



**fcfm**

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

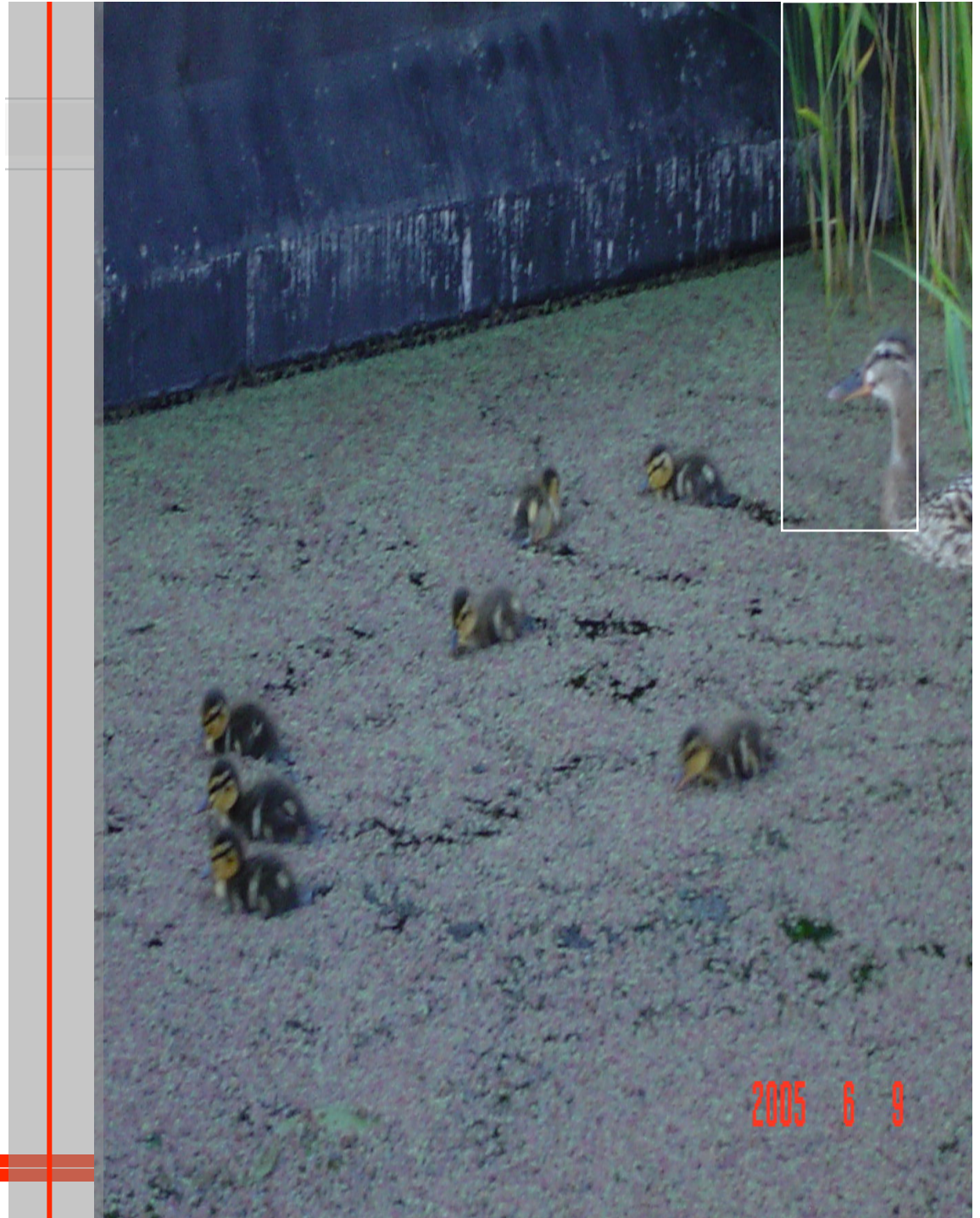
# CI41C HIDROLOGÍA

## EVAPOTRANSPIRACIÓN



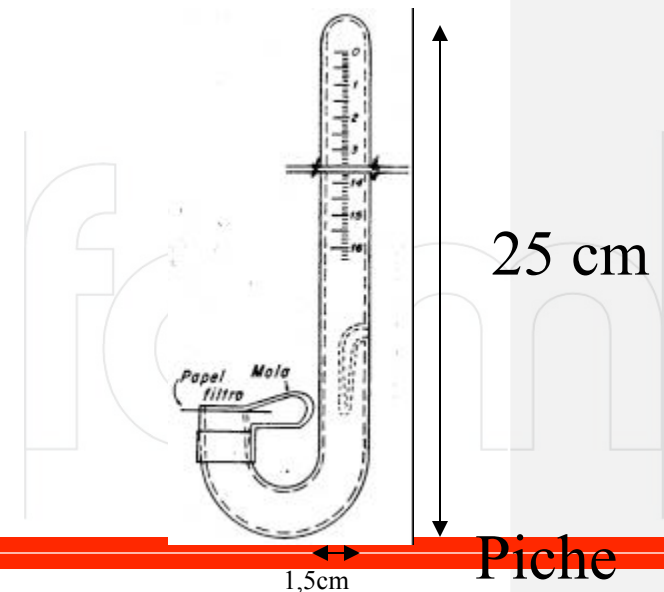
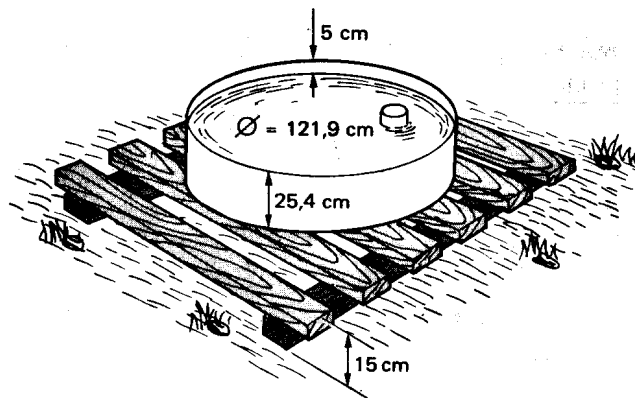
**fcfm**

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE



## - Métodos de Estimación

Método	T	R	v	HR	n	E	Observ.
Blaney-Criddle	*		(+)	(+)	(+)		
Evaporímetro			(+)	(+)		*	Cond. Ubic.
Radiación	*	*	(+)	(+)	*		Cond. Ubic.



