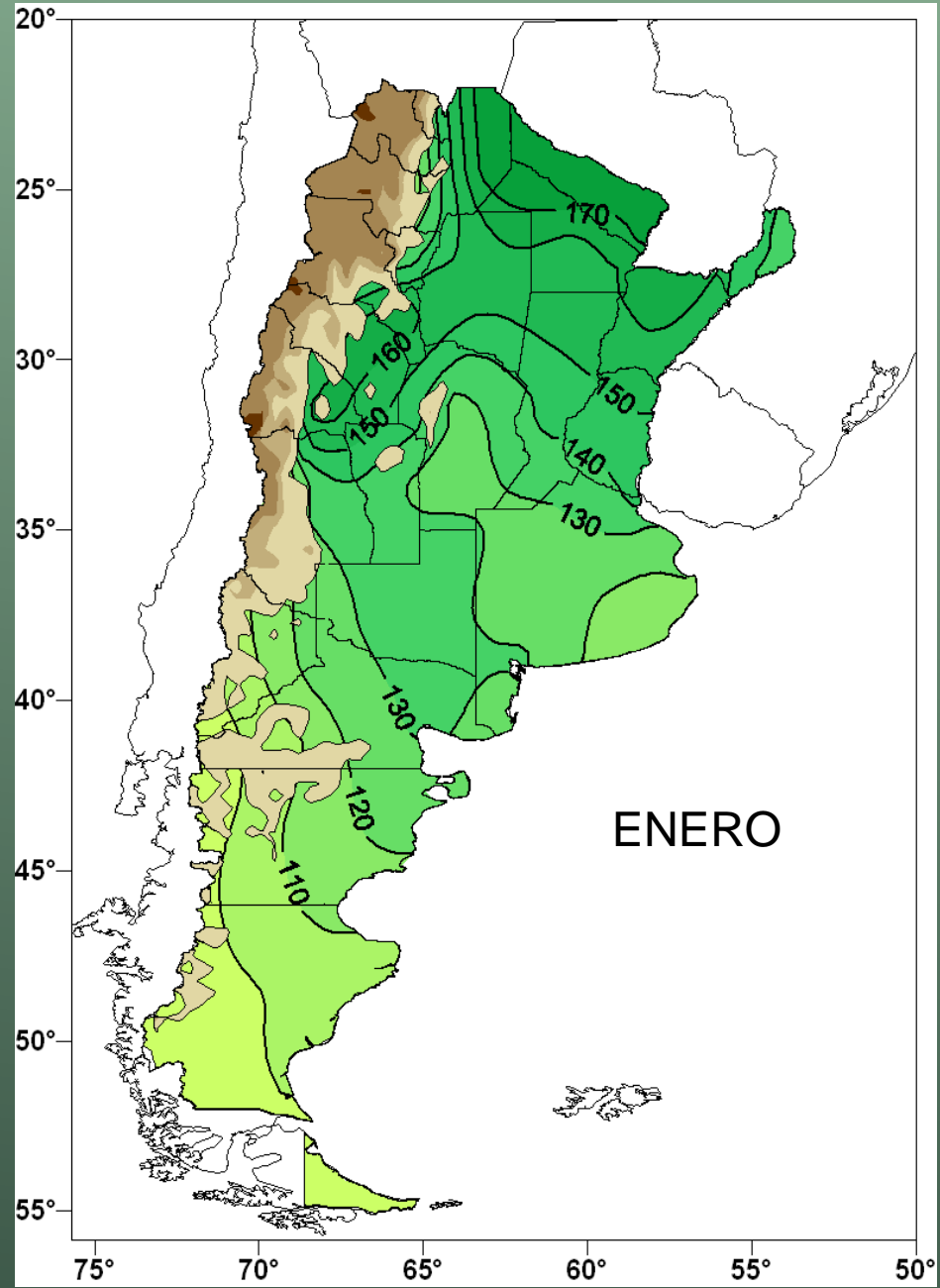
- Para la realización de una clasificación climática
- Refleja la **situación hídrica media** del clima para el lugar considerado.
- Su aplicación se extiende a las **consecuencias naturales** producidas por la acción de los elementos climáticos considerados.
- Los resultados obtenidos también pueden utilizarse para **delimitar áreas geográficas** para la implantación de cultivos.



# **Variables agroclimáticas relacionadas y derivadas del balance**

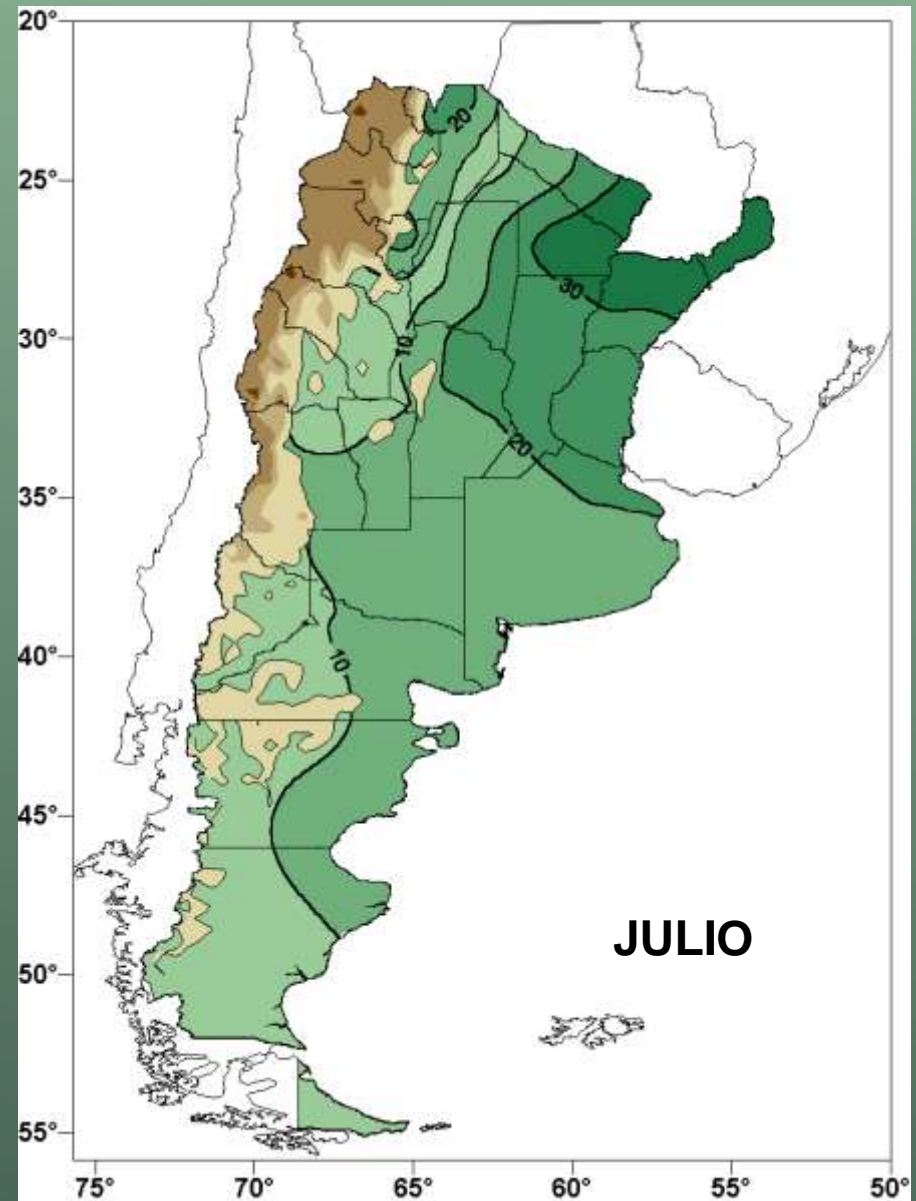
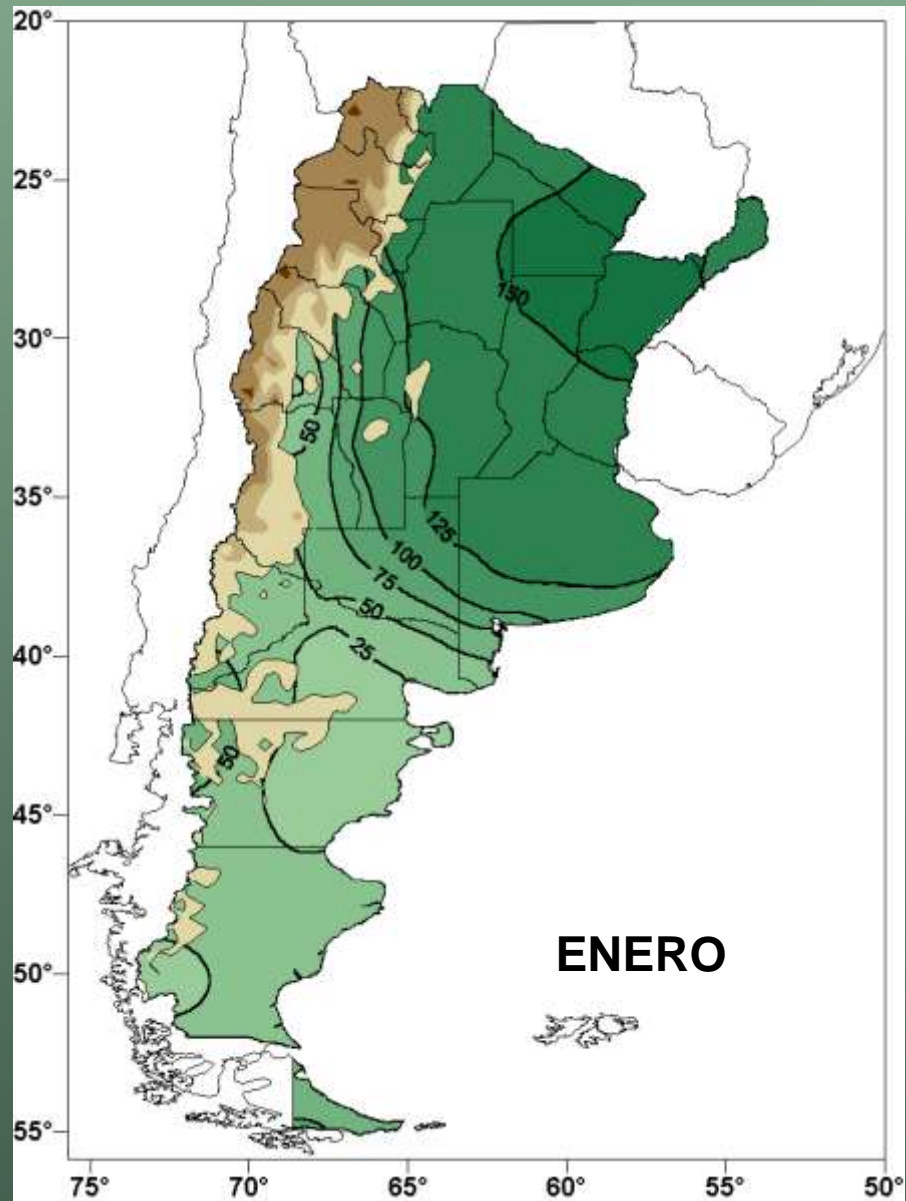


