

## Estimación práctica de las necesidades hídricas de Olivos en el Valle de Azapa



**Luis Felipe Román O.**

*Ing. Agrónomo, M. Sc., INIA Ururi*

**Alexis Villablanca F.**

*Ing. Agrónomo, INIA Ururi*

**Evelyn Cajías A.**

*Ing. Agrónomo, INIA Ururi*

**Alejandro Antúnez B.**

*Ing. Agrónomo, Ph.D., INIA La Platina*

La estimación de las necesidades hídricas en olivo está asociada a factores climáticos, del huerto, del diseño del sistema de riego, de los emisores, de la época del año, entre otros, los que complican frecuentemente su cálculo.

Por otra parte, la información meteorológica local es un factor relevante para estimar las necesidades hídricas, encontrándose sólo a través de una página de internet para la ciudad de Arica, condición que dificulta el acceso para muchos agricultores, técnicos y público en general.

Con este objetivo se desarrolló esta cartilla, que pretende entregar al productor, una forma rápida, simple y didáctica la estimación de las necesidades hídricas en olivo a través de tablas, con el fin de estimar la cantidad de agua a reponer de manera simplificada.

### ESTIMACION DE EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO (ET<sub>c</sub>)

Para estimar la evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>) en olivos, se requiere conocer la temperatura de la zona, para tener una estimación de la **evapotranspiración de referencia**. (ET<sub>o</sub>). Esta información se recoge del día anterior, a través de las estaciones meteorológicas automáticas (EMA's), distribuidas a lo largo del valle de Azapa. De acuerdo con los registros de la EMA que administra INIA en el Km 19 del valle de Azapa, las temperaturas medias en verano e invierno son 21 y 13,8 °C respectivamente.

Con los valores de temperatura máxima y mínima del día, se genera el Cuadro 1, que entrega un valor calculado de evapotranspiración de referencia media anual. Si bien existen variadas metodologías para determinar la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) como Penman-Monteith, Thornthwaite, entre otros, para el desarrollo de esta cartilla se utilizó el modelo de cálculo de **Hargreaves** para la ET<sub>o</sub> media diaria (Allen *et al.*, 1998).



Cuadro 1. Valores de evapotranspiración de referencia media anual (mm/día) según temperatura máxima y mínima.

