

3.2.2. El procedimiento de Blaney y Criddle y su desarrollo

Al citar en primer término este método que es tan conocido, estamos conscientes de que su aplicación no siempre es satisfactoria ni resulta técnicamente del todo correcta, por ser quizás demasiado simple.

No obstante, aún se le considera de indudable validez en razón de esta misma sencillez, dado que requiere únicamente datos meteorológicos corrientes y que un adecuado ajuste de los coeficientes K de cultivo por zona o región permite lograr el objetivo principal buscado, contando así con valores de consumo con un grado de consistencia como para basarse sobre dichas cifras para la confección de las curvas de necesidades de agua.

Para cada procedimiento se describirá en forma ordenada cada uno de los pasos y el uso de las planillas y cuadros adjuntos. El técnico o administrador, para mayor detalle de cada método, puede remitirse a la bibliografía citada en la obra (17, 20, 21, 23, 24, 26, 31).

La fórmula base tiene la siguiente expresión:

$$UC = K \cdot F = \sum_1^n (K \cdot f)$$

donde:

f = factor de "uso consuntivo mensual"

K = coeficiente de cultivo

F = factor de uso consuntivo anual o suma de factores mensuales de u.c.

Cuadro 17. Cálculo de uso consuntivo y lámina neta o requerimiento de riego

CULTIVO _____ DISTRITO _____ SECTOR _____
 SUBDISTRITO _____ SUBSECTOR _____

Meses	Temperatura media mensual	$t_a = \frac{t^o + 17,8}{21,8}$ K_t	Insolación o resplandor solar P.	$F. = t_a \times P.$ U.C. Potencial cm	Coeficiente de cultivo K	U.C. cultivo $F_{uc} \times K \times 10$ mm	Precipitación efectiva (0,xx. P) (mm)	Lámina neta o de reposición (U.C. - Pe) mm
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ENERO (1)								
FEBRERO (2)								
MARZO (3)								
ABRIL (4)								
MAYO (5)								
JUNIO (6)								
JULIO (7)								
AGOSTO (8)								
SETIEMBRE (9)								
OCTUBRE (10)								
NOVIEMBRE (11)								
DICIEMBRE (12)								
AÑO (T)								

Procedimiento Blaney y Criddle ajustado

Como en su origen se trabajó con temperatura en grados Fahrenheit ($t^{\circ}F$), para calcular en forma directa mediante los valores de temperatura en grados centígrados se ha propuesto la ecuación de la siguiente forma (Israelsen):

$$UC = K \sum [p (8,12 + 0,45 t^{\circ})] \text{ mes a mes}$$

No obstante, y dentro de la misma base del cálculo, es decir empleando directamente temperaturas en grados centígrados (t°), se ha preferido seguir el procedimiento general adoptado por la Secretaría de Recursos Hidráulicos de Méjico, porque permite simplificar dicho cálculo mediante el empleo de tablas confeccionadas al efecto.

Para proceder en forma secuencial al cálculo del uso consuntivo por este método, se recomienda seguir los pasos siguientes:

Primero

Se obtiene la temperatura media mensual en grados centígrados del área, distrito, sector o estación, para la cual se desea calcular el uso consuntivo, dichos valores se colocan en la columna N° 2 del *cuadro 17*.

Segundo

Como el método descrito fue diseñado originalmente para E.U.A., la temperatura se dio en grados Fahrenheit, aparte de no haberse efectuado ningún ajuste para regiones áridas. Fue necesario confeccionar entonces una tabla *ad-hoc* para entrar con grados centígrados y asimismo efectuar un ajuste para zonas áridas, lo que se considera seguidamente en el proceso secuencial efectuándose la resolución por tabla de doble entrada (Méjico, S.R.H.).

La fórmula $T_a = t^{\circ} + 17,8/21,8$ permite la conversión directa de la temperatura en grados Fahrenheit, a grados centígrados.

El factor K_t constituye el elemento adicional incluido por los técnicos de la S.R.H. (Méjico) para condiciones áridas (Fhelan).

Los valores correspondientes se encuentran así resueltos en la *tabla 1* para diferentes valores de temperatura mensuales promedio.

El resultado hallado se coloca en la columna N° 3 correspondiente a cada mes, del *cuadro 17* antes citado.

Tercero

Se obtiene el valor p (insolación o resplandor solar) de la *tabla 2* para zonas de latitud sur. Se entra en dicho cuadro con la latitud de la zona considerada y se obtienen los valores correspondientes de p mensuales.

