

CUADRO 12

Valores del coeficiente único (promedio temporal) del cultivo, K_c y alturas medias máximas de las plantas para cultivos no estresados y bien manejados en climas sub-húmedos ($HR_{\min} \approx 45\%$, $u_2 \approx 2 \text{ m s}^{-1}$) para usar en la fórmula de la FAO Penman-Monteith ET_o .

Cultivo	$K_{c\text{ini}}^1$	$K_{c\text{med}}$	$K_{c\text{fin}}$	Altura Máx. Cultivo (h) (m)
a. Hortalizas Pequeñas	0,7	1,05	0,95	
Brécol (Brócoli)		1,05	0,95	0,3
Col de Bruselas		1,05	0,95	0,4
Repollo		1,05	0,95	0,4
Zanahoria		1,05	0,95	0,3
Coliflor		1,05	0,95	0,4
Apio (Céleri)		1,05	1,00	0,6
Ajo		1,00	0,70	0,3
Lechuga		1,00	0,95	0,3
Cebolla – seca		1,05	0,75	0,4
– verde		1,00	1,00	0,3
– semilla		1,05	0,80	0,5
Espinaca		1,00	0,95	0,3
Rábano		0,90	0,85	0,3
b. Hortalizas– Familia de la Solanáceas	0,6	1,15	0,80	
Berenjena		1,05	0,90	0,8
Pimiento Dulce (campana)		1,05 ²	0,90	0,7
Tomate		1,15 ²	0,70–0,90	0,6
c. Hortalizas– Familia de las Cucurbitáceas	0,5	1,00	0,80	
Melón	0,5	0,85	0,60	0,3
Pepino – Cosechado Fresco	0,6	1,00 ²	0,75	0,3
– Cosechado a Máquina	0,5	1,00	0,90	0,3
Calabaza de Invierno		1,00	0,80	0,4
Calabacín (zucchini)		0,95	0,75	0,3
Melón dulce		1,05	0,75	0,4
Sandía	0,4	1,00	0,75	0,4
d. Raíces y Tubérculos	0,5	1,10	0,95	
Remolacha, mesa		1,05	0,95	0,4
Yuca o Mandioca – año 1	0,3	0,80 ³	0,30	1,0
– año 2	0,3	1,10	0,50	1,5
Chirivía	0,5	1,05	0,95	0,4
Patata o Papa		1,15	0,75 ⁴	0,6
Camote o Batata		1,15	0,65	0,4
Nabos (Rutabaga)		1,10	0,95	0,6
Remolacha Azucarera	0,35	1,20	0,70 ⁵	0,5

¹ Estos son valores generales de $K_{c\text{ini}}$ considerando un manejo típico del riego y humedecimiento del suelo. Para humedecimientos frecuentes, tal como en el caso de riego por aspersión de alta frecuencia o lluvia diaria, estos valores pueden aumentar sustancialmente pudiendo acercarse a 1,0 a 1,2. El valor de $K_{c\text{ini}}$ es una función del intervalo de humedecimiento y la tasa potencial de evaporación durante las etapas inicial y de desarrollo del cultivo, siendo estimado con mayor exactitud a través de las Figuras 29 y 30, o la Ecuación 7-3 del Anexo 7, o usando el coeficiente dual $K_{c\text{cbini}} + K_e$. Utilice el valor de $K_{c\text{ini}}$ para el grupo cuando no aparece un valor de $K_{c\text{ini}}$ para el cultivo.

² En algunas oportunidades, los Frijoles o judías, Guisantes, Leguminosas, Tomates, Pimientos y Pepinos son cultivados utilizando empalizadas que alcanzan los 1,5 a 2 metros de altura. En estos casos es necesario incrementar los valores de K_c . Para frijoles o judías verdes, pimentones y pepinos se puede asumir un valor de 1,15 y en el caso de los tomates, frijoles secos y los guisantes, de 1,20. Bajo esas condiciones también debe aumentarse el valor de h.

