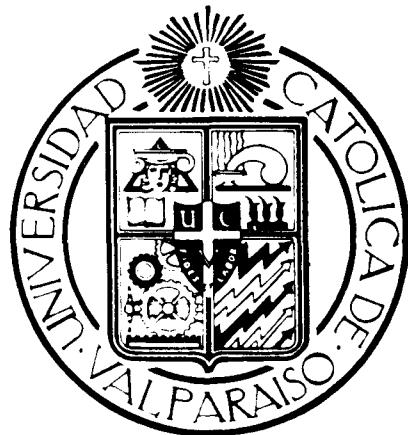


UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO
FACULTAD DE AGRONOMIA

AREA DE HORTICULTURA



**EFECTO DEL METODO DE CALCULO DE LA TEMPERATURA MEDIA
DEL AIRE EN LAS ESTIMACIONES
DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (ET₀)**

TATIANA EUGENIA CANTUARIAS AVILES

**QUILLOTA CHILE
1993**

INDICE DE MATERIAS

	Página
1. INTRODUCCION	1
1.1. Planteamiento del problema e hipótesis de trabajo	1
1.2. Objetivos	13
2. MATERIALES Y METODOS	15
2.1. Descripción de los datos meteorológicos	15
2.2. Cálculo de la temperatura media diurna del aire (TD)	18
2.3. Desarrollo de un modelo de estimación de la temperatura media diurna del aire (TD'). a partir de las temperaturas máxima y mínima diarias	22
2.4. Estimación de la temperatura media diurna (TD') a partir de los registros de temperaturas máximas y mínimas diarias existentes en la localidad de Davis	25
2.5. Estimación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) para la localidad de Davis mediante la fórmula modificada de PENMAN, utilizando la temperatura media diurna estimada (TD')	27
2.6. Estimación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) para la localidad de Davis mediante la fórmula modificada de PENMAN, utilizando la temperatura media diaria (Tm)	34
2.7. Estimación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) para la localidad de Davis mediante la fórmula modificada de BLANEY - CRIDDLE, utilizando la temperatura media diurna estimada (TD')	42
2.8. Estimación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) para la localidad de Davis mediante la fórmula modifi-	45

ficada de BLANEY - CRIDDLE, utilizando la la temperatura media diaria (T_m)	
2.9. Estimación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET ₀) para la loca- lidad de Davis mediante la fórmula modi- ficada de MAKKINK, utilizando la tempe- ratura media diurna estimada (TD')	47
2.10. Estimación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET ₀) para la loca- lidad de Davis mediante la fórmula modi- ficada de MAKKINK, utilizando la tempe- ratura media diaria (T_m)	50
2.11. Análisis del efecto del método de cálculo de la temperatura media del aire sobre la estimación de ET ₀ mediante la fórmula modificada de PENMAN, para la localidad de Davis	53
2.12. Análisis del efecto del método de cálculo de la temperatura media del aire sobre la estimación de ET ₀ mediante la fórmula modificada de BLANEY - CRIDDLE, para la localidad de Davis	55
2.13. Análisis del efecto del método de cálculo de la temperatura media del aire sobre la estimación de ET ₀ mediante la fórmula modificada de MAKKINK, para la localidad de Davis	57
 3. RESULTADOS	60
3.1. Cálculo de la temperatura media diurna del aire (TD)	60
3.2. Modelo estimativo de la temperatura media diurna (TD') a partir de las temperatu- ras máximas y mínimas diarias registradas en la estación aerometeorológica de Qui- llota durante el periodo 1988-1989	62
3.3. Valores estimados de temperatura media diurna (TD') a partir de los registros de temperaturas máximas y mínimas diarias existentes en la estación de Davis duran- te el periodo 1965-1971	64

3.4. Valores de ETo estimados mediante la fórmula modificada de PENMAN para la localidad de Davis, utilizando la temperatura media diurna estimada (TD') durante el periodo 1965-1971	65
3.5. Valores de ETo estimados mediante la fórmula modificada de PENMAN para la localidad de Davis, utilizando la temperatura media diaria (T_m) durante el periodo 1965-1971	66
3.6. Valores de ETo estimados mediante la fórmula modificada de BLANEY-CRIDDLE para la localidad de Davis, utilizando la temperatura media diurna estimada (TD') durante el periodo 1965-1971	66
3.7. Valores de ETo estimados mediante la fórmula modificada de BLANEY-CRIDDLE para la localidad de Davis, utilizando la temperatura media diaria (T_m) durante el periodo 1965-1971	67
3.8. Valores de ETo estimados mediante la fórmula modificada de MAKKINK para la localidad de Davis, utilizando la temperatura media diurna estimada (TD') durante el periodo 1965-1971	68
3.9. Valores de ETo estimados mediante la fórmula modificada de MAKKINK para la localidad de Davis, utilizando la temperatura media diaria (T_m) durante el periodo 1965-1971	69
3.10. Análisis del efecto del método de cálculo de la temperatura media sobre la estimación de ETo mediante la fórmula modificada de PENMAN para la localidad de Davis	69
3.11. Análisis del efecto del método de cálculo de la temperatura media sobre la estimación de ETo mediante la fórmula modificada de BLANEY - CRIDDLE para la localidad de Davis	72
3.12. Análisis del efecto del método de cálculo de la temperatura media sobre la estimación de ETo mediante la fórmula modificada	76

4. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS	80
4.1. Cálculo de la temperatura media diurna del aire	80
4.2. Estimación de la temperatura media diurna a partir de los registros de temperaturas máximas y mínimas diarias existentes en la estación agrometeorológica de Davis durante el período 1965-1971	81
4.3. Efecto del método de cálculo de la temperatura media del aire sobre la estimación de ET ₀ mediante la fórmula modificada de PENMAN para la localidad de Davis	84
4.4. Efecto del método de cálculo de la temperatura media del aire sobre la estimación de ET ₀ mediante la fórmula modificada de BLANEY-CRIDDLE para la localidad de Davis	90
4.5. Efecto del método de cálculo de la temperatura media del aire sobre la estimación de ET ₀ mediante la fórmula modificada de MAKKINK para la localidad de Davis	96
5. CONCLUSIONES	103
6. RESUMEN	106
7. LITERATURA CITADA	108

ANEXO I

- Ejemplo de cálculo de la Evapotranspiración del Cultivo de Referencia (ET₀).
— Método de PENMAN modificado.
— Método de BLANEY Y CRIDDLE, modificado por DOORENBOS Y PRUITT.
— Método de la radiación de MAKKINK, modificado por DOORENBOS Y PRUITT.

Estimación de la Evapotranspiración Real
del Cultivo (ET_a) a partir de ET₀.

Cálculo de la duración de la fase
diurna (LD).

Corrección de las temperaturas regis-
tradas por el termógrafo.

ANEXO II

Cuadros y Figuras

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1. Descripción general de la Estación Agrometeorológica de Quillota. 16

CUADRO 2. Descripción general de la Estación Agrometeorológica de Davis. 17

1. INTRODUCCION

1.1. Planteamiento del problema e hipótesis de trabajo:

La evaluación de los requerimientos hídricos de los cultivos es de vital importancia para la producción agrícola.

Se entiende por requerimiento hídrico de un cultivo a la altura de agua necesaria para satisfacer la pérdida de agua debida a la evapotranspiración de éste. Este valor es máximo valor cuando el cultivo crece sano, sobre una superficie extensa, sin estar sometido a limitaciones de suelo, agua o fertilidad,udiendo así alcanzar todo su potencial de producción bajo un determinado ambiente de crecimiento (DOORENBOS y PRUITT, 1977).

El estudio de los requerimientos hídricos de los cultivos está asociado principalmente al concepto de evapotranspiración, que corresponde al proceso mediante el cual el agua es transferida desde la superficie de la tierra hacia la atmósfera y refleja la cantidad de agua que es realmente utilizada por el sistema suelo-planta (JENSEN, 1974 citado por VAUX y PRUITT, 1983). Esta definición involucra al agua acumulada en el suelo que es transpirada por la planta y al agua que es evaporada desde la superficie del suelo (VAUX y PRUITT, 1983).

Por consiguiente, la cuantificación de las necesidades hidráticas de un cultivo queda determinada por la magnitud de la evapotranspiración de dicho cultivo, definida como evapotranspiración real o ET_a (Anexo I).

La evapotranspiración real de un cultivo en particular (ET_a) es estimada a partir de la evapotranspiración de un cultivo de referencia (ET_o). Este cultivo de referencia es definido por DOORENBOS y PRUITT (1977) como una superficie extensa, de 8 a 15 centímetros de cubierta vegetal alta de gramíneas verdes, de crecimiento vigoroso y uniforme, que se desarrolla en buenas condiciones sanitarias, sobre un suelo sin limitaciones de humedad ni fertilidad.

Existen dos tipos de procedimientos que permiten determinar la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o): métodos de medición directa de la ET_o y métodos indirectos, estimativos de ET_o (ESPILDORA et al., 1975).

Los métodos cuantitativos o directos de determinación de la ET_o, se basan en balances hídricos del sistema suelo-agua-planta, en los que se llevan registros cuidadosos y sistemáticos de los aportes de agua y de los cambios en el contenido de humedad del suelo. Entre estos métodos directos de cuantificación de la ET_o, destaca el uso del lisímetro, que corresponde a un estanque rectangular o cilíndrico que encierra una columna de suelo, en lo posible no perturbado, y

donde se hacen crecer las plantas. El agua que cae dentro del lisímetro se infiltra y la percolación se recolecta en el fondo, donde es conducida a través de una pequeña cañería hasta un pozo de recolección y medición. Además pueden determinarse finas variaciones en el peso del lisímetro mediante una balanza de precisión conectada a él. De esta manera se puede determinar la ETo del cultivo que crece dentro del lisímetro, al hacer un balance de los ingresos de agua al sistema - por aporte de lluvias y riego - y los egresos hídricos - producidos por percolación -, considerando las respectivas correcciones por efecto de las variaciones de la humedad del suelo.

Si bien la utilización del lisímetro permite una determinación casi exacta de la magnitud de la ETo, su principal desventaja radica en su poca adaptabilidad práctica a las condiciones bajo las que comúnmente se desarrollan los cultivos agrícolas en el campo. Generalmente, la instalación de lisímetros resulta costosa y se requiere de bastante tiempo y de mediciones continuas y sistemáticas para llegar a resultados concluyentes (ESPILDORA et al., 1975). Además, las mediciones del lisímetro se hacen a partir de un cultivo que crece bajo condiciones óptimas, es decir, sin estar sometido a stress hidrónico, déficit de fertilizantes, ni problemas de plagas o enfermedades asociados, lo que no corresponde a las condiciones normales bajo las que se desarrolla un cultivo en

el campo (BURMAN, CUENCA y WEISS, 1983).

Los inconvenientes antes señalados que presenta el uso del lisímetro, han llevado a muchos investigadores a desarrollar métodos indirectos de determinación de la ETo, basados en ecuaciones empíricas y semi-empíricas, que relacionan las condiciones ambientales predominantes y la evapotranspiración de un cultivo, cuando no existe restricción de humedad en el suelo (DIAZ, 1988).

Entre los modelos empíricos de estimación de ETo propuestos por diversos autores, los de mayor utilización en la actualidad corresponden a las versiones modificadas por DOORENBOS y PRUITT (1977), de las fórmulas originalmente propuestas por PENMAN (1948), BLANEY - CRIDDLE (1967) y MAKKINK (1957) (Anexo I).

Estos métodos utilizan ciertas variables meteorológicas básicas las que, junto a otras características edáficas y propias de las comunidades vegetales, determinan el flujo total de vapor de agua en el sistema suelo-planta y por lo tanto, resultan útiles para estimar la cantidad total de agua perdida, es decir, la evapotranspiración de un cultivo (SALGADO, 1985).

Estos métodos estimativos de ETo fueron calibrados por DOORENBOS y PRUITT (1977) utilizando datos correspondientes a

mediciones de lisímetros y registros climáticos provenientes de diversas localidades de todo el mundo, con distintas condiciones geográficas y climáticas. Por lo tanto, es lógico asumir que, cuando no se dispone de mediciones del consumo de agua en una determinada localidad, estos métodos tendrán las mayores probabilidades de proporcionar estimaciones más exactas de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET₀) (BURMAN, CUENCA y WEISS, 1983).

Sin embargo, si bien dichos modelos son considerados como herramientas útiles para la estimación de ET₀ y han permitido trabajar con la evaluación de los requerimientos hídricos de los cultivos en forma relativamente cómoda, aún persisten muchas interrogantes y se reconocen en ellos serias limitaciones, dada la incapacidad de la ciencia agronómica actual para comprender el sistema biológico de un vegetal en su cabalidad (KANEMASU, 1985).

Una limitación fundamental de la aplicabilidad de los modelos empíricos estimativos de ET₀, se deriva de que cada una de las fórmulas ha sido desarrollada y calibrada originalmente en una región agroclimática determinada, y por tanto, no permitirá una buena estimación de ET₀ si se aplica en zonas con condiciones climáticas diferentes a las de la región para la cual se desarrolló inicialmente (KANEMASU, 1985). Es así como los diversos métodos tienden frecuentemente

mente a sub o sobreestimar el valor de ETo, cuando son aplicados en otras localidades. El error que se introduce sobre esta variable es, en general, igual o superior al 10% para los distintos métodos estimativos, observándose incluso errores de hasta un 100%, cuando se han comparado las estimaciones de ETo entreteadas por estos métodos con las mediciones directas proporcionadas por lisímetros (BURMAN, CUENCA y WEISS, 1983; COHEN, 1990)*.

No existe ningún método para estimar ETo, que utilice datos de variables meteorológicas y que tenga un comportamiento igualmente satisfactorio para las distintas regiones climáticas mundiales. Por esta razón, los métodos estimativos deben ser calibrados localmente, en base a la medición del consumo de agua del cultivo en una determinada región (JENSEN, 1974 citado por BURMAN, CUENCA y WEISS, 1983).

Cuando no se realizan las calibraciones locales, estos métodos empíricos están sujetos a inexactitudes, principalmente para períodos cortos de tiempo, por ejemplo, cuando se hacen estimaciones diarias. Para períodos más largos (10 días a un mes), es factible desarrollar procedimientos computacionales que permitan un ingreso diario de datos meteorológicos a las fórmulas empíricas, lo que

* COHEN, Y. Ing. Agr. Ph.D. 1990. The Volcani Center, Bet-Dagan. Comunicación personal.

mejora la precisión de las estimaciones así obtenidas (BURMAN, CUENCA y WEISS, 1983).

La importancia agronómica de contar con valores de ETo fidedignos y representativos de las condiciones locales de cada región, queda de manifiesto cuando se analizan las graves consecuencias que tiene una mala estimación del requerimiento hídrico de un cultivo. Por ejemplo, cuando el diseño de un sistema de riego está basado en valores subestimados de ETo, se produce un déficit hídrico para cada periodo de riego, ya que se aplica menos agua que la realmente requerida por el cultivo.

Este déficit, que obliga a la planta a responder con una evapotranspiración menor a la óptima durante el periodo de cultivo, se traducirá en un rendimiento final inferior al rendimiento máximo posible.

Por otro lado, la sobreirrigación producida por calendarios de riego basados en valores de ETo sobreestimados, también puede producir un déficit de rendimiento, debido a los efectos detrimetales de la pobre aireación existente en la zona radicular de una planta que crece en un suelo con un exceso de agua (BURMAN, CUENCA y WEISS, 1983).

Las consideraciones anteriores permiten apreciar las

ventajas agronómicas y económicas, regionales y locales, que se derivan de la utilización de un estimador adecuado del requerimiento de agua de un cultivo para efectos del diseño y calendarización del riego.

Para el estudio de la evapotranspiración, existen ciertas variables climatológicas que proporcionan la información básica para el desarrollo de las fórmulas asociadas a los diferentes métodos estimativos de ETo. Entre tales variables, pueden citarse como principales a la temperatura del aire, la humedad relativa, la velocidad del viento, la radiación solar, la lluvia y la evaporación (DOORENBOS, 1978; COHEN, 1990)*.

Estas variables meteorológicas están estrechamente vinculadas con dos procesos fundamentales de los vegetales: la transpiración y la fotosíntesis. Ambos eventos a su vez, están intimamente relacionados entre sí, y se han correlacionado exitosamente con la evapotranspiración y el rendimiento del cultivo, respectivamente (KANEMASU, 1985). Además, existen numerosas investigaciones que establecen un fuerte apoyo a la hipótesis de que el rendimiento y la evapotranspiración del cultivo están asociadas linealmente

* COHEN, Y. Ing. Agr. Ph.D. 1990. The Volcani Center, Bet-Dagan. Comunicación personal.

(CUENCA et al., 1978; FACI y FERERES, 1980; HANKS, 1974; HANKS y HILL, 1980; HANKS y RETTA, 1980; STEWART et al. 1977; PRUITT et al. 1980; NEGHAGSI et al. 1975; SAMMIS, 1980, citados por VAUX y PRUITT, 1983).

Por consiguiente, el empleo adecuado de estadísticas completas y confiables de dichas variables meteorológicas, es de fundamental importancia para obtener estimaciones representativas de la evapotranspiración de un cultivo, a través de los modelos empíricos anteriormente mencionados.

Entre las variables meteorológicas citadas, la temperatura del aire es un factor climático extremadamente relevante para los procesos biológicos. En términos de crecimiento y desarrollo de la planta, el ciclo de las temperaturas diurnas es más importante que el ciclo regular estacional o que los efectos aleatorios del tiempo, especialmente en zonas áridas y semiáridas (MONTEITH, 1977 citado por BURMAN, CUENCA y WEISS, 1983).

La temperatura del aire en un día sufre muchas modificaciones por las diferentes alturas que adquiere el sol, por el paso de nubes, el cambio de la dirección del viento, etc. (DE FINA y RAVELO, 1985). Esto produce una variación de la temperatura del aire en la superficie terrestre a lo largo del día, como resultado de una serie de complejos procesos de intercambio energético, los que

incluyen el calentamiento solar durante el dia y el enfriamiento durante la noche (OKE, 1978, citado por BURMAN, CUENCA y WEISS, 1983). Esta variación sistemática de la temperatura ambiental durante el dia debe ser considerada al introducir la temperatura del aire a las fórmulas empíricas que permiten estimar la ETo (WANN, YEN y GOLD, 1985).