|                           |    | Temperatura máxima diaria |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------|----|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                           |    | 15                        | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | 25   | 26   | 27   | 28   | 29   | 30   | 31   | 32   | 33   | 34   | 35   |
| Temperatura mínima diaria | 5  | 2.85                      | 3.04 | 3.24 | 3.43 | 3.62 | 3.81 | 4.00 | 4.18 | 4.38 | 4.57 | 4.76 | 4.95 | 5.14 | 5.33 | 5.53 | 5.72 | 5.92 | 6.12 | 6.32 | 6.51 | 6.71 |
|                           | 6  | 2.75                      | 2.95 | 3.15 | 3.35 | 3.54 | 3.74 | 3.93 | 4.12 | 4.32 | 4.51 | 4.71 | 4.90 | 5.10 | 5.29 | 5.49 | 5.69 | 5.89 | 6.09 | 6.29 | 6.49 | 6.69 |
|                           | 7  | 2.64                      | 2.85 | 3.06 | 3.26 | 3.46 | 3.66 | 3.86 | 4.06 | 4.25 | 4.45 | 4.65 | 4.85 | 5.05 | 5.25 | 5.45 | 5.65 | 5.85 | 6.05 | 6.25 | 6.45 | 6.66 |
|                           | 8  | 2.51                      | 2.73 | 2.95 | 3.16 | 3.37 | 3.57 | 3.78 | 3.98 | 4.18 | 4.38 | 4.59 | 4.79 | 4.99 | 5.19 | 5.39 | 5.60 | 5.80 | 6.01 | 6.21 | 6.42 | 6.62 |
|                           | 9  | 2.37                      | 2.60 | 2.82 | 3.05 | 3.26 | 3.47 | 3.68 | 3.89 | 4.10 | 4.31 | 4.51 | 4.72 | 4.93 | 5.13 | 5.34 | 5.54 | 5.75 | 5.96 | 6.16 | 6.37 | 6.58 |
|                           | 10 | 2.20                      | 2.45 | 2.69 | 2.92 | 3.14 | 3.36 | 3.58 | 3.80 | 4.01 | 4.22 | 4.43 | 4.64 | 4.85 | 5.06 | 5.27 | 5.48 | 5.69 | 5.90 | 6.11 | 6.32 | 6.54 |
|                           | 11 | 2.00                      | 2.27 | 2.53 | 2.77 | 3.01 | 3.24 | 3.47 | 3.69 | 3.91 | 4.13 | 4.34 | 4.56 | 4.77 | 4.99 | 5.20 | 5.41 | 5.63 | 5.84 | 6.05 | 6.27 | 6.48 |
|                           | 12 | 1.76                      | 2.06 | 2.34 | 2.61 | 2.86 | 3.10 | 3.34 | 3.57 | 3.80 | 4.02 | 4.24 | 4.47 | 4.69 | 4.90 | 5.12 | 5.34 | 5.56 | 5.77 | 5.99 | 6.21 | 6.42 |
|                           | 13 | 1.46                      | 1.81 | 2.13 | 2.41 | 2.68 | 2.94 | 3.19 | 3.43 | 3.67 | 3.90 | 4.13 | 4.36 | 4.59 | 4.81 | 5.03 | 5.26 | 5.48 | 5.70 | 5.92 | 6.14 | 6.36 |
|                           | 14 | 1.05                      | 1.50 | 1.87 | 2.19 | 2.49 | 2.76 | 3.03 | 3.28 | 3.53 | 3.77 | 4.01 | 4.25 | 4.48 | 4.71 | 4.94 | 5.16 | 5.39 | 5.61 | 5.84 | 6.06 | 6.29 |
|                           | 15 |                           | 1.08 | 1.55 | 1.93 | 2.26 | 2.56 | 2.84 | 3.11 | 3.38 | 3.63 | 3.88 | 4.12 | 4.36 | 4.60 | 4.83 | 5.06 | 5.29 | 5.52 | 5.75 | 5.98 | 6.21 |
|                           | 16 |                           |      | 1.11 | 1.60 | 1.98 | 2.32 | 2.63 | 2.92 | 3.20 | 3.47 | 3.73 | 3.98 | 4.23 | 4.47 | 4.71 | 4.95 | 5.19 | 5.42 | 5.66 | 5.89 | 6.12 |
|                           | 17 |                           |      |      | 1.14 | 1.64 | 2.04 | 2.39 | 2.70 | 3.00 | 3.29 | 3.56 | 3.82 | 4.08 | 4.34 | 4.58 | 4.83 | 5.07 | 5.31 | 5.55 | 5.79 | 6.03 |
|                           | 18 |                           |      |      |      | 1.18 | 1.69 | 2.10 | 2.45 | 2.78 | 3.08 | 3.37 | 3.65 | 3.92 | 4.18 | 4.44 | 4.70 | 4.95 | 5.19 | 5.44 | 5.68 | 5.92 |
|                           | 19 |                           |      |      |      |      | 1.21 | 1.73 | 2.15 | 2.52 | 2.85 | 3.16 | 3.46 | 3.74 | 4.02 | 4.29 | 4.55 | 4.81 | 5.06 | 5.32 | 5.56 | 5.81 |
|                           | 20 |                           |      |      |      |      |      | 1.24 | 1.78 | 2.21 | 2.58 | 2.92 | 3.24 | 3.54 | 3.83 | 4.12 | 4.39 | 4.66 | 4.92 | 5.18 | 5.44 | 5.69 |

El cuadro anterior relaciona la temperatura máxima y mínima diaria para obtener el valor de ET<sub>o</sub> media anual. Por ejemplo, si un día se pronostica 15°C de mínima y una máxima de 25°C, el valor de ET<sub>o</sub> medio anual es de 3,88 mm ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>.