En caso necesario se procede a interpolar el valor considerado entre cada grado de latitud. Este valor se consigna en la columna cuarta del *cuadro 17*.

Tabla 1. Valores para la fórmula: $K_t = \frac{t + 17,8}{21,8}$ entrando al cuadro con la temperatura media, en °C

°C	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
7	0,520	0,526	0,531	0,537	0,543	0,549	0,554	0,560	0,566	0,572
8	0,558	0,564	0,590	0,596	0,602	0,608	0,614	0,620	0,626	0,633
9	0,638	0,645	0,651	0,657	0,664	0,670	0,676	0,682	0,689	0,696
10	0,702	0,708	0,715	0,722	0,729	0,735	0,742	0,748	0,755	0,762
11	0,768	0,775	0,782	0,789	0,796	0,803	0,810	0,817	0,824	0,830
12	0,838	0,845	0,852	0,859	0,866	0,874	0,880	0,889	0,895	0,902
13	0,910	0,917	0,925	0,932	0,939	0,947	0,954	0,962	0,970	0,977
14	0,985	0,992	1,000	1,008	1,016	1,024	1,031	1,039	1,047	1,055
15	1,063	1,071	1,079	1,086	1,095	1,103	1,111	1,119	1,127	1,135
16	1,143	1,152	1,160	1,168	1,175	1,185	1,193	1,202	1,210	1,210
17	1,227	1,235	1,244	1,253	1,262	1,270	1,279	1,287	1,296	1,305
18	1,313	1,322	1,331	1,340	1,349	1,357	1,367	1,375	1,385	1,393
19	1,403	1,412	1,421	1,430	1,439	1,448	1,458	1,467	1,476	1,485
20	1,495	1,505	1,513	1,523	1,533	1,542	1,551	1,561	1,571	1,580
21	1,590	1,600	1,609	1,619	1,629	1,639	1,648	1,658	1,668	1,678
22	1,688	1,698	1,708	1,717	1,728	1,738	1,748	1,758	1,768	1,779
23	1,789	1,800	1,810	1,820	1,830	1,840	1,856	1,860	1,871	1,852
24	1,892	1,903	1,914	1,924	1,935	1,945	1,956	1,968	1,977	1,988
25	1,999	2,010	2,020	2,031	2,042	2,053	2,064	2,075	2,086	2,096
26	2,108	2,119	2,130	2,141	2,153	2,164	2,175	2,186	2,198	2,208
27	2,220	2,232	2,243	2,255	2,265	2,277	2,289	2,300	2,312	2,323
28	2,335	2,345	2,358	2,370	2,382	2,394	2,405	2,417	2,430	2,441
29	2,453	2,464	2,477	2,489	2,500	2,513	2,525	2,537	2,549	2,561
30	2,574	2,586	2,598	2,610	2,623	2,635	2,647	2,600	2,672	2,685

Procedimiento: se entra con los valores de grados enteros por las ordenadas y con las décimas de grado por el eje de las abscisas en la parte superior. Se trabaja con valores de temperatura media mensual expresada directamente en grados centígrados.

Tabla 2. Tabla de insolación o resplandor solar valores P, para grados de latitud sur