# Método de Blaney y Criddle.

factor de uso  
consuntivo

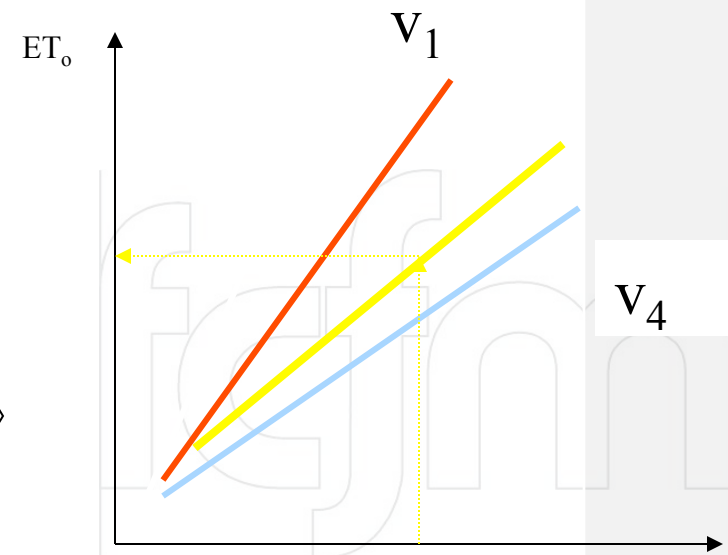
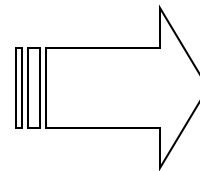
$$f = p (0,46T + 8,13)$$

Temperatura media diaria °C

(mm/día)

porcentaje diario  
medio de horas  
diurnas anuales

$$ET_o = kf + a$$



**TABLA 5.1: PORCENTAJE DIARIO MEDIO (p) DE HORAS DIURNAS ANUALES  
A DIFERENTES LATITUDES**

Latitud Norte Sur (1)	En. Jul.	Feb. Ago.	Mar. Sept.	Abr. Oct.	May. Nov.	Jun. Dic.	Jul. En.	Ago. Feb.	Sept. Mar.	Oct. Abr.	Nov. May.	Dic. Jun.
60	15	20	26	32	38	41	40	34	28	22	17	13
58	16	21	26	32	37	40	39	34	28	23	18	15
56	17	21	26	32	36	39	38	33	28	23	18	16
54	18	22	26	31	36	38	37	33	28	23	19	17
52	19	22	27	31	35	37	36	33	28	24	20	17
50	19	23	27	31	34	36	35	32	28	24	20	18
48	20	23	27	31	34	36	35	32	28	24	21	19
46	20	23	27	30	34	35	34	32	28	25	22	20
44	21	24	27	30	33	35	34	31	28	25	22	20
42	21	24	27	30	33	34	33	31	28	25	22	21
40	22	24	27	30	32	34	33	31	28	25	22	21
35	23	25	27	29	31	32	32	30	28	25	23	22
30	24	25	27	29	31	32	31	30	28	26	24	23
25	24	26	27	29	30	31	31	29	28	26	25	24
20	25	26	27	28	29	30	30	29	28	26	25	25
15	26	26	27	28	29	29	29	28	28	27	26	25
10	26	27	27	28	28	29	29	28	28	27	26	26
5	27	27	27	28	28	28	28	28	28	27	27	27
0	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27

(1) Latitud Sur: Se desfasa 6 meses, según se indica



**fcm**

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE



## PARAMETROS k Y a DEL METODO DE BLANEY Y CRIDDLE

>5 m/s

n/N BAJA

0,3 a 0,6

20 a 50%

	HR min <u>BAJA</u>		HR min <u>MEDIA</u>		HR min <u>ALTA</u>	
	k	a	k	a	k	a
V. DIURNO- FUERTE	1,53	-1,36	1,23	-1,38	1,00	-1,40
V. DIURNO MODER.	1,37	-1,43	1,20	-1,50	0,96	-1,54
V. DIURNO DEBIL	1,27	-1,80	1,13	-1,79	0,94	-1,97

	<u>n/N</u>		<u>MEDIA</u>		0,6 a 0,8	
	HR min <u>BAJA</u>		HR min <u>MEDIA</u>		HR min <u>ALTA</u>	
	k	a	k	a	k	a
V. DIURNO FUERTE	1,80	-1,58	1,50	-1,64	1,12	-1,30
V. DIURNO MODER.	1,60	-1,80	1,38	-1,71	1,03	-1,32
V. DIURNO DEBIL	1,38	-1,71	1,24	-1,77	0,96	-1,44

n/N

ALTA

>0,8

<2m/s

	HR min <u>BAJA</u>		HR min <u>MEDIA</u>		HR min <u>ALTA</u>	
	k	a	k -	a	k	a
DIURNO FUERTE	1,97	-1,54	1,72	-1,81	1,28	-1,48
DIURNO MODER.	1,78	-1,91	1,58	-1,97	1,23	-1,65
DIURNO DEBIL	1,71	-2,55	1,46	-2,11	1,14	-1,71

**Calcular para cada mes de cada año de la estadística**



**No usar en regiones ecuatoriales**



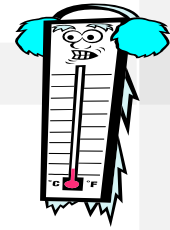
**No usar en islas pequeñas**



**fcfm**

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

# Incierto a grandes alturas por bajas temperaturas mínimas



**Método puede ser engañoso en climas con gran variación de horas de insolación (climas monzónicos y en latitudes medias en primavera)**