Los modelos empíricos de estimación de ETo mencionados, incluyen invariablemente a la temperatura diaria del aire dentro de las ecuaciones asociadas a cada uno. En el caso del modelo de BLANEY-CRIDDLE, la temperatura aparece en forma explícita en la fórmula de ETo, mientras que en los modelos de PENMAN y MAKKINK su efecto se expresa a través del coeficiente W incluido en ambas fórmulas, el que se define como un factor de ponderación relacionado con la temperatura. En la ecuación modificada de PENMAN, la temperatura media del aire afecta además, al valor que alcanzan el déficit hidrométrico y la radiación neta de onda larga (Anexo I).

Los tres modelos empíricos establecen el uso de la temperatura promedio del aire para el cálculo de ETo. En todos ellos, se define como temperatura media diaria del aire a la semisuma de las temperaturas máxima y mínima diarias, con lo que se otorga igual ponderación a ambas medidas.

Habitualmente, en las zonas áridas y semiáridas la temperatura máxima diaria ocurre en el periodo diurno, el que

se define como el periodo comprendido entre la salida del sol y la puesta del sol (WANN, YEN y GOLD, 1985).

La temperatura minima diaria en cambio, está más asociada al periodo nocturno y generalmente ocurre unas horas antes o después del amanecer (PARTON y LOGAN, 1981).

Esto indica que, al promediar ambos valores extremos para obtener la temperatura media diaria del aire, las ponderaciones de los efectos del día y de la noche sobre la temperatura media diaria son aproximadamente iguales.

Por otra parte, en la investigación científica de los efectos de la temperatura del aire sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, se establece una distinción entre el efecto de las temperaturas diurnas y el de las temperaturas que ocurren en el periodo nocturno (DE KONING, 1988). Por ejemplo, el fenómeno de evapotranspiración se asocia fundamentalmente a la fase diurna, con excepción de las plantas que poseen un metabolismo crasuláceo (CAM), las que mantienen sus estomas cerrados durante el dia y abiertos durante la noche (NOBEL, 1970, citado por SALGADO, 1985).

Estas consideraciones permiten cuestionar la conveniencia del cálculo de la temperatura media diaria del aire a partir del simple promedio de las temperaturas máximas y mínimas diarias, particularmente cuando el valor de

temperatura media así obtenida va a ser utilizado para estimar la ET₀ y por consiguiente, el requerimiento hidrico de un cultivo.

Por lo tanto, no existen evidencias satisfactoriamente claras que justifiquen el que los principales métodos empíricos estimativos de ET₀, de conocida aceptación mundial, utilicen un procedimiento de cálculo de la temperatura media diaria que no es completamente representativo de las condiciones bajo las cuales se desarrolla el fenómeno de evapotranspiración en el sistema suelo-planta.

Las investigaciones más recientes realizadas en varias especies vegetales, indican que el crecimiento de las plantas está determinado por el efecto integral de la temperatura a lo largo del día (KRUG y LIEBIG, 1980; COCKSHULL, HAND y LANGTON, 1981; SLACK y HAND, 1983; SCHARPF y HENDRIKS, 1986; VAN DEN BERG, 1987; LINVILL, 1990).

Sin embargo, si se considera que la evapotranspiración es un fenómeno asociado principalmente a la fase diurna, es decir, al periodo de tiempo comprendido entre la salida y la puesta del sol, es posible por consiguiente establecer que las temperaturas ambientales registradas durante la fase diurna son las más determinativas del proceso evapotranspiratorio.

En consecuencia, al estudiar la posibilidad de desarrollar una metodología de cálculo de la temperatura media del aire que permita una mejor estimación empírica de ETo, surge la alternativa de utilizar un promedio de las temperaturas registradas durante la fase diurna, en reemplazo del promedio de las temperaturas máximas y mínimas diarias que es utilizado actualmente en los modelos empíricos de ETo.

Este procedimiento de cálculo de la temperatura media del aire requiere de la existencia de registros continuos de las temperaturas durante el periodo diurno, lo que es posible en aquellas estaciones meteorológicas que cuenten con un termógrafo, instrumento que registra la temperatura continuamente.

Considerando además que la mayoría de las estaciones meteorológicas cuentan comúnmente con mediciones de las temperaturas máximas y mínimas diarias, es conveniente desarrollar un método que estime la temperatura media diurna del aire en base a estos valores extremos, los que son más frecuentemente incluidos en los registros locales de las estaciones meteorológicas de las diferentes zonas agroclimáticas.

1.2. Objetivos:

El objetivo general de esta investigación fue analizar

el impacto que sufre la ETo, estimada mediante las fórmulas de PENMAN, BLANEY-CRIDDLE y MAKKINK corregidas por DOORENBOS y PRUITT (1977), al utilizar la temperatura media diurna, en reemplazo de la temperatura media diaria que se incluye en los tres modelos estimativos de ETo antes mencionados.

Como segundo objetivo se planteó el desarrollo de un modelo matemático para estimar la temperatura media diurna, en base a los valores de temperatura máximas y mínimas diarias. Para el desarrollo de este modelo estimativo de la temperatura media diurna, se utilizaron los registros de temperaturas máximas, mínimas y medias-diurnas recolectados desde una estación meteorológica, durante un periodo de dos años.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 Descripción de los datos meteorológicos:

Para los propósitos de este estudio, se seleccionaron las observaciones de temperatura del aire registradas en la estación agrometeorológica de la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso, ubicada en la localidad de La Palma, Provincia de Quillota, Chile. Se dispuso de un conjunto de datos comprendidos entre los años 1988 y 1989, que corresponden a mediciones de temperatura del aire cada 60 minutos.

Desde el punto de vista agrícola, el clima de Quillota se considera como mediterráneo (INIA, 1989). En el Cuadro 1 se describen la ubicación y las características de la estación agrometeorológica de Quillota, desde la cual se obtuvo el primer conjunto de datos considerados en este estudio.

En la Figura 1 y Cuadro 34 del Anexo II se incluyen respectivamente, un diagrama de la planta del terreno ocupado por dicha estación y los registros climáticos que ella posee.

CUADRO 1. Descripción general de la Estación Agrometeorológica de Quillota.

Altitud : 128 m.s.n.m.
 Latitud : 32°53' S
 Longitud : 71°16' W

Variable meteorológica medida	Unidades de medición	Instrumentos de medición
Temperatura máxima	grados Celsius	termómetro de máxima
Temperatura mínima	grados Celsius	termómetro de mínima
Horas de sol	horas	heliógrafo
Radiación solar	cal/cm ² xdía	actinógrafo
Precipitación	milímetros	pluviógrafo
Evaporación	milímetros	bandeja Clase A
Viento	km/hr	anemómetro
Déficit de saturación	milibares	psicrómetro
Humedad relativa	porcentaje	higrómetro

Fuente: Mapa Agroclimático de Chile, INIA.

Para los propósitos de esta investigación, se consideró además un conjunto de registros climáticos de la estación agrometeorológica de Davis, Estado de California en los Estados Unidos, correspondientes al período 1965-1971.

En base a estos registros, se estimaron los valores de otras variables climáticas requeridas para el desarrollo de los modelos estimativos de ET₀, tales como: la radiación neta (R_n), la presión de vapor saturada a la temperatura media del aire (e_a), la presión de vapor real media del aire (e_d) y la velocidad diurna del viento (U_{dia}).

Desde un punto de vista agrícola, Davis posee un clima semi-árido con una altitud de 18 m.s.n.m., 38° latitud norte y 121,74° longitud oeste.

En el Cuadro 2 se describen las variables climáticas medidas en la Estación Agrometeorológica de Davis, que fueron consideradas para el desarrollo de los modelos estimativos de ETo antes mencionados.

CUADRO 2. Descripción general de la Estación Agrometeorológica de Davis.

Variable meteorológica medida	Unidades de medición
Temperatura máxima	grados Kelvin
Temperatura mínima	grados Kelvin
Radiación solar	Kcal*cm ² /día
Viento (*)	cm/día
Fracción de insolación	decimales
Evaporación de Bandeja Clase A	cm/día
Evapotranspiración Potencial	cm/día
Humedad relativa máxima	decimales
Humedad relativa mínima	decimales

Fuente: SALGADO, 1985.

(*) : registrado a una altura de: 50 centímetros durante el período 1965-1968 y 2 metros durante el período 1969-1971.

Los valores de ETo registrados en la estación de Davis corresponden a mediciones directas obtenidas desde un lisímetro, que está relleno de estratas de suelo dispuestas

en el mismo orden que en el suelo original (ABDULKHALED et al., 1982, citado por SALGADO, 1985). Este lisímetro está conectado a una balanza de precisión y a un equipo que registra horariamente el valor de ETo a lo largo del año. En él, crece un cultivo de gramíneas.

Los registros de temperatura máximas y mínimas diarias fueron obtenidos por medición directa del termómetro de mercurio y el de alcohol, respectivamente. Ambos instrumentos se encuentran dentro del cobertizo meteorológico existente en la estación de Davis. En esta estación agrometeorológica no se dispone de registros continuos de temperaturas horarias durante el día, a diferencia de lo que ocurre en la estación agrometeorológica de Quillota.

2.2 Cálculo de la temperatura media diurna del aire (TD):

La temperatura media diurna del aire (TD) corresponde al promedio de las temperaturas registradas durante el periodo comprendido entre la salida y la puesta del sol (SALGADO, 1985).

En base a la información climática recolectada entre los años 1988 y 1989 desde la estación agrometeorológica de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso, se calculó la temperatura media diurna (TD).

Para esto, se determinó en primer lugar la duración de la fase diurna para cada uno de los días comprendidos en el periodo seleccionado. La duración de la fase diurna depende de los valores diarios de declinación solar (δ) y del ángulo horario (hs), los que fueron determinados por medio de las siguientes fórmulas:

$$\delta = 23.45 \operatorname{sen} \left(\frac{360}{365} (\text{Día juliano} - 80) \right) \quad (\text{Ec. 1})$$

$$hs = \operatorname{arc cos} * -(\operatorname{tan} \theta * \operatorname{tan} \delta) \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde: el **día juliano** es el número del día correspondiente a la fecha actual, en relación al total de días del año y θ es la latitud de la localidad ($32,53^\circ$ S).

La declinación solar (δ) corresponde al ángulo formado por la posición del sol en el horizonte respecto a un punto situado sobre la superficie de la tierra. El ángulo horario (hs) corresponde al ángulo formado por la posición vertical del sol respecto a un punto situado sobre la superficie terrestre, en cada hora del día.

El valor del ángulo horario (hs) fue utilizado para determinar la hora de salida del sol (xs) y la hora de entrada del sol (xe), de acuerdo a las siguientes expresiones:

$$xs = 12 - (hs/15) \quad (\text{hr}) \quad (\text{Ec. 3})$$

$$xe = (hs/15) + 12 \quad (\text{hr}) \quad (\text{Ec. 4})$$

Finalmente, la duración de la fase diurna (LD), expresada en horas, fue calculada mediante la ecuación:

$$LD = xe - xs \quad (\text{hr}) \quad (\text{Ec. 5})$$

En el Anexo I se incluye un ejemplo del procedimiento utilizado para determinar la duración de la fase diurna (LD) durante el periodo considerado en este estudio.

Una vez definida para cada dia la duración de la fase diurna, se procedió a calcular la temperatura media diurna (TD), promediando los valores de temperatura registrados horariamente en dicho periodo, como se indica en la siguiente expresión:

$$TD = \frac{\sum tn}{n} \quad (^{\circ}\text{C}) \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde: n corresponde al número total de registros de temperatura para cada una de las horas comprendidas en la fase diurna y tn es la temperatura del aire medida en cada hora durante la fase diurna, expresada en grados Celsius.

Las temperaturas horarias del aire fueron obtenidas a partir de los registros directos del higrotermógrafo ubicado dentro del cobertizo meteorológico de la estación de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso (Figura 1, Anexo II).

Este instrumento está compuesto por un termógrafo bimetalico que registra la temperatura del aire y un higrógrafo de cabello que permite determinar la humedad relativa del aire. La medición de temperatura y humedad relativa del higrotermógrafo es continua durante las 24 horas del día.

En este estudio se utilizaron los datos proporcionados por el termógrafo para calcular la temperatura media diurna del aire (TD) en el periodo 1988-1989.

El termógrafo, si bien permite conocer la temperatura en cualquier instante, no es un instrumento exacto y sus indicaciones siempre son afectadas por errores. Generalmente, hay diferencias entre los valores de temperatura proporcionados por el termógrafo y los medidos por el termómetro de observación directa. Esto determina que los registros de temperatura proporcionados por el termógrafo puedan ser utilizados solamente una vez que han sido corregidos en base a las observaciones directas de temperatura del aire.

Para la corrección de las temperaturas registradas por el termógrafo durante el período considerado en este estudio, se aplicó la técnica de interpolación de las diferencias existentes entre las mediciones horarias del termógrafo y las observaciones directas de la temperatura del aire, registradas a las 8:00, 14:00 y 20:00 horas locales por el termómetro de bulbo seco (DE FINA y RAVELO, 1985).

Esta técnica de corrección consiste en determinar la variación existente entre los registros de temperatura entregados por el termógrafo y por el termómetro de observación directa, a las 8:00, 14:00 y 20:00 horas de cada día. Según las diferencias halladas entre estas mediciones, se corrigieron las temperaturas entregadas por el termógrafo para cada hora del período diurno.

Una vez corregidas las temperaturas horarias entregadas por el termógrafo, éstas se promediaron como se explicó anteriormente, para obtener finalmente la temperatura media diurna (TD). En el Anexo I se muestra un ejemplo del procedimiento empleado para corregir las temperaturas del termógrafo.

2.3 Desarrollo de un modelo de estimación de la temperatura media diurna del aire (TD'), a partir de las temperaturas máxima y mínima diarias:

Con el objeto de analizar el impacto de la utilización de la temperatura media diurna en el desarrollo de los modelos estimativos de ET₀ a partir de los datos climatológicos existentes en la estación de Davis, fue necesario desarrollar en primer lugar un modelo matemático estimativo de la temperatura media diurna, ya que esta variable no puede calcularse directamente a partir de la información disponible en dicha estación agrometeorológica, por carecer ésta de registros continuos de temperatura durante el día.

La existencia de observaciones continuas de temperaturas horarias durante un periodo de dos años en la estación agrometeorológica de la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso, junto con la disponibilidad de registros de temperaturas máximas y mínimas diarias recolectados desde dicha estación, permitió el desarrollo de un modelo matemático de regresión lineal múltiple que asocia la temperatura media diurna con la temperatura máxima y mínima diarias.

Los valores de temperatura máximas y mínimas diarias fueron medidos mediante un termómetro de mercurio y un termómetro de alcohol, respectivamente. Ambos instrumentos están ubicados dentro del cobertizo meteorológico existente en la estación de Quillota (Figura 1, Anexo II).

Se asumió como temperatura máxima del día al valor más alto medido en el período de 24 horas. Análogamente, se consideró como temperatura mínima diaria al valor más bajo registrado en el mismo lapso.

En base a los datos de temperatura máxima diaria ($T_{máx}$), temperatura mínima diaria ($T_{mín}$) y temperatura media diurna (TD) existentes entre 1988 y 1989, se desarrolló un modelo de regresión lineal múltiple. En este modelo se definió como variable dependiente a la temperatura media diurna (TD). Las variables independientes fueron la temperatura máxima ($T_{máx}$) y la temperatura mínima ($T_{mín}$) diaria.

El modelo de regresión obtenido a partir de los registros de temperatura antes descritos corresponde a:

$$TD' = B_0 + B_1 * T_{máx} + B_2 * T_{mín} \quad (\text{Ec. 7})$$

Donde: TD' es la temperatura media diurna estimada, expresada en grados Celsius; $T_{máx}$ corresponde a la temperatura máxima diaria, en grados Celsius y $T_{mín}$ es la temperatura mínima diaria en grados Celsius; B_0 es el intercepto de la ecuación de regresión ; B_1 y B_2 corresponden a las pendientes asociadas a las variables independientes.

Se realizó un análisis estadístico para verificar la significancia del modelo de regresión calculado para las

variables antes definidas. También se calculó la significancia de los coeficientes del modelo matemático, mediante un test estadístico T-Student y se analizó el comportamiento del error observado en las estimaciones de la variable dependiente entregadas por el modelo matemático. Finalmente, se calculó el coeficiente de determinación R^2 asociado al modelo de regresión.

Este modelo permite la obtención de valores de temperatura media diurna estimada (TD'), a partir de los valores de temperatura máxima ($T_{máx}$) y temperatura mínima ($T_{mín}$) diarias.

En el Cuadro 6 del Anexo II se muestran los datos utilizados para el desarrollo de este modelo, obtenidos entre 1988 y 1989 desde la estación agrometeorológica de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso, ubicada en la localidad de Quillota.

2.4. Estimación de la temperatura media diurna (TD') a partir de los registros de temperaturas máximas y mínimas diarias existentes en la localidad de Davis:

El modelo matemático de regresión lineal desarrollado en base a los datos de temperatura máxima ($T_{máx}$), temperatura mínima ($T_{mín}$) y temperatura media diurna (TD) existentes en la estación agrometeorológica de Quillota fue validado esta-

disticamente y luego fue utilizado para generar un conjunto de valores estimados de temperatura media diurna (TD') correspondientes a la estación agrometeorológica de Davis, a partir de los registros de temperaturas máximas y mínimas diarias disponibles en dicha estación.

Para esto, se ingresaron al modelo matemático previamente desarrollado, los valores de temperatura máxima y temperatura mínima registrados en la estación de Davis durante un periodo de siete años (1965-1971).