³ Los valores correspondientes a la etapa de mediados de temporada para la mandioca, asumen condiciones de no-estrés durante o después de la temporada lluviosa. Los valores de $K_{c\text{fin}}$ toman en cuenta el letargo durante la estación seca.

⁴ El valor de $K_{c\text{fin}}$ para papas o patatas de ciclo largo con rotura de los estolones es alrededor de 0,40.

⁵ El valor de $K_{c\text{fin}}$ corresponde a condiciones sin riego durante el último mes de la temporada productiva. El valor de $K_{c\text{fin}}$ para la remolacha azucarera es mayor, hasta 1,0, cuando ocurra riego o lluvias significativas durante el último mes.

CUADRO 12 (continuación)

Cultivo	$K_{c\text{ini}}^1$	$K_{c\text{med}}$	$K_{c\text{fin}}$	Altura Máx. Cultivo (h) (m)
e. Leguminosas (Leguminosae)	0,4	1,15	0,55	
Frijoles o judías, verdes	0,5	1,05 ²	0,90	0,4
Frijoles o judías, secos y frescos	0,4	1,15 ²	0,35	0,4
Garbanzo (chick pea)		1,00	0,35	0,4
Habas – Fresco	0,5	1,15 ²	1,10	0,8
– Seco/Semilla	0,5	1,15 ²	0,30	0,8
Garbanzo hindú	0,4	1,15	0,35	0,8
Caupís (cowpeas)		1,05	0,60-0,35 ⁶	0,4
Maní		1,15	0,60	0,4
Lentejas		1,10	0,30	0,5
Guisantes o arveja – Frescos	0,5	1,15 ²	1,10	0,5
– Secos/Semilla		1,15	0,30	0,5
Soya		1,15	0,50	0,5-1,0
f. Hortalizas perennes (con letargo invernal y suelo inicialmente desnudo o con mantillo)	0,5	1,00	0,80	
Alcachofa	0,5	1,00	0,95	0,7
Espárragos	0,5	0,95 ⁷	0,30	0,2-0,8
Menta	0,60	1,15	1,10	0,6-0,8
Fresas	0,40	0,85	0,75	0,2
g. Cultivos Textiles	0,35			
Algodón		1,15-1,20	0,70-0,50	1,2-1,5
Lino		1,10	0,25	1,2
Sisal ⁸		0,4-0,7	0,4-0,7	1,5
h. Cultivos Oleaginosos	0,35	1,15	0,35	
Ricino		1,15	0,55	0,3
Canola (colza)		1,0-1,15 ⁹	0,35	0,6
Cártamo		1,0-1,15 ⁹	0,25	0,8
Sésamo (ajonjolí)		1,10	0,25	1,0
Girasol		1,0-1,15 ⁹	0,35	2,0
i. Cereales	0,3	1,15	0,4	
Cebada		1,15	0,25	1
Avena		1,15	0,25	1
Trigo de Primavera		1,15	0,25-0,4 ¹⁰	1
Trigo de Invierno – con suelos congelados	0,4	1,15	0,25-0,4 ¹⁰	1
– con suelos no-congelados	0,7	1,15	0,25-0,4 ¹⁰	
Maíz, (grano)		1,20	0,60,0,35 ¹¹	2
Maíz, (dulce)		1,15	1,05 ¹²	1,5
Mijo		1,00	0,30	1,5
Sorgo – grano		1,00-1,10	0,55	1-2
– dulce		1,20	1,05	2-4
Arroz	1,05	1,20	0,90-0,60	1

⁶ EL primer valor de $K_{c\text{fin}}$ es cuando se cosecha fresco. El segundo valor es cuando se cosecha seco.

⁷ El valor de K_c para los espárragos permanece como $K_{c\text{ini}}$ durante la cosecha de los vástagos, debido a las condiciones de poca cobertura vegetal. El valor de $K_{c\text{med}}$ es para después del re-crecimiento de la vegetación, después de terminada la cosecha de los vástagos.

⁸ El valor de K_c para sisal depende de la densidad de siembra y el manejo del agua (ósea, del estrés hídrico intencional).

⁹ Los valores menores son para cultivos de secano los cuales tienen una menor densidad de población vegetal.

