

CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE RIEGO DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS DEL OASIS SUR. Mendoza, Argentina

José A. Morábito, Rocío Hernández, Santa E. Salatino y Carlos M. Mirábile
Instituto Nacional del Agua – Centro Regional Andino y Fca - UNCuyo
Belgrano Oeste 210, CP: 5500, Mendoza – Argentina. Fax: 0261-4288251 jmorabito@lanet.com.ar

Resumen

La provincia de Mendoza está ubicada en una zona desértica cuya media de lluvias es inferior a los 200 mm/año. Sólo un 3% del área se encuentra cultivada y la única forma posible de expansión futura de su frontera agrícola dependerá -fundamentalmente- del eficiente aprovechamiento de sus escasos recursos hídricos.

Si bien -día a día- el agua es demandada en mayor grado y por un mayor número de usuarios diferentes: agricultura, industria, abastecimiento poblacional (agua potable), riego urbano (arbolado de calles y paseos públicos), producción energética, etc., el principal usuario del recurso hídrico provincial, sigue siendo la agricultura. Ésta se realiza en forma intensiva y los cultivos más importantes son: vid, frutales de carozo (duraznero, ciruelo, damasco, almendro, cerezo y otros), frutales de pepita (manzano, peral y membrillero), hortalizas (tomate, ajo, cebolla, papa, etc.) forestales (fundamentalmente álamos) y forrajeras. A los fines de planificar una eficiente y equitativa distribución del agua, tanto a nivel de organismo central (D. G. de Irrigación) como de organismos de usuarios (Inspecciones de Cauce), resulta fundamental conocer la efectiva demanda de riego de los distintos cultivos a lo largo de sus diferentes ciclos vegetativos y en función de las variaciones climáticas que caracterizan a cada subzona de esa cuenca.

El presente trabajo tiene como objetivo conocer la demanda de riego de los principales cultivos de la zona sur de la provincia a los fines de una planificación racional del uso del agua y de un manejo eficiente del riego a nivel parcelario. Para lograr el objetivo propuesto se seleccionaron las tres (3) estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) que se encuentran en el área de estudio, sistematizándose adecuadamente la información básica disponible de cada una de ellas. A continuación, para cada estación, para cada uno de los 10 años del período seleccionado (serie histórica) y mediante la aplicación del programa CROPWAT se modeló la evapotranspiración del cultivo de referencia mensual (ET_o). Utilizando el programa SMADA se obtuvieron valores de ET_o para tres probabilidades de ocurrencia (80, 50 y 20 %) si bien para el resto de los cálculos se utilizó una probabilidad de ocurrencia del 50 % de la ET_o (año medio).

A su vez, se determinó la evapotranspiración máxima mensual (ET_c) para once (11) cultivos de importancia en los departamentos de San Rafael y General Alvear (vid, duraznero, peral, olivo, alfalfa, álamo, césped *para las áreas recreativas*, ajo, soja, girasol y espárrago) y cuatro (4) para Malargüe (ajo, alfalfa, papa semilla y orégano), utilizando valores de K_c obtenidos localmente y/o de bibliografía. Se determinaron, además, las necesidades netas mensuales de cada cultivo (mm) considerando distintas probabilidades de precipitación (20, 50 y 80 %), también calculadas con el programa SMADA.

Los resultados se presentan –para el área de influencia de cada estación meteorológica- en forma de tablas (ET_o, ET_c, Nn). Se pretende que la información aquí presentada sea de utilidad inmediata tanto para los profesionales encargados del manejo del riego en una propiedad como para la simulación de la asignación del recurso agua en los distintos niveles de la administración (inspecciones de cauce, asociaciones de inspecciones de cauce, etc.).

INTRODUCCIÓN

En las zonas áridas como las de la provincia de Mendoza (con valores de precipitación anual menores a los 200 mm) la única expansión posible de la frontera agropecuaria en los próximos años deberá hacerse en base a un eficiente aprovechamiento del escaso recurso hídrico disponible. Si bien los usos urbano, recreativo y energético representan una demanda que crece día a día, el uso agrícola sigue siendo uno de los más importantes y sobre el que se asienta el crecimiento de la economía provincial, cuyas perspectivas de reactivación se han visto renovadas en estos últimos tiempos. El Centro Regional Andino del INA ha venido trabajando en la evaluación de la eficiencia de uso del agua de riego y en la elaboración de diagnósticos y recomendaciones tanto a nivel zonal como parcelario, basados en una metodología de desarrollo local adaptada a las condiciones de nuestras zonas regadías. La medición de las eficiencias de riego debe complementarse con una adecuada planificación que permita satisfacer la demanda hídrica de los principales cultivos, aún en situaciones de escasez como las que correspondería a un año hidrológico seco (probabilidad de ocurrencia de la precipitación del 80%).

Para llevar a cabo una efectiva planificación, los inconvenientes más comunes derivan de la falta de sistematización de la información básica disponible (meteorológica, del suelo y del cultivo), necesaria para el cálculo del requerimiento de riego de los cultivos. El estudio propone una secuencia metodológica -aplicable a cualquier área bajo riego de condiciones similares- que considere todas las variables intervinientes, basada en las recomendaciones de FAO y que incluya una cuantificación estimativa de la respuesta del cultivo a la oferta hídrica. La misma se constituirá en una excelente herramienta para la toma de decisiones, tanto a nivel de los productores como de los administradores del recurso. Un aporte interesante lo constituye la simulación de escenarios futuros con cambios en el modelo de cultivos y la respuesta productiva de éstos, para diferentes alternativas de satisfacción de las necesidades netas de riego que contemplen años de disponibilidad hídrica normales, secos y húmedos. Esta información, debidamente ajustada con la observación directa a campo, permitirá el seguimiento eficiente de la asignación del recurso hídrico y la posibilidad de realizar, sobre la marcha, cualquier ajuste que resulte necesario, contribuyendo así al aumento de la eficiencia de riego y a la optimización de la gestión.