**fcfm**

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE



## — Método del evaporímetro



$$Et_o = K_p E_p$$



**Depende de condiciones de  
instalación de la cubeta, tipo  
de cubeta y condiciones  
meteorológicas (HR,v)**

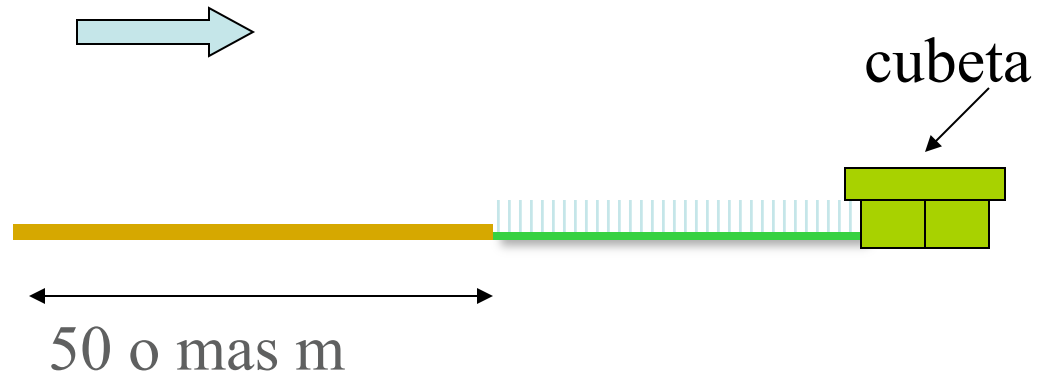


**fcfm**

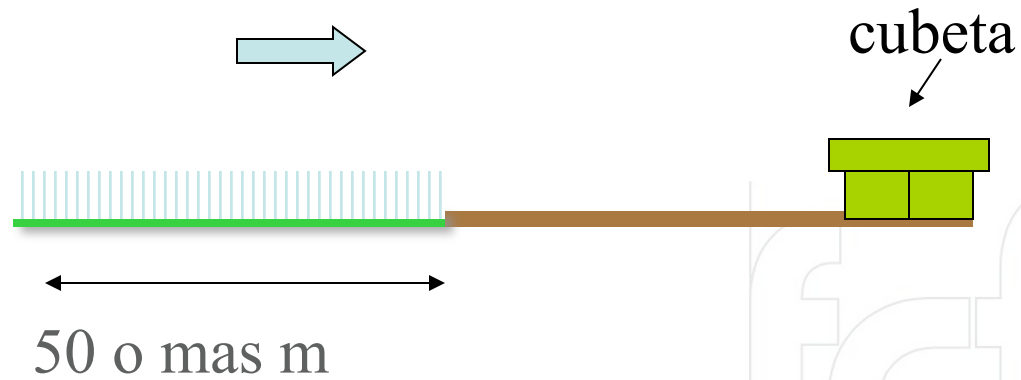
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE



## Caso A



## Caso B



fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

Cuadro 20 COEFICIENTE  $K_p$ , EN EL CASO DE UNA CUBIERTA HUNDIDA DEL COLORADO, PARA DIFERENTES CUBIERTAS Y NIVELES DE HUMEDAD RELATIVA MEDIA Y VIENTOS DURANTE LAS 24 HORAS

Cubeta hundida del Colorado	Caso A Cubeta rodeada de cubierta verde baja				Caso B 1/ Cubeta rodeada de barbecho de secano			
		baja < 40	media 40-70	alta > 70		baja < 40	media 40-70	alta > 70
Vientos km/día	Distancia a barlovento de cubierta verde (en m)				Distancia a barlovento del barbecho de secano (en m)			
Débiles < 175	0	.75	.75	.8	0	1.1	1.1	1.1
	10	1.0	1.0	1.0	10	.85	.85	.85
	≥ 100	1.1	1.1	1.1	100	.75	.75	.8
					1 000	.7	.7	.75
Moderados 175-425	0	.65	.7	.7	0	.95	.95	.95
	10	.85	.85	.9	10	.75	.75	.75
	≥ 100	.95	.95	.95	100	.65	.65	.70
					1 000	.6	.6	.65
Fuertes 425-700	0	.55	.6	.65	0	.8	.8	.8
	10	.75	.75	.75	10	.65	.65	.65
	≥ 100	.8	.8	.8	100	.55	.6	.65
					1 000	.5	.55	.6
Muy fuertes > 700	0	.5	.55	.6	0	.7	.75	.75
	10	.65	.7	.7	10	.55	.6	.65
	≥ 100	.7	.75	.75	100	.5	.55	.6
					1 000	.45	.5	.55

1/ En el caso de superficies extensas de barbecho desnudo y con un desarrollo agrícola nulo, se deben reducir los valores de  $K_p$  en un 20% en condiciones de mucho calor y vientos fuertes y en un 5-10% tratándose de una temperatura, una humedad y unos vientos moderados.



Caso B 1/ Cubeta rodeada de barbecho de secano			
	baja < 40	media 40-70	alta > 70
Distancia a barlovento del barbecho de secano (en m)			
0	0,70	0,80	0,85
10	0,60	0,70	0,80
100	0,55	0,65	0,75
1000	0,50	0,60	0,70
0	0,65	0,75	0,80
10	0,55	0,65	0,70
100	0,50	0,60	0,65
1000	0,45	0,55	0,60
0	0,60	0,65	0,70
10	0,50	0,55	0,65
100	0,45	0,50	0,60
1000	0,40	0,45	0,55
0	0,50	0,60	0,65
10	0,45	0,50	0,55
100	0,40	0,45	0,50
1000	0,35	0,40	0,45

lo agrícola nulo, se deben reducir los valores de  $K_p$  en un 20% en  
a una temperatura, una humedad y unos vientos moderados.



Cuadro 13

RELACION ENTRE LA EVAPORACION EN LAS CUBETAS HUNDIDAS QUE SE CITAN Y LA CUBETA HUNDIDA DEL COLORADO, EN DIFERENTES CONDICIONES CLIMATICAS Y MIENTOS CIRCUN-  
DANTES DE LAS CUBETAS, LOS COEFICIENTES INDICADOS PUEDEN EMPLEARSE COMO  
FACTOR MULTIPLICADOR PARA OBTENER LA EVAPORACION ESTIMADA DE LA CUBETA DEL  
COLORADO.