¹⁰ El valor mayor es para cultivos cosechados a mano.

¹¹ El primer valor de $K_{c\text{fin}}$ corresponde a los casos donde el cultivo se cosecharon gran humedad en el grano. El segundo valor de $K_{c\text{fin}}$ es para cuando se cosecha después de un secado completo del grano en el campo (hasta alrededor de 18% de humedad, basado en materia húmeda).

¹² Si se cosecha en fresco para consumo humano. Usar el valor de $K_{c\text{fin}}$ para maíz de campo si el maíz dulce es dejado madurar y secar en el campo.

CUADRO 12 (continuación)

Cultivo	$K_{c\text{ ini}}^1$	$K_{c\text{ med}}$	$K_{c\text{ fin}}$	Altura Máx. Cultivo (h) (m)
j. Forrajes				
Alfalfa (heno) – efecto promedio de los cortes – períodos individuales de corte – para semilla	0,40	0,95 ¹³	0,90	0,7
	0,40 ¹⁴	1,20 ¹⁴	1,15 ¹⁴	0,7
	0,40	0,50	0,50	0,7
Bermuda (heno) – efecto promedio de los cortes – cultivo para semilla (primavera)	0,55	1,00 ¹³	0,85	0,35
	0,35	0,90	0,65	0,4
Trébol heno, Bersím – efecto promedio de los cortes – períodos individuales de corte	0,40	0,90 ¹³	0,85	0,6
	0,40 ¹⁴	1,15 ¹⁴	1,10 ¹⁴	0,6
Rye Grass (heno) – efecto promedio de los cortes	0,95	1,05	1,00	0,3
Pasto del Sudán (anual) – efecto promedio de los cortes – período individual de corte	0,50	0,90 ¹⁴	0,85	1,2
	0,50 ¹⁴	1,15 ¹⁴	1,10 ¹⁴	1,2
Pastos de Pastoreo – pastos de rotación – pastoreo extensivo	0,40	0,85-1,05	0,85	0,15-0,30
	0,30	0,75	0,75	0,10
Pastos (césped, turfgrass) – época fría ¹⁵ – época caliente ¹⁵	0,90	0,95	0,95	0,10
	0,80	0,85	0,85	0,10
k. Caña de azúcar	0,40	1,25	0,75	3
l. Frutas Tropicales y Árboles				
Banana – 1 ^{er} año – 2 ^{do} año	0,50	1,10	1,00	3
	1,00	1,20	1,10	4
Cacao	1,00	1,05	1,05	3
Café – suelo sin cobertura – con malezas	0,90	0,95	0,95	2-3
	1,05	1,10	1,10	2-3
Palma Datilera	0,90	0,95	0,95	8
Palmas	0,95	1,00	1,00	8
Piña ¹⁶ – suelo sin cobertura – con cobertura de gramíneas	0,50	0,30	0,30	0,6-1,2
	0,50	0,50	0,50	0,6-1,2
Árbol del Caucho	0,95	1,00	1,00	10
Té – no sombreado – sombreado ¹⁷	0,95	1,00	1,00	1,5
	1,10	1,15	1,15	2
m. Uvas y Moras				
Moras (arbusto)	0,30	1,05	0,50	1,5
Uvas – Mesa o secas (pasas) – Vino	0,30	0,85	0,45	2
	0,30	0,70	0,45	1,5-2
Lúpulo	0,3	1,05	0,85	5

¹³ Los valores de $K_{c\text{ med}}$ para cultivos destinados a heno son un promedio general que incluyen valores promedios de K_c para antes y después de los cortes. Este se aplica para el lapso que sigue al período de desarrollo inicial hasta el inicio de la etapa final de la temporada de crecimiento.

¹⁴ Estos valores del coeficiente K_c para cultivos de heno se aplican inmediatamente después del corte; en cobertura completa; e inmediatamente antes del corte, respectivamente. La temporada de crecimiento se define como una serie de períodos individuales de corte (Figura 35).