De este modo, se obtuvo un conjunto de valores de temperaturas medias diurnas estimadas (TD') para Davis, localidad en la que no se disponía de registros continuos de temperatura durante el día, lo que impedía hacer el cálculo real de la temperatura media durante la fase diurna.

El modelo estimativo de la temperatura media diurna generado a partir de los registros de la estación agrometeorológica de Quillota pudo ser utilizado con datos provenientes de la estación de Davis, considerando la validez estadística de dicho modelo y la existencia de una cierta similitud climática entre ambas localidades.

2.5 Estimación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) para la localidad de Davis mediante la fórmula modificada de PENMAN, utilizando la temperatura media diurna estimada (TD'):

De acuerdo al procedimiento descrito por DOORENBOS y PRUITT (1977), se calculó ETo utilizando la fórmula de PENMAN (Anexo I), a partir de los datos climáticos existentes en la estación agrometeorológica de Davis. Los valores de ETo obtenidos se expresan en mm/día como promedio mensual para el periodo considerado en este estudio, comprendido entre los años 1965 y 1971.

Para el desarrollo de esta fórmula se emplearon los valores de temperatura media diurna estimados mediante un modelo matemático de regresión lineal para la localidad de Davis (TD'). Los valores de las demás variables requeridas para el cálculo de la fórmula de PENMAN fueron obtenidos a partir de la información climática respectiva, disponible en la estación meteorológica (Cuadro 11, Anexo II).

La fórmula modificada por DOORENBOS y PRUITT (1977) para el modelo inicialmente desarrollado por PENMAN (1948), corresponde a:

$$ETo = C * [(W * Rn) + ((1-W) * f(u) * (ea-ed))] \frac{[mm]}{dia} \quad (Ec. 8)$$

Donde: C es un factor de ajuste para compensar el efecto día-noche; W es un factor de ponderación relacionado con la temperatura y la altitud; R_n es la radiación neta en equivalente de evaporación, mm/día; $f(u)$ es el factor de ponderación del efecto del viento sobre ETo, expresado en (mm/mB*día) y ($s_a - s_d$) corresponde al déficit higrométrico entre la presión de vapor saturada a la temperatura media del aire y la presión de vapor real media del aire, ambas en milibares, mb.

El valor del factor de ajuste C , que compensa el efecto día-noche, está determinado por la magnitud de la radiación solar (R_s), de la velocidad diurna del viento (U_{2dia}), de la humedad relativa máxima (HR_{max}) y de la proporción entre las velocidades del viento diurna y nocturna (U_{dia}/U_{noche}). En base a los registros de estas variables climáticas existentes en la estación agrometeorológica de Davis entre los años 1965 y 1971, se calculó el valor del factor C utilizando la siguiente ecuación de regresión, propuesta por FREVERT et al., (1992):

$$\begin{aligned} C = & a_0 + a_1 * (HR_{max}) + a_2 * (R_s) + a_3 * (U_{2dia}) + a_4 * (U_{dia}/U_{noche}) \\ & + a_5 * (U_{2dia}) * (U_{dia}/U_{noche}) + a_6 * (HR_{max}) * (R_s) * (U_{2dia}) \\ & + a_7 * (HR_{max}) * (R_s) * (U_{dia}/U_{noche}) \end{aligned} \quad (\text{Ec. } 9)$$

En esta ecuación, los coeficientes de regresión "ai" tienen los siguientes valores: $a_0 = 0.6817006$, $a_1 =$

0.0027864 , $a_3 = -0.0682501$, $a_4 = 0.0126514$, $a_5 = 0.0097297$,
 $a_6 = 0.43025 \times 10^{-4}$, $a_7 = -0.92118 \times 10^{-7}$; HR_{max} es la humedad
 relativa máxima diaria (%); R_s es la radiación solar
 de onda corta (mm/día); U_{2dia} es la velocidad diurna del
 viento a 2 metros de altura (m/seg) y U_{dia}/U_{noche} es la
 proporción entre la velocidad diurna y nocturna del viento.

Los registros climáticos disponibles en la estación
 meteorológica de Davis para el período 1965-1971 no incluyen
 las variables velocidad diurna del viento (U_{2dia}) ni la
 proporción entre las velocidades diurna y nocturna del viento
 (U_{dia}/U_{noche}) . Por consiguiente, ambas variables fueron
 estimadas, según el procedimiento propuesto por BURMAN,
 CUENCA y WEISS, (1983).

Según estos autores, la velocidad diurna del viento
 (U_{2dia}) puede estimarse a partir de la carrera diaria del
 viento medida a 2 metros (U_2). Además se asumió que, para el
 período considerado en este estudio, la velocidad del viento
 en el día fue aproximadamente el doble que la velocidad
 nocturna, es decir, se estimó que la proporción entre ambas
 velocidades U_{dia}/U_{noche} , fue igual a 2. En base a este
 supuesto, se calculó la velocidad diurna del viento a 2
 metros de altura (U_{2dia}) utilizando la siguiente ecuación:

$$U_{2dia} \text{ (m)} = \frac{U_2 \text{ (Km/día)}}{\text{seg}} * \frac{2}{12} * \frac{1 \text{ hr}}{3} * \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ seg}} * \frac{1 \text{ Km}}{1 \text{ Km}} \quad (\text{Ec.10})$$

En esta expresión, la constante 2/3 representa la proporción entre la velocidad diurna del viento y la velocidad del viento total en el día, es decir, supone que las dos terceras partes de la velocidad total del viento corresponden a las horas diurnas. Arbitrariamente se asumió que el periodo diurno tiene una duración de 12 horas, desde las 7:00 horas hasta las 19:00 horas (BURMAN, CUENCA y WEISS, 1983). Por lo tanto, se dividió el valor de carrera diaria del viento (U_2) en 12 horas, para transformarla en velocidad diurna del viento ($U_{2\text{dia}}$).

Una vez estimada la velocidad diurna del viento, se pudo calcular el valor del factor C , mediante la ecuación 9.

El valor del factor de ponderación W , relacionado con la temperatura y la altitud, se obtuvo en base a la información publicada por DOORENBOS y PRUITT (1977). En el Cuadro 12 (b) del Anexo II se muestran los valores del factor W obtenidos para cada mes del periodo considerado en este estudio. Para determinar el valor W es necesario conocer la altitud y la temperatura media del aire expresada en grados Celsius. En este caso, se consideró la altitud de la estación agrometeorológica de Davis (18 m.s.n.m) y el valor de temperatura media diurna estimada para cada mes (TD'). Los valores intermedios fueron interpolados a partir de la información publicada originalmente por DOORENBOS y PRUITT

(1977).

La Radiación Neta (R_n) fue estimada a partir de la siguiente ecuación:

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad [\text{mm/día}] \quad (\text{Ec. 11})$$

Donde: R_{ns} es la radiación neta de onda corta y R_{nl} corresponde a la radiación neta de onda larga.

Para la estimación del valor de R_{ns} se utilizó la siguiente expresión:

$$R_{ns} = (1-\alpha) * R_s \quad [\text{mm/día}] \quad (\text{Ec. 12})$$

Donde: α es el albedo o coeficiente de reflexión de la radiación dependiendo del tipo de superficie, cuyo valor fue asumido en 0.25 para superficies cultivadas (BURMAN, CUENCA y WEISS, 1983) y R_s corresponde a la radiación solar de onda corta, en equivalente de evaporación (mm/día), registrada como promedio mensual en la localidad de Davis.

El valor de la radiación neta de onda larga (R_{nl}) fue determinado a través de las siguientes ecuaciones:

$$R_{nl} = (1.35 * (R_s/R_{so}) - 0.35) * R_{bo} \quad (\text{Ec. 13})$$

$$R_{bo} = \epsilon * \sigma * (T_D' ^\circ K)^{-4} * 0.0170 \quad (\text{Ec. 14})$$

$$\epsilon = -0.02 + 0.261 \exp (-7.77 * 10^{-4} * (T_D' ^\circ C)^2) \quad (\text{Ec. 15})$$

Donde: R_{nl} es la radiación neta de onda larga, en mm/día; R_s es la radiación solar de onda corta, en mm/día, registrada como promedio mensual en la estación de Davis; R_{so} corresponde a la radiación total incidente sobre la superficie de la tierra en un día despejado, en mm/día, cuyo valor ha sido determinado por JENSEN (1974); 1.35 y -0.35 son constantes determinadas por JENSEN (1974) para la localidad de Davis; R_{bo} es la radiación neta de onda larga emitida en un día despejado, expresada en mm/día; ϵ es el factor de emisividad utilizado para relacionar la radiación emitida por un cuerpo negro ideal, con la radiación emitida por el follaje; σ es la constante de Stefan - Boltzmann, cuyo valor es de 11.71×10^{-8} cal/cm² K⁻⁴ dia; $(TD' ^\circ C)$ y $(TD' ^\circ K)$ corresponden a la temperatura media diurna estimada para Davis, expresada en grados Celsius y en grados Kelvin como promedio mensual, respectivamente; y 0.0170 es un factor de conversión de cal/cm²dia a mm/día.

El valor de la presión de vapor saturada a la temperatura media diurna del aire, ea , se obtuvo a través de la siguiente ecuación propuesta por MURRAY (1967):

$$ea = 6.1078 \exp(17.2693882 * TD' / (TD' + 237.3)) \quad \text{Eq. 16}$$

Donde: TD' corresponde a la temperatura media diurna estimada para la localidad de Davis, expresada en grados Celsius como promedio mensual.

El valor de la presión de vapor real del aire a la temperatura media diurna, ed , se obtuvo mediante la expresión:

$$ed = HR/100 * ea \quad [\text{mb}] \quad (\text{Ec. 17})$$

Donde: HR corresponde a la humedad relativa media en porcentaje como promedio mensual, calculada como la semisuma de las humedades máxima y mínima diarias registradas en la estación de Davis.

Finalmente, el valor de la función del viento $f(u)$ incluida en la expresión matemática del modelo modificado de PENMAN, fue calculado a partir de la velocidad diaria total del viento, medida a 50 centímetros de altura en la estación de Davis durante los años 1965 a 1968, a través de la siguiente expresión:

$$f(u) = 0.27 * (1 + (U50 * 1.35 / 100)) \quad (\text{Ec. 18})$$

Donde: $f(u)$ es la función del viento en ($\text{mm}/\text{mb} \cdot \text{día}$); $U50$ es la velocidad diaria total del viento medida a 50 centímetros de altura y expresada en $\text{Km}/\text{día}$; 1.35 es un factor de corrección de la velocidad del viento cuando ésta es medida a una altura inferior a 2 metros. Esta expresión que define la función del viento, se aplica cuando las dos terceras partes de la velocidad total del viento en un día corresponden a las horas diurnas (DOORENBOS y PRUITT, 1977).

Para el periodo comprendido entre los años 1969 y 1971 se disponía de registros de velocidad total del viento medida a una altura de 2 metros, por lo que para este periodo no fue necesario aplicar el factor de corrección 1.35. En este caso, la función del viento fue estimada a partir de la siguiente ecuación:

$$f(u) = 0.27 * (1 + (U_2/100)) \quad (\text{Ec. } 19)$$

Donde: $f(u)$ es la función del viento y U_2 es la velocidad diaria total del viento medida a 2 metros de altura y expresada en Km/dia.

Una vez obtenidas todas las variables necesarias, se determinaron los valores de ETo , expresados en mm/dia como promedio mensual durante el periodo 1965-1971 para la localidad de Davis, utilizando la temperatura media diurna estimada (T_d') en el desarrollo del modelo modificado de PENMAN. En el Anexo I se muestra un ejemplo del procedimiento utilizado para obtener ETo mediante este método estimativo.

2.6 Estimación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) para la localidad de Davis mediante la fórmula modificada de PENMAN, utilizando la temperatura media diaria (T_m):

De acuerdo al procedimiento descrito por DOORENBOS y

PRUITT (1977), se calculó ETo utilizando la fórmula de PENMAN (Anexo I), a partir de los datos climáticos existentes en la estación agrometeorológica de Davis. Los valores de ETo obtenidos se expresan en mm/día como promedio mensual para el período considerado en este estudio, comprendido entre los años 1965 y 1971.

Para el desarrollo de esta fórmula se emplearon los valores de temperatura media diaria (T_m), calculada como la semisuma de las temperaturas máxima y mínima diarias registradas en la estación agrometeorológica de Davis. Los valores de las demás variables requeridas para el cálculo de la fórmula de PENMAN fueron obtenidos a partir de la información climática respectiva, disponible en dicha localidad (Cuadro 11, Anexo II).

La fórmula modificada por DOORENBOS y PRUITT (1977) para el modelo inicialmente desarrollado por PENMAN (1948), corresponde a:

$$ETo = C * E (W*Rn) + ((1-W) * f(u)*(ea-ed))] \frac{\text{mm}}{\text{día}} \quad (\text{Ec. 8})$$

Donde: C es un factor de ajuste para compensar el efecto día-noche; W es un factor de ponderación relacionado con la temperatura y la altitud; Rn es la radiación neta en equivalente de evaporación, mm/día; f(u) es el factor de ponderación del efecto del viento sobre ETo, expresado en

(mm/m²*dia) y ($ea-ed$) corresponde al déficit higrométrico entre la presión de vapor saturada a la temperatura media del aire y la presión de vapor real media del aire, ambas en milibares, mb.

El valor del factor de ajuste C , que compensa el efecto dia-noche, está determinado por la magnitud de la radiación solar (Rs), de la velocidad diurna del viento ($U2dia$), de la humedad relativa máxima ($HRmax$) y de la proporción entre las velocidades del viento diurna y nocturna ($Udia/Unoche$). En base a los registros de estas variables climáticas existentes en la estación aerometeorológica de Davis entre los años 1965 y 1971, se calculó el valor del factor C , utilizando la siguiente ecuación de regresión propuesta por FREVERT (1982):

$$C = a_0 + a_1 * (HRmax) + a_2 * (Rs) + a_3 * (U2dia) + a_4 * (Udia/Unoche) \\ + a_5 * (U2dia) * (Udia/Unoche) + a_6 * (HRmax) * (Rs) * (U2dia) \\ + a_7 * (HRmax) * (Rs) * (Udia/Unoche) \quad (Ec. 9)$$

En esta ecuación, los coeficientes de regresión "ai" tienen los siguientes valores: $a_0 = 0.6817006$, $a_1 = 0.0027864$, $a_3 = -0.0682501$, $a_4 = 0.0126514$, $a_5 = 0.0097297$, $a_6 = 0.43025 * (E-4)$, $a_7 = -0.92118 * (E-7)$; $HRmax$ es la humedad relativa máxima diaria (%); Rs es la radiación solar de onda corta en (mm/dia); $U2dia$ es la velocidad diurna del viento a 2 metros de altura (m/seg) y $Udia/Unoche$ es la proporción entre la velocidad diurna y nocturna del viento.

Los registros climáticos disponibles en la estación de Davis para el periodo 1965-1971 no incluyen las variables velocidad diurna del viento ($U_{2\text{dia}}$) ni la proporción entre las velocidades diurna y nocturna del viento ($U_{\text{dia}}/U_{\text{noche}}$). Por consiguiente, ambas variables fueron estimadas, según el procedimiento propuesto por BURMAN, CUENCA y WEISS, (1983).

Según estos autores, la velocidad diurna del viento ($U_{2\text{dia}}$) fue estimada a partir de la carrera diaria del viento medida a 2 metros (U_2). Además se asumió que, para el periodo considerado en este estudio, la velocidad del viento en el dia fue aproximadamente el doble que la velocidad nocturna, es decir se estimó que la proporción entre ambas velocidades, $U_{\text{dia}}/U_{\text{noche}}$, fue igual a 2. En base a este supuesto, se calculó la velocidad diurna del viento a 2 metros de altura ($U_{2\text{dia}}$) utilizando la siguiente ecuación:

$$U_{2\text{dia}} \text{ (m)} = \frac{U_2 \text{ (Km/día)}}{\text{seg}} * \frac{2}{12} * \frac{1 \text{ hr}}{3} * \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ seg}} \quad (\text{Ec.10})$$

En esta expresión, la constante $2/3$ representa la proporción entre la velocidad diurna del viento y la velocidad del viento total en el dia, es decir, supone que las dos terceras partes de la velocidad total del viento corresponden a las horas diurnas. Arbitrariamente se asumió que el periodo diurno tiene una duración de 12 horas, desde las 7:00 horas hasta las 19:00 horas (BURMAN, CUENCA y WEISS, 1983).

Por lo tanto, se dividió el valor de carrera diaria del viento (U_2) en 12 horas, para transformarla en velocidad diurna del viento ($U_{2\text{día}}$).

El valor del factor de ponderación W , relacionado con la temperatura y la altitud, se obtuvo en base a la información publicada por DOORENBOS y PRUITT (1977). En el Cuadro 12 (a) del Anexo II se muestran los valores del factor W obtenidos para cada mes del periodo considerado en este estudio. Para determinar el valor W es necesario conocer la altitud y la temperatura media del aire expresada en grados Celsius. En este caso, se consideró la altitud de la estación agrometeorológica de Davis (18 m.s.n.m) y el valor de temperatura media diaria (T_m) calculada para cada mes. Los valores intermedios fueron interpolados a partir de la información publicada originalmente por DOORENBOS y PRUITT (1977).

La Radiación Neta (R_n) fue estimada a partir de la siguiente ecuación:

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad [\text{mm/día}] \quad (\text{Ec. 11})$$

Donde: R_{ns} es la radiación neta de onda corta y R_{nl} corresponde a la radiación neta de onda larga.

Para la estimación del valor de R_{ns} se utilizó la siguiente expresión:

$$R_{ns} = (1-\alpha) * R_s \quad [\text{mm/dia}] \quad (\text{Ec.12})$$

Donde: α es el albedo o coeficiente de reflexión de la radiación dependiendo del tipo de superficie, cuyo valor fue asumido en 0.25 para superficies cultivadas (BURMAN, CUENCA y WEISS, 1983) y R_s corresponde a la radiación solar de onda corta, en equivalente de evaporación (mm/día), registrada como promedio mensual en la localidad de Davis.