Cuadro 2. Valores de evapotranspiración media mensual del cultivo de olivo en el Valle de Azapa (ET<sub>c</sub> mes).

| ET <sub>o</sub> medio anual | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|-----------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| 1,00                        | 0,60  | 0,62    | 0,63  | 0,58  | 0,46 | 0,36  | 0,31  | 0,41   | 0,56       | 0,69    | 0,69      | 0,65      |
| 1,25                        | 0,75  | 0,77    | 0,79  | 0,72  | 0,57 | 0,44  | 0,39  | 0,52   | 0,70       | 0,86    | 0,86      | 0,81      |
| 1,50                        | 0,91  | 0,93    | 0,95  | 0,86  | 0,69 | 0,53  | 0,46  | 0,62   | 0,84       | 1,03    | 1,03      | 0,97      |
| 1,75                        | 1,06  | 1,08    | 1,10  | 1,01  | 0,80 | 0,62  | 0,54  | 0,72   | 0,98       | 1,20    | 1,21      | 1,13      |
| 2,00                        | 1,21  | 1,23    | 1,26  | 1,15  | 0,92 | 0,71  | 0,62  | 0,82   | 1,12       | 1,38    | 1,38      | 1,29      |
| 2,25                        | 1,36  | 1,39    | 1,42  | 1,30  | 1,03 | 0,80  | 0,69  | 0,93   | 1,26       | 1,55    | 1,55      | 1,46      |
| 2,50                        | 1,51  | 1,54    | 1,58  | 1,44  | 1,15 | 0,89  | 0,77  | 1,03   | 1,40       | 1,72    | 1,72      | 1,62      |
| 2,75                        | 1,66  | 1,70    | 1,73  | 1,59  | 1,26 | 0,98  | 0,85  | 1,13   | 1,54       | 1,89    | 1,90      | 1,78      |
| 3,00                        | 1,81  | 1,85    | 1,89  | 1,73  | 1,38 | 1,07  | 0,93  | 1,24   | 1,68       | 2,07    | 2,07      | 1,94      |
| 3,25                        | 1,96  | 2,01    | 2,05  | 1,87  | 1,49 | 1,15  | 1,00  | 1,34   | 1,82       | 2,24    | 2,24      | 2,10      |
| 3,50                        | 2,11  | 2,16    | 2,21  | 2,02  | 1,61 | 1,24  | 1,08  | 1,44   | 1,95       | 2,41    | 2,41      | 2,26      |
| 3,75                        | 2,26  | 2,31    | 2,37  | 2,16  | 1,72 | 1,33  | 1,16  | 1,55   | 2,09       | 2,58    | 2,58      | 2,43      |
| 4,00                        | 2,41  | 2,47    | 2,52  | 2,31  | 1,84 | 1,42  | 1,24  | 1,65   | 2,23       | 2,75    | 2,76      | 2,59      |
| 4,25                        | 2,57  | 2,62    | 2,68  | 2,45  | 1,95 | 1,51  | 1,31  | 1,75   | 2,37       | 2,93    | 2,93      | 2,75      |
| 4,50                        | 2,72  | 2,78    | 2,84  | 2,59  | 2,07 | 1,60  | 1,39  | 1,86   | 2,51       | 3,10    | 3,10      | 2,91      |
| 4,75                        | 2,87  | 2,93    | 3,00  | 2,74  | 2,18 | 1,69  | 1,47  | 1,96   | 2,65       | 3,27    | 3,27      | 3,07      |
| 5,00                        | 3,02  | 3,09    | 3,15  | 2,88  | 2,30 | 1,78  | 1,54  | 2,06   | 2,79       | 3,44    | 3,45      | 3,23      |
| 5,25                        | 3,17  | 3,24    | 3,31  | 3,03  | 2,41 | 1,87  | 1,62  | 2,16   | 2,93       | 3,61    | 3,62      | 3,40      |
| 5,50                        | 3,32  | 3,39    | 3,47  | 3,17  | 2,52 | 1,95  | 1,70  | 2,27   | 3,07       | 3,79    | 3,79      | 3,56      |
| 5,75                        | 3,47  | 3,55    | 3,63  | 3,32  | 2,64 | 2,04  | 1,78  | 2,37   | 3,21       | 3,96    | 3,96      | 3,72      |
| 6,00                        | 3,62  | 3,70    | 3,78  | 3,46  | 2,75 | 2,13  | 1,85  | 2,47   | 3,35       | 4,13    | 4,13      | 3,88      |
| 6,25                        | 3,77  | 3,86    | 3,94  | 3,60  | 2,87 | 2,22  | 1,93  | 2,58   | 3,49       | 4,30    | 4,31      | 4,04      |
| 6,5                         | 3,92  | 4,01    | 4,10  | 3,75  | 2,98 | 2,31  | 2,01  | 2,68   | 3,63       | 4,47    | 4,48      | 4,20      |
| 6,75                        | 4,07  | 4,16    | 4,26  | 3,89  | 3,10 | 2,40  | 2,08  | 2,78   | 3,77       | 4,65    | 4,65      | 4,37      |
| 7,00                        | 4,22  | 4,32    | 4,42  | 4,04  | 3,21 | 2,49  | 2,16  | 2,89   | 3,91       | 4,82    | 4,82      | 4,53      |