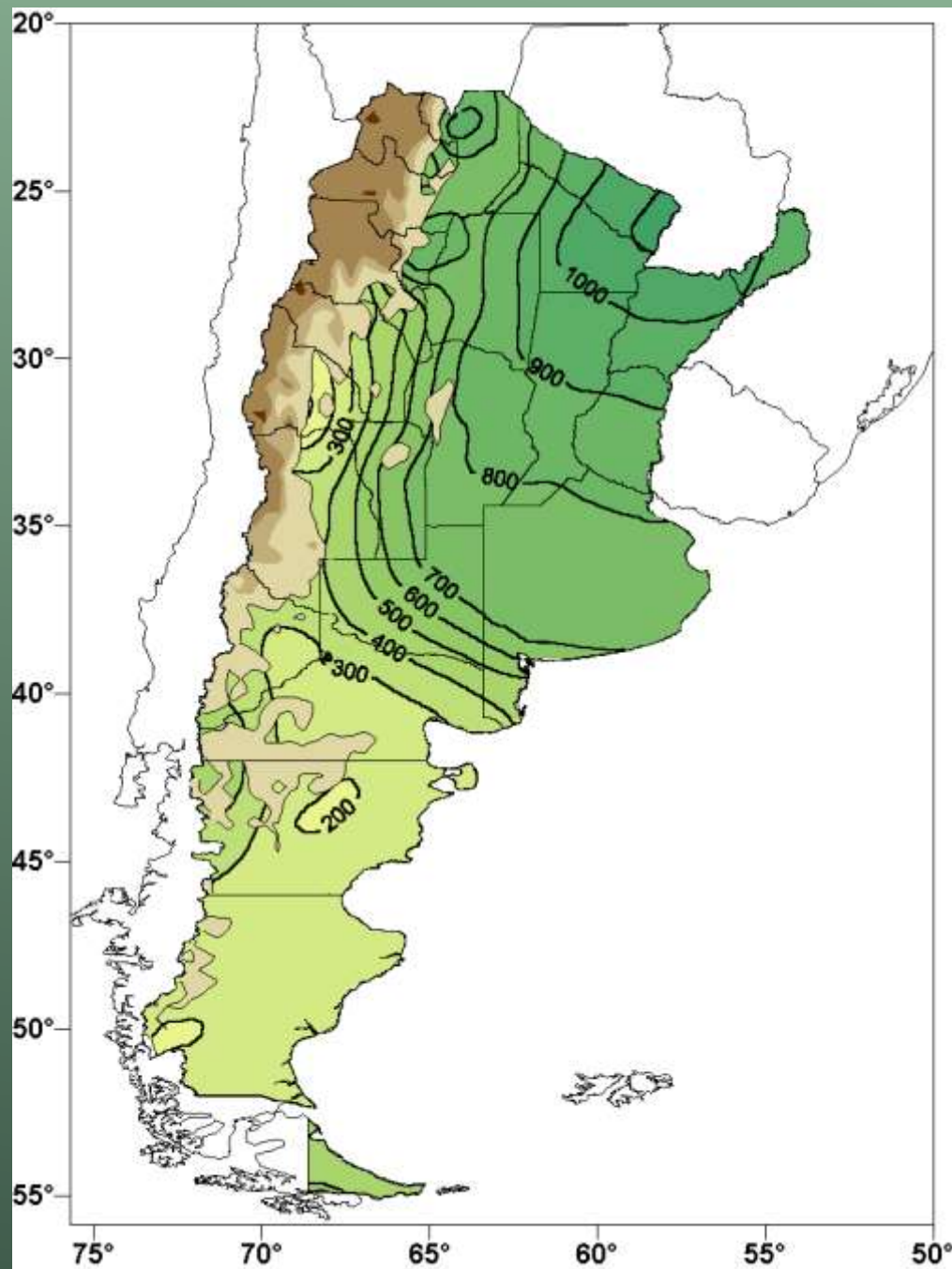
# EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL



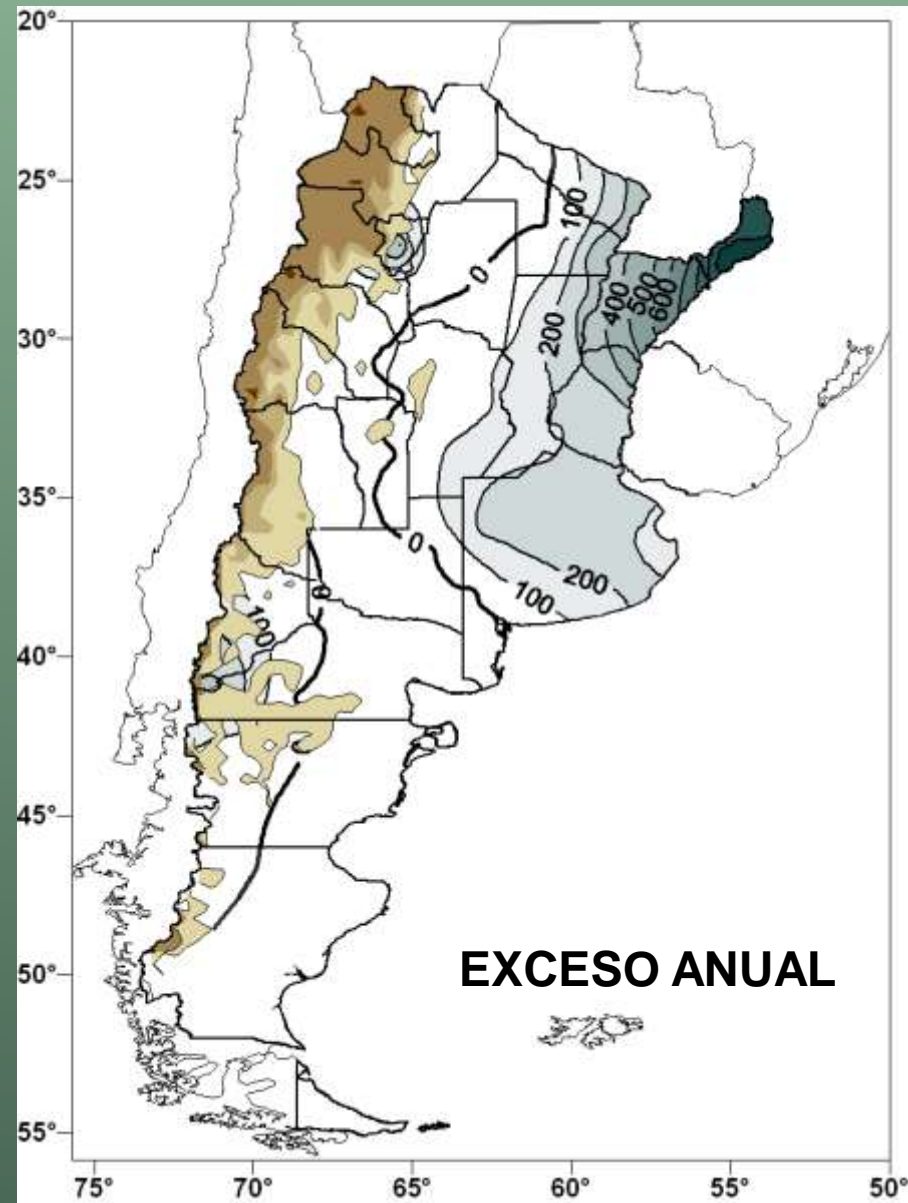
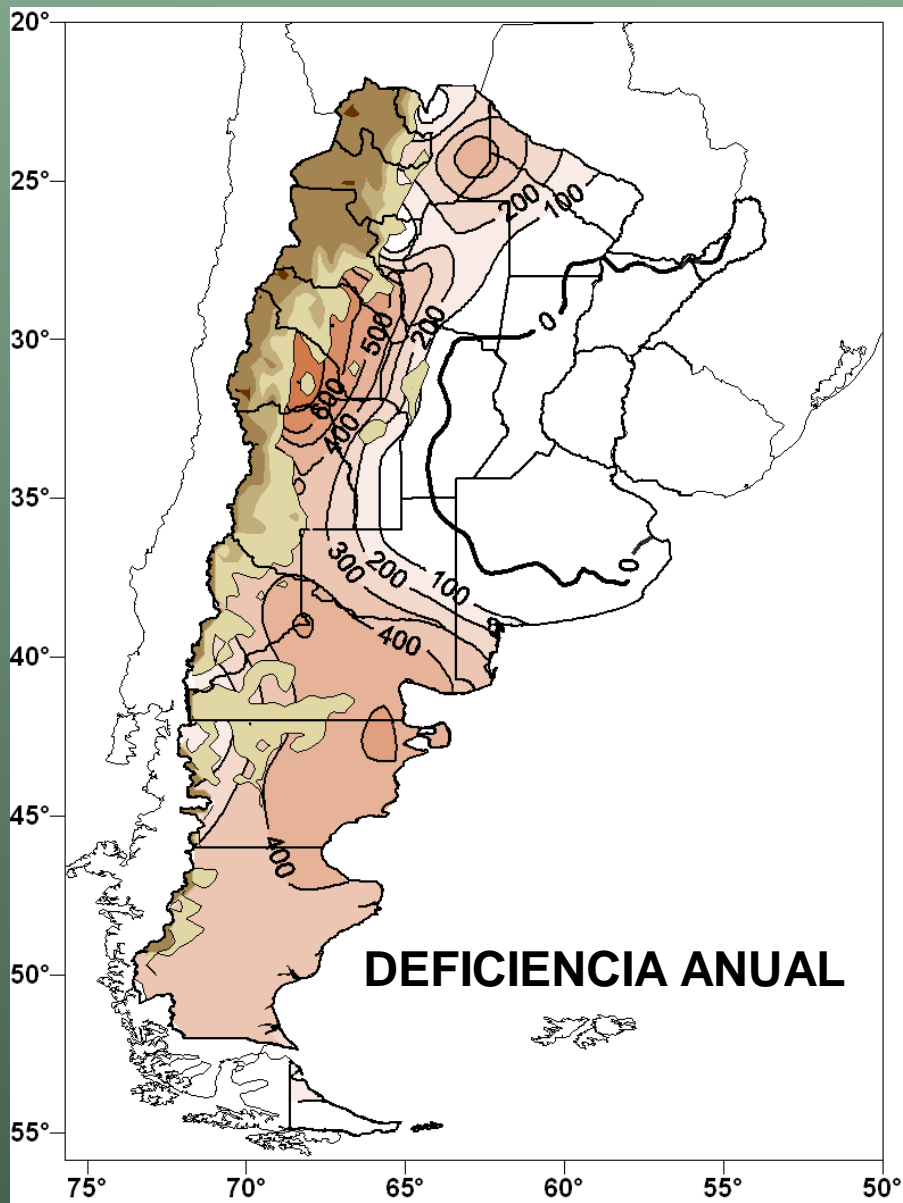


# EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL

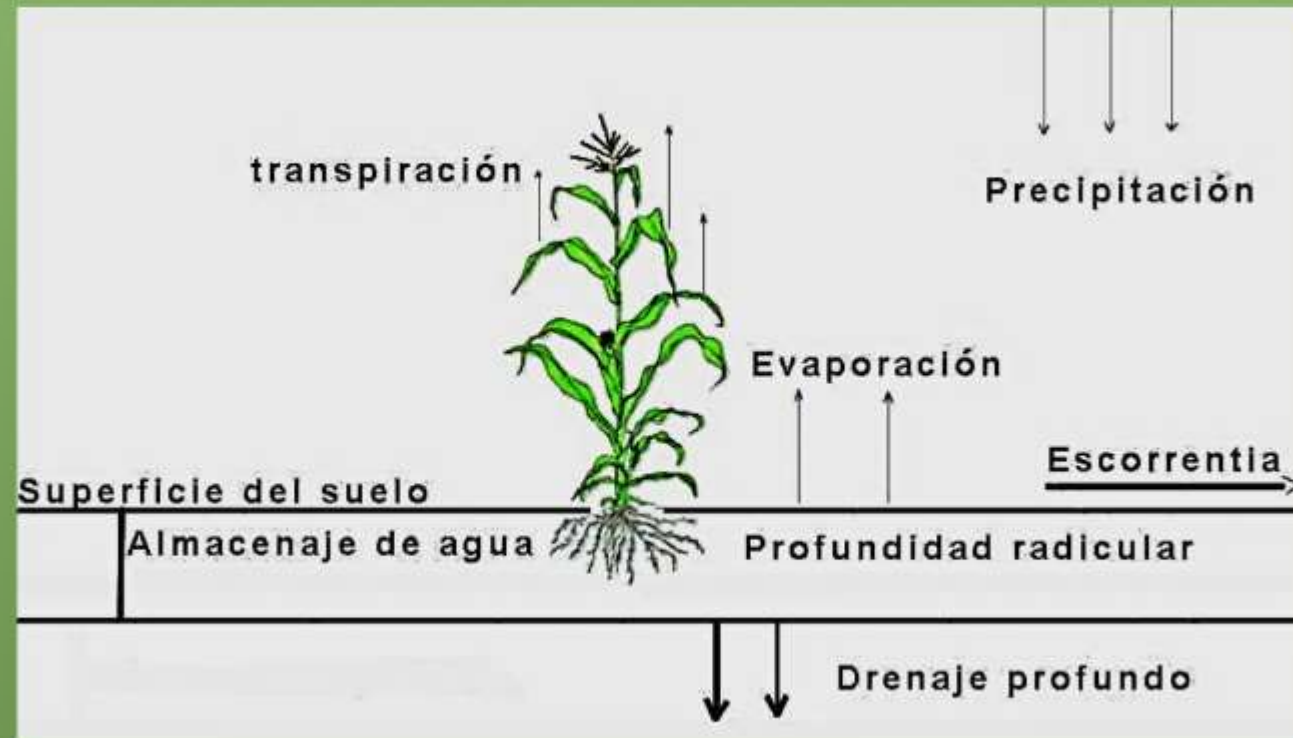




EVAPOTRANSPIRACION  
REAL ANUAL



# BALANCE DE AGUA EN EL SUELO



## Equipo docente:

Rafael Hurtado

Mónica Valdiviezo Corte

Carla Moreno

Fabio Alabar

Facultad de Ciencias Agrarias  
U.N.Ju.



# **BALANCE HIDROLOGICO DE SERIES TEMPORALES**

# BALANCE HIDROLÓGICO SERIADO

(PASCALE Y DAMARIO, 1977)


Se utiliza para:

- Conocer la disponibilidad de agua en el suelo en un momento determinado.
- Calcular probabilidades de ocurrencia de **situaciones hídricas** de exceso, equilibrio o déficit.