El valor de la radiación neta de onda larga (R_{nl}) fue determinado a través de las siguientes ecuaciones:

$$R_{nl} = (1.35 * (R_s/R_{so}) - 0.35) * R_{bo} \quad (\text{Ec.13})$$

$$R_{bo} = \epsilon * \sigma * (T_m^{\circ K})^4 * 0.0170 \quad (\text{Ec.14})$$

$$\epsilon = -0.02 + 0.261 \exp(-7.77 * 10 * (T_m^{\circ C})^2) \quad (\text{Ec.15})$$

Donde: R_{nl} es la radiación neta de onda larga, en mm/dia; R_s es la radiación solar de onda corta, en mm/dia, registrada como promedio mensual en la estación de Davis; R_{so} corresponde a la radiación total incidente sobre la superficie de la tierra en un día despejado, en mm/dia, cuyo valor ha sido determinado por JENSEN (1974); 1.35 y -0.35 son constantes determinadas por JENSEN (1974) para la localidad de Davis; R_{bo} es la radiación neta de onda larga emitida en un dia despejado, expresada en mm/dia; ϵ es el factor de emisividad utilizado para relacionar la radiación

emitida por un cuerpo negro ideal, con la radiación emitida por el follaje; σ es la constante de Stefan - Boltzmann, cuyo valor es de 11.71×10^{-8} cal/cm² K⁴ dia; $(T_m^{\circ}C)$ y $(T_m^{\circ}K)$ corresponden a la temperatura media diaria, expresada en grados Celsius y en grados Kelvin como promedio mensual, respectivamente; y 0.0170 es un factor de conversión de cal/cm²dia a mm/día.

El valor de la presión de vapor saturada a la temperatura media diaria del aire, ea , se obtuvo a través de la siguiente ecuación propuesta por MURRAY (1967):

$$ea = 6.1078 \exp(17.2693882 * T_m / (T_m + 237.3)) \text{ [mb]} \quad (\text{Ec. 16})$$

Donde: T_m corresponde a la temperatura media diaria calculada para la localidad de Davis, expresada en grados Celsius como promedio mensual.

El valor de la presión de vapor real del aire a la temperatura media diaria, ed , se obtuvo mediante la expresión:

$$ed = HR/100 * ea \text{ [mb]} \quad (\text{Ec. 17})$$

Donde: HR corresponde a la humedad relativa media, en porcentaje como promedio mensual, calculada como la semisuma de las humedades máxima y mínima diarias registradas en la estación de Davis.

Finalmente, el valor de la función del viento $f(u)$ incluida en la expresión matemática del modelo modificado de PENMAN, fue calculado a partir de la velocidad diaria total del viento, medida a 50 centímetros de altura en la estación de Davis durante los años 1965 a 1968, a través de la siguiente expresión:

$$f(u) = 0.27 * (1 + (U50 * 1.35/100)) \quad (\text{Ec.18})$$

Donde: $f(u)$ es la función del viento en (mm/m³/día); $U50$ es la velocidad diaria total del viento medida a 50 centímetros de altura y expresada en Km/día; 1.35 es un factor de corrección de la velocidad del viento cuando ésta es medida a una altura inferior a 2 metros. Esta expresión que define la función del viento, se aplica cuando las dos terceras partes de la velocidad total del viento en un día corresponden a las horas diurnas (DOORENBOS y PRUITT, 1977).

Para el periodo comprendido entre los años 1969 y 1971 se disponía de registros de velocidad total del viento medida a una altura de 2 metros, por lo que para este periodo no fue necesario aplicar el factor de corrección 1.35. En este caso, la función del viento fue estimada a partir de la siguiente ecuación:

$$f(u) = 0.27 * (1 + (U2/100)) \quad (\text{Ec.19})$$

Donde: $f(u)$ es la función del viento y $U2$ es la

velocidad diaria total del viento medida a 2 metros de altura y expresada en Km/día.

Una vez obtenidas todas las variables necesarias, se determinaron los valores de ETo, expresados en mm/día como promedio mensual, durante el período 1965-1971 para la localidad de Davis, utilizando la temperatura media diaria (T_m) en el desarrollo del modelo modificado de PENMAN.

2.7 Estimación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) para la localidad de Davis mediante la fórmula modificada de BLANEY - CRIDDLE, utilizando la temperatura media diurna estimada (TD'):

De acuerdo al procedimiento descrito por DOORENBOS y PRUITT (1977) para el desarrollo de la fórmula de BLANEY-CRIDDLE (Anexo I), se calculó ETo a partir de los registros climáticos existentes en la estación agrometeorológica de Davis. Los valores de ETo obtenidos se expresan en mm/día como promedio mensual para el período considerado en este estudio, comprendido entre los años 1965 y 1971.

Para el desarrollo de esta fórmula se emplearon los valores de temperatura media diurna estimados mediante un modelo matemático de regresión lineal para la localidad de

Davis (TD'). Los valores de las demás variables requeridas para el cálculo de la fórmula de BLANEY-CRIDDLE fueron obtenidos a partir de la información climática respectiva, disponible en dicha estación meteorológica (Cuadro 11, Anexo II).

La fórmula modificada por DOORENBOS y PRUITT (1977) para el modelo estimativo de ETo propuesto originalmente por BLANEY-CRIDDLE (1967), corresponde a:

$$ETo = a + b * f \quad [mm/dia] \quad (Ec. 20)$$

Donde: f es un factor de uso-consuntivo expresado como valor promedio diario mensual; a y b son los coeficientes de regresión entre el factor f y la ETo.

El factor f se obtiene de la siguiente manera:

$$f = p * (0.46 * TD' + 8.13) \quad [mm/dia] \quad (Ec. 21)$$

Donde: p es el porcentaje diario de horas diurnas sobre el total del año y TD' corresponde a la temperatura media diurna estimada para Davis, expresada en grados Celsius como promedio mensual.

Los valores del porcentaje diario de horas diurnas sobre el total del año, p , fueron obtenidos a partir del Cuadro 13 del Anexo II, en base a la latitud de la estación agrometeorológica de Davis (38° LN).

Los valores de los coeficientes **a** y **b** fueron calculados mediante las siguientes ecuaciones propuestas por DOORENBOS y PRUITT (1977):

$$a = 0.043 * HRmin - n/N - 1.41 \quad (\text{Ec. 22})$$

$$\begin{aligned} b = & a_0 + a_1 * HRmin + a_2 * n/N + a_3 * U2dia + a_4 * (HRmin) * (n/N) \\ & + a_5 * (HRmin) * (U2dia) \end{aligned} \quad (\text{Ec. 23})$$

Donde: **HRmin** es la humedad relativa mínima expresada en tanto por uno; **n/N** es la proporción entre las horas reales de insolación y las horas máximas teóricas de insolación, como promedio mensual; **U2dia** es la velocidad diurna del viento a 2 metros de altura en m/sec, estimada para la localidad de Davis (Ecuación 10). Los coeficientes de regresión "ai", propuestos por FREVERT et al., (1982), tienen los siguientes valores: $a_0 = 0.81917$; $a_1 = -0.0040922$; $a_2 = 1.0705$; $a_3 = 0.065649$; $a_4 = -0.0059684$; $a_5 = -0.0005967$.

Una vez obtenidos los valores de los coeficientes **a**, **b** y del factor **f**, se determinaron finalmente los valores de **ETo**, expresados en mm/día como promedio mensual, correspondientes al periodo 1965-1971 en la localidad de Davis, utilizando la temperatura diurna estimada (**TD'**) en el desarrollo de la versión modificada del método de BLANEY-CRIDDLE. En el Anexo I se muestra un ejemplo del procedimiento utilizado para obtener **ETo** mediante este método estimativo.

2.8 Estimación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) para la localidad de Davis mediante la fórmula modificada de BLANEY - CRIDDLE, utilizando la temperatura media diaria (T_m):

De acuerdo al procedimiento descrito por DOORENBOS y PRUITT (1977) para el desarrollo de la fórmula de BLANEY-CRIDDLE (Anexo I), se calculó ETo a partir de los registros climáticos existentes en la estación agrometeorológica de Davis. Los valores de ETo obtenidos se expresan en mm/dia como promedio mensual para el periodo considerado en este estudio, comprendido entre los años 1965 y 1971.

Para el desarrollo de esta fórmula se emplearon los valores de temperatura media diaria (T_m), calculada como la semisuma de la temperaturas máxima y mínima diarias registradas en la estación agrometeorológica de Davis. Los valores de las demás variables requeridas para el cálculo de la fórmula de BLANEY-CRIDDLE fueron obtenidos a partir de la información climática respectiva, disponible en dicha estación meteorológica (Cuadro II, Anexo II).

La fórmula modificada por DOORENBOS y PRUITT (1977) para el modelo estimativo de ETo propuesto originalmente por BLANEY-CRIDDLE (1967) corresponde a:

$$ETo = a + b * f \quad [mm/dia] \quad (Ec. 20)$$

Donde: f es un factor de uso-consuntivo expresado como valor promedio diario mensual; a y b son los coeficientes de regresión entre el factor f y la ETo.

El factor f se obtiene de la siguiente manera:

$$f = p * (0.46 * Tm + 8.13) \quad [\text{mm/dia}] \quad (\text{Ec. 21})$$

Donde: p es el porcentaje diario de horas diurnas sobre el total del año y Tm corresponde a la temperatura media diaria, expresada en grados Celsius como promedio mensual para Davis.

Los valores del porcentaje diario de horas diurnas sobre el total del año, p , fueron obtenidos a partir del Cuadro 13 del Anexo II, en base a la latitud de la estación agrometeorológica de Davis (38° LN).

Los valores de los coeficientes a y b fueron calculados mediante las siguientes ecuaciones propuestas por DOORENBOS y PRUITT (1977):

$$a = 0.043 * HRmin - n/N - 1.41 \quad (\text{Ec. 22})$$

$$b = a_0 + a_1 * HRmin + a_2 * n/N + a_3 * U2dia + a_4 * (HRmin) * (n/N) \\ + a_5 * (HRmin) * (U2dia) \quad (\text{Ec. 23})$$

Donde: $HRmin$ es la humedad relativa mínima expresada en tanto por uno; n/N es la proporción entre las horas reales de

insolación y las horas máximas teóricas de insolación, como promedio mensual; $U_{2\text{dia}}$ es la velocidad diurna del viento a una altura de 2 metros, en m/seg, estimada para la localidad de Davis (Ecuación 10). Los coeficientes de regresión "ai" propuestos por FREVERT et al., (1982), tienen los siguientes valores: $a_0 = 0.81917$; $a_1 = -0.0040922$; $a_2 = 1.0705$; $a_3 = 0.065649$; $a_4 = -0.0059684$; $a_5 = -0.0005967$.

Una vez obtenidos los valores de los coeficientes a , b y del factor f , se determinaron finalmente los valores de ETo , expresados en mm/día como promedio mensual, correspondientes al periodo 1965-1971 en la localidad de Davis, utilizando la temperatura media diaria (T_m) en el desarrollo de la versión modificada del método de BLANEY-CRIDDLE.

2.9 Estimación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) para la localidad de Davis mediante la fórmula modificada de MAKKINK, utilizando la temperatura media diurna estimada (TD'):

De acuerdo al procedimiento descrito por DOORENBOS y PRUITT (1977), se calculó ETo utilizando la fórmula de MAKKINK (ANEXO I), a partir de los datos climáticos existentes en la estación agrometeorológica de Davis. Los valores de ETo obtenidos se expresan en mm/día como promedio mensual para el periodo considerado en este estudio, comprendido

entre los años 1965 y 1971.

Para el desarrollo de esta fórmula, se emplearon los valores de temperatura media diurna estimados mediante un modelo matemático de regresión lineal para la localidad de Davis (TD'). Los valores de las demás variables requeridas para el cálculo de la fórmula modificada de MAKKINK fueron obtenidos a partir de la información climática respectiva, disponible en dicha estación meteorológica (Cuadro 11, Anexo II).

La versión modificada por DOORENBOS y PRUITT (1977) del método originalmente propuesto por MAKKINK (1957), se basa en el cálculo de ETo a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{ETo} = \text{BWRs} - 0.3 \quad [\text{mm/día}] \quad (\text{Ec. } 24)$$

Donde: ETo es la evapotranspiración potencial expresada en mm/día como promedio mensual; B corresponde a un coeficiente de corrección, que es función de la velocidad diurna del viento en el periodo considerado y de la humedad relativa promedio del periodo; W es un factor de ponderación relacionado con la temperatura y la altitud y Rs corresponde a la radiación solar de onda corta, en equivalente de evaporación (mm/día), registrada como promedio mensual en la localidad de Davis.

El factor de corrección B fue obtenido a partir de la

siguiente expresión propuesta por DOORENBOS y PRUITT (1977):

$$\begin{aligned} B = & a_0 + a_1 * HR_{med} + a_2 * U2dia + a_3 * (HR_{med}) * (U2dia) \\ & + a_4 * (HR_{med})^2 + a_5 * (U2dia)^2 \end{aligned} \quad (\text{Ec.25})$$

Donde: HR_{med} es la humedad relativa promedio mensual, en porcentaje, calculada como la semisuma de las humedades máxima y mínima registradas en la estación de Davis; $U2dia$ es la velocidad diurna del viento a una altura de 2 metros, en m/seg, estimada para la localidad de Davis (Ecuación 10). Los coeficientes de regresión "ai" han sido calculados por FREVERT et al., (1982) y tienen los siguientes valores: $a_0 = 1.0656$; $a_2 = -0.0012795$; $a_3 = 0.044953$; $a_4 = -0.00020033$; $a_5 = -0.000031508$; $a_6 = -0.0011026$.

El valor del factor de ponderación W , relacionado con la temperatura y la altitud, se obtuvo en base a la información publicada por DOORENBOS y PRUITT (1977). En el Cuadro 12 (b) del Anexo II se muestran los valores del factor W obtenidos para cada mes del periodo considerado en este estudio. Para determinar el valor W es necesario conocer la altitud y la temperatura media del aire expresada en grados Celsius. En este caso, se consideró la altitud de la estación agrometeorológica de Davis (18 m.s.n.m) y el valor de temperatura media diurna estimada (TD') para cada mes. Los valores intermedios fueron interpolados a partir de la información publicada originalmente por DOORENBOS y PRUITT

(1977).

Una vez determinadas las variables antes mencionadas, se obtuvieron los valores de ETo en mm/día como promedio mensual, correspondientes al periodo 1965-1971 en la localidad de Davis, utilizando la temperatura media diurna estimada (T_d') en el desarrollo de la versión modificada del método de MAKKINK. En el Anexo I se muestra un ejemplo del procedimiento utilizado para obtener ETo mediante este método estimativo.

2.10 Estimación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) para la localidad de Davis mediante la fórmula modificada de MAKKINK, utilizando la temperatura media diaria (T_m):

De acuerdo al procedimiento descrito por DOORENBOS y PRUITT (1977), se calculó ETo utilizando la fórmula de MAKKINK (Anexo I) a partir de los datos climáticos existentes en la estación agrometeorológica de Davis. Los valores de ETo obtenidos se expresan en mm/día como promedio mensual para el periodo considerado en este estudio, comprendido entre los años 1965 y 1971.

Para el desarrollo de esta fórmula se emplearon los valores de temperatura media diaria (T_m), calculada como la

semisuma de las temperaturas máxima y mínima diarias registradas en la estación agrometeorológica de Davis. Los valores de las demás variables requeridas para el cálculo de la fórmula modificada de MAKKINK fueron obtenidos a partir de la información climática respectiva, disponible en dicha estación meteorológica (Cuadro 11, Anexo II).

La versión modificada por DOORENBOS y PRUITT (1977) del método originalmente propuesto por MAKKINK (1957), se basa en el cálculo de ETo a partir de la siguiente ecuación:

$$ETo = BWRs - 0.3 \quad [\text{mm/día}] \quad (\text{Ec. 24})$$

Donde: ETo es la evapotranspiración potencial expresada en mm/día como promedio mensual; B corresponde a un coeficiente de corrección, que es función de la velocidad diurna del viento en el periodo considerado y de la humedad relativa promedio del periodo; W es un factor de ponderación relacionado con la temperatura y la altitud y Rs corresponde a la radiación solar de onda corta, expresada en equivalente de evaporación (mm/día), registrada como promedio mensual en la localidad de Davis.

El factor de corrección B fue obtenido a partir de la siguiente expresión propuesta por DOORENBOS y PRUITT (1977):

$$\begin{aligned} B = & a_0 + a_1 * HRmed + a_2 * U2dia + a_3 * (HRmed) * (U2dia) \\ & + a_4 * (HRmed)^2 + a_5 * (U2dia)^2 \end{aligned} \quad (\text{Ec. 25})$$

Donde: HR_{med} es la humedad relativa promedio mensual, en porcentaje, calculada como la semisuma de las humedades máxima y mínima registradas en la estación de Davis; $U2_{dia}$ es la velocidad diurna del viento a una altura de 2 metros, en m/seg., estimada para la localidad de Davis (Ecuación 10). Los coeficientes de regresión "ai" han sido calculados por FREVERT et al. (1982) y tienen los siguientes valores: $a_0 = 1.0656$; $a_2 = -0.0012795$; $a_3 = 0.044953$; $a_4 = -0.00020033$; $a_5 = -0.000031508$; $a_6 = -0.0011026$.

El valor del factor de condensación W , relacionado con la temperatura y la altitud, se obtuvo en base a la información publicada por DOORENBOS y PRUITT (1977). En el Cuadro 12 (a) del Anexo II se muestran los valores del factor W obtenidos para cada mes del período considerado en este estudio. Para determinar el valor W es necesario conocer la altitud y la temperatura media del aire expresada en grados Celsius. En este caso, se consideró la altitud de la estación agrometeorológica de Davis (18 m.s.n.m) y el valor de temperatura media diaria (T_m) calculada para cada mes. Los valores intermedios fueron interpolados a partir de la información publicada originalmente por DOORENBOS y PRUITT (1977).