El siguiente paso consiste en obtener el detalle mensual de la ET<sub>c</sub> del olivo en el Valle de Azapa. Este nuevo valor se calculó al considerar el coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>) y la variación de la radiación extraterrestre (R<sub>a</sub>) necesarias para estimar ET<sub>o</sub> según Hargreaves.

De acuerdo al Cuadro 2, en las filas se ubica la ET<sub>o</sub> media anual y en las columnas se busca el mes. En el ejemplo, el valor de 3,88 mm/día se corrige para el mes de **diciembre**.

Al no coincidir este valor, se interpola por medio de una proporción entre los dos valores de la tabla. Por lo tanto la ET<sub>c</sub> media para diciembre de olivos en el Valle de Azapa, puede estimarse de acuerdo a:

| ET <sub>o</sub> medio mensual | Diciembre |
|-------------------------------|-----------|
| 3,75                          | 2,43      |
| 3,88                          | ×         |
| 4,00                          | 2,59      |

$$X = 2,59 - \frac{(4,00 - 3,88) \times (2,59 - 2,43)}{(4,00 - 3,75)} = 2,51 \left[ \frac{\text{mm}}{\text{ha-día}} \right]$$

Posterior a la corrección por mes, se aplican las variables que afectan directamente la evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ) en el huerto establecido, como son: la **superficie cubierta por la copa de los árboles** y la **edad del huerto** (Barranco *et al.*, 2008).

La superficie cubierta está dada por el **radio de la copa del árbol** y el **marco de plantación**. Como la edad del árbol está muy relacionada con el diámetro de la copa se categoriza según la edad del árbol por escala etaria del Cuadro 3.

Conociendo la escala etaria del olivar, se calcula el marco de plantación y la cantidad de árboles por hectárea. En el ejemplo, se dispone de un marco de plantación de  $9 \times 7$  (m) con árboles de **20 años**, equivalentes a **158 árboles en plena producción**.

Cuadro 2. Escala etaria de edad del olivo por años

| Etapa del árbol        | Edad (años) |
|------------------------|-------------|
| Juvenil                | 3-7         |
| Comienzo de producción | 7-20        |
| Plena Producción       | 20-50       |
| Adulto                 | 50 ó +      |

Cuadro 3. Valores de evapotranspiración de cultivo medio mensual ( $ET_c$  huerto) corregido por edad del árbol y densidad de plantas por hectárea.