Latitud sur (grados)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
0	8,49	7,67	8,49	8,22	8,49	8,49	8,49	8,49	8,19	8,49	8,22	8,49
2	8,55	7,71	8,49	8,19	8,44	8,17	8,43	8,44	8,19	8,52	8,24	8,55
4	8,64	7,76	8,50	8,17	8,39	8,08	8,20	8,41	8,19	8,56	8,33	8,65
6	8,71	7,81	8,50	8,12	8,30	8,00	8,19	8,37	8,18	8,59	8,38	8,74
8	8,79	7,84	8,51	8,11	8,24	7,91	8,13	8,32	8,18	8,62	8,47	8,84
10	8,85	7,86	8,52	8,09	8,18	7,84	8,11	8,28	8,18	8,65	8,52	8,90
12	8,91	7,91	8,53	8,06	8,15	7,79	8,08	8,26	8,17	8,67	8,58	8,95
14	8,97	7,97	8,54	8,03	8,07	7,70	7,98	8,19	8,16	8,69	8,65	9,01
16	9,09	8,02	8,56	7,98	7,96	7,57	7,94	8,14	8,14	8,76	8,72	9,17
18	9,18	8,06	8,57	7,93	7,90	7,50	7,88	8,10	8,14	8,80	8,80	9,24
20	9,25	8,09	8,58	7,92	7,83	7,41	7,78	8,05	8,13	8,83	8,85	9,32
22	9,36	8,12	8,58	7,89	7,74	7,30	7,75	8,03	8,13	8,86	8,90	9,38
24	9,44	8,17	8,59	7,87	7,60	7,24	7,58	7,99	8,12	8,89	8,96	9,47
26	9,52	8,28	8,06	7,81	7,56	7,07	7,49	7,87	8,11	8,94	9,10	9,61
28	9,61	8,31	8,61	7,79	7,49	6,99	7,40	7,85	8,10	8,97	9,19	9,73
30	9,69	8,33	8,63	7,75	7,43	6,94	7,30	7,80	8,09	9,00	9,24	9,80
32	9,76	8,36	8,63	7,70	7,39	6,85	7,20	7,73	8,08	9,04	9,31	9,87
34	9,88	8,41	8,65	7,68	7,30	6,73	7,10	7,69	8,06	9,07	9,38	9,99
36	10,06	8,53	8,67	7,61	7,10	6,59	6,99	7,59	8,06	9,15	8,51	10,21
38	10,14	8,61	8,68	7,59	7,03	6,46	6,87	7,51	8,05	9,19	9,60	10,34
40	10,24	8,65	8,70	7,54	6,95	6,33	6,73	7,54	8,04	9,23	9,69	10,42
42	10,39	8,72	8,71	7,49	6,85	6,20	6,60	7,39	8,01	9,27	9,79	10,57
44	10,52	8,81	8,72	7,44	6,73	6,04	6,45	7,30	8,00	9,34	9,91	10,72
46	10,68	8,88	8,73	7,39	6,61	5,87	6,30	7,21	7,98	9,41	10,03	10,90
48	10,85	8,98	8,76	7,32	6,45	5,69	6,13	7,12	7,96	9,47	10,17	11,09
50	11,03	9,06	8,77	7,25	6,31	5,48	5,98	7,03	7,95	9,53	10,32	11,30

Procedimiento: se entra a la tabla con los valores de latitud sur, por el eje de las ordenadas. En las abscisas, entrando por la parte superior y para cada mes, se encuentra el valor de "p". Corrientemente hay que interpolar; así, por ejemplo, para una latitud de 25° 30' corresponde para el mes de enero un valor de 9,50.

Cuarto

Se calcula el factor de uso consuntivo potencial mensual *F.uc.* multiplicando los valores *p* de la columna 4 por los valores *Ta* de la columna N° 3.

Luego:

$$Fuc. = Ta \times p$$

Los resultados obtenidos, se colocan en la columna 5 del mismo *cuadro 17*.

Quinto

Se localizan los valores del coeficiente de ajuste *K* del cultivo en la *tabla 3*; los datos se colocan en la columna seis del *cuadro 17* dentro de los meses correspondientes al ciclo considerado.

Este coeficiente se refiere a las necesidades de uso consuntivo, según la situación, el período de desarrollo, condiciones de cultivo, etc. Los primeros estudios para este coeficiente, se desarrollaron originalmente en California (E.U.A.) y su análisis se considera en la bibliografía (17,31).

El ajuste de los coeficientes *K* de cultivo, para ser aplicados en el procedimiento Blaney-Criddle, se llevó a cabo en algunas áreas, de la siguiente manera.

Así, por ejemplo, se tomó como punto de partida los coeficientes *K* de cultivo mensuales existentes en la bibliografía consultada, los cuales tienen su origen en las experiencias mencionadas, con posterior revisión y ajuste a semejanza de lo cumplido por la S.R.H. en Méjico y, la U.N.C. y U.N.S., en la Argentina, Comisión de Desarrollo del Tempisque y, Latinos en Costa Rica, otros trabajos en Perú, La Molina; Argentina, Mendoza; Venezuela, etcétera.

Se parte de la premisa de que *K* es el producto, entre otros factores, de *Kt* y *Kc*: se contó con la tabla de valores de *Kt* en función de la temperatura media del lugar y las curvas de *Kc* para los diferentes cultivos.

De igual manera se procedió a la corrección por (*Kt.Kc*), para cada mes y para cada cultivo; la temperatura media se obtiene de registro de 20 a 30 años de las zonas consideradas. Se incluye en el Manual valores de *K* para algunas regiones.

Sexto

Continuando con el procedimiento, se calcula el uso consuntivo mensual del cultivo, *expresado en mm de lámina* para lo cual se aplica la fórmula:

$$Uc = F.uc. \times K \times 10, \text{ resultado que se colocará en la columna N° 7.}$$

Los meses que se considera el valor de *K* de uso consuntivo, corresponde a los meses de desarrollo del cultivo y en los cuales presumiblemente se requiere riego (ver *cuadro o figura anterior en función de tiempo*).