OBJETIVOS

El presente trabajo tiene por objetivo conocer la demanda de riego de los principales cultivos de la zona sur de la provincia de Mendoza para distintas probabilidades de ocurrencia de la precipitación, elemento prioritario para cualquier tarea de planificación, asignación y manejo eficiente del recurso hídrico.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología de FAO aconseja la utilización de la fórmula de Penman-Monteith para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o). En 1948, Penman combinó el balance energético con el método de transporte de masa y derivó una ecuación para calcular la evaporación de una superficie libre de agua, a partir de registros climatológicos normalizados de heliofanía, temperatura, humedad relativa y velocidad del viento. Esto se llamó método combinado y fue luego desarrollado por numerosos investigadores, quienes la aplicaron a superficies de cultivos, mediante la introducción de factores de resistencia.

Para el presente trabajo fue necesario ordenar la información disponible de las distintas variables meteorológicas de cada una de las 3 estaciones dependientes del Servicio Meteorológico Nacional (SMN): *San Rafael* (Latitud: 34° 35' Sur, Longitud: 68° 24' Oeste y Altura: 748 m s.n.m.),

General Alvear (Latitud: 35° 00' Sur, Longitud 67° 39' Oeste y Altura: 465 m s.n.m.) y *Malargüe* (Latitud: 35° 30' Sur, Longitud: 69° 35' Oeste y Altura: 1423 m s.n.m.)

Según la metodología propuesta por FAO (Allen y otros, 1998), para el cálculo de las necesidades netas de riego de los distintos cultivos se necesita conocer las siguientes variables, analizadas mensualmente: temperatura máxima media, temperatura mínima media, humedad relativa media, velocidad del viento, heliofanía efectiva (horas de brillo solar) y lluvia.

En todos los casos se ha trabajado con una serie histórica de diez (10) años comunes para las tres estaciones. Los datos correspondientes a las medias mensuales fueron calculados a partir de datos de mediciones diarias (no se utilizó una serie decádica debido a la falta de datos de algunas variables, en determinados años y estaciones). Mediante la aplicación del modelo CROPWAT (Smith, 1992) se calculó la evapotranspiración del cultivo de referencia mensual (ET_o) para cada estación y para cada uno de los 10 años seleccionados. Con esa información se determinaron, con el programa SMADA (Eaglin, 1998), valores de ET_o para tres probabilidades de ocurrencia (80, 50 y 20 %). La ecuación combinada de Penman - Monteith es la siguiente:

$$\lambda ET = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)} \quad (1)$$

en donde:

λET = calor latente de vaporización (evapotranspiración)

R_n = radiación neta

G = flujo de calor del suelo

$e_s - e_a$ = déficit de presión de vapor del aire

ρ_a = densidad media del aire a presión constante

c_p = calor específico del aire

Δ = pendiente de la curva que relaciona la temperatura con la presión de vapor a saturación

γ = constante psicrométrica

r_a = resistencia aerodinámica

r_s = resistencia superficial

En 1990 se realizó una reunión de expertos e investigadores con participación de la FAO, la Comisión Internacional de Riego y Drenaje y la Organización Mundial Meteorológica, para actualizar y revisar los procedimientos y métodos de determinar las necesidades de agua de los cultivos. De estas discusiones surgió la fórmula de determinación de ET_o por el método FAO Penman – Monteith, que es la siguiente:

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} \mu_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34\mu_2)} \quad (2)$$

en donde:

ET_o = Evapotranspiración de referencia [mm día⁻¹]

R_n = radiación neta en la superficie del cultivo [MJ m⁻² día⁻¹]

G = densidad del flujo de calor del suelo [MJ m⁻² día⁻¹]

T = temperatura diaria media del aire a 2 m de altura [C°]

μ_2 = velocidad del viento a 2 m de altura [m s⁻¹]

- e_s = presión de vapor a saturación [kPa]
- e_a = presión de vapor actual [kPa]
- $e_s - e_a$ = déficit de presión de saturación [kPa]
- Δ = pendiente de la curva de presión de vapor
- γ = constante psicrométrica

En este punto del estudio la secuencia de cálculo fue la siguiente:

- Determinar la evapotranspiración máxima mensual (ETc), para los once (11) cultivos más importantes (vid, duraznero, peral, olivo, alfalfa, álamo, césped para las áreas recreativas, ajo, soja, girasol y espárrago), utilizando valores de coeficiente de cultivo “Kc” obtenidos localmente en forma experimental y/o de bibliografía ($k_c = ET_c/ET_o$).
- Determinar valores de ETc (mm/mes) para una probabilidad de ocurrencia de ETo del 50 %, utilizando la ecuación:

$$ET_c = ET_o * K_c \quad (3)$$

- Determinar las necesidades netas mensuales de cada cultivo (mm / mes) considerando la precipitación efectiva. Para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$N_n = ET_c - Lluvia Efectiva \quad (4)$$

$$Lluvia Efectiva = 0.8 * Lluvia Total \quad (5)$$

Las necesidades netas mensuales se obtuvieron para las tres estaciones meteorológicas, los cultivos seleccionados y tres probabilidades de ocurrencia de la precipitación (20,50 y 80%)

RESULTADOS

La tablas 1 a 3 presentan los valores de ETo para las estaciones meteorológicas *San Rafael*, *General Alvear* y *Malargüe*, todas del SMN

Tabla 1: Estación San Rafael. Valores de ETo en mm/día

Año/Mes	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
1971	1.8	2.5	3.2	4.1	6.0	6.9	5.9	5.4	4.0	2.7	1.9	1.3
1972	1.3	1.8	2.9	4.2	4.8	5.4	6.3	5.5	3.5	2.6	1.5	1.2
1973	1.1	2.2	2.9	3.9	4.7	6.2	6.3	5.6	3.4	2.1	1.5	1.5
1974	1.4	2.1	2.5	4.4	5.6	5.3	6.7	4.2	4.0	2.8	1.5	1.4
1975	1.5	1.8	3.1	4.3	4.9	6.2	5.7	5.0	3.1	2.5	1.3	1.1
1976	1.3	1.7	2.7	3.9	5.0	5.4	5.9	4.5	3.5	2.2	1.4	1.2
1977	1.4	2.1	3.2	4.2	5.5	4.7	5.4	4.9	3.9	2.4	1.6	1.1
1978	1.3	1.8	2.6	4.0	5.1	5.5	5.0	4.5	3.3	2.2	1.2	0.9
1979	1.1	2.1	2.4	3.7	4.4	4.8	5.0	4.6	2.9	2.0	1.4	1.0
1980	1.3	2.1	3.0	3.5	4.9	5.7	5.3	4.6	3.4	1.8	1.3	1.0