# Balance hidrológico de series temporales

Se utilizan series temporales de **PP** y de **EP** de **30 años o más**

Se puede trabajar con distintas escalas de tiempo (**diaria, semanal, mensual**)



A medida que aumenta la escala de tiempo mayor es el error de la estimación

Con el **Balance Hidrológico Seriado Mensual** se estima:

- la probabilidad mensual de ocurrencia de diferentes situaciones hídricas
- la disponibilidad de agua en el suelo en un momento determinado

El resultado del **balance hidrológico seriado mensual** es una serie de **situaciones hídricas mensuales**



Para interpretar la distribución mensual de las situaciones hídricas y calcular las probabilidades:

- se ordena la serie desde el **mayor déficit** al **mayor exceso**
- se calculan los percentiles



# Datos de entrada

**Evapotranspiración media mensual**

**Precipitación mensual**

**C. C.**

Localidad:		Santo Domingo												C.C.:	200
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL	
Años	ETP	119	95	91	62	42	28	28	43	61	95	105	122	892	
1974	PP	35	189	88	24	8	0	2	2	35	31	31	117	562	
1975	PP	244	78	181	8	27	1	3	7	42	4	12	62	668	
1976	PP	127	576	117	94	12	4		13	9	24	78	170	1224	
1977	PP	165	118	197	19	6				14	21	71	194	804	
1978	PP	205	55	181	36	1	11	0	0	6	43	98	135	770	
1979	PP	173	183	199	25	6	4		3		5	30	170	797	
1980	PP	285	238	58	89	1		1	7	1	83	42	69	875	
1981	PP	159	229	125	92	7		1	1	15	16	37	88	770	
1982	PP	213	43	85	33	10	9	6	10	1	9	36	73	526	
1983	PP	128	262	247	20	7	1	5	15	8	37	98	98	925	
1984	PP	174	223	116	41	3	1	17	6	16	12	95	71	773	
1985	PP	80	106	51	23	0	4	2	7	2	50	61	251	638	
1986	PP	315	22	73	53	11		1		1	4	89	101	669	
1987	PP	190	143	127	8	11		6	1		4	28	152	669	
1988	PP	85	50	119	49		0	5		3	22	49	119	501	
1989	PP	153	217	121	88	7				1	15	11	138	752	
1990	PP	219	243	122	50	6	1		1		15	119	46	822	
1991	PP	89	95	20	96	4		1	10	15	22	67	58	477	
1992	PP	158	88	92	12		4				23	33	72	481	
1993	PP	82	171	21	21	15			0	20	44	92	94	561	
1994	PP	177	108	168		5			1	2	8	43	21	535	
1995	PP	109	105	73	61	32	9			21	34	98	147	691	
1996	PP	153	99	122	9	8	1		4	4	3	23	100	526	
1997	PP	201	38	84	32	3	4	2	3			102	61	87	617
1998	PP	157	110	166	28	45	5	5		6	21	38	62	643	
1999	PP	57	162	152	36	1	1	1			27	30	72	539	
2000	PP	108	301	101	77	13	13		2	25	16	93	72	821	
2001	PP	44	84	168	20	12	13	8	1		99	14	111	574	
2002	PP	157	65	205	36	16	2	1	1	5	93	36	96	710	
2003	PP	109	114	86	53	12	3			31	11	27	214	660	
2004	PP	40	144	105	109	0	4	6		17	9	43	246	723	

Localidad: **Santo Domingo** Lat. **-24 -42** C.C.: **210**

Ingreso C.C.

Ingreso Latitud  
(negativo para H.S.)

Ingreso Año

Ingreso Temperatura media mensual

Ingreso Precipitación mensual

Años	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1986	23,3	20,8	20,3	19,8	16,8	14,4	14,4	15,0	17,6	20,6	22,1	23,5
1987	22,9	21,0	21,5	18,5	12,3	12,5	15,1	14,3	16,7	21,2	22,3	21,6
1988	22,8	20,8	22,8	18,4	13,0	11,4	10,4	15,2	16,7	20,3	24,0	23,8
1989	23,4	23,9	20,6	18,7	14,3	14,9	12,8	16,3	15,8	20,8	22,9	24,0
1990	25,1	22,7	21,9	19,7	16,1	12,8	12,4	18,3	17,4	23,1	24,5	23,8
1991	21,8	21,7	21,3	19,2	17,4	13,4	12,5	14,5	17,6	18,9	20,4	23,0
1992	22,2	21,7	21,4	18,5	14,7	14,0	9,1	14,7	16,6	20,4	20,8	22,9
1993	22,8	20,9	21,8	18,1	14,9	12,9	11,0	14,7	16,2	20,4	22,3	23,5
1994	23,4	20,7	20,8	17,3	17,5	14,7	12,4	14,9	19,7	20,7	21,9	24,7
1995	23,1	21,5	21,0	18,7	15,9	13,9	12,8	14,2	18,0	20,8	22,9	24,7
1996	23,0	22,8	20,8	18,7	16,4	9,2	11,3	16,9	16,4	20,9	21,5	23,2
1997	23,8	21,0	20,6	19,0	15,9	13,1	14,8	15,4	19,6	21,8	22,7	24,9
1998	23,5	21,7	20,5	17,6	15,3	13,0	14,4	14,3	16,7	21,1	21,1	22,8
1999	21,3	22,8	21,3	16,2	15,3	13,0	11,0	15,9	21,7	21,5	21,7	25,0
2000	25,1	23,3	20,2	19,7	14,8	13,2	11,1	16,4	18,5	22,9	22,3	24,4
2001	24,8	24,1	22,9	18,6	14,3	13,7	14,4	18,3	17,8	20,3	22,0	23,9
2002	24,5	22,8	23,1	18,8	17,3	12,0	13,0	17,7	20,3	24,0	24,5	23,3
2003	24,1	23,2	22,1	19,0	16,9	16,1	13,4	14,4	20,0	23,0	25,1	23,2
2004	24,8	22,9	22,5	19,8	12,5	13,6	13,7	15,6	20,5	23,5	23,5	24,2
2005	25,4	23,3	22,1	17,4	16,5	20,5	14,1	21,3	18,8	21,5	24,4	23,2
2006	24,3	23,7	22,3	19,4	14,5	15,1	15,7	16,5	19,6	23,3	23,3	24,2
2007	23,9	23,3	21,6	19,7	13,4	12,9	11,9	12,5	20,1	23,7	22,5	23,7
2008	23,4	23,1	21,4	18,6	15,4	11,6	16,6	16,6	18,4	21,7	24,8	24,0
2009	23,7	23,0	22,4	20,7	17,0	13,4	12,2	17,7	17,5	22,4	25,4	22,4
2010	23,9	23,6	22,7	17,6	13,7	13,6	11,1	14,0	18,6	20,3	22,8	24,1
2011	22,9	21,8	20,2	18,8	15,1	12,8	11,9	14,8	19,8	21,4	23,8	22,8
2012	24,1	23,9	21,4	18,8	16,8	13,0	11,3	15,6	19,9	23,1	23,0	24,4
2013	23,2	23,2	20,7	19,9	16,7	15,0	13,1	13,8	17,3	21,8	23,7	25,6
2014	23,6	22,3	20,1	19,2	15,9	13,1	12,7	17,1	20,2	23,5	22,1	22,8
2015	23,6	22,8	21,6	20,1	16,3	14,0	12,9	17,0	18,6	19,5	21,2	23,5

Años	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1986	80	106	51	23	0	4	2	7	2	50	61	251
1987	315	22	73	53	11	S/D	1	S/D	1	4	89	101
1988	190	143	127	8	11	S/D	6	1	S/D	4	28	152
1989	85	50	119	49	S/D	0	5	S/D	3	22	49	119
1990	153	217	121	88	7	S/D	S/D	S/D	1	15	11	138
1991	219	243	122	50	6	1	S/D	1	S/D	15	119	46
1992	89	95	20	96	4	S/D	1	10	15	22	67	58
1993	158	88	92	12	S/D	4	S/D	S/D	S/D	23	33	72
1994	82	171	21	21	15	S/D	S/D	0	20	44	92	94
1995	177	108	168	S/D	5	S/D	S/D	1	2	8	43	21
1996	109	105	73	61	32	9	S/D	S/D	21	34	98	147
1997	153	99	122	9	8	1	S/D	4	4	3	23	100
1998	201	38	84	32	3	4	2	3	S/D	102	61	87
1999	157	110	166	28	45	5	5	S/D	6	21	38	62
2000	57	162	152	36	1	1	1	S/D	S/D	27	30	72
2001	108	301	101	77	13	13	S/D	2	25	16	93	72
2002	44	84	168	20	12	13	8	1	S/D	99	14	111
2003	157	65	205	36	16	2	1	1	5	93	36	96
2004	109	114	86	53	12	3	S/D	S/D	31	11	27	214
2005	40	144	105	109	0	4	6	S/D	17	9	43	246
2006	123	105	135	99	21	S/D	S/D	S/D	S/D	21	81	165
2007	189	195	177	18	8	1	S/D	S/D	1	91	59	132
2008	200	140	140	10	3	4	S/D	1	2	13	48	128
2009	52	179	130	61	12	1	S/D	S/D	S/D	S/D	81	168
2010	64	197	92	15	5	3	13	S/D	2	4	10	104
2011	161	90	75	19	4	3	1	0	1	5	24	127
2012	92	172	182	74	2	1	3	S/D	0	1	33	118
2013	238	72	67	4	0	10	S/D	0	2	36	22	156
2014	130	159	103	30	65	6	0	0	2	72	28	125
2015	122	146	98	94	7	1	7	7	4	17	62	82