Una vez determinadas las variables antes mencionadas, se obtuvieron los valores de ETo en mm/dia como promedio mensual

correspondientes al periodo 1965-1971 en la localidad de Davis, utilizando la temperatura media diaria (T_m) en el desarrollo de la versión modificada del método de MAKKINK.

2.11 Análisis del efecto del método de cálculo de la temperatura media del aire sobre la estimación de ETo mediante la fórmula modificada de PENMAN, para la localidad de Davis:

Para el análisis del efecto del método de cálculo de la temperatura media del aire sobre las estimaciones de ETo obtenidas mediante la fórmula modificada de PENMAN, a partir de los datos existentes en la estación agrometeorológica de Davis, se trabajó con los siguientes conjuntos de datos:

- los valores de ETo obtenidos utilizando la temperatura media diurna, estimada mediante un modelo matemático de regresión lineal (TD').
- los valores de ETo obtenidos utilizando la temperatura media (T_m), calculada como la semisuma de las temperaturas máxima y mínima diarias, lo que corresponde al procedimiento usual de desarrollo del modelo de PENMAN.

Estos conjuntos de datos expresados como promedios mensuales, fueron comparados con los valores promedios mensuales de ETo, obtenidos por mediciones directas desde un

lisímetro ubicado en la estación agrometeorológica de Davis, durante el periodo 1965-1971.

Para efectuar las comparaciones, se utilizó el método de regresión lineal simple (BURMAN, CUENCA y WEISS, 1983). Se evaluó el grado de asociación lineal existente entre los valores de ETo medidos por el lisímetro (variable dependiente) y los valores de ETo estimados por el método modificado de PENMAN obtenidos en base a los dos procedimientos de cálculo de la temperatura media propuestos en este estudio (variables independientes).

Una vez obtenida la ecuación de regresión que representa la asociación entre las variables dependiente e independientes, se realizó un análisis estadístico de la significancia de los coeficientes de regresión hallados. Adicionalmente se calculó el coeficiente de determinación R^2 de cada ecuación de regresión.

Si el método estimativo de ETo en cuestión proporciona valores cercanos a los entregados por el lisímetro, entonces se esperaría que la ecuación de regresión que asocia ambas variables tenga una pendiente cercana o igual a uno y un alto coeficiente de determinación.

En base a los resultados entregados por este análisis, se determinó finalmente el procedimiento de cálculo de la

temperatura media del aire que, al ser utilizado en el desarrollo de la fórmula modificada de PENMAN, permita obtener aquellos valores estimados de ETo que resulten ser más representativos de los registros directos de ETo proporcionados por el lisímetro de la estación de Davis.

2.12 Análisis del efecto del método de cálculo de la temperatura media del aire sobre la estimación de ETo mediante la fórmula modificada de BLANEY - CRIDDLE, para la localidad de Davis:

Para el análisis del efecto del método de cálculo de la temperatura media del aire en las estimaciones de ETo obtenidas mediante la fórmula modificada de BLANEY-CRIDDLE a partir de los datos existentes en la estación agrometeorológica de Davis, se trabajó con los siguientes conjuntos de datos:

- los valores de ETo obtenidos utilizando la temperatura media diurna, estimada mediante un modelo matemático de regresión lineal (T_D').
- los valores de ETo obtenidos utilizando la temperatura media (T_m), calculada como la semisuma de las temperaturas máxima y mínima diarias, lo que corresponde al procedimiento usual de desarrollo del modelo de BLANEY-CRIDDLE.

Estos conjuntos de datos expresados como promedios

mensuales, fueron comparados con los valores promedios mensuales de ETo, obtenidos por mediciones directas desde un lisímetro ubicado en la estación agrometeorológica de Davis, durante el periodo 1965-1971.

Para efectuar las comparaciones, se utilizó el método de regresión lineal simple (BURMAN, CUENCA y WEISS. 1983). Se evaluó el grado de asociación lineal existente entre los valores de ETo medidos por el lisímetro (variable dependiente) y los valores de ETo estimados por el método modificado de BLANEY-CRIDDLE, obtenidos en base a los dos procedimientos de cálculo de la temperatura media del aire propuestos en este estudio (variables independientes).

Una vez obtenida la ecuación de regresión que representa la asociación entre las variables dependiente e independientes, se realizó un análisis estadístico de la significancia de los coeficientes de regresión hallados. Adicionalmente se calculó el coeficiente de determinación R^2 de cada ecuación de regresión.

Si el método estimativo de ETo en cuestión proporciona valores cercanos a los entregados por el lisímetro, entonces se esperaría que la ecuación de regresión que asocia ambas variables tenga una pendiente cercana o igual a uno y un alto coeficiente de determinación.

En base a los resultados entregados por este análisis, se determinó finalmente el procedimiento de cálculo de la temperatura media del aire que, al ser utilizado en el desarrollo de la fórmula modificada de BLANEY-CRIDDLE, permita obtener aquellos valores estimados de ETo que resulten más representativos de los registros directos de ETo proporcionados por el lisímetro de la estación de Davis.

2.13 Análisis del efecto del método de cálculo de la temperatura media del aire sobre la estimación de ETo mediante la fórmula modificada de MAKKINK, para la localidad de Davis:

Para el análisis del efecto del método de cálculo de la temperatura media del aire en las estimaciones de ETo obtenidas mediante la fórmula modificada de MAKKINK a partir de los datos existentes en la estación agrometeorológica de Davis, se trabajó con los siguientes conjuntos de datos:

- los valores de ETo obtenidos utilizando la temperatura media diurna, estimada mediante un modelo matemático de regresión lineal (T_D').
- los valores de ETo obtenidos utilizando la temperatura media (T_m), calculada como la semisuma de las temperaturas máxima y mínima diarias, lo que corresponde al procedimiento usual de desarrollo del modelo de MAKKINK.

Estos conjuntos de datos expresados como promedios mensuales, fueron comparados con los valores promedios mensuales de ETo, obtenidos por mediciones directas desde un lisímetro ubicado en la estación agrometeorológica de Davis, durante el periodo 1965-1971.

Para efectuar las comparaciones, se utilizó el método de regresión lineal simple (BURMAN, CUENCA y WEISS, 1983). Se evaluó el grado de asociación lineal existente entre los valores de ETo medidos por el lisímetro (variable dependiente) y los valores de ETo estimados por el método modificado de MAKKINK, obtenidos en base a los dos procedimientos de cálculo de la temperatura media del aire propuestos en este estudio (variables independientes).

Una vez obtenida la ecuación de regresión que representa la asociación entre las variables dependiente e independientes, se realizó un análisis estadístico de la significancia de los coeficientes de regresión hallados. Adicionalmente se calculó el coeficiente de determinación R^2 de cada ecuación de regresión.

Si el método estimativo de ETo en cuestión proporciona valores cercanos a los entregados por el lisímetro, entonces se esperaría que la ecuación de regresión que asocia ambas variables tenga una pendiente cercana o igual a uno y un alto coeficiente de determinación.

En base a los resultados entregados por este análisis, se determinó finalmente el procedimiento de cálculo de la temperatura media del aire que, al ser utilizado en el desarrollo de la fórmula modificada de MAKKINK, permita obtener aquellos valores estimados de ETo que resulten ser más representativos de los registros directos de ETo proporcionados por el lisímetro de la estación de Davis.

3. RESULTADOS

3.1. Cálculo de la temperatura media diurna del aire (TD):

En el Cuadro 3 del Anexo II se presentan los valores de declinación solar (δ), ángulo horario (hs), hora de entrada del sol (xe), hora de salida del sol (xs) y duración teórica, en horas, de la fase diurna (LD), obtenidos en la localidad de Quillota durante el período 1988-1989.

En el Anexo I se muestra un ejemplo del procedimiento de cálculo seguido para obtener la información contenida en el Cuadro 3.

En base a los valores de duración de la fase diurna obtenidos, se determinaron las horas del día cuyas temperaturas debían ser consideradas para el cálculo de la temperatura media diurna (TD). Las temperaturas registradas por el termógrafo debieron ser corregidas antes de ser empleadas en el cálculo de la temperatura media diurna (Anexo I).

En el Cuadro 4 del Anexo II se presentan los factores de corrección de las lecturas del termógrafo, que fueron obtenidos mediante la técnica de interpolación de las diferencias observadas entre las lecturas del termómetro de bulbo seco a las 8:00, 14:00 y 20:00 horas y las lecturas del termógrafo a las mismas horas. En el Anexo I se muestra un

ejemplo del procedimiento de corrección de las lecturas del termógrafo, que fue aplicado a los registros obtenidos en el periodo 1988-1989 desde el termógrafo de la estación agrometeorológica de Quillota.

En el Cuadro 5 del Anexo II se presentan las temperaturas horarias corregidas, las que fueron promediadas para así obtener los valores de temperatura media diurna.

Finalmente, en el Cuadro 6 del Anexo II, se muestran los valores de temperatura media diurna del aire (TD) obtenidos para el periodo 1988-1989, en base a la información climatológica disponible en la estación de Quillota.

Los valores de temperatura media diurna (TD) obtenidos en base a los registros de temperaturas horarias existentes en la estación agrometeorológica de Quillota entre 1988 y 1989, son mayores a los valores de temperatura media diaria (T_m) calculados como la semisuma de las temperaturas máxima y mínima diarias registradas en la misma localidad durante igual periodo de tiempo. En el Cuadro 7 del Anexo II se comparan los valores promedios mensuales de las temperaturas medias diurnas (TD) y las temperaturas medias diarias (T_m) registradas entre 1988 y 1989 en Quillota.

3.2. Modelo estimativo de la temperatura media diurna (TD')
a partir de las temperaturas máximas y mínimas diarias
registradas en la estación agrometeorológica de Quillota
durante el periodo 1988-1989.

El modelo de regresión lineal múltiple que estima la temperatura media diurna (TD') en base a las temperaturas máxima ($T_{máx}$) y mínima (T_{min}) diarias, fue desarrollado a partir de registros diarios de estas variables, obtenidos en la estación agrometeorológica de Quillota para el periodo 1988-1989. El modelo desarrollado corresponde a:

$$TD' = 0.3657589183 + 0.624355232 * T_{máx} + 0.2812330715 * T_{min}$$

Donde: TD' representa a la variable dependiente que corresponde a la temperatura media diurna estimada, expresada en grados Celsius; $T_{máx}$ es la variable independiente temperatura máxima diaria, en grados Celsius; T_{min} es la variable independiente temperatura mínima diaria, en grados Celsius; 0.3657589183 corresponde al intercepto de la ecuación de regresión; 0.624355232 y 0.2812330715 representan las pendientes asociadas a cada una de las variables independientes del modelo.

Según este modelo, la variable dependiente (TD') se asocia de manera directamente proporcional a las variables independientes ($T_{máx}$ y T_{min}).

El modelo fue desarrollado en base a 693 registros de temperaturas, disponibles en el periodo 1988-1989. En el Cuadro 6 del Anexo II se muestran los datos utilizados en el desarrollo de dicho modelo matemático.

El coeficiente de determinación (R^2) obtenido en el análisis del modelo de regresión, fue 0.884 (Cuadro 9, Anexo II). Este valor es más bien alto e indica que el 88.4% de la variabilidad observada en la variable dependiente (TD'), es explicada por el modelo de regresión calculado. En base al valor de R^2 obtenido, existiría un alto grado de asociación lineal entre las variables dependiente e independientes incluidas en el modelo.

Para verificar si el modelo desarrollado satisface los supuestos básicos establecidos para un modelo de regresión lineal, se calculó el error de las estimaciones de la temperatura media diurna, en base a las siguientes ecuaciones:

$$Y_{est.} = 0.3657589183 + 0.624355232 * X_1 + 0.2812330715 * X_2$$

$$E_i = Y_{obs.} - Y_{est.}$$

Donde: $Y_{est.}$ es el valor de temperatura media diurna estimado para la localidad de Quillota en °C (TD'): E_i es el valor del error de cada estimación de la temperatura media diurna (°C): $Y_{obs.}$ corresponde al valor observado de temperatura media diurna en la estación de Quillota (TD),

expresado en grados Celsius.

En el Cuadro 8 del Anexo II se presentan los valores del error, obtenidos a partir de las ecuaciones anteriores.

En la Figura 2 del Anexo II se muestra el gráfico del error observado en las estimaciones de la variable dependiente entregadas por el modelo de regresión.

Adicionalmente, se aplicó un test T-Student para verificar la significancia de los coeficientes del modelo de regresión calculado. Este test estadístico indicó que los coeficientes β_1 y β_2 son significativos con un nivel de confianza del 95%. En el Cuadro 9 del Anexo II se muestran los resultados del test T-Student aplicado a cada coeficiente para verificar su significancia estadística.

3.3. Valores estimados de temperatura media diurna (TD') a partir de los registros de temperaturas máximas y mínimas diarias existentes en la estación de Davis durante el periodo 1965-1971:

A partir del modelo de regresión lineal múltiple desarrollado y validado en el punto anterior, se generó un conjunto de datos de temperaturas medias diurnas estimadas (TD') en base a registros de temperaturas máximas y mínimas diarias disponibles en la estación agrometeorológica de Davis

durante los años 1965 a 1971.

En el Cuadro 10 del Anexo II se muestran los valores de temperaturas máximas, mínimas y temperaturas diurnas estimadas, expresados en grados Celsius como promedios mensuales, que fueron obtenidos para la localidad de Davis.

3.4. Valores de ETo estimados mediante la fórmula modificada de PENMAN para la localidad de Davis, utilizando la temperatura media diurna estimada (TD') durante el periodo 1965-1971:

En el Cuadro 14 del Anexo II se presentan los valores promedios mensuales de ETo, obtenidos en base a la información climática disponible en la estación agrometeorológica de Davis durante el periodo 1965-1971.

Estos valores estimados de ETo fueron obtenidos a partir del modelo de PENMAN modificado por DOORENBOS y PRUITT (1977), utilizando la temperatura media diurna, estimada para la localidad de Davis mediante un modelo matemático de regresión lineal (TD'). En el Cuadro 14 se incluyen además, los valores de todas las variables climáticas requeridas en el desarrollo de dicho modelo estimativo de ETo.

3.5. Valores de ETo estimados mediante la fórmula modificada de PENMAN para la localidad de Davis, utilizando la temperatura media diaria (T_m) durante el periodo 1965-1971:

En el Cuadro 15 del Anexo II se presentan los valores de ETo promedios mensuales, obtenidos en base a la información climática disponible en la estación agrometeorológica de Davis durante el periodo 1965-1971.

Estos valores estimados de ETo, fueron obtenidos a partir del modelo de PENMAN modificado por DOORENBOS y PRUITT (1977) utilizando la temperatura media diaria (T_m), calculada como la semisuma de las temperaturas máximas y mínimas diarias registradas en la localidad de Davis. En el Cuadro 15 se incluyen además, los valores de todas las variables climáticas requeridas en el desarrollo de dicho modelo estimativo de ETo.

3.6. Valores de ETo estimados mediante la fórmula modificada de BLANEY-CRIDDLE para la localidad de Davis, utilizando la temperatura media diurna estimada (TD') durante el periodo 1965-1971:

En el Cuadro 16 del Anexo II se presentan los valores de ETo promedios mensuales, obtenidos en base a la informa-

ción climática disponible en la estación agrometeorológica de Davis durante el periodo 1965-1971.

Estos valores estimados de ETo fueron obtenidos a partir del modelo de BLANEY-CRIDDLE modificado por DOORENBOS y PRUITT (1977), utilizando la temperatura media diurna, estimada para la localidad de Davis a través de un modelo matemático de regresión lineal (TD'). En el Cuadro 16 se incluyen además, los valores de todas las variables climáticas requeridas en el desarrollo de dicho modelo estimativo de ETo.

3.7. Valores de ETo estimados mediante la fórmula modificada de BLANEY-CRIDDLE para la localidad de Davis, utilizando la temperatura media diaria (T_m) durante el periodo 1965-1971:

En el Cuadro 17 del Anexo II se presentan los valores de ETo promedios mensuales, obtenidos en base a la información climática disponible en la estación agrometeorológica de Davis durante el periodo 1965-1971.

Estos valores estimados de ETo, fueron obtenidos a partir del modelo de BLANEY-CRIDDLE modificado por DOORENBOS y PRUITT (1977), utilizando la temperatura media diaria (T_m) calculada como la semisuma de las temperaturas máxima y

mínima diarias registradas en la localidad de Davis. En el Cuadro 17 se incluyen además, los valores de todas las variables climáticas requeridas en el desarrollo de dicho modelo estimativo de ETo.

3.8. Valores de ETo estimados mediante la fórmula modificada de MAKKINK para la localidad de Davis, utilizando la temperatura media diurna estimada (TD') durante el período 1965-1971:

En el Cuadro 18 del Anexo II se presentan los valores de ETo promedios mensuales, obtenidos en base a la información climática disponible en la estación agrometeorológica de Davis durante el período 1965-1971.

Estos valores estimados de ETo, fueron obtenidos a partir del modelo de MAKKINK modificado por DOORENBOS Y PRUITT (1977) utilizando la temperatura media diurna, estimada para la localidad de Davis a través de un modelo matemático de regresión lineal (TD'). En el Cuadro 19 se incluyen además, los valores de todas las variables climáticas requeridas en el desarrollo de dicho modelo estimativo de ETo.

3.9. Valores de ETo estimados mediante la fórmula modificada de MAKKINK para la localidad de Davis, utilizando la temperatura media diaria (T_m) durante el periodo 1965-1971:

En el Cuadro 19 del Anexo II se presentan los valores de ETo promedios mensuales, obtenidos en base a la información climática disponible en la estación agrometeorológica de Davis durante el periodo 1965-1971.

Estos valores estimados de ETo fueron obtenidos a partir del modelo de MAKKINK modificado por DOORENBOS y PRUITT (1977), utilizando la temperatura media diaria (T_m) calculada como la semisuma de las temperaturas máxima y mínima diarias registradas en la localidad de Davis. En el Cuadro 19 se incluyen además, los valores de todas las variables climáticas requeridas en el desarrollo de dicho modelo estimativo de ETo.