Tabla 2: Estación General Alvear. Valores de ETo en mm/día

Año/Mes	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
1971	1.4	2.8	3.9	5.3	7.1	7.8	5.9	5.5	4.5	2.8	1.8	1.0
1972	1.6	2.3	3.3	4.9	5.6	5.9	6.7	6.0	3.9	3.2	1.7	1.0
1973	1.1	2.6	3.6	5.2	5.3	7.1	6.7	5.9	3.8	2.4	1.7	1.4
1974	1.6	2.6	3.3	5.5	6.8	6.0	7.3	4.7	4.5	2.9	1.7	1.5
1975	1.8	2.2	3.8	5.2	5.8	7.5	6.7	5.8	3.6	2.9	1.7	1.4
1976	2.1	2.2	3.3	5.0	6.1	6.5	7.1	5.1	4.7	3.1	1.8	1.5
1977	1.8	2.6	4.0	6.0	7.3	6.2	6.5	5.8	4.9	2.8	2.0	1.3
1978	1.8	2.9	4.0	5.3	6.2	7.3	6.3	5.5	4.3	2.7	2.0	1.3
1979	1.6	2.5	3.3	4.8	6.0	6.4	5.7	5.6	4.0	2.7	2.2	1.6
1980	1.9	3.3	4.0	4.4	6.3	7.6	6.2	5.0	4.7	2.1	1.8	1.5

Tabla 3: Estación Malargüe. Valores de ETo en mm/día

Año/Mes	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
1971	1.0	1.8	2.5	3.4	5.2	6.0	5.4	4.7	3.1	2.0	1.1	0.7
1972	1.0	1.2	2.5	3.7	4.1	5.1	5.3	4.2	2.7	1.8	1.5	0.8
1973	0.7	1.6	2.4	4.1	4.6	5.5	5.5	5.0	3.1	1.7	1.1	2.2
1974	0.9	1.9	2.4	3.6	5.1	4.9	6.1	3.7	3.3	1.8	1.0	0.9
1975	0.9	1.4	2.4	3.4	4.6	6.1	5.4	4.9	2.6	2.0	0.9	0.9
1976	1.0	1.7	2.3	3.4	5.0	5.5	5.4	4.8	3.1	1.9	0.9	1.3
1977	1.3	1.7	2.7	4.2	5.1	5.0	5.2	4.6	3.2	2.0	1.3	1.0
1978	1.6	1.6	2.7	4.2	5.1	5.9	5.3	4.1	3.0	1.9	1.3	0.9
1979	1.2	1.8	2.3	3.9	4.4	4.2	4.8	4.3	2.6	1.4	1.6	0.9
1980	1.0	1.8	2.5	3.0	4.9	6.0	5.1	4.4	3.4	1.9	1.3	0.7

Con la información disponible se calculó la probabilidad de ocurrencia del evento, asumiendo una distribución normal (SMADA).

Las tablas 4 a 6 y figuras 1 a 3 presentan los resultados de la ETo para tres probabilidades de ocurrencia (20, 50 y 80%) y para el área de influencia de cada estación.

Tabla 4: Estación San Rafael. Valores de ETo (mm/día) para distintas probabilidades de ocurrencia

Prob/Mes	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
20%	1.5	2.2	3.1	4.2	5.5	6.2	6.2	5.3	3.8	2.6	1.6	1.3
50%	1.3	2.0	2.9	4.0	5.1	5.6	5.8	4.9	3.5	2.3	1.5	1.2
80%	1.3	1.8	2.6	3.8	4.7	5.0	5.3	4.5	3.2	2.1	1.3	1.0

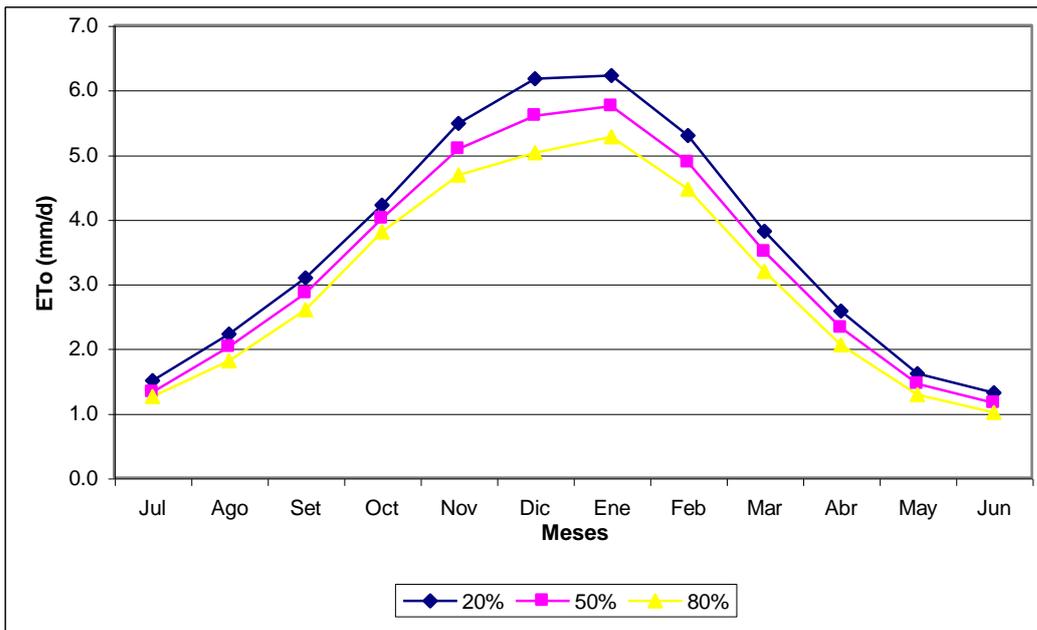


Figura 1: Valores de ETo (mm/día) para distintas probabilidades de ocurrencia. Estación San Rafael

Tabla 5: Estación General Alvear. Valores de ETo (mm/día) para distintas probabilidades de ocurrencia.