24 23 21 19 16 13 13 16 18 21 23 24

127 112 112 36 8 3 3 1 3 21 43 115

## Situación Hídrica

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
1989	-28	-63	0	-21	-29	-40	-26	-51	-47	-68	-63	-7	-445
1990	0	0	0	0	-19	-16	-18	-48	-49	-85	-109	0	-345
1991	0	71	22	-2	-15	-16	-16	-26	-44	-48	0	-50	-125
1992	-15	-7	-67	0	-34	-33	-14	-32	-40	-63	-26	-54	-385
1993	0	-6	-9	-48	-35	-28	-21	-42	-51	-64	-73	-48	-424
1994	-37	0	-50	-34	-42	-37	-27	-43	-60	-47	-13	-38	-428
1995	0	0	0	-15	-25	-23	-22	-31	-54	-74	-65	-105	-413
1996	-7	-9	-21	-15	-26	-9	-25	-60	-37	-61	-3	0	-273
1997	0	0	0	-44	-34	-28	-37	-41	-71	-94	-86	-35	-471
1998	0	-42	-6	-26	-38	-27	-37	-37	-53	0	-33	-25	-324
1999	0	-3	0	-11	-3	-15	-12	-34	-71	-67	-57	-69	-342
2000	-77	0	0	-25	-29	-25	-19	-45	-61	-78	-73	-56	-487
2001	-26	0	-2	0	-8	-10	-19	-41	-30	-56	-11	-45	-248
2002	-77	-27	0	-41	-42	-15	-24	-59	-80	-26	-112	-8	-512
2003	0	-45	0	-20	-26	-36	-28	-34	-69	-20	-93	-21	-391
2004	-25	-1	-24	-31	-21	-36	-37	-51	-60	-109	-94	0	-489
2005	-69	0	-1	0	-30	-57	-28	-80	-53	-84	-83	0	-485
2006	-2	-7	0	0	-7	-18	-26	-36	-60	-81	-33	0	-270
2007	0	0	64	-10	-10	-15	-14	-19	-59	-25	-42	0	-130
2008	0	0	0	-16	-21	-13	-35	-41	-56	-77	-79	0	-337
2009	-66	0	0	-19	-34	-28	-23	-55	-56	-81	-57	0	-418
2010	-44	0	-9	-27	-22	-25	-10	-31	-60	-75	-95	-22	-421
2011	0	-11	-11	-46	-38	-28	-26	-43	-79	-91	-98	0	-472
2012	-33	0	0	-1	-25	-19	-15	-35	-66	-99	-76	-12	-381
2013	0	-20	-14	-52	-45	-31	-29	-36	-56	-63	-96	0	-441
2014	0	0	0	-31	0	-20	-24	-48	-73	-43	-72	0	-311
2015	0	0	-3	0	-38	-33	-24	-48	-64	-61	-34	-37	-344

# 1970

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
PP	35	189	88	24	8	0	2	2	35	31	31	117
ETP	119	95	91	62	42	28	28	43	61	95	105	122
DP	-84	94	-3	-38	-34	-28	-26	-42	-26	-64	-74	-5
Alm	100	194	191	157	133	115	101	82	72	52	36	35
D Alm		94	-3	-33	-25	-17	-14	-19	-10	-20	-16	-1
ETR		95	91	57	33	18	16	21	45	51	47	118
Exc		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Def		0	0	5	10	11	12	23	16	44	58	4
SH		0	0	-5	-10	-11	-12	-23	-16	-44	-58	-4

# 1971

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
PP	244	78	181	8	27	1	3	7	42	4	12	62
ETP	119	95	91	62	42	28	28	43	61	95	105	122
DP	125	-17	90	-54	-15	-28	-25	-37	-19	-91	-93	-60
Alm	161	148	200	152	141	123	108	90	82	52	33	24
D Alm	125	-13	52	-48	-11	-18	-15	-18	-8	-30	-19	-8
ETR	119	91	91	55	38	19	18	25	50	34	32	70
Exc	0	0	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Def	0	4	0	7	4	9	11	18	11	61	74	52
SH	0	-4	38	-7	-4	-9	-11	-18	-11	-61	-74	-52

C.C.: 200

# 1972

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
PP	127	576	117	94	12	4	0	13	9	24	78	170
ETP	119	95	91	62	42	28	28	43	61	95	105	122
DP	9	481	26	32	-31	-24	-28	-31	-52	-71	-27	48
Alm	33	200	200	200	172	152	132	113	87	61	54	101
D Alm	9	167	0	0	-28	-20	-20	-19	-26	-26	-8	48
ETR	119	95	91	62	40	24	20	31	35	50	86	122
Exc	0	314	26	32	0	0	0	0	0	0	0	0
Def	0	0	0	0	2	5	8	12	26	45	19	0
SH	0	314	26	32	-2	-5	-8	-12	-26	-45	-19	0

# 1973

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
PP	165	118	197	19	6	0	0	0	14	21	71	194
ETP	119	95	91	62	42	28	28	43	61	95	105	122
DP	46	23	106	-43	-36	-28	-28	-43	-47	-74	-34	72
Alm	147	170	200	161	134	116	101	81	64	44	37	109
D Alm	46	23	30	-39	-27	-18	-15	-20	-17	-20	-7	72
ETR	119	95	91	58	33	18	15	20	31	41	78	122
Exc	0	0	77	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Def	0	0	0	4	10	11	13	24	30	54	27	0
SH	0	0	77	-4	-10	-11	-13	-24	-30	-54	-27	0

# 2009

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
PP	109	114	86	53	12	3	0	0	31	11	27	214
ETP	119	95	91	62	42	28	28	43	61	95	105	122
DP	-9	20	-5	-9	-31	-25	-28	-43	-30	-84	-78	92
Alm	35	55	53	51	44	39	33	27	23	15	10	102
D Alm	-2	20	-1	-2	-7	-5	-5	-7	-4	-8	-5	92
ETR	111	95	87	55	19	8	5	7	35	19	32	122
Exc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Def	8	0	4	7	24	20	23	37	26	76	73	0
SH	-8	0	-4	-7	-24	-20	-23	-37	-26	-76	-73	0

# 2010

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
PP	40	144	105	109	0	4	6	0	17	9	43	246
ETP	119	95	91	62	42	28	28	43	61	95	105	122
DP	-79	50	14	47	-42	-24	-22	-43	-45	-86	-62	124
Alm	69	119	133	180	146	129	115	93	74	48	35	159
D Alm	-33	50	14	47	-34	-17	-14	-22	-19	-26	-13	124
ETR	73	95	91	62	34	21	20	22	35	35	56	122
Exc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Def	46	0	0	0	8	8	9	21	26	60	49	0
SH	-46	0	0	0	-8	-8	-9	-21	-26	-60	-49	0