Clima		Clima húmedo templado		Arido y semiarido (estación seca)	
Cubierta sombreada que circunda la cubeta (50 ó más m)		Cubierta verde baja	Barbecho de secano	Cubierta verde baja	Barbecho de secano
	Sup. cu- bete (m <sup>2</sup> )				
CGI 20: diám. 5 m profundidad 7 m (U.S.S.)	20	1.0	1.1	1.05	1.25*
Cubeta hundida de 3,6 m de diám. y 1 m de profundidad (Israel)	10.5				
Cubeta Symons, de 0,56 m <sup>2</sup> y 60 cm de profundidad (Reino Unido)	3.3				
BPI: diám. 1,80 m, prof. 60 cm (EE.UU.)	2.6				
Cubeta de Kenia: diám. 1,20 m, prof. 35,5 cm	1.2				
Cubeta australiana: diám. 90 cm; prof. 90 cm	0.7		1.0		1.0
Cubeta Aslyng de 0,33 m <sup>2</sup> y 1 m de prof. (Dinamarca)	0.3			1.0	
CGI 3000 diám. 61,8 cm; prof. 60-80 cm	0.3				
Cubeta hundida de 50 cm de diám. y 25 cm prof. (Países Bajos)	0.2	1.0	.95	1.0	.95

## Cuenca (1989)

$$K_p = 0.475 - 2.4 \times 10^{-4}U + 5.16 \times 10^{-3}H + 1.18 \times 10^{-3}F - \\ 1.6 \times 10^{-5}H^2 - 1.01 \times 10^{-6}F^2 - 8.0 \times 10^{-9}H^2U - \\ 1.0 \times 10^{-8}H^2F$$

U = velocidad media diaria del viento a 2m en km d-1;

H = Humedad relativa media diaria en%

F = (fetch) distancia en la dirección del viento de la vegetación, en m.



fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE



FAO/56 (Allen et al., 1998)

$$K_p = 0.108 - 0.0286U + 0.0422 \ln(F) + 0.1434 \ln(H) - 0.000631 [\ln(F)]^2 \ln(H)$$

## Método de Radiación



$$E_{To} = a + b W R_s$$

Función de temperatura  
y altitud

$$R_s = (0,25 + 0,5 n/N) R_a$$

Duración astronómica Media  
Diaria de horas de insolación



**fcfm**

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE



# VALORES DEL FACTOR DE PONDERACION W

t°C	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
A una altura de																	
0 m	0,43	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,66	0,68	0,71	0,73	0,75	0,77	0,78	0,80	0,82
500	0,44	0,48	0,51	0,54	0,57	0,60	0,62	0,65	0,67	0,70	0,72	0,74	0,76	0,78	0,79	0,81	0,82
1.000	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,66	0,69	0,71	0,73	0,75	0,77	0,79	0,80	0,82	0,83
2.000	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,66	0,69	0,71	0,73	0,75	0,77	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85
3.000	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,66	0,69	0,71	0,73	0,75	0,77	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86
4.000	0,54	0,58	0,61	0,64	0,66	0,69	0,71	0,73	0,75	0,77	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86	0,87

Latitud Norte	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.
Latitud Sur	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
50°	8,5	10,1	11,8	13,8	15,4	16,3	15,9	14,8	12,7	10,8	9,1	8,1
48°	8,3	10,2	11,8	13,6	15,2	16,0	15,6	14,5	12,5	10,7	9,0	8,0
46°	8,1	10,4	11,9	13,5	14,9	15,7	15,4	14,2	12,4	10,9	9,5	8,7
44°	8,3	10,5	11,9	13,4	14,7	15,4	15,2	14,0	12,9	11,0	9,7	8,9
42°	9,4	10,6	11,9	13,4	14,6	15,3	14,9	13,9	12,5	11,1	9,8	9,1
40°	9,6	10,7	11,9	13,3	14,4	15,0	14,7	13,7		11,2	10,0	9,3
35°	10,1	11,0	11,9	13,1	14,2	14,8	14,3	13,5	12,4	11,3	10,3	9,5
30°	10,4	11,1	12,0	12,9	13,6	14,0	13,9	13,2	12,4	11,5	10,6	10,2
28°	10,7	11,3	12,0	12,7	13,3	13,7	13,6	13,0	12,3	11,6	10,9	10,6
20°	11,0	11,5	12,0	12,6	13,1	13,3	13,1	12,8	12,3	11,7	11,2	10,9
15°	11,3	11,6	12,0	12,5	12,8	13,1	12,9	12,6	12,2	11,5	11,4	11,2
10°	11,6	11,8	12,0	12,3	12,6	12,7	12,6	12,4	12,1	11,8	11,6	11,5
5°	11,8	11,9	12,0	12,2	12,3	12,4	12,4	12,3	12,1	12,0	11,9	11,8
0°	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1

## Radiación Extraterrestre en evaporación equivalente (mm/día)

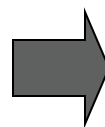
Lat.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
50°	17,5	14,7	10,9	7,0	4,2	3,1	3,5	5,5	8,9	12,9	16,5	18,2
48	17,6	14,9	11,2	7,5	4,7	3,5	4,0	6,0	9,3	13,2	16,6	18,2
46	17,7	15,1	11,5	7,9	5,2	4,0	4,4	6,5	9,7	13,4	16,7	18,3
44	17,8	15,3	11,9	8,4	5,7	4,4	4,9	6,9	10,2	13,7	16,7	18,3
42	17,8	15,5	12,2	8,8	6,1	4,9	5,4	7,4	10,6	14,0	16,8	18,3
40	17,9	15,7	12,5	9,2	6,6	5,3	5,9	7,9	11,0	14,2	16,9	18,3
38	17,9	15,8	12,8	9,6	7,1	5,8	6,3	8,3	11,4	14,4	17,0	18,3
36	17,9	16,0	13,2	10,1	7,5	6,3	6,8	8,8	11,7	14,6	17,0	18,2
34	17,8	16,1	13,5	10,5	8,0	6,8	7,2	9,2	12,0	14,9	17,1	18,2
32	17,8	16,2	13,8	10,9	8,5	7,3	7,7	9,6	12,4	15,1	17,2	18,1
30	17,8	16,4	14,0	11,3	8,9	7,8	8,1	10,1	12,7	15,3	17,3	18,1
28	17,7	16,4	14,3	11,6	9,3	8,2	8,6	10,4	13,0	15,4	17,2	17,9
26	17,6	16,4	14,4	12,0	9,7	8,7	9,1	10,9	13,2	15,5	17,2	17,8
24	17,5	16,5	14,6	12,3	10,2	9,1	9,5	11,2	13,4	15,6	17,1	17,7
22	17,4	16,5	14,8	12,6	10,6	9,6	10,0	11,6	13,7	15,7	17,0	17,5
20	17,3	16,5	15,0	13,0	11,0	10,0	10,4	12,0	13,9	15,8	17,0	17,4
18	17,1	16,5	15,1	13,2	11,4	10,4	10,8	12,3	14,1	15,8	16,8	17,1
16	16,9	16,4	15,2	13,5	11,7	10,8	11,2	12,6	14,3	15,8	16,7	16,8
14	16,7	16,4	15,3	13,7	12,1	11,2	11,6	12,9	14,5	15,8	16,5	16,6
12	16,6	16,3	15,4	14,0	12,5	11,6	12,0	13,2	14,7	15,8	16,4	16,5
10	16,4	16,3	15,5	14,2	12,8	12,0	12,4	13,5	14,8	15,9	16,2	16,2
8	16,1	16,1	15,5	14,4	13,1	12,4	12,7	13,7	14,9	15,8	16,0	16,0
6	15,8	16,0	15,6	14,7	13,4	12,8	13,1	14,0	15,0	15,7	15,8	15,7
4	15,5	15,8	15,6	14,9	13,8	13,2	13,4	14,3	15,1	15,6	15,5	15,4
2	15,3	15,7	15,7	15,1	14,1	13,5	13,7	14,5	15,2	15,5	15,3	15,1
0	15,0	15,2	15,7	15,3	14,4	13,9	14,1	14,8	15,3	15,4	15,1	14,8