3.10 Análisis del efecto del método de cálculo de la temperatura media sobre la estimación de ETo mediante la fórmula modificada de PENMAN para la localidad de Davis:

Se efectuó un análisis de regresión lineal simple para evaluar el impacto que producen cada uno de los métodos de

cálculo de la temperatura media propuestos en este estudio, sobre los valores de ETo estimados por el modelo modificado de PENMAN.

En el Cuadro 20 del Anexo II se comparan los valores de ETo obtenidos utilizando la temperatura media diurna estimada (TD'), con los valores entregados por el lisímetro de la estación de Davis para el periodo 1965-1971.

A partir de la información contenida en el Cuadro 20, se calculó la siguiente ecuación de regresión:

$$ETo\ lis = -0.149 + 0.723 * ETo-PN-TD' \quad (\text{Ec. 26})$$

Donde: ETo lis corresponde a la variable dependiente, definida como el valor estimado de ETo entregado por el lisímetro, en mm/día como promedio mensual; -0.149 es el intercepto de la recta de regresión; 0.723 es la pendiente de la recta de regresión, asociada a la variable independiente: ETo-PN-TD' corresponde a la variable independiente, definida como el valor de ETo en mm/día como promedio mensual, que se obtuvo en base al modelo modificado de PENMAN utilizando la temperatura media diurna estimada (TD').

El modelo de regresión obtenido (Ecuación 26) fue sometido a un análisis de la significancia estadística de los coeficientes, mediante un test T Student.

Además, se calculó el valor del coeficiente de deter-

minación R^2 asociado al modelo matemático. En el Cuadro 21 del Anexo II se presentan los resultados del análisis estadístico realizado.

Se siguió el mismo procedimiento anterior para analizar el efecto que tiene la temperatura media diaria (T_m) sobre los valores de ETo obtenidos mediante el modelo modificado de PENMAN, para el periodo 1965-1971 en la localidad de Davis.

En el Cuadro 22 del Anexo II se comparan los valores de ETo obtenidos utilizando la temperatura media diaria (T_m), con los valores entregados por el lisímetro de la estación de Davis para el periodo 1965-1971.

A partir de la información contenida en el Cuadro 22, se calculó la siguiente ecuación de regresión:

$$ETo_{lis} = -0.081 + 0.748 * ETo-PN-Tm \quad (\text{Ec. 27})$$

Donde: ETo_{lis} corresponde a la variable dependiente, definida como el valor estimado de ETo entregado por el lisímetro, en mm/día como promedio mensual; -0.081 es el intercepto de la recta de regresión; 0.748 es la pendiente de la recta de regresión, asociada a la variable independiente; $ETo-PN-Tm$ corresponde a la variable independiente, definida como el valor de ETo en mm/día como promedio mensual, que se obtuvo en base al modelo modificado de PENMAN utilizando la temperatura media diaria (T_m).

El modelo de regresión obtenido (Ecuación 27) fue sometido a un análisis de la significancia estadística de los coeficientes, mediante un test T Student. En el Cuadro 23 del Anexo II se presentan los resultados del test T Student y el valor del coeficiente de determinación R^2 asociado a la recta de regresión de la ecuación 27.

En la Figura 3 (a) y (b) se presentan los gráficos de regresión obtenidos a partir de las ecuaciones 26 y 27, respectivamente. En ambos gráficos se trazó una recta teórica, con pendiente igual a 1, para representar la asociación lineal que debiera existir idealmente si los valores de ETo estimados mediante el modelo modificado de PENMAN fueran iguales a los valores de ETo registrados por el lisímetro.

Como se puede apreciar en la Figura 3 (c), el gráfico que representa a los valores de ETo calculados utilizando la temperatura media diaria (T_m) en la ecuación modificada de PENMAN, se aproxima más a la linea teórica que representa a los valores registrados por el lisímetro.

3.11 Análisis del efecto del método de cálculo de la temperatura media sobre la estimación de ETo mediante la fórmula modificada de BLANEY-CRIDDLE para la localidad de Davis:

Se efectuó un análisis de regresión lineal simple para

evaluar el impacto que producen cada uno de los métodos de cálculo de la temperatura media propuestos en este estudio, sobre los valores de ETo estimados por el modelo modificado de BLANEY-CRIDDLE.

En el Cuadro 24 del Anexo II se comparan los valores de ETo obtenidos utilizando la temperatura media diurna estimada (TD'), con los valores entregados por el lisímetro de la estación de Davis para el periodo 1965-1971.

A partir de la información contenida en el Cuadro 24 se calculó la siguiente ecuación de regresión:

$$\text{ETo lis} = -0.940 + 0.714 * \text{ETo-BC-TD}' \quad (\text{Ec. 28})$$

Donde: ETo lis corresponde a la variable dependiente, definida como el valor estimado de ETo entregado por el lisímetro, en mm/día como promedio mensual; -0.940 es el intercepto de la recta de regresión; 0.714 es la pendiente de la recta de regresión, asociada a la variable independiente; ETo-BC-TD' corresponde a la variable independiente, definida como el valor de ETo, en mm/día como promedio mensual, que se obtuvo en base al modelo modificado de BLANEY-CRIDDLE, utilizando la temperatura media diurna estimada (TD').

El modelo de regresión obtenido (Ecuación 28) fue sometido a un análisis de la significancia estadística de los coeficientes, mediante un test T Student.

Además, se calculó el valor del coeficiente de determinación R^2 asociado al modelo matemático. En el Cuadro 25 del Anexo II se presentan los resultados del análisis estadístico realizado.

Se siguió el mismo procedimiento anterior para analizar el efecto que tiene la temperatura media diaria (T_m) sobre los valores de ETo obtenidos mediante el modelo modificado de BLANEY-CRIDDLE, para el periodo 1965-1971 en la localidad de Davis.

En el Cuadro 26 del Anexo II se comparan los valores de ETo obtenidos utilizando la temperatura media diaria (T_m) con los valores entregados por el lisímetro de la estación de Davis para el periodo 1965-1971.

A partir de la información contenida en el Cuadro 26, se calculó la siguiente ecuación de regresión:

$$ETo\ lis = -0.837 + 0.737 * ETo-BC-Tm \quad (\text{Ec. } 29)$$

Donde: $ETo\ lis$ corresponde a la variable dependiente, definida como el valor estimado de ETo entregado por el lisímetro, en mm/día como promedio mensual; -0.837 es el intercepto de la recta de regresión; 0.737 es la pendiente de la recta de regresión, asociada a la variable independiente; $ETo-BC-Tm$ corresponde a la variable independiente, definida como el valor de ETo, en mm/día como promedio mensual, que se

obtuvo en base al modelo modificado de BLANEY-CRIDDLE utilizando la temperatura media diaria (T_m).

El modelo de regresión obtenido (Ecuación 29) fue sometido a un análisis de la significancia estadística de los coeficientes, mediante un test T Student. En el Cuadro 27 del Anexo II se presentan los resultados del test T Student y el valor del coeficiente de determinación R^2 asociado a la recta de regresión de la ecuación 29.

En la Figura 4 (a) y (b) se presentan los gráficos de regresión obtenidos a partir de las ecuaciones 28 y 29, respectivamente. En ambos gráficos se trazó una recta teórica con pendiente igual a uno, para representar la asociación lineal que debiera existir idealmente, si los valores de ETo estimados mediante el modelo modificado de BLANEY-CRIDDLE fueran iguales a los valores de ETo registrados por el lisímetro.

Como se puede apreciar en la Figura 4 (c), el gráfico que representa a los valores de ETo calculados utilizando la temperatura media diaria (T_m) en la ecuación modificada de BLANEY-CRIDDLE, se aproxima más a la línea teórica que representa a los valores registrados por el lisímetro.

3.12 Análisis del efecto del método de cálculo de la temperatura media sobre la estimación de ETo mediante la fórmula modificada de MAKKINK para la localidad de Davis:

Se efectuó un análisis de regresión lineal simple para evaluar el impacto que producen cada uno de los métodos de cálculo de la temperatura media propuestos en este estudio, sobre los valores de ETo estimados por el modelo modificado de MAKKINK.

En el Cuadro 28 del Anexo II se comparan los valores de ETo obtenidos utilizando la temperatura media diurna estimada (TD'), con los valores entregados por el lisímetro de la estación de Davis para el periodo 1965-1971.

A partir de la información contenida en el Cuadro 28, se calculó la siguiente ecuación de regresión:

$$\text{ETo lis} = 0.028 + 0.782 * \text{ETo-MK-TD}' \quad (\text{Ec. 30})$$

Donde: **ETo lis** corresponde a la variable dependiente, definida como el valor estimado de ETo entregado por el lisímetro, en mm/dia como promedio mensual; **0.028** es el intercepto de la recta de regresión; **0.782** es la pendiente de la recta de regresión, asociada a la variable independiente; **ETo-MK-TD'** corresponde a la variable independiente, definida

como el valor de ETo, en mm/día como promedio mensual, que se obtuvo en base al modelo modificado de MAKKINK, utilizando la temperatura media diurna estimada (Td').

El modelo de regresión obtenido (Ecuación 30) fue sometido a un análisis de la significancia estadística de los coeficientes, mediante un test T Student.

Además, se calculó el valor del coeficiente de determinación R^2 asociado al modelo matemático. En el Cuadro 29 del Anexo II se presentan los resultados del análisis estadístico realizado.

Se siguió el mismo procedimiento anterior para analizar el efecto que tiene la temperatura media diaria (Tm) sobre los valores de ETo obtenidos mediante el modelo modificado de MAKKINK, para el periodo 1965-1971 en la localidad de Davis.

En el Cuadro 30 del Anexo II se comparan los valores de ETo obtenidos utilizando la temperatura media diaria (Tm) con los valores entregados por el lisímetro de la estación de Davis para el periodo 1965-1971.

A partir de la información contenida en el Cuadro 30, se calculó la siguiente ecuación de regresión:

$$ETo\ lis = 0.045 + 0.803 * ETo-MK-Tm \quad (\text{Ec. 31})$$

Donde: ETo lis corresponde a la variable dependiente,

definida como el valor estimado de ETo entregado por el lisímetro, en mm/día como promedio mensual; 0.045 es el intercepto de la recta de regresión; 0.803 es la pendiente de la recta de regresión, asociada a la variable independiente; $ETo-MK-Tm$ corresponde a la variable independiente, definida como el valor de ETo, en mm/día como promedio mensual, que se obtuvo en base al modelo modificado de MAKKINK utilizando la temperatura media diaria (Tm).

El modelo de regresión obtenido (Ecuación 31) fue sometido a un análisis de la significancia estadística de los coeficientes, mediante un test T Student. En el Cuadro 31 del Anexo II se presentan los resultados del test T Student y el valor del coeficiente de determinación R^2 asociado a la recta de regresión de la ecuación 31.

En la Figura 5 (a) y (b) se presentan los gráficos de regresión obtenidos a partir de las ecuaciones 30 y 31, respectivamente. En ambos gráficos se trazó una recta teórica con pendiente igual a uno, para representar la asociación lineal que debiera existir idealmente, si los valores de ETo estimados mediante el modelo modificado de MAKKINK fueran iguales a los valores de ETo registrados por el lisímetro.

Como se puede apreciar en la Figura 5 (c), el gráfico que representa a los valores de ETo calculados utilizando la temperatura media diaria (Tm) en la ecuación modificada de

MAKKINK, se aproxima más a la linea teórica que representa a los valores registrados por el lisímetro.

4. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

4.1. Cálculo de la temperatura media diurna del aire:

Los valores de temperatura media diurna (TD) obtenidos para la estación agrometeorológica de Guillota durante el periodo 1988-1989 resultaron mayores que los valores de temperatura media diaria (Tm), calculados en base a la semisuma de las temperaturas máximas y mínimas diarias registradas en esa localidad. En el Cuadro 7 del Anexo II se puede apreciar claramente esta diferencia.

Los mayores valores de temperatura media diurna obtenidos, se deben a que el cálculo de esta variable considera solamente las temperaturas registradas durante el periodo diurno, es decir, entre la salida y la puesta del sol, sin incluir a las temperaturas ocurridas durante el periodo nocturno. Como las temperaturas más bajas del día se producen generalmente durante la fase nocturna (PARTON y LOGAN, 1981), al descartar estos valores en el cálculo de la temperatura media diurna (TD'), se obtienen consecuentemente registros medios diarios superiores a los valores de temperatura media diaria (Tm).

4.2. Estimación de la temperatura media diurna a partir de los registros de temperaturas máximas y mínimas diarias existentes en la estación aerometeorológica de Davis durante el periodo 1965-1971;

El análisis estadístico aplicado al modelo de regresión lineal múltiple que estima la temperatura media diurna (TD') en base a las temperaturas máximas y mínimas y que fue desarrollado a partir de los registros disponibles en la estación de Quillota durante un periodo de dos años, indica que el modelo en cuestión proporciona una buena estimación de la variable dependiente (Cuadro 9, Anexo II).

En efecto, los resultados del test T Student indican que los coeficientes B_1 y B_2 del modelo son significativos, es decir, con un 95% de confianza se puede asegurar que ambos coeficientes tienen valores diferentes a cero.

El alto coeficiente de determinación ($R^2 = 0.884$) de la ecuación de regresión que representa al modelo estimativo de la temperatura media diurna, indica que existe un alto grado de asociación lineal entre las variables dependiente e independientes incluidas en dicho modelo.

El análisis del error observado en las estimaciones de la temperatura media diurna entregadas por el modelo de regresión, indica que el error se comporta de manera indepen-

diente, ya que existe una distribución homogénea de valores positivos y negativos (Figura 2, Anexo II). También se puede observar que la varianza del error tiene un comportamiento homogéneo. En efecto, en la Figura 2 se aprecia que las estimaciones de las temperaturas medias diurnas obtenidas a través del modelo de regresión calculado, no subestiman ni sobreestiman los valores observados de la variable dependiente.

Las consideraciones anteriores permiten afirmar con un 95% de certeza, que el modelo desarrollado cumple con los supuestos básicos establecidos para la regresión lineal, esto es, que el error de las estimaciones tenga un comportamiento independiente y la varianza del error sea homogénea. Por lo tanto, el modelo de regresión lineal múltiple obtenido es representativo y puede ser utilizado para generar valores estimados de temperaturas medias diurnas, a partir de registros de temperaturas máximas entre 8.8°C y 33.6°C y registros de temperaturas mínimas que fluctúen entre -1.2°C y 17°C.

Los valores de temperaturas máximas y mínimas diarias, obtenidos como promedios mensuales para el periodo 1965-1971 en la estación de Davis, están incluidos dentro del rango de valores para los cuales se validó el modelo de regresión calculado (Cuadro 11, Anexo II). Por lo tanto, las temperaturas medias diurnas que se estimaron para Davis utilizando

el modelo de regresión anteriormente desarrollado, son válidas y representan con un 95% de certeza a los valores reales de temperaturas diurnas que existirían en esa localidad.

Como se discutió en el punto anterior, los valores de temperaturas medias diurnas estimadas para la estación de Davis debieran ser mayores a los valores de temperaturas medias diarias que se calcularon en base al promedio de las temperaturas máximas y mínimas diarias registradas en esa localidad. En efecto, en el Cuadro II del Anexo II se puede apreciar claramente que las temperaturas medias diurnas, estimadas como promedios mensuales para la localidad de Davis durante el periodo 1965-1971, son más altas que las temperaturas medias diarias obtenidas en el mismo periodo.

Por consiguiente, la utilización de la temperatura media diurna estimada (T_{D0}') en el desarrollo de los modelos estimativos de ETo incluidos en este estudio, debería producir valores de ETo más altos que los obtenidos al utilizar la temperatura media diaria (T_m) en las mismas fórmulas estimativas.

Esta situación se debe a que los tres métodos estimativos de ETo que se consideraron en este estudio, incluyen la variable temperatura media del aire en sus respectivas fórmulas (Cuadro 33, Anexo II) y en todos ellos, la temperatura influye proporcionalmente sobre el valor final

de ETo obtenido (Anexo I).

4.3 Efecto del método de cálculo de la temperatura media del aire sobre la estimación de ETo mediante la fórmula modificada de PENMAN para la localidad de Davis:

Esta es la fórmula empírica que cuenta con mayor apoyo teórico, ya que en su desarrollo se considera un gran número de variables climáticas (Cuadro 32, Anexo II).

En la versión modificada por DOORENBOS y PRUITT (1977) del método original de PENMAN (1948) (Ecuación 8), el efecto de la variable temperatura del aire se expresa a través de los siguientes términos:

- indirectamente, en el cálculo del coeficiente w , que corresponde a un índice de ponderación de los efectos de la radiación sobre la ETo y cuyo valor está determinado por la temperatura media del aire y por la altitud (Cuadro 12, Anexo II).
- en el cálculo de la radiación neta de onda larga ($Rn1$) (Ecuación 13), que requiere de la medición directa de la temperatura media del aire.
- en la estimación de la presión de vapor saturada del aire (ea), la que requiere del valor de temperatura media del

aire (Ecuación 16).

En el desarrollo de la ecuación modificada de PENMAN utilizando la temperatura media diurna (TD'), estimada a través de un modelo matemático de regresión lineal a partir de las temperaturas máximas y mínimas diarias registradas en la estación de Davis durante el periodo 1965-1971, se puede observar que los valores finales de ETo obtenidos son más altos que los entregados por el lisímetro instalado en dicha estación agrometeorológica (Cuadro 20, Anexo II).

De igual forma, el empleo de la temperatura media diaria (T_m) en el desarrollo de la ecuación modificada de PENMAN, genera valores de ETo que superan a los registrados por el lisímetro (Cuadro 22, Anexo II).

No obstante, a pesar de que ambos procedimientos de cálculo de la temperatura media aplicados en el desarrollo del modelo modificado de PENMAN generan valores de ETo mayores a los reales medidos, se observa que el empleo de la temperatura media diurna produce estimaciones de ETo que exceden en mayor grado a los registros del lisímetro (Cuadro 33, Anexo II). Esto ratifica lo discutido en el punto anterior, respecto a que la utilización de la temperatura media diurna estimada (TD') produce valores de ETo más altos que los obtenidos al aplicar la temperatura media diaria (T_m), tanto en el desarrollo del modelo modificado de PENMAN

como en los demás métodos estimativos incluidos este estudio.