# Santo Domingo

C.C.: 200

## Situación Hídrica

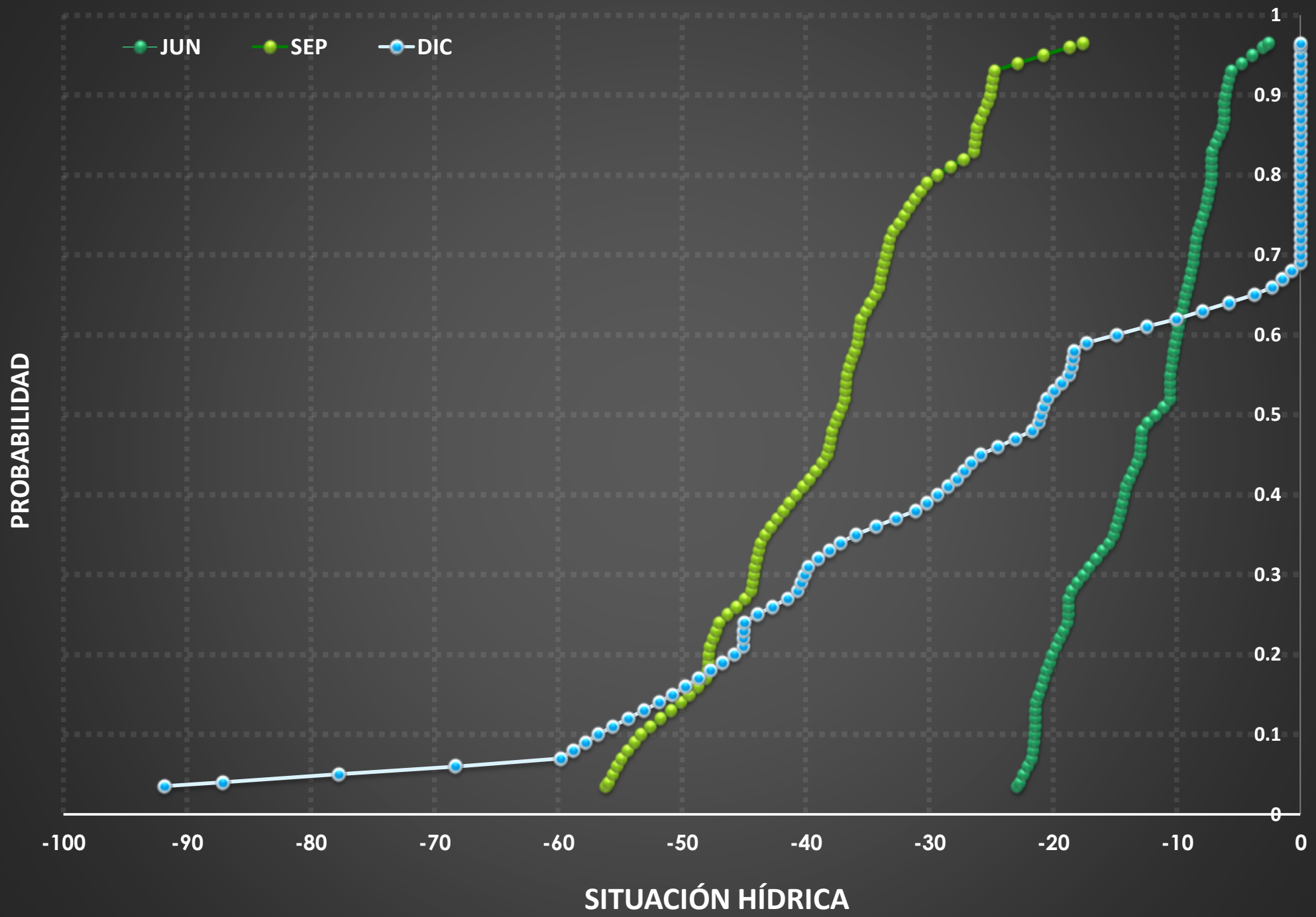
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
1977	0	0	77	-4	-10	-11	-13	-24	-30	-54	-27	0	-96
1978	0	-5	50	-2	-9	-6	-11	-21	-33	-36	-6	0	-78
1979	0	7	109	-3	-9	-8	-12	-21	-38	-67	-63	0	-106
1980	42	143	-2	0	-5	-7	-10	-16	-34	-7	-44	-41	19
1981	0	14	35	29	-3	-6	-9	-18	-25	-52	-52	-28	-115
1982	0	-23	-3	-16	-20	-13	-16	-25	-48	-74	-63	-45	-346
1983	0	0	146	-4	-9	-10	-10	-14	-32	-41	-6	-18	1
1984	0	28	25	-1	-7	-9	-4	-17	-25	-56	-7	-40	-114
1985	-32	0	-32	-33	-36	-21	-24	-33	-55	-42	-43	0	-352
1986	132	-12	-6	-4	-14	-15	-16	-28	-44	-73	-14	-19	-112
1987	0	0	0	-12	-12	-13	-12	-25	-42	-71	-67	0	-252
1988	-26	-36	0	-9	-31	-21	-19	-36	-50	-66	-53	-3	-349
1989	0	0	0	26	-3	-6	-9	-19	-34	-55	-75	0	-176
1990	0	96	32	0	-5	-7	-10	-20	-36	-57	0	-56	-64
1991	-24	0	-60	0	-28	-22	-22	-28	-40	-65	-35	-60	-383
1992	0	-5	0	-39	-35	-21	-25	-39	-56	-68	-69	-48	-406
1993	-36	0	-46	-31	-22	-23	-24	-37	-37	-46	-12	-26	-339

$$\text{Posición} = \frac{P * (N + 1)}{100}$$

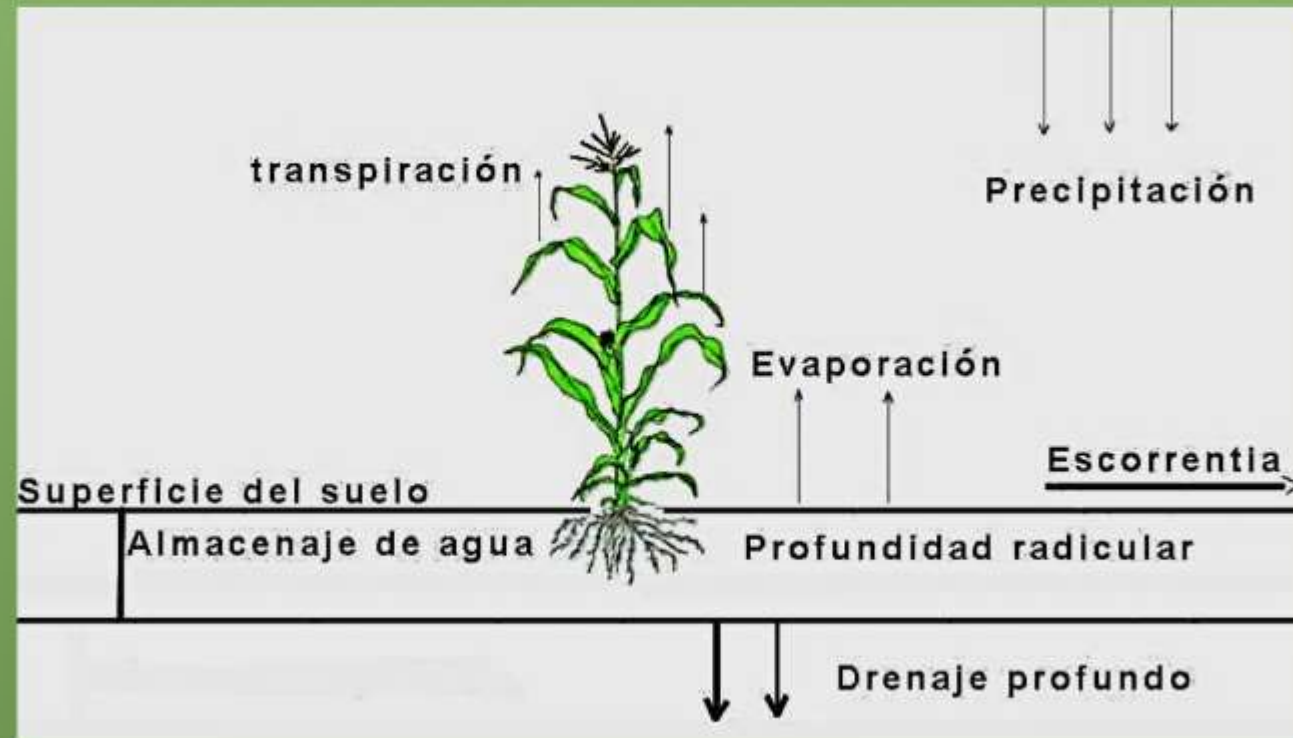
P = entre 0 y 1

Probabilidades de las Situaciones Hídricas

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
0,035	-60	-36	-59	-39	-36	-23	-26	-40	-56	-80	-76	-92	-405
0,04	-60	-35	-58	-38	-36	-23	-26	-40	-56	-80	-76	-87	-402
0,05	-58	-35	-54	-37	-36	-22	-26	-40	-56	-79	-76	-78	-396
0,06	-57	-34	-50	-35	-36	-22	-25	-39	-55	-77	-76	-68	-389
0,07	-56	-33	-46	-33	-35	-22	-25	-39	-55	-76	-76	-60	-383
0,08	-53	-30	-42	-32	-34	-22	-25	-38	-54	-75	-75	-59	-375
0,09	-50	-27	-38	-32	-33	-22	-24	-38	-54	-75	-75	-58	-368
0,1	-47	-24	-34	-31	-31	-21	-24	-37	-53	-74	-75	-57	-360
0,11	-44	-22	-29	-30	-30	-21	-24	-37	-53	-74	-75	-56	-357
0,12	-41	-22	-24	-30	-30	-21	-24	-37	-52	-74	-74	-54	-355
0,13	-38	-21	-19	-30	-29	-21	-24	-37	-51	-74	-74	-53	-353
0,14	-35	-20	-15	-29	-29	-21	-24	-37	-50	-73	-73	-52	-351
0,15	-34	-18	-12	-27	-29	-21	-24	-36	-49	-73	-72	-51	-351
0,16	-33	-15	-9	-24	-28	-21	-23	-36	-49	-72	-71	-50	-350
0,17	-32	-12	-7	-22	-28	-21	-23	-36	-48	-72	-70	-49	-349
0,18	-30	-11	-6	-21	-27	-21	-23	-35	-48	-71	-69	-48	-349
0,19	-29	-10	-5	-21	-26	-20	-23	-35	-48	-71	-68	-47	-349
0,2	-27	-10	-5	-21	-25	-20	-22	-34	-48	-71	-67	-46	-348
0,21	-25	-9	-4	-20	-24	-20	-22	-33	-48	-71	-67	-45	-348
0,22	-25	-8	-4	-20	-23	-19	-22	-33	-48	-70	-66	-45	-347
0,23	-24	-6	-4	-19	-23	-19	-21	-33	-47	-69	-65	-45	-347
0,24	-24	-5	-4	-19	-22	-19	-21	-33	-47	-68	-65	-45	-346
0,25	-20	-5	-3	-18	-22	-19	-21	-32	-46	-68	-64	-44	-346
0,26	-16	-5	-3	-18	-22	-19	-21	-32	-46	-67	-64	-43	-345
0,27	-12	-5	-3	-17	-22	-19	-21	-31	-45	-67	-63	-41	-345
0,28	-10	-4	-3	-16	-21	-19	-21	-30	-44	-67	-63	-41	-344
0,29	-10	-3	-3	-14	-21	-18	-20	-30	-44	-67	-63	-40	-342
0,3	-9	-1	-3	-13	-20	-18	-20	-30	-44	-66	-63	-40	-341
0,31	-9	0	-3	-12	-20	-17	-19	-30	-44	-66	-63	-40	-339
0,32	-9	0	-2	-11	-19	-17	-19	-30	-44	-66	-61	-39	-327
0,33	-8	0	-1	-11	-19	-16	-18	-29	-44	-66	-58	-38	-316
0,34	-8	0	0	-11	-18	-15	-17	-29	-44	-65	-56	-37	-304
0,35	-7	0	0	-11	-18	-15	-17	-28	-43	-65	-55	-36	-298



# BALANCE DE AGUA EN EL SUELO



## Equipo docente:

Rafael Hurtado

Mónica Valdiviezo Corte

Carla Moreno

Fabio Alabar

Facultad de Ciencias Agrarias  
U.N.Ju.