Tabla 3. Coeficientes K de uso consuntivo mensual para su aplicación en la fórmula de Blaney y Criddle.

Zona sur de América: Argentina y Chile

<i>Cultivos</i>	<i>Ciclo asumido (días)</i>	<i>Coeficientes K mensuales</i>												<i>Valor de K anual*</i>
		<i>Junio</i>	<i>Julio</i>	<i>Agosto</i>	<i>Set.</i>	<i>Oct.</i>	<i>Nov.</i>	<i>Dic.</i>	<i>Enero</i>	<i>Febrero</i>	<i>Marzo</i>	<i>Abril</i>	<i>Mayo</i>	
Alfalfa	240 a 300	—	—	0,66	0,83	0,95	1,03	1,08	1,06	1,00	0,91	0,76	0,60	0,89
Vid	160 a 180	—	—	—	0,35	0,49	0,74	0,89	0,90	0,82	0,70	0,50	0,50	0,61
Frutal menor distancia (duraznero-ciruelo)	200	—	—	—	0,39	0,62	0,37	0,95	0,94	0,81	0,57	0,32	—	0,63
Frutal mayor distancia (manzano-peral)	200 a 220	—	—	—	0,36	0,51	0,32	0,92	0,89	0,81	0,62	0,36	—	0,62
Maíz	140 a 160	—	—	—	—	0,49	0,66	0,82	0,91	0,92	0,85	—	—	0,77
Sorgo para ensilar	130 a 160	—	—	—	—	0,58	0,83	0,97	1,02	0,98	0,88	0,77	—	0,85
Pimiento	150 a 170	—	—	—	—	0,41	0,41	0,50	0,79	0,82	0,70	0,53	—	0,62
Tomate	150 a 180	—	—	—	—	0,40	0,40	0,59	0,93	0,97	0,77	0,54	—	0,70
Papa	140 a 160	—	—	—	—	0,38	0,58	0,82	0,93	1,00	0,85	—	—	0,76
Hortalizas varias menores (intensivas)	60 a 130	—	—	—	—	0,62	0,31	0,95	1,02	1,00	0,93	0,84	—	0,88
Poroto, arveja	150	—	—	—	—	0,48	0,80	0,93	1,04	0,94	0,77	—	—	0,82
Pastos regados	280	—	—	0,53	0,71	0,82	0,39	0,91	0,92	0,90	0,86	0,78	0,67	0,80
Algodonero	160 a 180	—	—	—	—	0,34	0,46	0,62	0,99	0,95	0,74	0,70	—	0,71
Tabaco	140 a 160	—	—	—	—	0,41	0,41	0,64	0,89	1,06	1,04	—	—	0,81
Olivo	180 a 240	—	—	—	—	0,18	0,32	0,58	0,76	0,80	0,72	0,52	0,34	0,52
Nogal	160 a 220	—	—	0,18	0,25	0,44	0,64	0,80	0,86	0,78	0,60	0,40	0,25	0,52
General	300	—	—	0,32	0,55	0,74	0,87	0,96	1,00	0,98	0,93	0,72	0,66	0,78

* Los coeficientes se situaron en el período anual de acuerdo con un ciclo vegetativo medio (centro y centro-sur del país). Según la zona, el grupo de coeficientes K tomados puede adelantarse o atrasarse, un mes (a lo más dos), para los meses de cultivo que corresponda, salvo presencia de otros coeficientes ajustados.

Un ajuste tentativo puede llevarse a cabo contando con las gráficas de K_c y la tabla de valores K_t en función de la temperatura media del lugar.