## Rs/Ra

Nubosidad (octas)	0	1	2	3	4.....	8
<b>Zonas Montañosas</b>						
<b>húmedas ecuato.</b>	<b>0,66</b>	<b>0,62</b>	<b>0,59</b>	<b>0,52</b>	<b>0,49</b>	<b>0,39</b>
<b>Climas semiáridos</b>	<b>0,70</b>	<b>0,67</b>	<b>0,64</b>	<b>0,61</b>	<b>0,58</b>	<b>0,46</b>

**Cielo despejado: 1 octa**  
**nubosidad parcial: 3 octas**  
**nubes: 6 octas**  
**cielo cubierto: 8 octas**



## Tabla de n/N

Nub.	0	,2	,4...
0	,90	,90	,90...
1	,85	,85	,80...
.			
.			
7	,15	,15	-



**fcfm**

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

$ET_o$  (mm/día)

Viento diurno ligero

<2 m/s

Viento diurno fuerte

>8 m/s

$WR_s$  (mm/día)

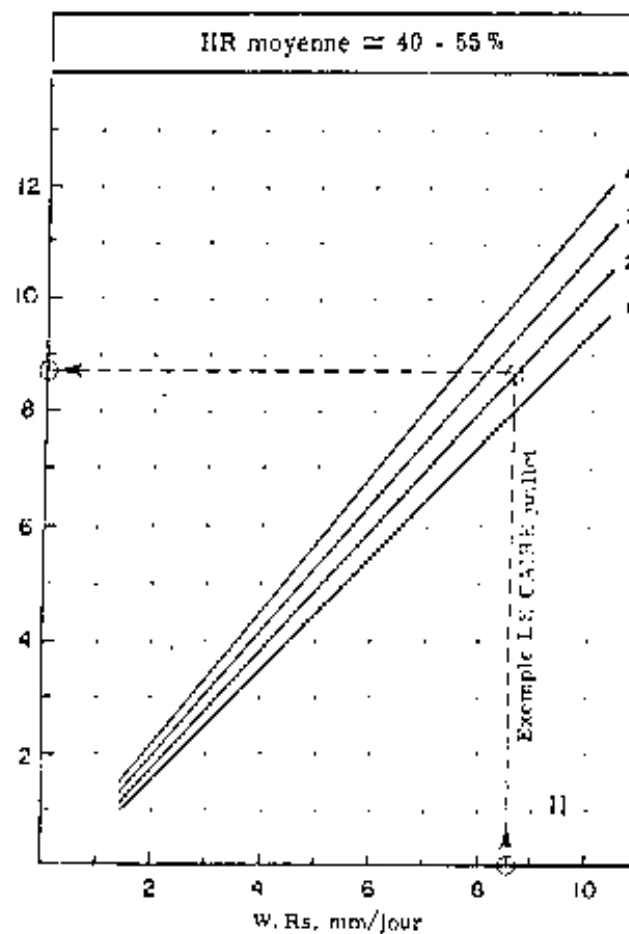
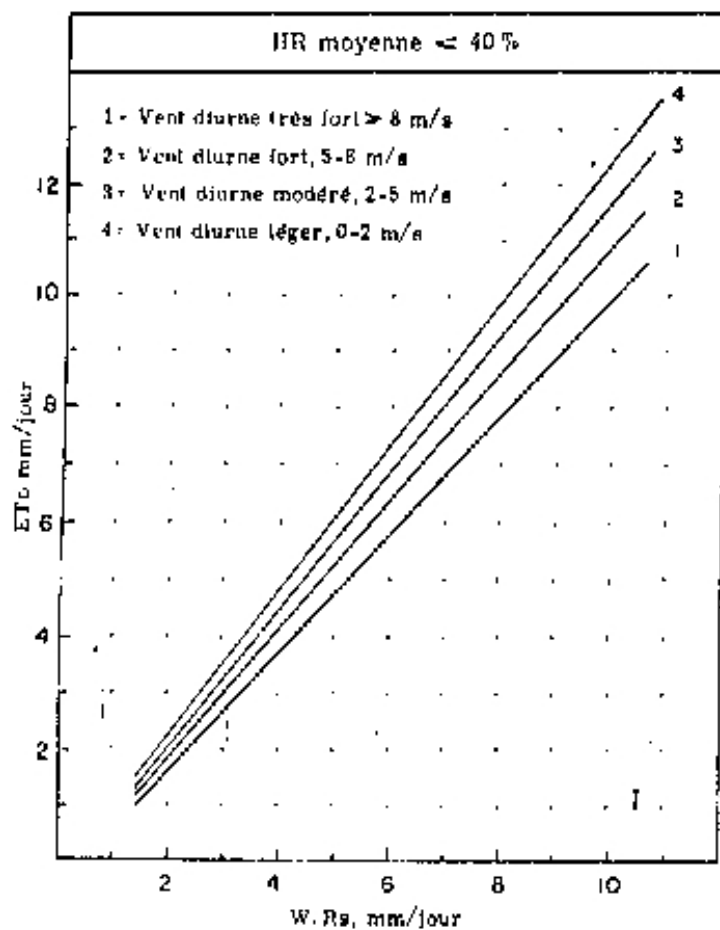


fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Grupo I a IV según HR media