| Edad              | Densidad | ETo mes |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|-------------------|----------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
|                   |          | 0.20    | 0.40 | 0.60 | 0.80 | 1.00 | 1.20 | 1.40 | 1.60 | 1.80 | 2.00 | 2.20 | 2.40 | 2.60 | 2.80 | 3.00 | 3.20 | 3.40 | 3.60 | 3.80 | 4.00 | 4.20 | 4.40 | 4.60 | 4.80  | 5.00 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| Juvenil           | 50       | 0.01    | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.08 | 0.09 | 0.09 | 0.10 | 0.11 | 0.11 | 0.12 | 0.13 | 0.14 | 0.15 | 0.16 | 0.17  | 0.18 | 0.19 | 0.20 | 0.21 | 0.22 | 0.23 | 0.24 | 0.25 | 0.26 | 0.28 | 0.29 | 0.30 | 0.31 |  |
|                   | 75       | 0.01    | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.08 | 0.09 | 0.10 | 0.11 | 0.13 | 0.14 | 0.15 | 0.16 | 0.18 | 0.19 | 0.20 | 0.21 | 0.23 | 0.24 | 0.25 | 0.26  | 0.28 | 0.29 | 0.30 | 0.31 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|                   | 100      | 0.01    | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.08 | 0.09 | 0.10 | 0.11 | 0.13 | 0.14 | 0.15 | 0.16 | 0.18 | 0.19 | 0.20 | 0.21 | 0.23 | 0.24 | 0.25 | 0.26 | 0.28 | 0.30 | 0.32  | 0.34 | 0.36 | 0.38 | 0.40 | 0.41 | 0.43 | 0.45 | 0.47 |      |      |      |      |      |  |
|                   | 125      | 0.02    | 0.03 | 0.05 | 0.06 | 0.08 | 0.09 | 0.11 | 0.13 | 0.14 | 0.16 | 0.17 | 0.19 | 0.20 | 0.22 | 0.24 | 0.25 | 0.26 | 0.28 | 0.30 | 0.32 | 0.34 | 0.36 | 0.38 | 0.40  | 0.41 | 0.43 | 0.45 | 0.47 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|                   | 150      | 0.02    | 0.04 | 0.06 | 0.08 | 0.09 | 0.11 | 0.13 | 0.15 | 0.17 | 0.19 | 0.21 | 0.23 | 0.25 | 0.26 | 0.28 | 0.30 | 0.32 | 0.34 | 0.36 | 0.38 | 0.40 | 0.41 | 0.43 | 0.45  | 0.47 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|                   | 175      | 0.02    | 0.04 | 0.07 | 0.09 | 0.11 | 0.13 | 0.15 | 0.18 | 0.20 | 0.22 | 0.24 | 0.26 | 0.29 | 0.31 | 0.33 | 0.35 | 0.37 | 0.40 | 0.42 | 0.44 | 0.46 | 0.48 | 0.51 | 0.53  | 0.55 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 200               | 0.03     | 0.05    | 0.08 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.18 | 0.20 | 0.23 | 0.25 | 0.28 | 0.30 | 0.33 | 0.35 | 0.38 | 0.40 | 0.43 | 0.45 | 0.48 | 0.50 | 0.53 | 0.55 | 0.58 | 0.60 | 0.63  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| Inicio Producción | 50       | 0.03    | 0.05 | 0.08 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.18 | 0.20 | 0.23 | 0.25 | 0.28 | 0.30 | 0.33 | 0.35 | 0.38 | 0.40 | 0.43 | 0.45 | 0.48 | 0.50 | 0.53 | 0.55 | 0.58 | 0.60  | 0.63 