Prob/Mes	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abri	May	Jun
20%	1.9	2.9	3.9	5.5	6.8	7.4	6.9	5.9	4.6	3.0	1.7	1.5
50%	1.7	2.6	3.7	5.2	6.3	6.8	6.5	5.5	4.3	2.8	1.8	1.4
80%	1.4	2.3	3.4	4.8	5.7	6.2	6.1	5.1	3.9	2.5	2.0	1.2

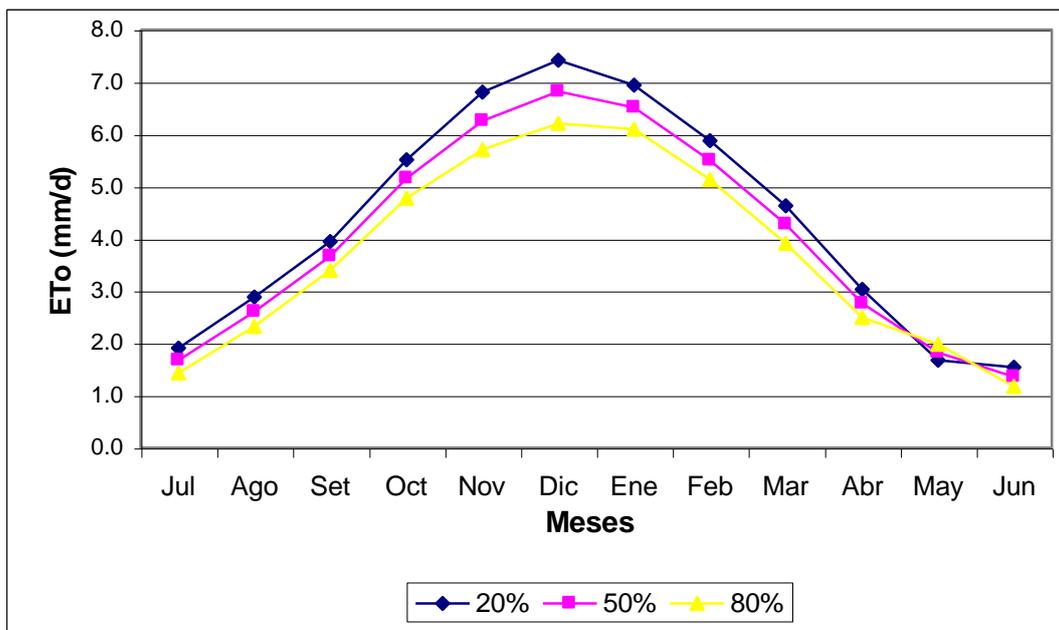


Figura 2: Valores de ETo (mm/día) para distintas probabilidades de ocurrencia. Estación General Alvear.

Tabla 6: Estación Malargüe. Valores de ETo (mm/día) para distintas probabilidades de ocurrencia.

Prob/Mes	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abrl	May	Jun
20%	1.2	1.8	2.6	4.0	5.1	5.9	5.6	4.8	3.2	2.0	1.4	1.4
50%	1.0	1.6	2.5	3.7	4.8	5.4	5.4	4.5	3.0	1.8	1.2	1.0
80%	0.8	1.5	2.3	3.4	4.5	4.9	5.1	4.1	2.8	1.7	1.0	0.7

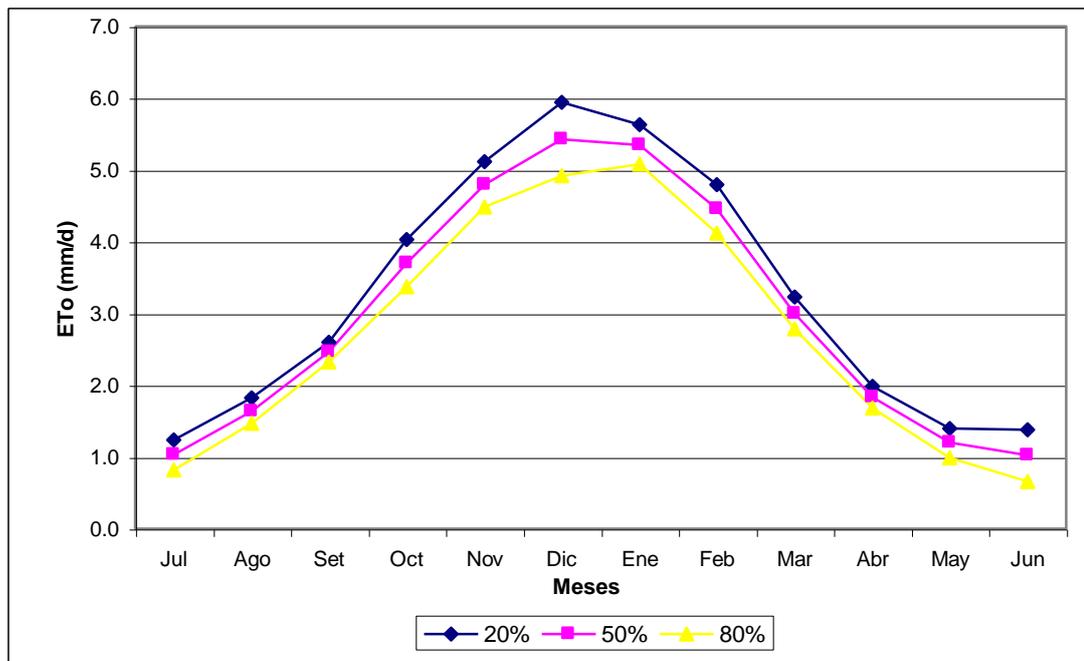


Figura 3: Valores de ETo (mm/día) para distintas probabilidades de ocurrencia. Estación Malargüe.