# Determinación de a y b



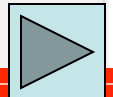
## — COEFICIENTE DE CULTIVO $K_c$

**Fase Inicial:** desde siembra hasta que el cultivo cubre parcialmente el suelo

**Fase de Desarrollo del cultivo:** desde fin fase inicial hasta cobertura total del terreno

**Fase de Mediados del periodo:** desde fin fase anterior hasta maduración

**Fase Recolección:** desde maduración hasta recolección



$K_c$

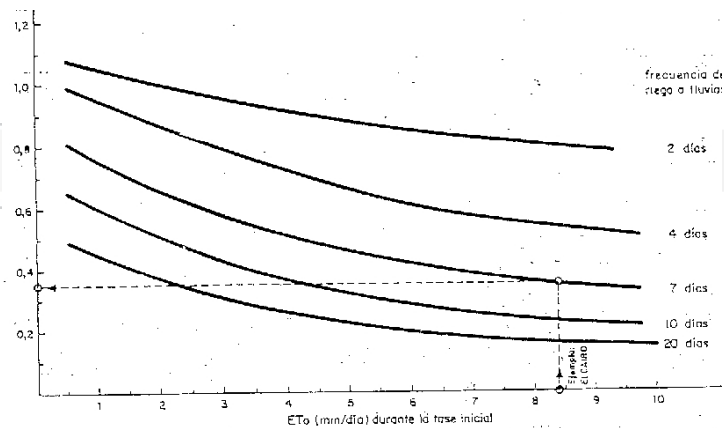


Fig. 8  $K_c$  media en la fase inicial, en función del nivel medio de la  $ET_0$  (durante la fase inicial) y la frecuencia de riego o de unas lluvias apreciables.

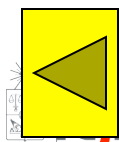
Frecuencia de riego o lluvia

2 días

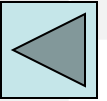
10 días

20 días

$ET_0$  (mm/día)







$K_c$

Fase 1

Fase 2

Fase 3

Fase 4

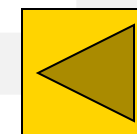
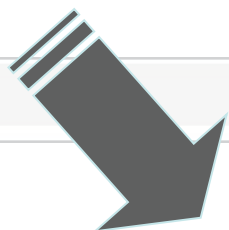
Tiempo (días)



fcfm

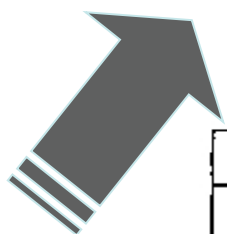
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

## FASE 3



**Según condiciones climáticas predominantes  
HR<sub>min</sub> y velocidad de viento**

## Fase 4



Cultivo	Humedad Viento (m/seg)	RH min $\geq 70\%$		RH min $< 70\%$	
		0-5	5-8	0-5	5-8
Berenjena	3	0.95	1.0	1.05	1.1
	4	0.8	0.85	0.85	0.9
Lino	mediados 3	1.0	1.05	1.1	1.15
	recolección 4	0.25	0.25	0.2	0.2
Granos	3	1.05	1.1	1.15	1.2
	4	0.3	0.3	0.25	0.25
Lentejas	3	1.05	1.1	1.15	1.05
	4	0.3	0.3	0.25	0.25
Lechuga	3	0.95	0.95	1.0	1.05
	4	0.9	0.9	0.9	1.0
Malones	3	0.95	0.95	1.0	1.5
	4	0.65	0.65	0.75	0.75
Maíz	3	1.0	1.05	1.1	1.15
	4	0.3	0.3	0.25	0.25



**fcfm**

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

## Periodo Vegetativo: duración de cada fase

<u>Papaja</u> <u>Leguminosas</u>	En climas continentales plantación a finales de la primavera 20/30/40/20 y (110); plantación en junio en el centro de California y en el Pakistán occidental 15/25/35/20 y (95); variedades de más tiempo 15/25/50/20 y (110).
<u>Nemolacha</u> <u>(de mesa)</u>	Plantación en primavera en el Mediterráneo 15/25/20/10 y (70); plantación a principios de la primavera en climas mediterráneos y antes del frío en los climas desérticos 25/30/25/10 y (90).
<u>Zanahorias</u>	Estación cálida en climas semiáridos o áridos 20/30/30/20 y (100), en la estación fría hasta 20/30/80/20 y (160); plantación a principios de la primavera en climas mediterráneos 25/35/40/20 y (120) hasta 30/40/60/20 y (150) en los casos de plantación a finales del invierno.
<u>Ricino</u>	Climas semiáridos y áridos, plantación en primavera 25/40/65/50 y (100).
<u>Apio</u>	Plantación antes del frío en climas semiáridos 25/40/95/20 y (180), estación fría 30/55/105/20 y (210); mediados de estación en climas mediterráneos húmedos 30/40/45/15 y (125).
<u>Maíz dulce</u>	En Filipinas, plantación a principios de marzo (final de la estación seca) 20/20/30/10 y (70); plantación a finales de la primavera en el Mediterráneo 20/25/25/10 y (80); plantación al final de la estación fría en climas desérticos 20/30/30/10 y (90); plantación a principios de la estación fría en climas desérticos 20/30/50/10 y (110).



**fcfm**

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE



[http://www.revistaecosistemas.net/index\\_frame.asp?pagina=http%3A/www.revistaecosistemas.net/articulo.asp%3FId%3D236%26Id\\_Categoria%3D4%26tipo%3Dportada](http://www.revistaecosistemas.net/index_frame.asp?pagina=http%3A/www.revistaecosistemas.net/articulo.asp%3FId%3D236%26Id_Categoria%3D4%26tipo%3Dportada)

 **fcfm** FACULTAD DE CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

<http://www.fca.unl.edu.ar/Clima/04-Evapotranspiracion.pdf>

***Profe! Profe!  
Acuérdese que  
iba a mostrar el  
programa!***



**fcfm**

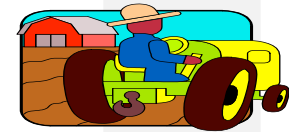
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

La ecuación FAO-PENMAN-MONTEITH se recomienda como el método estándar para estimar la evapotranspiración del cultivo de referencia y del cultivo. El nuevo método ha sido reconocido tanto por la Comisión Internacional de Riego y Drenaje como por la Organización Meteorológica Mundial.