¹⁵ Variedades de pastos de temporada fría incluyen sitios cultivados densamente con bluegrass, ryegrass y fescue. Variedades de temporada cálida incluyen pastos tipo bermuda y St. Agostine. El valor de 0,95 para pastos de época fría representa un 0,06 a 0,08 m de altura de corte, bajo condiciones normales de césped. Cuando se practica un manejo cuidadoso del agua y no se requiere de un crecimiento rápido, se puede reducir los valores de K_c para césped a 0,10.

¹⁶ La planta de piña posee una muy baja transpiración debido a que la misma cierra sus estomas durante el día y los abre durante la noche. Por lo tanto la mayor parte de la ET_c en la piña esta constituida por la evaporación que ocurre en el suelo. El valor de $K_{c\text{ med}} < K_{c\text{ ini}}$ debido a que $K_{c\text{ med}}$ ocurre en condiciones de completa cobertura del suelo, por lo que la evaporación en el suelo será menor. Los valores indicados asumen que un 50% de la superficie del suelo se encuentra cubierta por una cobertura de plástico negro y que el cultivo es regado a través de riego por aspersión. En el caso de riego por goteo por debajo de la cubierta plástica, los valores de K_c pueden ser reducidos a 0,10.

¹⁷ Incluye el requerimiento de agua de los árboles bajo sombra.

CUADRO 12 (continuación)

Cultivo	$K_{c\ ini}^1$	$K_{c\ med}$	$K_{c\ fin}$	Altura Máx. Cultivo (h) (m)
n. Árboles Frutales				
Almendras, sin cobertura del suelo	0,40	0,90	0,65 ¹⁸	5
Manzanas, Cerezas, Peras ¹⁹				
– sin cobertura del suelo, con fuertes heladas	0,45	0,95	0,70 ¹⁸	4
– sin cobertura del suelo, sin heladas	0,60	0,95	0,75 ¹⁸	4
– cobertura activa del suelo, con fuertes heladas	0,50	1,20	0,95 ¹⁸	4
– cobertura activa del suelo, sin heladas	0,80	1,20	0,85 ¹⁸	4
Albaricoque, Melocotón o Durazno, Drupas ^{19, 20}				
– sin cobertura del suelo, con fuertes heladas	0,45	0,90	0,65 ¹⁸	3
– sin cobertura del suelo, sin heladas	0,55	0,90	0,65 ¹⁸	3
– cobertura activa del suelo, con fuertes heladas	0,50	1,15	0,90 ¹⁸	3
– cobertura activa del suelo, sin heladas	0,80	1,15	0,85 ¹⁸	3
Aguacate, sin cobertura del suelo	0,60	0,85	0,75	3
Cítricos, sin cobertura del suelo ²¹				
– 70% cubierta vegetativa	0,70	0,65	0,70	4
– 50% cubierta vegetativa	0,65	0,60	0,65	3
– 20% cubierta vegetativa	0,50	0,45	0,55	2
Cítricos, con cobertura activa del suelo o malezas ²²				
– 70% cubierta vegetativa	0,75	0,70	0,70	4
– 50% cubierta vegetativa	0,80	0,80	0,80	3
– 20% cubierta vegetativa	0,85	0,85	0,85	2
Coníferas ²³	1,00	1,00	1,00	10
Kiwi	0,40	1,05	1,05	3
Olivos (40 a 60% de cobertura del suelo por el dosel) ²⁴	0,65	0,70	0,70	3-5
Pistachos, sin cobertura del suelo	0,40	1,10	0,45	3-5
Huerto de Nogal ¹⁹	0,50	1,10	0,65 ¹⁸	4-5

¹⁸Estos valores de $K_{c\ fin}$ son representativos del K_c antes de la caída de las hojas. Después de la caída de las hojas, $K_{c\ fin} \approx 0,20$ para suelo descubierto y seco, o para cobertura muerta del suelo y $K_{c\ fin} \approx 0,50$ a $0,80$ para cobertura activa y en desarrollo (consultar el Capítulo 11).

¹⁹Referirse a la Ec. 94, 97 o 98 y notas de pie de página 21 y 22, para estimar K_c para sitios con cultivos inmaduros.