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|                   | 75       | 0.04    | 0.08 | 0.11 | 0.15 | 0.19 | 0.23 | 0.26 | 0.30 | 0.34 | 0.38 | 0.41 | 0.45 | 0.49 | 0.53 | 0.57 | 0.60 | 0.64 | 0.68 | 0.72 | 0.75 | 0.79 | 0.83 | 0.87 | 0.90  | 0.94 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|                   | 100      | 0.05    | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.45 | 0.50 | 0.55 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 0.96 | 1.01 | 1.06 | 1.11 | 1.16 | 1.21  | 1.26 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|                   | 125      | 0.06    | 0.13 | 0.19 | 0.25 | 0.31 | 0.38 | 0.44 | 0.50 | 0.57 | 0.63 | 0.69 | 0.75 | 0.82 | 0.88 | 0.94 | 1.01 | 1.07 | 1.13 | 1.19 | 1.26 | 1.32 | 1.38 | 1.45 | 1.51  | 1.57 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|                   | 150      | 0.08    | 0.15 | 0.23 | 0.30 | 0.38 | 0.45 | 0.53 | 0.60 | 0.68 | 0.75 | 0.83 | 0.90 | 0.98 | 1.06 | 1.13 | 1.21 | 1.28 | 1.36 | 1.43 | 1.51 | 1.58 | 1.66 | 1.73 | 1.81  | 1.88 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|                   | 175      | 0.09    | 0.18 | 0.26 | 0.35 | 0.44 | 0.53 | 0.62 | 0.70 | 0.79 | 0.88 | 0.97 | 1.06 | 1.14 | 1.23 | 1.32 | 1.41 | 1.50 | 1.58 | 1.67 | 1.76 | 1.85 | 1.94 | 2.02 | 2.11  | 2.20 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 200               | 0.10     | 0.20    | 0.30 | 0.40 | 0.50 | 0.60 | 0.70 | 0.80 | 0.90 | 1.01 | 1.11 | 1.21 | 1.31 | 1.41 | 1.51 | 1.61 | 1.71 | 1.81 | 1.91 | 2.01 | 2.11 | 2.21 | 2.31 | 2.41 | 2.51  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| Plena Producción  | 50       | 0.06    | 0.11 | 0.17 | 0.23 | 0.28 | 0.34 | 0.40 | 0.45 | 0.51 | 0.57 | 0.62 | 0.68 | 0.74 | 0.79 | 0.85 | 0.90 | 0.96 | 1.02 | 1.07 | 1.13 | 1.19 | 1.24 | 1.30 | 1.36  | 1.41 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|                   | 75       | 0.08    | 0.17 | 0.25 | 0.34 | 0.42 | 0.51 | 0.59 | 0.68 | 0.76 | 0.85 | 0.93 | 1.02 | 1.10 | 1.19 | 1.27 | 1.36 | 1.44 | 1.53 | 1.61 | 1.70 | 1.78 | 1.87 | 1.95 | 2.04  | 2.12 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|                   | 100      | 0.11    | 0.23 | 0.34 | 0.45 | 0.57 | 0.68 | 0.79 | 0.90 | 1.02 | 1.13 | 1.24 | 1.36 | 1.47 | 1.58 | 1.70 | 1.81 | 1.92 | 2.04 | 2.15 | 2.26 | 2.38 | 2.49 | 2.60 | 2.71  | 2.83 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|                   | 125      | 0.14    | 0.28 | 0.42 | 0.57 | 0.71 | 0.85 | 0.99 | 1.13 | 1.27 | 1.41 | 1.56 | 1.70 | 1.84 | 1.98 | 2.12 | 2.26 | 2.40 | 2.54 | 2.69 | 2.83 | 2.97 | 3.11 | 3.25 | 3.39  | 3.53 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|                   | 150      | 0.17    | 0.34 | 0.51 | 0.68 | 0.85 | 1.02 | 1.19 | 1.36 | 1.53 | 1.70 | 1.87 | 2.04 | 2.21 | 2.38 | 2.54 | 2.71 | 2.88 | 3.05 | 3.22 | 3.39 | 3.56 | 3.73 | 3.90 | 4.07  | 4.24 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|                   | 175      | 0.20    | 0.40 | 0.59 | 0.79 | 0.99 | 1.19 | 1.39 | 1.58 | 1.78 | 1.98 | 2.18 | 2.38 | 2.57 | 2.77 | 2.97 | 3.17 | 3.36 | 3.56 | 3.76 | 3.96 | 4.16 | 4.35 | 4.55 | 4.75  | 4.95 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 200               | 0.23     | 0.45    | 0.68 | 0.90 | 1.13 | 1.36 | 1.58 | 1.81 | 2.04 | 2.26 | 2.49 | 2.71 | 2.94 | 3.17 | 3.39 | 3.62 | 3.85 | 4.07 | 4.30 | 4.52 | 4.75 | 4.98 | 5.20 | 5.43 | 5.65  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| Adulto            | 50       | 0.10    | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.50 | 0.60 | 0.70 | 0.80 | 0.90 | 1.01 | 1.11 | 1.21 | 1.31 | 1.41 | 1.51 | 1.61 | 1.71 | 1.81 | 1.91 | 2.01 | 2.11 | 2.21 | 2.31 | 2.41  | 2.51 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|                   | 75       | 0.15    | 0.30 | 0.45 | 0.60 | 0.75 | 0.90 | 1.06 | 1.21 | 1.36 | 1.51 | 1.66 | 1.81 | 1.96 | 2.11 | 2.26 | 2.41 | 2.56 | 2.71 | 2.87 | 3.02 | 3.17 | 3.32 | 3.47 | 3.62  | 3.77 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|                   | 100      | 0.20    | 0.40 | 0.60 | 0.80 | 1.01 | 1.21 | 1.41 | 1.61 | 1.81 | 2.01 | 2.21 | 2.41 | 2.61 | 2.81 | 3.02 | 3.22 | 3.42 | 3.62 | 3.82 | 4.02 | 4.22 | 4.42 | 4.62 | 4.83  | 5.03 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|                   | 125      | 0.25    | 0.50 | 0.75 | 1.01 | 1.26 | 1.51 | 1.76 | 2.01 | 2.26 | 2.51 | 2.76 | 3.02 | 3.27 | 3.52 | 3.77 | 4.02 | 4.27 | 4.52 | 4.78 | 5.03 | 5.28 | 5.53 | 5.78 | 6.03  | 6.28 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|                   | 150      | 0.30    | 0.60 | 0.90 | 1.21 | 1.51 | 1.81 | 2.11 | 2.41 | 2.71 | 3.02 | 3.32 | 3.62 | 3.92 | 4.22 | 4.52 | 4.83 | 5.13 | 5.43 | 5.73 | 6.03 | 6.33 | 6.64 | 6.94 | 7.24  | 7.54 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|                   | 175      | 0.35    | 0.70 | 1.06 | 1.41 | 1.76 | 2.11 | 2.46 | 2.81 | 3.17 | 3.52 | 3.87 | 4.22 | 4.57 | 4.93 | 5.28 | 5.63 | 5.98 | 6.33 | 6.69 | 7.04 | 7.39 | 7.74 | 8.09 | 8.44  | 8.80 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 200               | 0.40     | 0.80    | 1.21 | 1.61 | 2.01 | 2.41 | 2.81 | 3.22 | 3.62 | 4.02 | 4.42 | 4.83 | 5.23 | 5.63 | 6.03 | 6.43 | 6.84 | 7.24 | 7.64 | 8.04 | 8.44 | 8.85 | 9.25 | 9.65 | 10.05 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |

En el Cuadro 4 se dispone en columnas el valor de  $ET_c$  mes de  $2,51 \text{ mm ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ . Como este valor no se encuentra, se ajusta al valor más cercano, que es  $2,6 \text{ mm ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ . Luego, en la primera fila se encuentra la condición etaria del árbol (**Plena producción**) y en la segunda fila se ubica la densidad de árboles por hectárea (**150 y 175**), rango en donde se encuentran los **158 árboles** del ejemplo.

De esta forma, la  $ET_c$  corregida por huerto para diciembre de olivos en el Valle de Azapa es:

| Densidad arboles | $ET_c$ mes |
|------------------|------------|
| 150              | 2,6        |
| 158              | 2,21       |
| 175              | 2,57       |

$$X = 2,57 - \frac{(175 - 158) \times (2,57 - 2,21)}{(175 - 150)} = 2,33 \left[ \frac{\text{mm}}{\text{ha-día}} \right]$$

Una vez corregida la  $ET_c$  por las características del huerto, se procede a corregir por efecto del **sistema de riego** implementado: riego por surcos o microaspersión.

Para corregir de acuerdo al sistema de riego, en el Cuadro 5, el valor de  $ET_c$  **huerto** se encuentra en las filas y en las columnas el sistema de riego. El valor que obtenemos de la tabla es la **cantidad de agua por día**, utilizada en el riego.

En el ejemplo, se corregirá para riego por microaspersión.

Así, la **cantidad de agua a aplicar** es:

| $ET_c$<br>huerto | Microaspersión |
|------------------|----------------|
| 2,25             | 26,47          |
| 2,33             | ×              |
| 2,50             | 29,41          |

$$X = 29,41 - \frac{(2,50 - 2,33) \times (29,41 - 26,47)}{(2,50 - 2,25)} = 27,41 \left[ \frac{m^3}{ha \cdot día} \right]$$

La cantidad de agua a aplicar por planta en litros es:

$$Agua \ a \ aplicar = \frac{27,41}{158} \times 1000 = 173,5 \left[ \frac{lt}{planta \cdot día} \right]$$

Luego se requiere calcular el tiempo de riego. Suponiendo que el predio cultivo tiene un caudal disponible de **8 (L/s)**, el **tiempo de riego por hectárea** en minutos es:

$$TR (ha) = \frac{27,41}{8} \times 16,67 = 57,11 \left[ \frac{min}{ha \cdot día} \right]$$

**Es necesario indicar que esta cartilla representa una primera aproximación para estimar las necesidades hídricas del olivo, sin embargo cualquiera de los otros métodos puede ser utilizado en este caso.**

Cuadro 4. Cantidad de agua a aplicar  $m^3 \ ha^{-1} \ día^{-1}$

| $ET_c$<br>huerto | Surco  | Microaspersión |
|------------------|--------|----------------|
| 0,25             | 5,56   | 2,94           |
| 0,50             | 11,11  | 5,88           |
| 0,75             | 16,67  | 8,82           |
| 1,00             | 22,22  | 11,76          |
| 1,25             | 27,78  | 14,71          |
| 1,50             | 33,33  | 17,65          |
| 1,75             | 38,89  | 20,59          |
| 2,00             | 44,44  | 23,53          |
| 2,25             | 50,00  | 26,47          |
| 2,50             | 55,56  | 29,41          |
| 2,75             | 61,11  | 32,35          |
| 3,00             | 66,67  | 35,29          |
| 3,25             | 72,22  | 38,24          |
| 3,50             | 77,78  | 41,18          |
| 3,75             | 83,33  | 44,12          |
| 4,00             | 88,89  | 47,06          |
| 4,25             | 94,44  | 50,00          |
| 4,50             | 100,00 | 52,94          |
| 4,75             | 105,56 | 55,88          |
| 5,00             | 111,11 | 58,82          |
| 5,25             | 116,67 | 61,76          |
| 5,50             | 122,22 | 64,71          |
| 5,75             | 127,78 | 67,65          |
| 6,00             | 133,33 | 70,59          |
| 6,25             | 138,89 | 73,53          |
| 6,50             | 144,44 | 76,47          |
| 6,75             | 150,00 | 79,41          |
| 7,00             | 155,56 | 82,35          |
| 7,25             | 161,11 | 85,29          |
| 7,50             | 166,67 | 88,24          |
| 7,75             | 172,22 | 91,18          |
| 8,00             | 177,78 | 94,12          |
| 8,25             | 183,33 | 97,06          |
| 8,50             | 188,89 | 100,00         |
| 8,75             | 194,44 | 102,94         |
| 9,00             | 200,00 | 105,88         |
| 9,25             | 205,56 | 108,82         |
| 9,50             | 211,11 | 111,76         |
| 9,75             | 216,67 | 114,71         |
| 10,00            | 222,22 | 117,65         |
| 10,25            | 227,78 | 120,59         |

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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. 300 p.

Barranco D., Fernández-Escobar R. y Rallo L. 2008. El cultivo del olivo, Madrid. 846 p.

**Permitida la reproducción del contenido de esta publicación, citando la fuente y el autor**

INIA-URURI, Magallanes 1865, Arica, Región de Arica y Parinacota, Chile. Teléfono (58) 313676