Se ha implementado una planilla de cálculo

Y un software CROPWAT que funciona con base de datos CLIMWAT <http://www.fao.org/ag/agl/AGLW/cropwat.stm>

# NECESIDADES DE RIEGO



$$TR = (ET - P_u - H)/h$$

**F(P, H inicial)**



**fcm**

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

Eficiencia de riego



Lluvias mensuales media (mm)		12.5	25	37.5	50	62.5	75	87.5	100	112.5	125	137.5	150	162.5	175	187.5	200
Lluvia efectiva mensual media <sup>1/</sup>																	
ET(cultivo) mensual media (mm)	25	8	16	24													
	50	8	17	25	32	39	46										
	75	9	18	27	34	41	48	56	62	69							
	100	9	19	28	35	43	52	59	66	73	80	87	94	100			
	125	10	20	30	37	46	54	62	70	76	85	92	98	107	116	120	
	150	10	21	31	39	49	57	66	74*	81	89	97	104	112	119	127	133
	175	11	23	32	42	52	61	69	78	86	95	103	111	118	126	134	141
	200	11	24	33	44	54	64	73	82	91	100	109	117	125	134	142	150
	225	12	25	35	47	57	68	78	87	96	106	115	124	132	141	150	158
	250	13	25	38	50	61	72	84	92	102	112	121	132	140	150	158	167

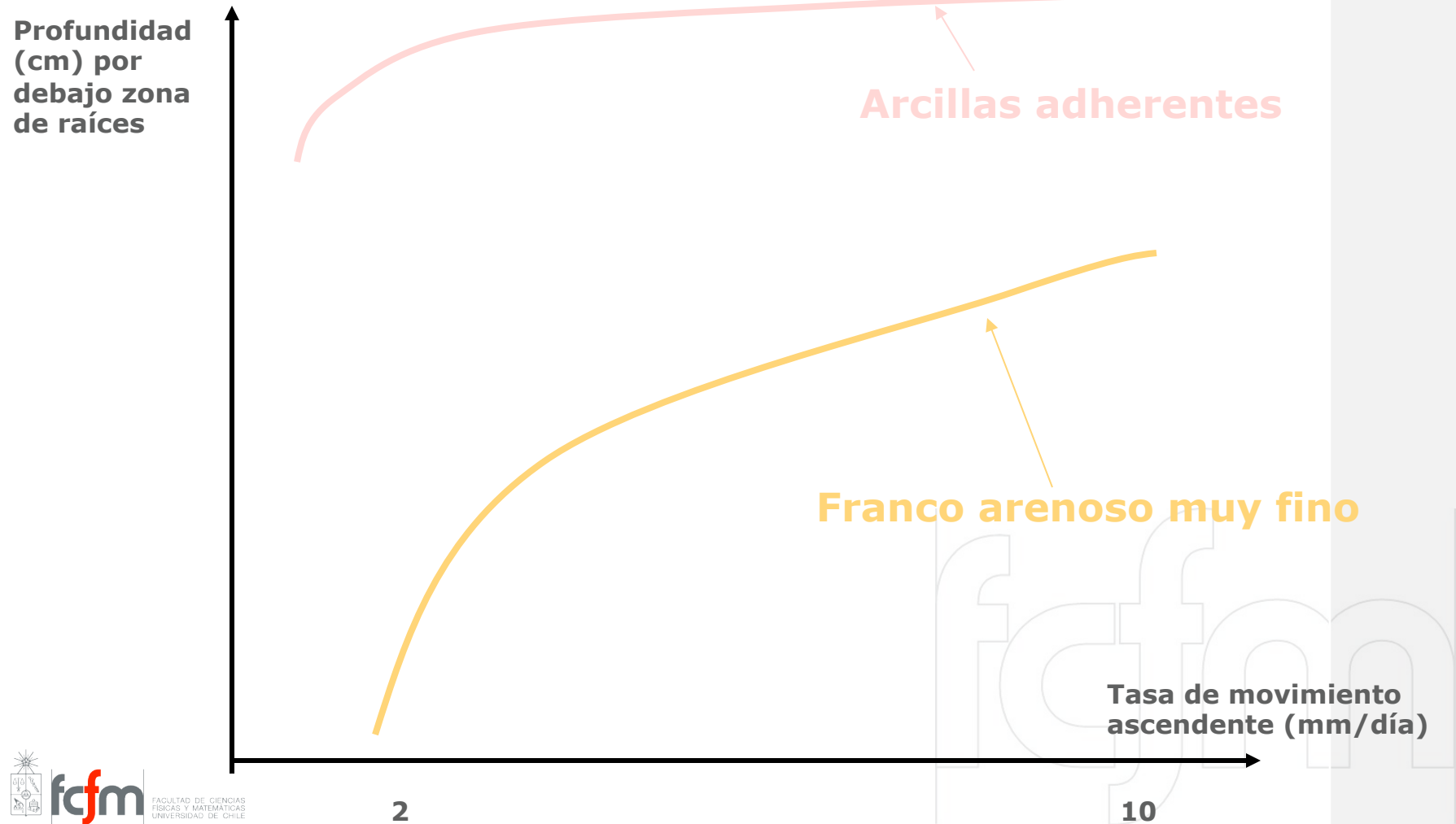
<sup>1/</sup> Cuando el agua almacenada en el suelo en el momento del riego ( $\Delta S$ ) es mayor o menor que 75 mm, el factor de corrección pertinente es:

$\Delta S$ , mm	20	25	27.5	50	62.5	75	100	125	150	175	200
factor	0.73	0.77	0.86	0.93	0.97	1.00	1.02	1.04	1.06	1.07*	1.08



fcf

# Contribución de las aguas subterráneas



**fcfm**

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

# Variación agua almacenada en el suelo (humedad)

Entre CC y PMP

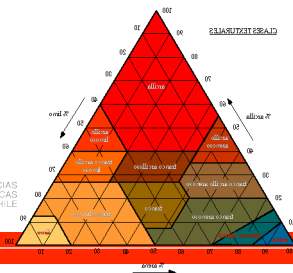
## VOLUMEN DE AGUA DISPONIBLE EN EL SUELO (%)