²⁰La categoría de las drupas es aplicable a los melocotones o duraznos, albaricoques, peras, ciruelas y pacanas.

²¹Estos valores de K_c pueden ser calculados a partir de la Ec. 98 para $K_{c\ min} = 0,15$ y $K_{c\ full} = 0,75, 0,70$ y $0,75$ para las etapas inicial, mediados de temporada y final de la temporada, y $f_{c\ eff} = f_c$ donde f_c = fracción del suelo cubierto por el dosel del árbol (se asume que el sol se encuentra directamente por encima). Los valores tabulados corresponden a los indicados por Doorenbos y Pruitt (1977) y los obtenidos en mediciones recientes. El valor correspondiente a la etapa de mediados de temporada es menor que los correspondientes a las etapas inicial y final debido a los efectos del cierre estomático durante los períodos de máxima ET. Para climas húmedos y semi- húmedos, donde existe un menor control estomático por parte de los cítricos, se pueden incrementar los valores de $K_{c\ inir}$, $K_{c\ medr}$ y $K_{c\ fin}$ a $0,1 - 0,2$, según Rogers *et al.* (1983).

²²Estos valores de K_c pueden ser calculados como $K_c = f_c K_{c\ nes} + (1 - f_c) K_c$ cobertura donde $K_{c\ nes}$ es el valor de K_c de los cítricos que no poseen cobertura activa del suelo (calculado según la nota a pie de página 21); K_c cobertura es el valor de K_c para la cobertura activa del suelo ($0,95$) y f_c es definido en la nota a pie de página 21. Los valores tabulados corresponden con los indicados por Doorenbos y Pruitt (1977) y con mediciones más recientes. Alternativamente, el valor de K_c para los cítricos con cobertura activa del suelo puede ser estimado directamente a través de la Ec. 98 considerando $K_{c\ min} = K_c$ cobertura. Para climas húmedos y semi húmedos donde existe un menor control estomático por parte de los cítricos, se pueden incrementar los valores de $K_{c\ inir}$, $K_{c\ medr}$ y $K_{c\ fin}$ en un $0,1 - 0,2$, según Rogers *et al.* (1983).

Para cobertura inactiva o moderadamente activa del suelo (cobertura activa del suelo implica cobertura verde y en crecimiento, con un valor de IAF > 2 a 3 aproximadamente), el valor de K_c deberá ser ponderado entre el valor de K_c correspondiente a la ausencia de cobertura del suelo y el valor de K_c para la cubierta activa del suelo, basando la ponderación en el grado de «verdosidad» y el área foliar aproximada de la cubierta del suelo.

²³Las coníferas presentan un control estomático significativo debido a su reducida resistencia aerodinámica. Los valores de K_c pueden ser fácilmente inferiores a los presentados, los cuales representan condiciones óptimas de humedecimiento en bosques extensos.

CUADRO 12 (continuación)

Cultivo	$K_{c\text{ ini}}^1$	$K_{c\text{ med}}$	$K_{c\text{ fin}}$	Altura Máx. Cultivo (h) (m)
o. Humedales – clima templado				
Anea (Typha), Junco (Scirpus), muerte por heladas	0,30	1,20	0,30	2
Anea, Junco, sin heladas	0,60	1,20	0,60	2
Vegetación pequeña, sin heladas	1,05	1,10	1,10	0,3
Carrizo (Phragmites), con agua sobre el suelo	1,00	1,20	1,00	1-3
Carrizo, suelo húmedo	0,90	1,20	0,70	1-3
p. Especial				
Agua libre, < 2 m de profundidad o en climas sub-húmedos o trópicos		1,05	1,05	
Agua libre, > 5 m de profundidad, sin turbidez, clima templado		0,65 ²⁵	1,25 ²⁵	