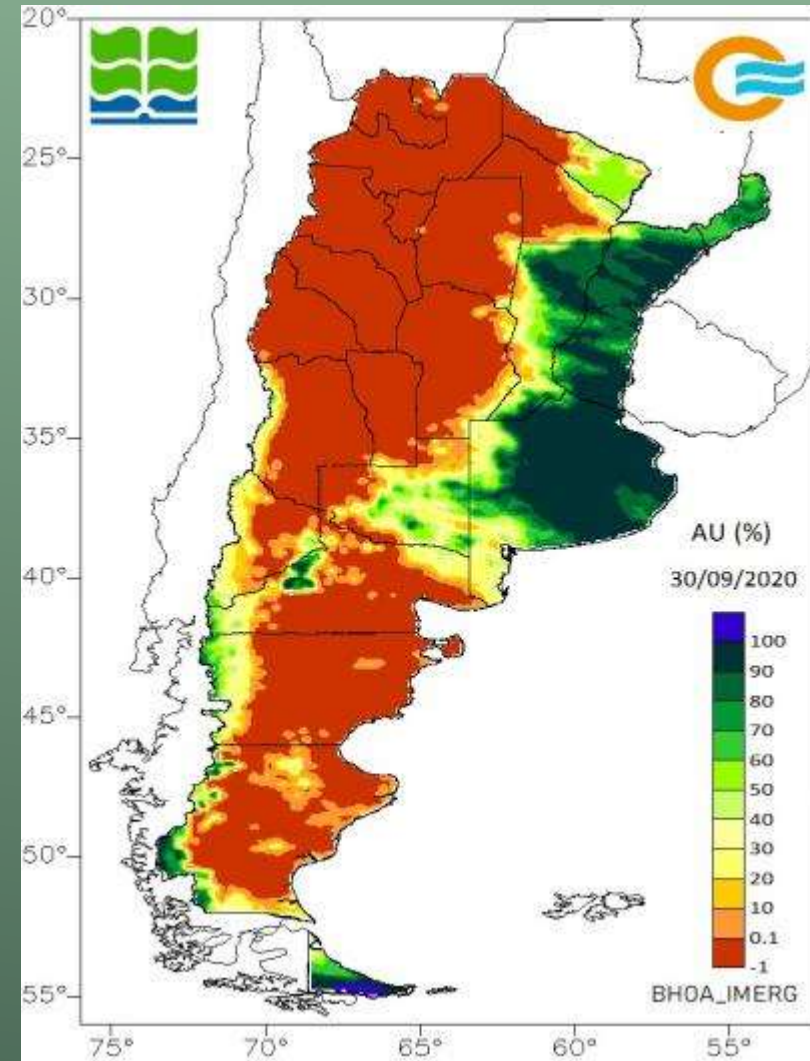
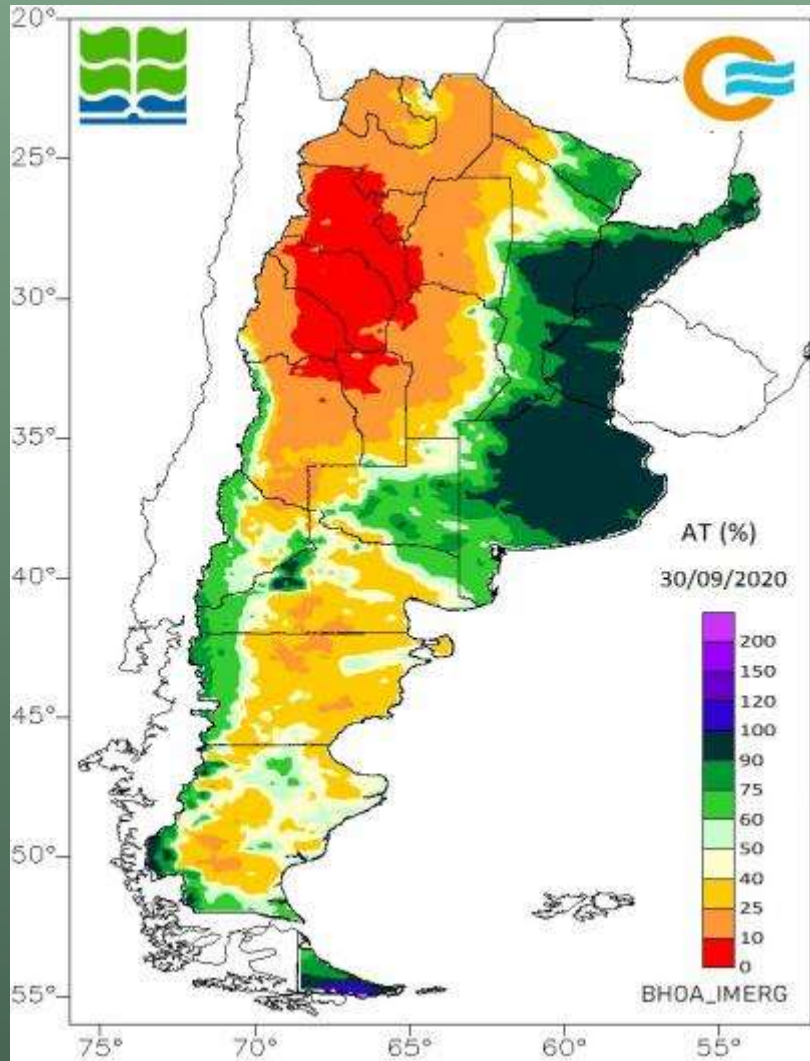
# BALANCE HIDROLÓGICO DIARIO (BHD)

- Datos de precipitación observada diaria
- Estimación de la evapotranspiración diaria
- Constantes hidrológicas para cada serie de suelos (INTA)
- Estimación de almacenaje