Tabla 3, continuación

Norte de Argentina, Perú y Ecuador

Planilla general

Cultivos	Coeficientes K mensuales												Año K _a
	Julio	Agosto	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	
Frutales hojas caducas	—	0,45	0,64	0,76	0,84	0,90	0,81	0,72	0,60	—	0,66	—	0,71
Frutales hojas perennes	—	0,45	0,46	0,50	0,56	0,67	0,80	0,74	0,70	0,65	0,60	—	0,61
Vid	—	0,48	0,56	0,74	0,88	0,90	0,85	0,72	—	—	0,70	—	0,73
Plátano	—	0,44	0,48	0,80	0,85	0,86	0,76	0,62	0,60	0,56	—	—	0,66
Alfalfa	—	0,66	0,85	0,96	1,04	1,08	1,06	1,00	0,88	0,76	0,60	—	0,89
Pasturas regadas	—	0,65	0,72	0,76	0,81	0,85	0,83	0,80	0,78	0,75	0,70	—	0,76
Caña de azúcar	—	—	—	0,70	0,86	1,02	1,10	1,04	0,90	0,82	0,74	—	0,88
Algodonero	—	0,40	0,56	0,70	0,96	0,98	0,88	0,76	—	—	—	—	0,75
Algodonero*	0,36	0,48	0,64	0,80	0,88	1,00	0,92	0,75	—	—	—	—	0,73
Arroz**	—	—	—	0,85	1,00	1,12	1,15	1,10	—	—	—	—	1,04
Maíz (grano)	0,74	—	0,49	0,66	0,88	0,76	0,75	—	0,52	0,70	0,85	0,76	
Maíz (chala-chocio)	0,77	—	—	—	—	—	—	—	—	0,47	0,66	0,85	
Sorgo (grano)	—	0,45	0,80	0,87	0,78	(0,70)	—	—	—	—	—	—	
Sorgo (forrajero)	0,74	—	0,46	0,76	0,88	0,80	0,75	—	0,45	0,75	0,86	0,80	

* Variedad de período largo, región centro.

** Corresponde a fecha y características siembra región centro-norte.

Tabla 3, continuación

NORTE DE ARGENTINA, PERU Y ECUADOR

Cultivos	Coeficientes K mensuales											
	Julio	Agosto	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Papa	0,78	(0,60	0,85	0,92	0,94	0,86)	—	—	0,58	0,80	0,91	0,88
Camote	0,70	(0,48	0,75	0,88	0,86	0,73)	—	—	0,50	0,76	0,87	0,78
Yuca	0,38	0,46	0,58	0,73	0,74	0,66	0,62	0,60	—	—	—	—
Menestras y legumbres	0,69	—	0,56	0,70	0,79	0,73	—	—	0,49	0,68	0,72	0,77
Hortalizas mayores varias	—	0,45	0,67	0,75	0,85	0,84	(0,68	0,75	0,86	0,78	0,75)	—
Hortalizas menores	—	0,50	0,62	0,78	0,85	—	—	0,68	0,80	0,84	0,81	—
Cucurbitáceas	—	0,46	0,65	0,78	0,83	0,75	—	—	0,46	0,64	0,76	0,80
Trigo y otros cereales	—	0,48	0,69	0,80	0,85	0,79	—	—	—	—	—	—
Tabaco	—	—	0,44	0,67	0,80	0,94	0,99	0,96	—	—	—	—

Nota: Estos coeficientes se ubican sobre la base de la situación del período de riego considerado. No obstante, el cultivo puede admitir un ciclo ligeramente menor, mayor o desplazarse en un mes, según las condiciones climáticas, ecológicas y de latitud.

De ello se desprende como efecto de posición que la aplicación de la lámina variará de acuerdo con el ciclo o el desarrollo del cultivo desde el mes que se ubica al comienzo del período de riego y su posterior desenvolvimiento. A este nivel se ha logrado de tal forma el uso consuntivo del cultivo por mes y, en su sumatoria, el anual. Se sigue a fin de establecer la lámina neta.

Séptimo

Se calcula la precipitación efectiva Pe aplicando un coeficiente de corrección a los valores mensuales de precipitación (P) obtenidos a promedios mensuales de datos o series históricas meteorológicas. Existe el procedimiento analítico (descontar un coeficiente de escurrimiento Kr) o puede optarse con el "gráfico de Pe " según Blaney y Criddle (1962).

Este coeficiente de ajuste es igual a $(1 - Kr)$, donde Kr representa en gran medida la esorrentia y se asume con un valor de 0,20, pudiendo ser variable para mejor interpretación del ajuste, contándose con la curva de ajuste de Blaney y Criddle. Finalmente, la precipitación efectiva resulta entonces:

$$Pe = P \times (1 - Kr) \quad \text{o sino:} \quad Pe = 0,80 P$$

Es conveniente corregir la precipitación a partir del valor de 20 mm mensuales como tope mínimo. Se consignan en la columna N° 8.

Las cifras ubicadas entre 10 a 20 mm se anotan sin corrección, salvo que se trabaje con modelos operacionales en que el ajuste es mayor (ver bibliografía). Valores menores de 8 a 10 mm no se consignan. La diferencia entre 7-8 es la lámina neta de reposición que se anota en la columna N° 9, la última del cuadro.