²⁴Estos coeficientes son representativos de una cobertura del suelo entre 40 a 60%. Referirse a la Ec. 98 y notas a pie de página 21 y 22 para estimar el valor de K_c en sitios con vegetación inmadura. En España, Pastor y Orgaz (1994) encontraron los siguientes valores de K_c para huertos de olivos con un 60% de cobertura del suelo: 0,50, 0,50, 0,65, 0,60, 0,55, 0,50, 0,45, 0,45, 0,55, 0,60, 0,65, 0,50 para los meses Enero a Diciembre. Se pueden obtener estos coeficientes utilizando $K_{c\text{ ini}} = 0,65$, $K_{c\text{ med}} = 0,45$, y $K_{c\text{ fin}} = 0,65$, considerando una duración de las etapas inicial, desarrollo, mediados de temporada y final de = 30, 90, 60 y 90 días respectivamente, y utilizando un valor de K_c durante el Invierno («fuera de temporada») desde Diciembre a Febrero = 0,50.

²⁵Estos valores de K_c corresponden a aguas profundas en latitudes templadas donde se presentan cambios importantes de temperatura en el cuerpo de agua a través del año y donde tanto la evaporación inicial como la máxima son reducidas debido a la absorción de la energía radiante dentro del cuerpo de agua profunda. Durante los períodos de otoño e invierno ($K_{c\text{ fin}}$), el calor es liberado por el cuerpo de agua, lo que genera una evaporación por encima de la evapotranspiración de referencia. Por lo tanto el valor de $K_{c\text{ med}}$ corresponde al período donde el cuerpo de agua esta ganando energía térmica y el valor de $K_{c\text{ fin}}$ se produce durante la liberación de energía térmica. Se deberá utilizar estos valores de K_c con suma precaución.

Fuentes principales: $K_{c\text{ ini}}$: Doorenbos y Kassam (1979); $K_{c\text{ med}}$ y $K_{c\text{ fin}}$: Doorenbos y Pruitt (1977); Pruitt (1986); Wright (1981, 1982), Snyder et al., (1989)

Los valores de $K_{c\text{ med}}$ y $K_{c\text{ fin}}$ incluidos en el Cuadro 12 son representativos de climas sub-húmedos con una humedad relativa mínima promedio (HR_{min}) de alrededor 45 % y con velocidades del viento suaves a moderadas, promediando 2 m s^{-1} . Para condiciones de mayor humedad o condiciones áridas, los coeficientes K_c correspondientes a la etapa de mediados de temporada y final deberán ser modificados como se describe en este capítulo.

Los valores de K_c presentados en el Cuadro 12 son valores correspondientes a cultivos no estresados por falta de agua, cultivados bajo excelentes condiciones agronómicas y de manejo del agua y que alcanzan su máxima productividad (condiciones estándar). En los casos donde la densidad entre las plantas, altura o área foliar sean menores a las obtenidas bajo tales condiciones, el valor de $K_{c\text{ med}}$ y, para la mayoría de cultivos, el valor de $K_{c\text{ fin}}$ necesitarán de correcciones adicionales (Parte C, Capítulos 8, 9 y 10).

Coefficiente del cultivo para la etapa inicial ($K_{c\text{ ini}}$)

Procedimiento de cálculo

Los valores de $K_{c\text{ ini}}$ presentados en el Cuadro 12 son solamente aproximaciones, debiendo ser usados para estimar ET_c solamente durante estudios preliminares o de planificación. Con frecuencia se presenta un sólo valor de $K_{c\text{ ini}}$ para distintos grupos de cultivos, el cual se considera como representativo del grupo completo bajo un manejo típico del agua de riego. Estimaciones más precisas del valor de $K_{c\text{ ini}}$ pueden ser obtenidas considerando lo siguiente:

Intervalo de tiempo entre eventos de humedecimiento

La evapotranspiración que ocurre durante la etapa inicial en cultivos anuales se presenta principalmente en la forma de evaporación. Por lo tanto, para realizar estimaciones precisas del valor de $K_{c\text{ ini}}$ se deberá considerar la frecuencia con que la superficie del suelo es humedecida durante la etapa inicial. En los casos donde el suelo sea humedecido frecuentemente a través del riego o la lluvia, la evaporación que ocurre en la superficie del suelo puede ser significativa, por lo que el valor de $K_{c\text{ ini}}$ será elevado. Por otro lado,