Tabla 7: Valores de ETo (mm/día) para 50% de probabilidad de ocurrencia y para las 3 estaciones meteorológicas

Estación	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abrl	May	Jun
San Rafael	1.3	2.0	2.9	4.0	5.1	5.6	5.8	4.9	3.5	2.3	1.5	1.2
Gral Alvear	1.7	2.6	3.7	5.2	6.3	6.8	6.5	5.5	4.3	2.8	1.8	1.4
Malargüe	1.0	1.6	2.5	3.7	4.8	5.4	5.4	4.5	3.0	1.8	1.2	1.0

El paso siguiente de la metodología de FAO (Allen y otros, 1998) fue calcular la evapotranspiración máxima del cultivo (ETc) en condiciones agronómicas óptimas. Para ello se utilizó la probabilidad de ocurrencia del 50% de ETo (tabla 7). Se obtuvieron valores de ETc para los distintos cultivos y para cada una de las 3 estaciones meteorológicas analizadas.

Con los datos mensuales de lluvia registrados en cada una de las estaciones meteorológicas y aplicando la ecuación (5) se determinó la lluvia efectiva, para el cálculo de las necesidades netas.

Las tablas 8 a10 presentan los valores de ETc obtenidos para los cultivos seleccionados y para cada una de las 3 estaciones meteorológicas del área para un año climático medio (50% de probabilidad de ocurrencia de ETo). Una vez obtenidos los valores de ETc y de precipitación efectiva (ppe) se calculan por diferencia las necesidades netas de riego (Nn) para cada cultivo (Nn

= $ET_c - ppe$). En este caso se utilizaron probabilidades de ocurrencia de la precipitación del 80, 50 y 20% correspondientes a un año seco, medio y húmedo respectivamente.

Tabla 8: Estación San Rafael. Evapotranspiración de los cultivos para una probabilidad de ocurrencia del 50% (mm/mes)

Cultivo/mes	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Ajo	28.0	45.7	78.9	116.0	127.0					38.6	25.2	21.4
Álamo	17.5	35.6	90.8	163.1	199.4	213.6	197.3	162.9	99.7	44.6	15.8	13.4
Alfalfa	23.7	54.5	95.5	127.1	151.5	162.3	150.0	124.3	86.1	39.0	15.8	13.4
Colza	44.6	78.2	115.8	151.7	70.9					24.8	22.7	26.7
Duraznero	17.5	31.0	61.8	103.7	142.6	153.8	142.1	114.1	76.8	46.0	15.8	13.4
Espárrago	17.5	27.2	55.9	111.8	151.5	162.3	150.0	124.3	85.2	38.9	15.8	13.4
Girasol				61.6	135.4	196.1	179.0	116.2	1.7			
Olivo	28.8	45.6	68.6	92.9	111.6	119.6	110.5	91.6	68.1	45.5	25.6	21.7
Peral	17.5	31.7	64.6	109.6	150.7	162.3	150.0	119.7	80.5	48.2	15.8	13.4
Soja				61.5	160.9	196.2	172.0	46.6				
Vid	17.5	29.7	53.0	82.6	110.4	119.6	110.5	91.2	59.3	31.6	15.8	13.4

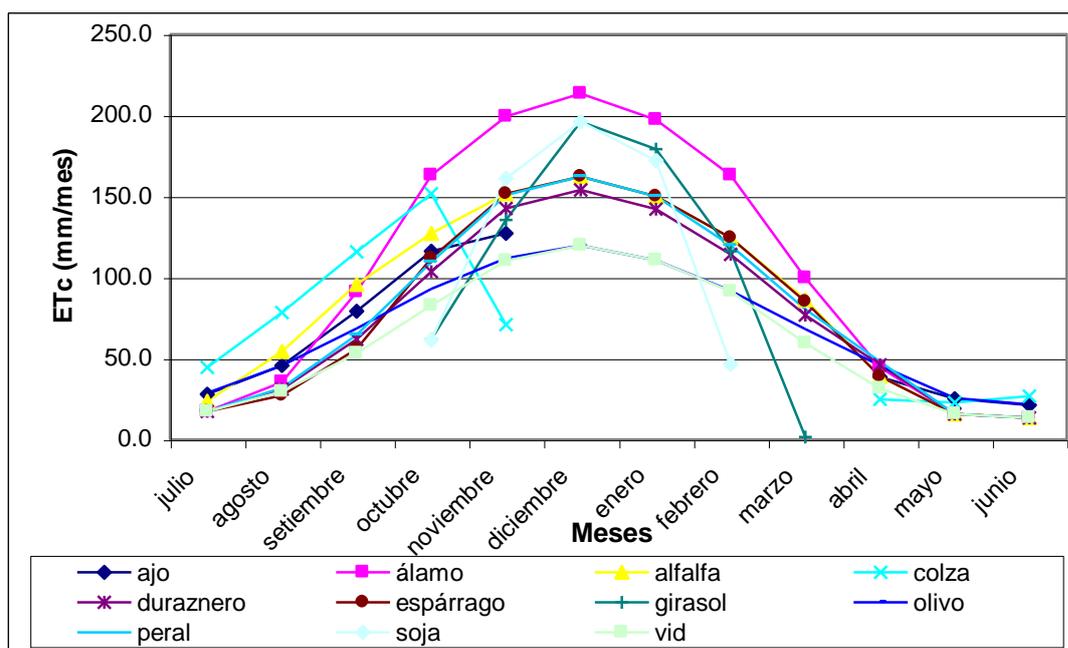


Figura 4: Valores de evapotranspiración de los cultivos, para una probabilidad de ocurrencia de ETo del 50%. Estación San Rafael

Tabla 9: Estación Gral Alvear. Evapotranspiración de los cultivos para una probabilidad de ocurrencia del 50 % (mm/mes)