En la Figura 3 (a) del Anexo II se muestra el resultado del análisis de regresión efectuado para determinar el efecto de la temperatura media diurna estimada (T_D') sobre los valores de ETo obtenidos en la localidad de Davis, según el modelo modificado de PENMAN. En el gráfico, se aprecia que la estimación de ETo en base a la temperatura media diurna es altamente representativa de los valores reales de ETo proporcionados por el lisímetro, los que en la figura están representados por una recta continua.

Consecuentemente, el análisis estadístico indica que el modelo de regresión que asocia a ambas variables es significativo, con un 95% de certeza (Cuadro 21, Anexo II). El alto valor del coeficiente de determinación asociado a dicho modelo de regresión, ratifica que el empleo de la temperatura media diurna en el desarrollo de la ecuación modificada de PENMAN produce valores de ETo que son significativamente representativos de las mediciones reales de esta variable.

En la Figura 3 (b) del Anexo II, se presenta el análisis de regresión realizado para determinar el efecto de la temperatura media diaria (T_m) sobre los valores de ETo obtenidos en la localidad de Davis según el modelo modificado de PENMAN. En este gráfico también se observa que existe una alta asociación entre las estimaciones de ETo entrecaadas por

la ecuación de PENMAN y los valores de ETo medidos por el lisímetro.

El análisis estadístico del modelo de regresión que asocia a ambas variables, también demuestra que el empleo de la temperatura media diaria (T_m) en el desarrollo de la ecuación modificada de PENMAN produce valores de ETo que representan con un 95% de certeza a las mediciones reales proporcionadas por el lisímetro (Cuadro 23, Anexo II).

Sin embargo, al comparar el efecto de ambos procedimientos de cálculo de la temperatura media sobre las estimaciones de ETo obtenidas, se observan ciertas diferencias. De la Figura 3 (c) (Anexo II) se desprende que, si bien las estimaciones de ETo obtenidas en el desarrollo del modelo de PENMAN en base a la temperatura media diurna y la temperatura media diaria son altamente representativas de los valores registrados por el lisímetro, al utilizar la temperatura media diaria (T_m) se obtienen estimaciones de ETo más precisas, que se aproximan más a los valores reales de ETo.

Al comparar los coeficientes de determinación asociados a cada uno de los modelos de regresión desarrollados para determinar el efecto de ambos procedimientos de cálculo de la temperatura media sobre las estimaciones de ETo, también se observa que el empleo de la temperatura media diaria (T_m) genera valores de ETo levemente más representativos que los

obtenidos en base a la temperatura media diurna (Cuadros 21 y 23, Anexo II).

Sin embargo, la escasa diferencia observada entre los efectos de ambos procedimientos de cálculo de la temperatura media sobre la estimación de ETo mediante el modelo modificado de PENMAN, permite concluir que tanto el empleo de la temperatura media diaria (T_m) como la utilización de la temperatura media diurna (TD), son procedimientos válidos para obtener buenas estimaciones de ETo a través de este método. A pesar de que existe evidencia estadística levemente mayor, a favor de la utilización de la temperatura media diaria (T_m) en el desarrollo de la ecuación modificada de PENMAN, no se debe descartar el empleo de la temperatura media diurna, ya que es un procedimiento que probadamente entrea estimaciones de ETo altamente representativas de las mediciones reales de esta variable.

En base a los resultados obtenidos en este estudio, se propone calibrar nuevamente este modelo estimativo en una localidad en la cual existan registros continuos de temperaturas horarias a lo largo del día y mediciones directas de ETo entregadas por un lisímetro, para poder determinar con mayor precisión el efecto de los métodos de cálculo de la temperatura media diaria del aire propuestos en esta investigación, sobre las estimaciones de ETo entregadas

por el modelo modificado de PENMAN.

En relación a la utilización del modelo modificado de PENMAN para la estimación de ETo en base a la información climática disponible en la localidad de Davis, cabe destacar que este método es el que produce las mayores sobreestimaciones de la evapotranspiración del cultivo de referencia, en comparación a los otros métodos estimativos desarrollados en este estudio (Cuadro 33, Anexo II). Esta situación aparentemente contradice lo establecido por otros autores, quienes afirman que el método modificado de PENMAN debiera entregar las mejores estimaciones de ETo, dado el gran número de variables climáticas que incorpora (BURMAN et al., 1983).

Los resultados obtenidos en este estudio respecto a las sobreestimaciones de ETo entregadas por la ecuación modificada de PENMAN podrían explicarse considerando que, para el desarrollo de dicho modelo se asumió que la proporción entre la velocidad diurna y la velocidad nocturna del viento (U_{dia}/U_{noche}) tenía un valor constante durante todo el año. Este supuesto fue necesario, ya que en la estación meteorológica de Davis no se disponía de registros específicos de velocidad nocturna del viento para el periodo considerado en este estudio. Se escogió un valor de 2 para la proporción entre la velocidad diurna y nocturna del viento,

por ser éste el valor recomendado por DOORENBOS y PRUITT (1977) para condiciones climáticas no extremas, como las que se presentan en la localidad de Davis (Cuadro 11, Anexo II).

Al asumir un valor constante a lo largo del año para la proporción entre las velocidades diurna y nocturna del viento, se influye sobre la magnitud del coeficiente C incluido en el modelo modificado de PENMAN (Ecuación 9), el que a su vez afecta proporcionalmente al valor final de ETo entregado por dicho método estimativo (Ecuación 8). De esta manera, la sobreestimación observada en los valores de ETo obtenidos al utilizar la ecuación modificada de PENMAN, podría estar asociada al valor constante asignado a la proporción entre las velocidades diurna y nocturna del viento.

4.4. Efecto del método de cálculo de la temperatura media del aire sobre la estimación de ETo mediante la fórmula modificada de BLANEY-CRIDDLE para la localidad de Davis:

En la versión modificada por DOORENBOS y PRUITT (1977) del método originalmente propuesto por BLANEY-CRIDDLE (1967) para la estimación de ETo (Ecuación 20), el efecto de la temperatura del aire se expresa directamente en el cálculo del factor f (Ecuación 21), que corresponde a un factor de uso-consuntivo y cuyo valor afecta proporcionalmente al valor

de ETo obtenido mediante este método. Por lo tanto, las variaciones que sufra la temperatura media del aire, al ser estimada como la temperatura media diaria (T_m) o como la temperatura media diurna (TD'), se reflejarán directamente en los valores estimados de ETo entregados por el modelo de BLANEY-CRIDDLE.

Al desarrollar la ecuación modificada de BLANEY-CRIDDLE utilizando la temperatura media diurna (TD'), estimada a través de un modelo matemático de regresión lineal a partir de las temperaturas máximas y mínimas diarias registradas en la estación de Davis durante el periodo 1965-1971, se puede observar que los valores finales de ETo obtenidos son más altos que los entregados por el lisímetro instalado en dicha estación agrometeorológica (Cuadro 24, Anexo II).

De igual forma, el empleo de la temperatura media diaria (T_m) en el desarrollo de la ecuación modificada de BLANEY-CRIDDLE genera valores de ETo que superan a los registrados por el lisímetro (Cuadro 26, Anexo II).

No obstante, a pesar de que ambos procedimientos de cálculo de la temperatura media aplicados en el desarrollo del modelo modificado de BLANEY-CRIDDLE generan valores de ETo mayores a los reales medidos, se observa que el empleo de la temperatura media diurna produce estimaciones de ETo que exceden en mayor grado a los registros del lisímetro (Cuadro

33., Anexo II). Esto ratifica lo discutido anteriormente, respecto a que la utilización de la temperatura media diurna estimada (TD') produce valores de ETo más altos que los obtenidos al aplicar la temperatura media diaria (T_m), tanto en el modelo modificado de BLANEY-CRIDDLE como en los demás métodos estimativos desarrollados en este estudio.

En la Figura 4 (a) del Anexo II se muestra el resultado del análisis de regresión efectuado para determinar el efecto de la temperatura media diurna estimada (TD') sobre los valores de ETo obtenidos en la localidad de Davis mediante el modelo modificado de BLANEY-CRIDDLE. En el gráfico, se aprecia que la estimación de ETo en base a la temperatura media diurna, es altamente representativa de los valores reales de ETo proporcionados por el lisímetro, los que en la figura están representados mediante una recta continua.

Consecuentemente, el análisis estadístico indica que el modelo de regresión que asocia a ambas variables es significativo, con un 95% de certeza (Cuadro 25, Anexo II). El alto valor del coeficiente de determinación asociado a dicho modelo de regresión, confirma que el empleo de la temperatura media diurna en el desarrollo de la ecuación modificada de BLANEY-CRIDDLE produce valores de ETo que son significativamente representativos de las mediciones reales de esta variable.

En la Figura 3 (b) del Anexo II, se presenta el análisis de regresión realizado para determinar el efecto de la temperatura media diaria (T_m) sobre los valores de ETo obtenidos en la localidad de Davis según el modelo modificado de BLANEY-CRIDDLE. En este gráfico también se observa que existe una alta asociación entre las estimaciones de ETo entreadas por la ecuación de BLANEY-CRIDDLE y los valores de ETo medidas por el lisímetro.

El análisis estadístico del modelo de regresión que asocia a ambas variables, también demuestra que el empleo de la temperatura media diaria (T_m) en el desarrollo de la ecuación modificada de BLANEY-CRIDDLE produce valores de ETo que representan con un 95% de certeza a las mediciones reales proporcionadas por el lisímetro (Cuadro 25, Anexo II).

Sin embargo, al comparar el efecto de ambos procedimientos de cálculo de la temperatura media sobre las estimaciones de ETo obtenidas, se observan ciertas diferencias. De la Figura 4 (c) del Anexo II se desprende que, si bien las estimaciones de ETo obtenidas en el desarrollo del modelo de BLANEY-CRIDDLE en base a la temperatura media diurna y la temperatura media diaria, son altamente representativas de los valores registrados por el lisímetro, al utilizar la temperatura media diaria (T_m) se obtienen estimaciones de ETo más precisas, que se aproximan más a los

valores reales de ETo.

Al comparar los coeficientes de determinación asociados a cada uno de los modelos de regresión desarrollados para determinar el efecto de ambos procedimientos de cálculo de la temperatura media sobre las estimaciones de ETo, también se observa que el empleo de la temperatura media diaria (T_m) genera valores de ETo levemente más representativos que los obtenidos en base a la temperatura media diurna (Cuadros 25 y 27, Anexo II).

Sin embargo, la diferencia observada entre los efectos de ambos procedimientos de cálculo de la temperatura media sobre la estimación de ETo mediante el modelo modificado de BLANEY-CRIDDLE es muy pequeña, incluso inferior a lo obtenido en el desarrollo del modelo de PENMAN (Cuadro 23, Anexo II).

Lo anterior permite concluir que tanto el empleo de la temperatura media diaria (T_m) como la utilización de la temperatura media diurna (TD), son procedimientos válidos para obtener buenas estimaciones de ETo a través de este modelo estimativo. A pesar de que existe evidencia estadística levemente mayor, apoyando la utilización de la temperatura media diaria (T_m) en el desarrollo de la ecuación modificada de BLANEY-CRIDDLE, no se debe descartar el empleo de la temperatura media diurna, ya que también es un procedimiento válido para obtener estimaciones de ETo altamente

representativas de las mediciones reales de esta variable.

En base a los resultados obtenidos en este estudio, se propone calibrar nuevamente este modelo estimativo en una localidad en la que se disponga de registros continuos de temperaturas horarias a lo largo del día y de mediciones directas de ETo entregadas por un lisímetro, para poder determinar con mayor precisión el efecto de los métodos de cálculo de la temperatura media diaria propuestos en esta investigación, sobre los valores de ETo estimados por el modelo modificado de BLANEY-CRIDDLE.

En relación a la utilización del modelo modificado de BLANEY-CRIDDLE para la estimación de ETo en base a la información climática disponible en la localidad de Davis, cabe destacar que, si bien este método también produce sobreestimaciones de ETo, éstas alcanzan valores intermedios entre las obtenidas por el modelo de PENMAN y las entregadas por la ecuación modificada de MAKKINK (Cuadro 33, Anexo II).

Los resultados obtenidos en este estudio respecto a las sobreestimaciones de ETo entregadas por la ecuación modificada de BLANEY-CRIDDLE podrían deberse a que, en el desarrollo de dicho modelo se asignó un valor constante durante todo el año a la proporción entre la velocidad diurna y la velocidad nocturna del viento ($U_{\text{día}}/U_{\text{noche}}$). Este supuesto fue necesario, ya que en la estación meteorológica

de Davis no se disponía de registros específicos de velocidad nocturna del viento para el período considerado en este estudio. Se escogió un valor de 2 para la proporción entre la velocidad diurna y nocturna del viento, que corresponde al valor recomendado por DOORENBOS y PRUITT (1977) para condiciones climáticas no extremas, como las que se presentan en la localidad de Davis (Cuadro 11, Anexo II).

Al asumir que la proporción entre la velocidad diurna y nocturna del viento se mantiene constante a lo largo del año, se influye directamente sobre el valor del coeficiente b (Ecuación 20), el que a su vez afecta proporcionalmente al valor final de ETo entregado por este método estimativo. Por consiguiente, la utilización de un valor constante para la proporción entre las velocidades diurna y nocturna del viento podría haber inducido a las sobreestimaciones observadas en los valores de ETo obtenidos mediante el método modificado de BLANEY-CRIDDLE.

4.5. Efecto del método de cálculo de la temperatura media del aire sobre la estimación de ETo mediante la fórmula modificada de MAKKINK para la localidad de Davis:

En la versión modificada por DOORENBOS y PRUITT (1977) del método originalmente propuesto por MAKKINK (1957) para la estimación de ETo (Ecuación 24), el efecto de la variable

temperatura del aire se expresa indirectamente en el cálculo del coeficiente W , que es un índice de ponderación de los efectos de la radiación sobre la ETo cuyo valor depende de la temperatura media del aire y de la altitud (Cuadro 12, Anexo II) y afecta proporcionalmente al valor final de ETo entregado por este modelo estimativo.

Por consiguiente, las variaciones que sufra la temperatura media del aire, al ser estimada como la temperatura media diaria (T_m) o como la temperatura media diurna (TD'), se reflejarán directamente en los valores de ETo entregados por este modelo.

En el desarrollo de la ecuación modificada de MAKKINK utilizando la temperatura media diurna (TD'), estimada mediante un modelo matemático de regresión lineal a partir de los registros de temperaturas máximas y mínimas disponibles en la estación de Davis durante el periodo 1965-1971, se puede observar que los valores finales de ETo obtenidos resultan ser ligeramente superiores a los valores de ETo proporcionados por el lisímetro instalado en dicha estación agrometeorológica (Cuadro 28, Anexo II).

Del mismo modo, el empleo de la temperatura media diaria (T_m) en el desarrollo de la ecuación modificada de MAKKINK, genera valores de ETo que también exceden ligeramente a los valores registrados directamente por el lisímetro (Cuadro 30,

Anexo II).

No obstante, a pesar de que ambos procedimientos de cálculo de la temperatura media aplicados en el desarrollo del modelo modificado de MAKKINK generan valores de ETo mayores a los reales medidos, se observa que el empleo de la temperatura media diurna produce estimaciones de ETo que exceden en mayor grado a los registros del lisímetro (Cuadro 33, Anexo II). Esto corrobora lo discutido anteriormente, respecto a que la utilización de la temperatura media diurna (TD') produce valores de ETo más altos comparados a los obtenidos al aplicar la temperatura media diaria (T_m), tanto en el modelo modificado de MAKKINK como en los demás métodos estimativos de ETo desarrollados en este estudio.

En la Figura 5 (a) del Anexo II se muestra el resultado del análisis de regresión realizado para determinar el efecto de la utilización de la temperatura media diurna estimada (TD') sobre los valores de ETo obtenidos en la localidad de Davis en base al modelo modificado de MAKKINK. En el gráfico, se aprecia que la estimación de ETo en base a la temperatura media diurna, es altamente representativa de los valores reales de ETo proporcionados por el lisímetro, los que en la figura aparecen representados por una recta continua.

Consecuentemente, el análisis estadístico indica que el modelo de regresión que relaciona a ambas variables es

significativo, con un 95% de certeza (Cuadro 29, Anexo II). El alto valor del coeficiente de determinación asociado al modelo de regresión, confirma que el empleo de la temperatura media diurna en el desarrollo de la ecuación modificada de MAKKINK, produce valores de ETo que son significativamente representativos de las mediciones reales de esta variable.

En la Figura 5 (b) del Anexo II, se presenta el análisis de regresión realizado para determinar el efecto de la utilización de la temperatura media diaria (T_m) sobre los valores de ETo obtenidos en la localidad de Davis según el modelo modificado de MAKKINK. En este gráfico, también se observa que existe una alta asociación entre las estimaciones de ETo entregadas por la ecuación modificada de MAKKINK y los valores de ETo medidos por el lisímetro.

El análisis estadístico del modelo de regresión que asocia a ambas variables, también demuestra que el empleo de la temperatura media diaria (T_m) en el desarrollo de la ecuación modificada de MAKKINK, produce valores de ETo que representan con un 95% de certeza a las mediciones reales proporcionadas por el lisímetro (Cuadro 31, Anexo II).

Sin embargo, al comparar el efecto de ambos procedimientos de cálculo de la temperatura media sobre las estimaciones de ETo obtenidas, se observan ligeras diferencias. De la Figura 5 (c) del Anexo II, se desprende

que, si bien las estimaciones de ETo obtenidas en el desarrollo del modelo de MAKKINK en base a la temperatura media diurna y la temperatura media diaria, son altamente representativas de los valores registrados por el lisímetro, al utilizar la temperatura media diaria (T_m) se obtienen estimaciones de ETo más precisas, que se aproximan más a los valores reales de esta variable.