## Agua total

Septiembre 2020

## Agua útil

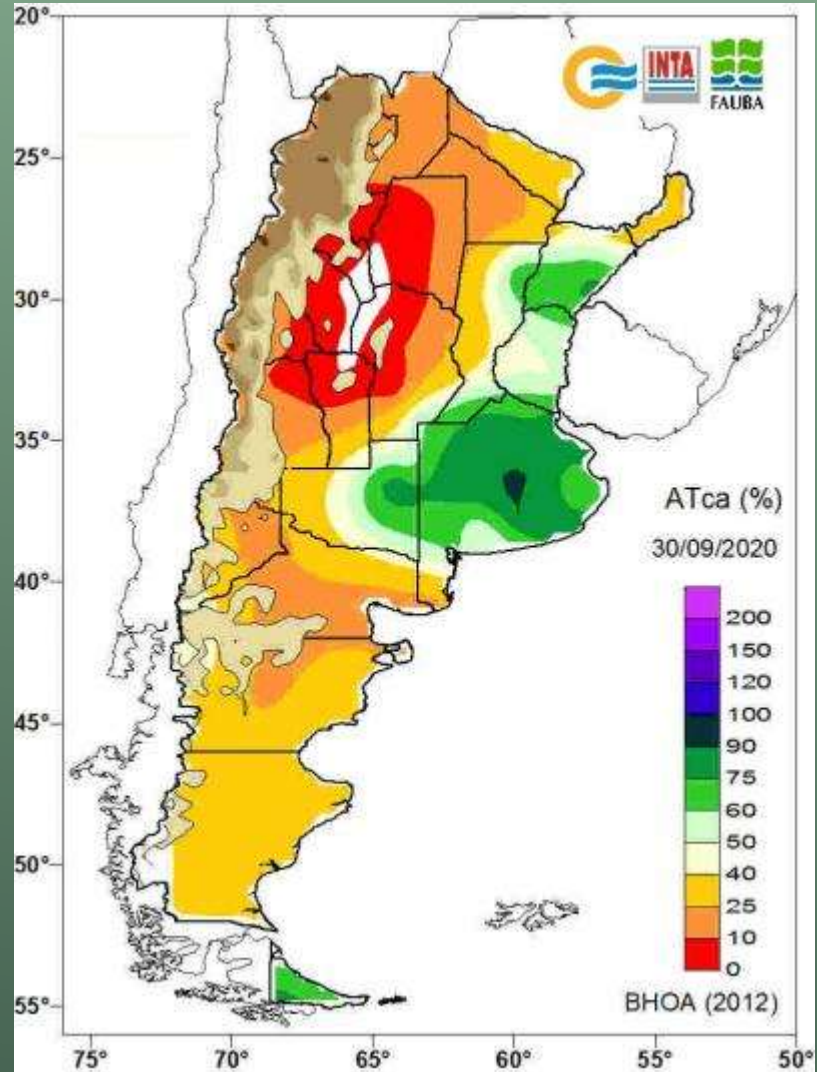


<http://www.agro.uba.ar/centros/ciag/info>

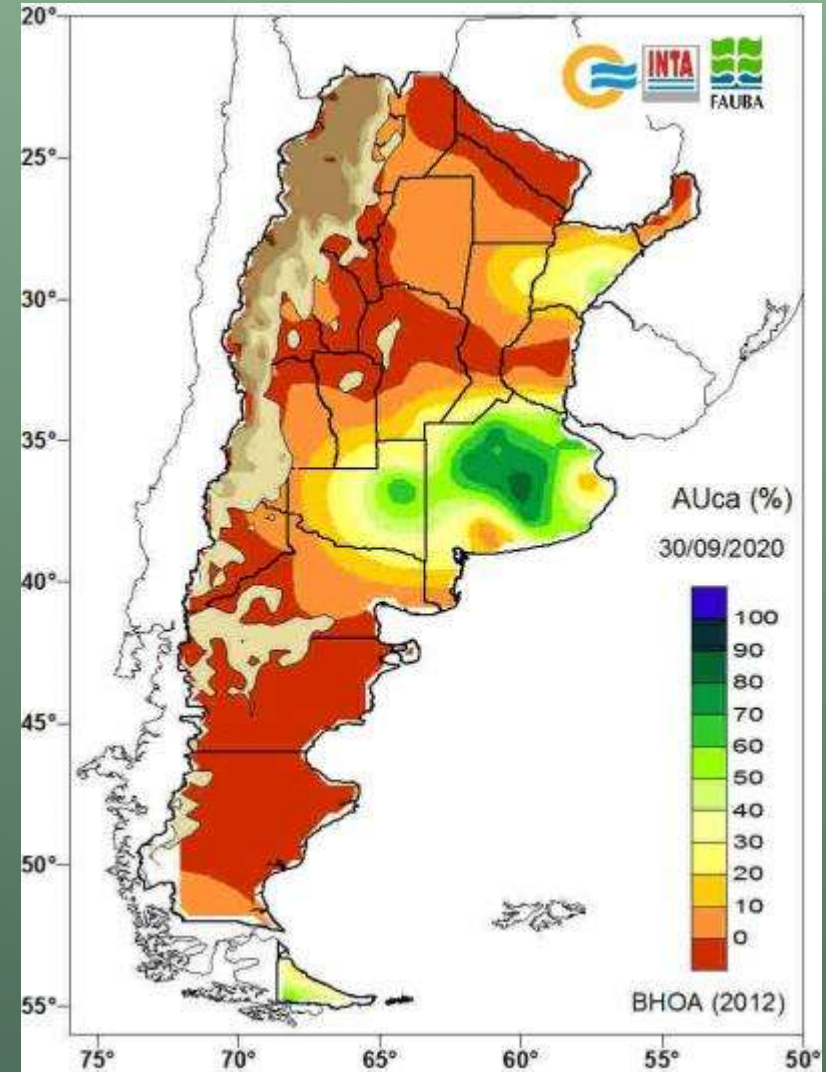
[http://climayagua.inta.gob.ar/balance\\_de\\_agua\\_en\\_el\\_suelo](http://climayagua.inta.gob.ar/balance_de_agua_en_el_suelo)

Septiembre 2020

Agua útil



Agua útil en la capa arable

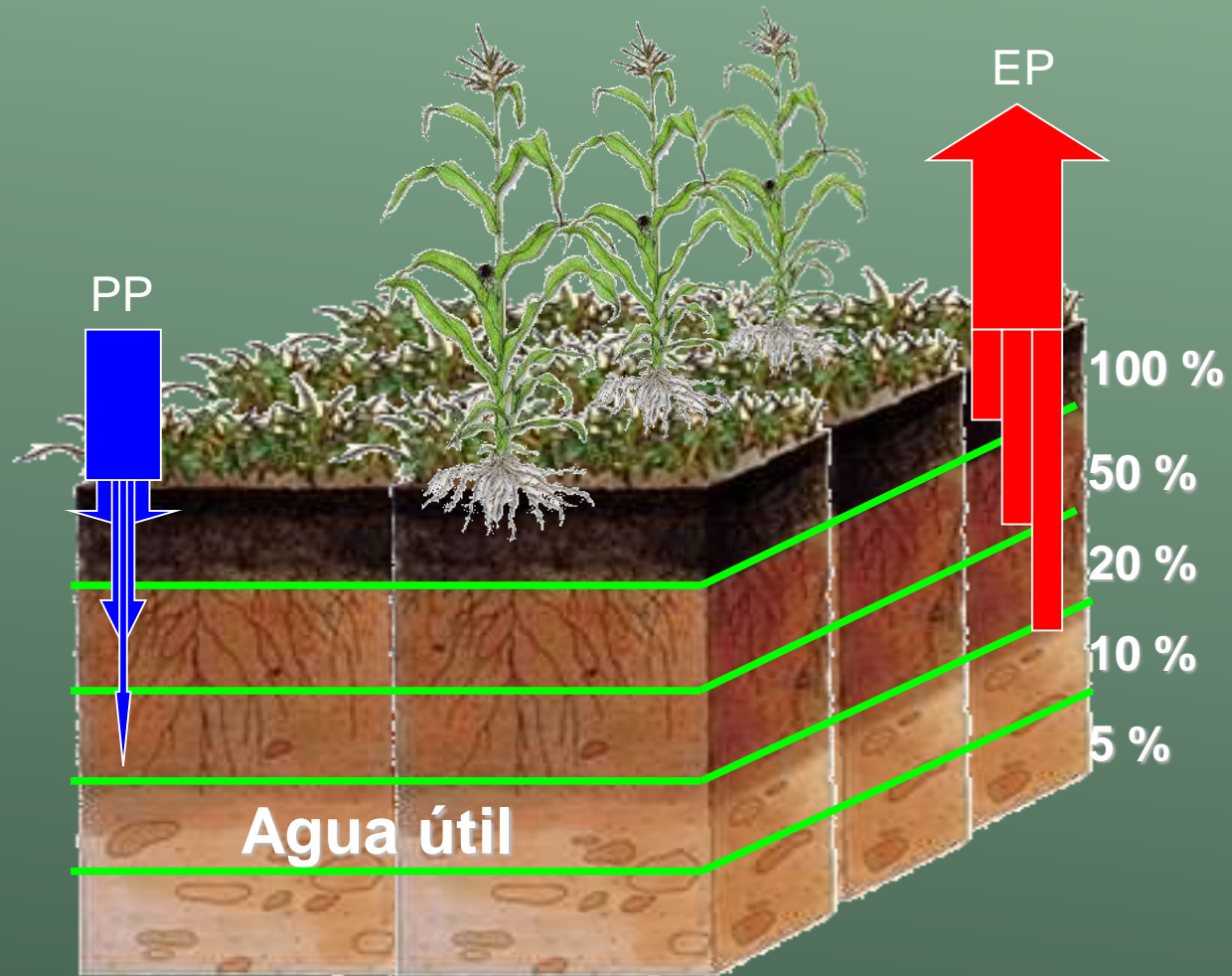


<http://www.agro.uba.ar/centros/ciag/info>

[http://climayagua.inta.gob.ar/balance\\_de\\_agua\\_en\\_el\\_suelo](http://climayagua.inta.gob.ar/balance_de_agua_en_el_suelo)

# Balance Modulado (Holmes y Robertson)

# Holmes y Robertson



# Balances Hidrológicos

- **Balance Hidrológico Climático (Thornthwaite, 1948, 1955)**
- **Balance Hidrológico Modulado (Baier y Robertson, 1959)**
- **Balance Hidrológico Versátil (Holmes y Robertson, 1959)**
- **Balance Hidrológico Palmer (1959)**
- **Balance Hidrológico Seriado – Mensual a diario (Pascale y Damario, 1977)**
- **Balance Hidrológico Confiable (Da Motta, 1978)**
- **Balance Hidrológico Operativo (Fernández Long et al, 2012)**

# Agua en el Suelo

## Formas de medición

### Método Gravimétrico

- Muestreo con barreno, peso de la muestra , estufado ( $105^{\circ}\text{C}$ ), peso del suelo seco, porcentaje de humedad por diferencia. Método patrón de laboratorio.

### Tensiómetro

- Capsula porosa, succión del suelo, columna de agua. Se utiliza para zonas de riego.

### Zonda de neutrones

- Emisión de neutrones y medición de la desaceleración de los mismos como consecuencia del choque con los protones del agua. Necesita calibración.