Cultivo/mes	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Ajo	37.3	60.0	101.1	144.8	154.7					45.0	30.3	27.6
Álamo	23.3	46.6	116.2	203.6	242.6	253.1	231.5	189.8	115.5	51.7	19.0	17.2
Alfalfa	31.6	71.5	122.3	158.8	184.4	192.4	175.9	144.8	99.7	45.2	19.0	17.2
Colza	59.3	102.6	148.3	189.5	86.8					30.0	27.4	34.4
Duraznero	23.3	40.7	79.1	129.5	173.5	182.3	166.7	132.8	88.9	53.3	19.0	17.2
Espárrago	23.3	35.8	71.5	139.6	184.4	192.4	175.9	144.8	98.6	45.2	19.0	17.2
Girasol				76.8	164.1	232.0	209.9	135.2				
Olivo	38.3	59.8	87.9	116.0	135.9	141.8	129.6	106.7	78.8	52.8	30.8	28.0
Peral	23.3	41.6	82.6	136.8	183.4	192.4	175.9	139.4	93.2	55.9	19.0	17.2
Soja				76.6	195.0	232.2	201.7	54.3				
Vid	23.3	39.0	67.9	103.2	134.4	141.8	129.6	106.2	68.7	36.6	19.0	17.2

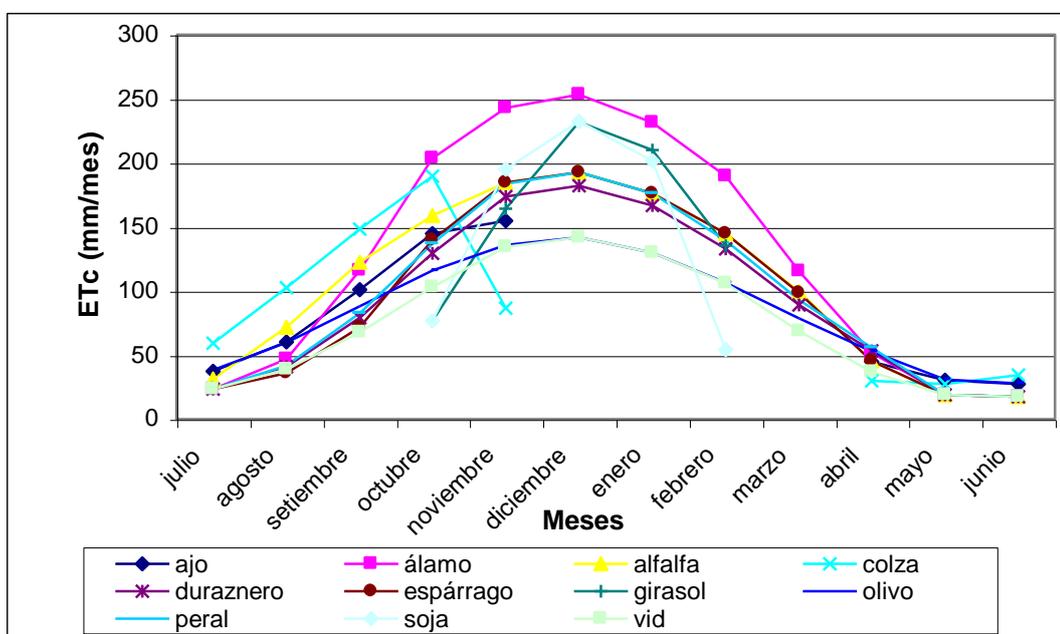


Figura 5: Valores de evapotranspiración de los cultivos en Gral Alvear, para una probabilidad de ocurrencia de ETo del 50%

Tabla 10: Estación Malargüe. Evapotranspiración de los cultivos para una probabilidad de 50 % (mm/mes)

Cultivo/mes	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Ajo	22.8	40.2	72.0	107.6	119.0					31.3	18.9	15.9
Alfalfa	19.4	48.0	87.0	117.9	142.0	152.9	139.1	112.1	74.8	32.1	11.8	9.9
Orégano	17.8	32.1	55.3	83.1	104.6	112.7	102.5	82.6	55.3	30.1	14.8	12.4
Papa semilla			48.7	120.1	174.1	170.0	41.1					

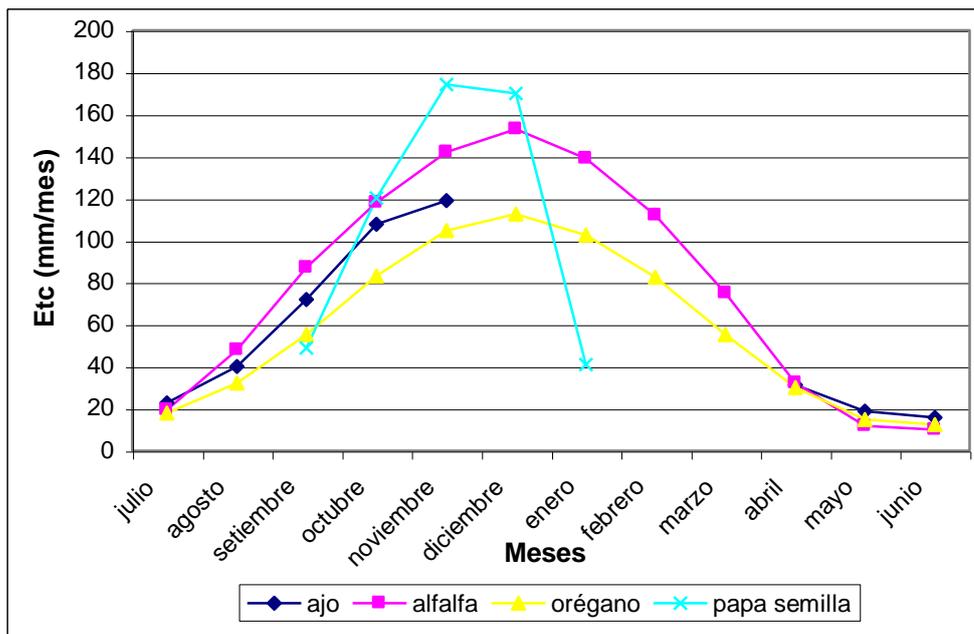


Figura 6: Valores de evapotranspiración de los cultivos, para una probabilidad de ocurrencia de ETo del 50%. Estación Malargüe.