Tensión de humedad (atm)	0,2	0,5	2,5	16
Arcillosos pesados	18	15	8	0
Franco-Limosos	25	19	7	0
Franco arcillo-arenosos	14	11	6	0
Francos- arenosos	13	8	3	0
Arenosos finos medios	6	3	2	0



fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE



## Capacidad de almacenamiento de agua en el suelo para tensión de humedad dada:

$$DS_i = S(S_{cc} - S_i) D_1 / 100$$

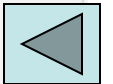
Humedad del suelo en % volumen de la capacidad de campo

Humedad del suelo en % volumen para tensión de humedad dada

Profundidad del suelo

### Ejemplo

**D: profundidad de raíces = 140 cm;  $D_1 > 140$  cm, suelo franco arenoso 60 cm ( $S_{cc} = 13\%$  en vol) y franca arcilla-arenosa 80 cm ( $S_{cc} = 14\%$  en vol) tensión de humedad = 1,5 atmósferas**



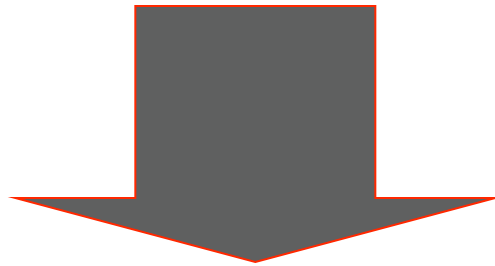
fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

— Para tensión de humedad de 1,5 atm

$S_i = 5\%$  suelo franco arenoso

$S_i = 8\%$  suelo franco arcillo arenoso



$$\begin{aligned} DSi &= (13-5)*60/100 + (14-8)*80/100 \\ &= 9,6 \text{ cm} = 96 \text{ mm} \end{aligned}$$



**fcf** S en % volumen =  $g_{sap}$  \* S en % ponderado

## **Métodos de Riego**



- **Gravedad: surcos  $h=55$  a  $70\%$**
- **Aspersión  $h=60$  a  $80\%$  (clima)**
- **Goteo**
- **Infiltración Subterránea  $h=80\%$**



**fcf**

UNIVERSIDAD DE CHILE

## **Pérdidas en canales:**

- **no revestidos**

  - 10% en suelos arcillosos**

  - 25 % en suelos arenosos**

- **de tierra en mal estado de conservación 50%**

- **revestidos 5 a 10%**





## **Pérdidas de operación de un sistema de riego predial y zonal pueden llegar a 25%**

**F(tipo de suelo, topografía, método de riego, costo (directo o alternativo) del agua e idoneidad del regador)=45 a 50% en suelos arenosos y arcillosos a 60% en suelos franco-limosos, con sistemas tradicionales de riego; Sistemas no tradicionales h 80 a 85%**

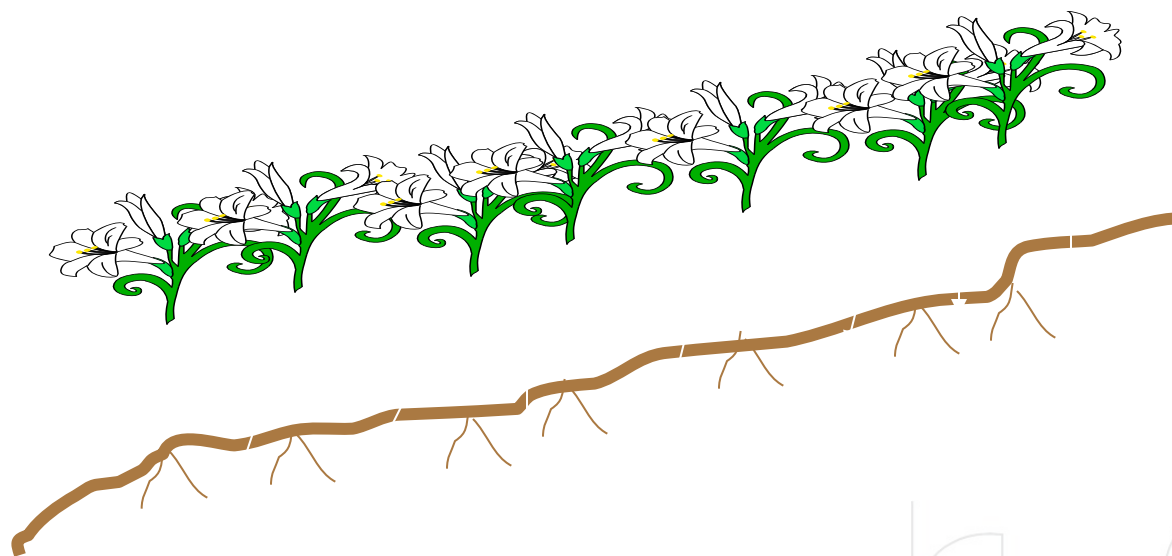
**h a nivel predial engloba h de potrero y las pérdidas en el predio:**

**35% en terrenos arenosos**



**fc**

**55% en terrenos franco-limosos**



## Derrames o Recuperaciones



**fcfm**

FAC.  
FÍSIC.  
UNIVERSIDAD DE CHILE

**Cuadro 2. Factores de cultivo (Kc)**

Cultivo	Etapas Inicial		Etapas de crecimiento del cultivo		Pleno desarrollo del cultivo		Etapas de madurez		Promedio del cultivo
	Kc	días	Kc	Días	Kc	días	Kc	días	
Algodón	0,45	(30)	0,75	(50)	1,15	(55)	0,75	(45)	0,82
Maíz	0,40	(20)	0,80	(35)	1,15	(40)	0,70	(30)	0,82
Mijo	0,35	(15)	0,70	(25)	1,10	(40)	0,65	(25)	0,79
Sorgo	0,35	(20)	0,75	(30)	1,10	(40)	0,65	(30)	0,78
Granos pequeños	0,35	(20)	0,75	(30)	1,10	(60)	0,65	(40)	0,78
Leguminosas	0,45	(15)	0,75	(25)	1,10	(35)	0,50	(15)	0,79
Maní	0,45	(25)	0,75	(35)	1,05	(45)	0,70	(25)	0,79



**fcfm**

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