Las tablas 11 a 13 presentan las necesidades netas de riego de los cultivos en forma individual, considerando una probabilidad de ocurrencia del 50% de la evapotranspiración de los cultivos y una probabilidad de ocurrencia de la precipitación del 20, 50 y 80 %.

Tabla 11: Necesidades netas de agua de los cultivos (en mm). San Rafael

Prob.	Cultivo/mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
20%	Ajo				22.4	16.5	7.0	13.9	14.1	46.6	73.4	72.3	
	Álamo	121.9	99.3	61.1	23.0	7.1	0.0	3.4	3.9	58.4	120.5	142.7	149.8
	Alfalfa	74.6	60.7	47.5	17.4	7.1	0.0	9.6	22.9	63.2	84.6	94.8	98.5
	Colza				8.5	14.0	12.3	30.4	46.5	83.4	109.1	34.3	
	Duraznero	66.7	50.5	38.2	24.4	7.1	0.0	3.4	0.0	29.5	61.2	85.9	90.0
	Espárrago	74.6	60.7	46.6	17.4	7.1	0.0	3.4	0.0	23.6	69.3	94.8	98.5
	Girasol	103.2	55.2	0.1							17.6	77.6	131.5
	Olivo	35.1	28.0	29.5	23.9	16.9	7.4	14.6	13.9	36.3	50.3	54.9	55.8
	Peral	74.6	56.1	41.9	26.6	7.1	0.0	3.4	0.1	32.2	67.0	94.0	98.5
	Soja	96.2	12.5								17.5	103.1	131.6
	Vid	35.1	27.6	20.7	10.0	7.1	0.0	3.4	0.0	20.7	40.1	53.7	55.8
50%	Ajo				38.6	25.2	21.4	28.0	36.4	65.5	107.2	95.6	
	Álamo	164.6	124.2	93.1	44.6	15.8	13.4	17.5	26.3	77.3	154.4	166.7	181.8
	Alfalfa	117.3	85.6	79.4	39.0	15.8	13.4	23.7	45.2	82.0	118.4	118.9	130.5
	Colza				24.8	22.7	26.7	44.6	68.9	102.3	142.9	50.4	
	Duraznero	109.4	75.3	70.1	46.0	15.8	13.4	17.5	21.7	48.3	95.0	109.9	122.0
	Espárrago	117.3	85.6	78.5	38.9	15.8	13.4	17.5	18.0	42.4	103.1	118.9	130.5
	Girasol	144.4	79.7	1.1							50.4	101.6	165.5
	Olivo	77.8	52.9	61.4	45.5	25.6	21.7	28.8	36.3	55.2	84.2	79.0	87.8
	Peral	117.3	81.0	73.8	48.2	15.8	13.4	17.5	22.5	51.1	100.9	118.0	130.5
	Soja	137.4	25.5								50.3	127.1	165.6
	Vid	77.8	52.4	52.6	31.6	15.8	13.4	17.5	20.4	39.5	73.9	77.8	87.8
80%	Ajo				38.6	25.2	21.4	28.0	45.7	78.9	116.0	127.0	
	Álamo	197.3	162.9	99.7	44.6	15.8	13.4	17.5	35.6	90.8	163.1	199.4	213.6
	Alfalfa	150.0	124.3	86.1	39.0	15.8	13.4	23.7	54.5	95.5	127.1	151.5	162.3
	Colza				24.8	22.7	26.7	44.6	78.2	115.8	151.7	70.9	
	Duraznero	142.1	114.1	76.8	46.0	15.8	13.4	17.5	31.0	61.8	103.7	142.6	153.8
	Espárrago	150.0	124.3	85.2	38.9	15.8	13.4	17.5	27.2	55.9	111.8	151.5	162.3
	Girasol	179.0	116.2	1.7							61.6	135.4	196.1
	Olivo	110.5	91.6	68.1	45.5	25.6	21.7	28.8	45.6	68.6	92.9	111.6	119.6
	Peral	150.0	119.7	80.5	48.2	15.8	13.4	17.5	31.7	64.6	109.6	150.7	162.3
	Soja	172.0	46.6								61.5	160.9	196.2
	Vid	110.5	91.2	59.3	31.6	15.8	13.4	17.5	29.7	53.0	82.6	110.4	119.6

Tabla 12: Necesidades netas de agua de los cultivos (en mm).Gral Alvear

Prob.	Cultivo/mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
20%	Ajo				27.1	13.9	8.6	25.9	33.2	75.1	110.4	107.2	
	Álamo	160.1	120.6	67.0	27.9	2.5	0.0	11.9	19.8	90.2	169.1	193.2	193.4
	Alfalfa	104.6	75.7	51.2	21.5	2.5	0.0	20.2	44.7	96.3	124.3	135.0	132.7
	Colza				11.0	10.9	15.4	48.0	75.8	122.3	155.0	55.4	
	Duraznero	95.3	63.7	40.5	29.6	2.5	0.0	11.9	13.9	53.1	95.1	124.1	122.6
	Espárrago	104.6	75.7	50.1	21.4	2.5	0.0	11.9	8.9	45.5	105.1	135.0	132.7
	Girasol	137.6	67.7								40.9	113.3	171.5
	Olivo	58.3	37.6	30.3	29.0	14.3	9.0	26.9	33.0	61.9	81.6	86.5	82.1
	Peral	104.6	70.3	44.7	32.1	2.5	0.0	11.9	14.8	56.7	102.3	134.0	132.7
	Soja	129.5	18.4								40.7	144.3	171.6
	Vid	58.3	37.0	20.2	12.9	2.5	0.0	11.9	12.2	41.9	68.7	85.0	82.1
50%	Ajo				32.8	30.3	27.6	37.3	52.0	89.0	138.9	127.2	
	Álamo	200.1	158.6	86.7	35.3	19.0	17.2	23.3	38.7	104.1	197.7	214.0	220.2
	Alfalfa	144.5	113.6	70.9	28.9	19.0	17.2	31.6	63.5	110.2	152.8	155.8	159.4
	Colza				16.7	27.4	34.4	59.3	94.6	136.2	183.5	69.8	
	Duraznero	135.2	101.6	60.2	37.0	19.0	17.2	23.3	32.7	67.0	123.6	144.9	149.3
	Espárrago	144.5	113.6	69.8	28.8	19.0	17.2	23.3	27.8	59.4	133.7	155.8	159.4
	Girasol	178.3	104.2	0.9							69.0	133.7	199.6
	Olivo	98.2	75.5	50.0	36.4	30.8	28.0	38.3	51.9	75.8	110.1	107.3	108.8
	Peral	144.5	108.2	64.4	39.5	19.0	17.2	23.3	33.6	70.6	130.9	154.7	159.4
	Soja	170.2	38.5								68.8	164.7	199.7
	Vid	98.2	75.0	39.9	20.3	19.0	17.2	23.3	31.0	55.8	97.3	105.7	108.7
80%	Ajo				37.6	30.3	27.6	37.3	60.0	101.0	144.8	154.6	
	Álamo	231.5	189.8	108.5	41.8	19.0	17.2	23.3	46.6	116.2	203.6	242.6	253.1
	Alfalfa	175.9	144.8	92.7	35.3	19.0	17.2	31.6	71.5	122.3	158.8	184.4	192.4
	Colza				21.5	27.4	34.4	59.3	102.6	148.3	189.5	86.8	
	Duraznero	166.7	132.8	82.0	43.4	19.0	17.2	23.3	40.7	79.1	129.5	173.5	182.3
	Espárrago	175.9	144.8	91.6	35.2	19.0	17.2	23.3	35.8	71.5	139.6	184.4	192.4
	Girasol	209.9	135.2	1.9							76.8	164.1	232.0
	Olivo	129.6	106.7	71.8	42.9	30.8	28.0	38.3	59.8	87.9	116.0	135.9	141.8
	Peral	175.9	139.4	86.2	45.9	19.0	17.2	23.3	41.6	82.6	136.7	183.3	192.3
	Soja	201.7	54.3								76.6	195.0	232.2
	Vid	129.6	106.1	61.7	26.7	19.0	17.2	23.3	39.0	67.9	103.1	134.3	141.7

Tabla 13: Necesidades netas de agua de los cultivos (en mm). Malargüe

Prob.	Cultivo/mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
20%	Ajo				0.0	0.0	0.0	0.0	14.4	61.4	100.3	95.5	
	Alfalfa	95.5	73.5	40.3	0.0	0.0	0.0	0.0	22.2	76.5	110.7	117.6	116.3
	Orégano	58.9	44.1	20.8	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	44.8	75.8	80.2	76.1
	Papa	26.3								39.7	111.1	148.3	132.0
50%	Ajo				22.2	0.0	0.0	5.3	40.2	72.0	107.6	112.1	
	Alfalfa	121.2	96.0	74.8	25.7	0.0	0.0	1.8	48.0	87.0	117.9	134.5	134.3
	Orégano	84.6	66.6	55.3	23.7	0.0	0.0	0.3	32.1	55.3	83.1	97.1	94.0
	Papa	35.7								48.7	120.1	164.6	151.7
80%	Ajo				31.3	18.9	15.9	22.8	40.2	72.0	107.6	119.0	
	Alfalfa	139.1	112.1	74.8	32.1	11.8	9.9	19.4	48.0	87.0	117.9	142.0	152.9
	Orégano	102.5	82.6	55.3	30.1	14.8	12.4	17.8	32.1	55.3	83.1	104.6	112.7
	Papa	41.1								48.7	120.1	174.1	170.0

CONCLUSIONES

Disponer de esta información permite un manejo más eficiente del riego a nivel parcelario, ya que se tienen en cuenta las necesidades de cada cultivo para obtener su máximo rendimiento, como así también realizar una planificación racional del uso del agua.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen R.G., Pereira L. S., Raes D. y Smith M.** 1998. *Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements*. FAO, Irrigation and drainage paper: 56. Rome - Italy.
- Ayers, R.S. y D.W. Westcot.** (1976). *Water quality for Agriculture*. FAO. Irrigation and Drainage Paper # 29. Rome, Italy.
- Doorenbos J. and Kassan A. H.** 1979. Yield response to water. FAO, Irrigation and drainage paper: 33. Rome - Italy.
- FAO,** 1974. Precipitación efectiva. Documento de riego y drenaje: 25. Roma – Italia.
- Eaglin R.D.** 1998. Método de probabilidad Stormwater Management and Design Aid. SMADA 6.26 for Windows. USA.
- Morabito J.** 2002. *Desempeño del riego por superficie en el área de riego del río Mendoza. Eficiencia actual y potencial. Parámetros de riego y recomendaciones para un mejor aprovechamiento agrícola en un marco sustentable*. TESIS para optar al grado de Magister Scientiae. UNCuyo-INA-INTA. Mendoza Argentina
- Morábito J., Martínez Tívoli J., Manzanera M., Salatino S., Mirábile C., Ibañez G.** 2001. Determinación de escenarios de demanda de riego en el área dominada por el río Mendoza. Informe de avance n° 1. INA – CRA, Mendoza - Argentina.
- José A. Morábito, Jorge Martínez Tívoli, Santa E. Salatino y Carlos M. Mirábile.** 2002. *Necesidades de riego en el área de influencia del Río Mendoza*. Instituto Nacional del Agua – Centro Regional Andino y Fca – UNCuyo
- Oriolani M.J.C.** 1981. Requerimiento hídricos de los cultivos principales de Mendoza. Resultados experimentales. INTA – EEA de Mendoza – Argentina.
- Servicio Meteorológico Nacional.** *Estadística climatológica*. Buenos Aires. Argentina
- Smith, M.** 1999. *Cropwat 4 Windows version 4.3*. FAO. Italia.