Al comparar los coeficientes de determinación asociados a cada uno de los modelos de regresión desarrollados para determinar el efecto de ambos procedimientos de cálculo de la temperatura media sobre las estimaciones de ETo, también se observa que el empleo de la temperatura media diaria (T_m) genera valores de ETo levemente más representativos que los obtenidos en base a la temperatura media diurna (Cuadros 29 y 31, Anexo II).

Sin embargo, la diferencia que existe entre los efectos de ambos procedimientos de cálculo de la temperatura media sobre la estimación de ETo mediante el modelo modificado de MAKKINK es muy pequeña, similar a lo observado en las estimaciones proporcionadas por el modelo modificado de BLANEY-CRIDDLE, e inferior a las diferencias obtenidas en el desarrollo de la ecuación modificada de PENMAN (Cuadros 21, 23, 25 29 y 31, Anexo II).

Lo anterior permite concluir que tanto el empleo de la

temperatura media diaria (T_m) como la utilización de la temperatura media diurna (TD), son procedimientos válidos para obtener buenas estimaciones de ETo a través del método modificado de MAKKINK. A pesar de que existe evidencia estadística ligeramente mayor, que recomienda la utilización de la temperatura media diaria (T_m) en el desarrollo de la ecuación modificada de MAKKINK, no se debe descartar el empleo de la temperatura media diurna, ya que también constituye un procedimiento válido para obtener estimaciones de ETo altamente representativas de las mediciones reales de esta variable.

En base a los resultados obtenidos en este estudio, se propone calibrar nuevamente este modelo estimativo en una localidad en la cual existan registros continuos de temperaturas horarias a lo largo del día y mediciones directas de ETo entregadas por un lisímetro, para poder determinar con mayor precisión el efecto de los métodos de cálculo de la temperatura media del aire propuestos en esta investigación, sobre las estimaciones de ETo entregadas por el modelo modificado de MAKKINK.

En relación a la utilización del modelo modificado de MAKKINK para la estimación de ETo en base a la información climática disponible en la localidad de Davis, cabe destacar que este método produce ligeras sobreestimaciones de ETo , las que son inferiores a las obtenidas al desarrollar los métodos

modificados de PENMAN y BLANEY-CRIDDLE (Cuadro 33, Anexo II).

Las sobreestimaciones de ETo obtenidas mediante la ecuación modificada de MAKKINK podrían deberse a que, en el desarrollo de dicho modelo se asumió, al igual que en los otros modelos, que la proporción entre la velocidad diurna y la velocidad nocturna del viento ($U_{\text{día}}/U_{\text{noche}}$) tenía un valor constante igual a 2 durante todo el año, según lo recomiendan DOORENBOS y PRUITT (1977) para condiciones climáticas no extremas como las existentes en la localidad de Davis (Cuadro 11, Anexo II).

Al asumir que la proporción entre la velocidad diurna y nocturna del viento se mantenía constante a lo largo del año, se influye directamente sobre el valor del factor B (Ecuación 25) el que a su vez, está asociado proporcionalmente al valor final de ETo entregado por este modelo. Por lo tanto, la utilización de un valor constante para la proporción entre las velocidades diurna y nocturna del viento, podría haber inducido a las sobreestimaciones observadas en los valores de ETo obtenidos mediante el método modificado de MAKKINK.

5. CONCLUSIONES

Los procedimientos de cálculo de la temperatura media del aire probados en esta investigación, proporcionaron estimaciones de ETo altamente representativas de los valores reales medidos directamente en el lisímetro.

Ambos métodos de cálculo de la temperatura media del aire pueden ser desarrollados en base a la información climática comúnmente registrada en la mayoría de las estaciones meteorológicas.

Para el cálculo de la temperatura media diaria (T_m) se necesitan registros de temperaturas máximas y mínimas diarias. El cálculo de la temperatura media diurna (TD) en cambio, requiere de mediciones continuas de temperaturas, entregadas por un termógrafo.

Sin embargo, en este estudio se demostró que la temperatura media diurna puede ser estimada para una localidad en la que no se disponga de registros continuos de temperaturas. Para esto, se desarrolló un modelo matemático estimativo de la temperatura media diurna en base a los registros proporcionados por el termógrafo de la estación meteorológica de Quillota, Chile, durante un periodo de dos años. Este modelo estima la temperatura media diurna en base a los valores de temperaturas máximas y mínimas diarias, que

son comúnmente registrados en la mayoría de las estaciones meteorológicas. El análisis estadístico de dicho modelo indicó que éste resulta muy eficaz en la estimación de la temperatura media diurna del aire.

Este modelo fue utilizado para generar un conjunto de datos estimados de temperatura media diurna, para la estación agrometeorológica de Davis, Estados Unidos, en la que se disponía solamente de registros de temperaturas máximas y mínimas diarias durante un período de siete años consecutivos (1965-1971). En base a los valores de temperaturas medias diurnas así estimados, se calculó la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) mediante los modelos de PENMAN, BLANEY-CRIDDLE Y MAKKINK, modificados por DOORENBOS y PRUITT (1977).

En los modelos estimativos de ETo contemplados en este estudio, desarrollados a partir de la información climática disponible en la estación agrometeorológica de Davis para el período 1965-1971, se observó que tanto el empleo de la temperatura media diaria (T_m) como la utilización de la temperatura media diurna estimada (TD') produjeron valores de ETo que estimaron con un 96% o más de precisión a los valores reales de esta variable, registrados por el lisímetro instalado en dicha estación agrometeorológica.

En el desarrollo de los modelos estimativos de ETo

antes mencionados, la utilización de la temperatura media diaria (T_m), calculada como el promedio de las temperaturas máximas y mínimas diarias, entregó estimaciones de ETo que fueron levemente más representativas que las obtenidas al emplear la temperatura media diurna (TD'). Sin embargo, dada la escasa diferencia estadística observada entre los valores de ETo estimados en base a ambos métodos de cálculo de la temperatura media del aire, no es conveniente sugerir el empleo de uno u otro método en particular, ya que ambos pueden ser utilizados para obtener estimaciones de ETo altamente representativas de los valores reales de esta variable, a través de los tres métodos estimativos de ETo considerados en este estudio.

Se propone calibrar nuevamente los modelos modificados de PENMAN, BLANEY-CRIDDLE y MAKKINK, en una localidad que cuente con información meteorológica completa, incluyendo registros horarios de temperatura y mediciones directas de ETo entregadas por un lisímetro. De este modo, se podrían desarrollar estos modelos estimativos de ETo, utilizando los procedimientos de cálculo de la temperatura media del aire que fueron incluidos en la presente investigación, con el objeto de entregar antecedentes más precisos sobre su efecto en la estimación de la evapotranspiración del cultivo de referencia.

6. RESUMEN

Con el objeto de mejorar la estimación de la evapotranspiración potencial del cultivo (ET_c), se evaluó la utilización de la temperatura media diurna en los cálculos de esta variable mediante tres modelos empíricos estimativos de mayor utilización en la actualidad.

Se compararon los valores de ET_c entregados durante siete años por un lisímetro instalado en la estación agrometeorológica de Davis (California, EEUU), con los valores de ET_c estimados para dicha localidad utilizando la temperatura media diurna en las fórmulas de PENMAN, BLANEY-CRIDDLE y MAKKINK modificadas por DOORENBOS Y PRUITT (1977).

Comúnmente en el cálculo de ET_c en base a los modelos antes mencionados, se utiliza el valor de la temperatura media diaria definida como el promedio de las temperaturas máxima y mínima diarias.

La hipótesis principal estudiada en esta investigación fue que el empleo de la temperatura media diurna, en reemplazo de la temperatura media diaria en los modelos empíricos de ET_c mejoraría la estimación de esta variable, dado que se utilizaron los valores de temperatura que son realmente determinativos del proceso evapotranspiratorio.

Considerando la importancia de la variable temperatura

para la estimación de ETo en base a modelos empíricos, se esperaba una mejora significativa de los valores de ETo obtenidos mediante el uso de la temperatura media diurna, en reemplazo de la temperatura media diaria. Sin embargo, el considerable número de variables meteorológicas adicionales requeridas para el desarrollo de los modelos estimativos de ETo , no permitió obtener un aumento significativo en la precisión de los valores de ETo obtenidos al utilizar la temperatura media diurna.

En todos los casos analizados, se concluyó finalmente que el empleo de la temperatura media diurna entrega estimaciones igual o levemente más precisas, respecto a la utilización de la temperatura media diaria en el desarrollo de las fórmulas empíricas.

Adicionalmente, se desarrolló un modelo matemático estimativo de la temperatura media diurna en base a los valores de temperatura máxima y mínima diaria, que son los comúnmente disponibles en la mayoría de las estaciones agrometeorológicas. El modelo se desarrolló en base a datos de la estación meteorológica de La Palma (Quillota, Chile), y se utilizó en la estimación de los valores de temperatura media diurna en la estación meteorológica de Davis. El modelo matemático resultó ser altamente eficaz para la estimación de la temperatura media diurna.

6. LITERATURA CITADA

- BURMAN, R.D.; CUENCA, R.H.; WEISS, A. 1983. Techniques for estimating irrigation water requirements. In: Hillel, D., ed. Advances on irrigation. Massachusetts, Academic Press. pp. 335-391
- COCKSHULL, K.E.; HAND, D.W.; LANGTON, F.A. 1981. The effects of day and night temperature on flower initiation and development in chrysanthemum. *Acta Horticulturae* 125: 101-110
- DE FINA, A.; RAVELO, A. 1985. Climatología y fenología agrícolas. 4a.ed. Buenos Aires, Eudeba. 354p.
- DE KONING, A.N.N. 1988. The effect of different day/night temperature regimes on growth, development and yield of glasshouse tomatoes. *Journal of Horticultural Science* 63(3):465-471.
- _____, 1988. An algorithm for controlling the average 24-hour temperature in glasshouses. *Journal of Horticultural Science* 63:473-477.
- DIAZ, A. 1988. Cálculo de las necesidades de agua de los cultivos. Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 124p.
- DOORENBOS, J., PRUITT, W.O. 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. Roma, FAO. 193p. (Irrig. Drain. Pap. 24).
- _____, 1978. Estaciones agrometeorológicas. Roma, FAO. 112p. (Estudio de Riego y Drenaje 27).
- ESPILDORA, B.; BROWN, E.; CABRERA, G.; ISENSEE, P. 1975. Elementos de Hidrología. Santiago, Universidad de Chile. 421p.
- HILLEL, D. 1983. Advances on Irrigation. Massachusetts, Academic Press. 429p.
- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS, MINISTERIO DE AGRICULTURA DE CHILE. 1989. Mapa agroclimático de Chile. Santiago, INIA. 221p.
- INTERNATIONAL CROPS RESEARCH INSTITUTE FOR THE SEMI-ARID TROPICS (ICRISAT). 1986. Agrometeorology of Groundnut: Proceedings of an International Symposium, Patancheru, 21-26 august, 1985. pp. 23-29

- KANEMASU, E.T. 1985. Agrometeorological research in developing strategies for improved food production. In: International Crops Research Institute for the Semi-arid tropics. Agrometeorology of Groundnut. Patancheru, ICRISAT. pp. 23-29
- KRUG, H.; LIEBIG, H.P. 1980. Diurnal thermoperiodism of the cucumber. *Acta Horticulturae* 118:83-94.
- LINVILL, E.D. 1990. Calculating chilling hours and chilling units from daily maximum and minimum temperature observations. *HortScience* 25(1):14-16
- PARTON, W.J.; LOGAN, J.A. 1981. A model for diurnal variation in soil and air temperature. *Agric. Meteorol.* 23:205-216
- SALGADO, E. 1985. Calibration of a theoretically derived relationship between pan evaporation and evapotranspiration. Thesis Ph.D. Oregon State University. 119p.
- SCHARPF, H.C.; HENDRICKS, L. 1986. Specific effects of day and night temperature on growth and flowering of ornamental plants. *HortScience* 21(15):248.
- SLACK, G.; HAND, D.W. 1983. The effect of day and night temperatures on the growth, development and yield of glasshouses cucumbers. *Journal of Horticultural Science* 58:567-573.
- VAN DEN BERG, G.A. 1987. Influence of temperature on bud break, shoot growth, flower bud atrophy and winter production of glasshouses roses. Thesis Ph.D. Agricultural University, Wageningen. 119p.
- VAUX, H.J.; PRUITT, W.O. 1983. Crop-water production functions. In: Hillel, D., ed. *Advances on irrigation*. Massachusetts, Academic Press. pp. 61-93.
- WANN, M.; YEN, D.; GOLD, H.J. 1985. Evaluation and calibration of 3 models for daily cycle of air temperature. *Agric. For. Meteorology*. 34:121-128.

ANEXO I

EJEMPLO DE CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO DE REFERENCIA (ET₀).

- Método de PENMAN modificado.

DOORENBOS y PRUITT (1977) presentan un modelo modificado de la ecuación de PENMAN (1948) para aquellas zonas en las que se disponga de datos medidos de temperatura, humedad, viento y horas de insolación directa. La ET₀ así obtenida es válida para períodos de 10 días o más. La fórmula modificada del modelo de PENMAN corresponde a:

$$ET_0 = C * [W * R_n + ((1-W)*f(u)*(e_a-e_d))] \frac{[mm]}{dia} \quad (Ec.8)$$

Donde: C es un factor de ajuste para compensar el efecto dia-noche; W es un factor de ponderación relacionado con la temperatura y la altitud; R_n es la radiación neta en equivalente de evaporación, mm/dia; f(u) es el factor de ponderación del efecto del viento sobre ET₀, expresado en (mm/mb*día) y (e_a-e_d) corresponde al déficit higrométrico entre la presión de vapor saturada a la temperatura media del aire y la presión de vapor real media del aire, ambas en milibares, mb.

A continuación se desarrollará a modo de ejemplo, el cálculo de ET₀ mediante el método modificado de PENMAN, utilizando la temperatura diurna estimada (TD') y la demás información climática disponible en la estación

agrometeorológica de Davis para el mes de enero de 1965. Esta información se muestra en el Cuadro II del Anexo II.

El valor del factor de ajuste C, que compensa el efecto día-noche, está determinado por la magnitud de la radiación solar (Rs), de la velocidad diurna del viento (U2dia), de la humedad relativa máxima (HRmax) y de la proporción entre las velocidades del viento diurna y nocturna (Udia/Unoche). En base a los valores de estas variables climáticas registradas en el mes de enero de 1965 en la estación agrometeorológica de Davis, se calculó el valor del factor C utilizando la siguiente ecuación de regresión, propuesta por FREVERT et al., (1982):

$$C = a_0 + a_1 * (HRmax) + a_2 * (Rs) + a_3 * (U2dia) + a_4 * (Udia/Unoche) \\ + a_5 * (U2dia) * (Udia/Unoche) + a_6 * (HRmax) * (Rs) * (U2dia) \\ + a_7 * (HRmax) * (Rs) * (Udia/Unoche) \quad (\text{Ec. } 9)$$

En esta ecuación, los coeficientes de regresión "ai" tienen los siguientes valores: $a_0 = 0.6817006$, $a_1 = 0.0027864$, $a_3 = -0.0682501$, $a_4 = 0.0126514$, $a_5 = 0.0097297$, $a_6 = 0.43025 * (E-4)$, $a_7 = -0.92118 * (E-7)$; HRmax es la humedad relativa máxima diaria (%); Rs es la radiación solar de onda corta (mm/día); U2dia es la velocidad diurna del viento a 2 metros de altura (m/seg) y Udia/Unoche es la proporción entre la velocidad diurna y nocturna del viento.

Como se puede observar en el Cuadro 11 del Anexo II, para el año 1965 el único registro disponible en la estación meteorológica de Davis referente al viento es la carrera diaria medida a una altura de 50 centímetros (U_{50}). No se dispone de valores de velocidad diurna del viento a 2 metros ($U_{2día}$) ni de la proporción entre las velocidades diurna y nocturna del viento ($U_{día}/U_{noche}$). Por consiguiente, ambas variables fueron estimadas, utilizando el procedimiento propuesto por BURMAN, CUENCA y WEISS, (1983).

Según estos autores, para estimar la velocidad diurna del viento a 2 metros de altura ($U_{2día}$) se requiere conocer previamente el valor de la carrera diaria total del viento medida a 2 metros (U_2). Para obtener el valor de carrera diaria del viento a 2 metros, a partir de la carrera diaria registrada a 50 centímetros de altura (U_{50}) para el mes de enero en la estación de Davis, se debe multiplicar el valor de U_{50} por 1.35, que corresponde al factor de corrección recomendado por DOORENBOS y PRUITT (1977) cuando la velocidad del viento es medida a una altura inferior a 2 metros.

Para determinar el valor de velocidad diurna del viento a 2 metros ($U_{2día}$), se asumió además que durante el período considerado en este estudio, la velocidad del viento en el día fue aproximadamente el doble que la velocidad nocturna, es decir, se estimó que la proporción entre ambas velocida-

des, **Udia/Unoche**, fue igual a 2. En base a este supuesto, se calculó finalmente la velocidad diurna del viento a 2 metros (**U2dia**), utilizando la siguiente ecuación:

$$U2dia \text{ (m)} = \frac{U2 \text{ (Km/dia)}}{\text{seg}} * \frac{2}{12 \text{ hr}} * \frac{1 \text{ hr}}{3} * \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ seg}} * \frac{1 \text{ Km}}{1 \text{ Km}} \quad (\text{Ec. 10})$$

En esta expresión, la constante 2/3 representa la proporción entre la velocidad diurna del viento y la velocidad del viento total en el día, es decir, supone que las dos terceras partes de la velocidad total del viento corresponden a las horas diurnas. Arbitrariamente se asumió que el periodo diurno tiene una duración de 12 horas, desde las 7:00 horas hasta las 19:00 horas (BURMAN, CUENCA y WEISS, 1983). Por lo tanto, se dividió el valor de carrera diaria del viento (**U2**) en 12 horas, para transformarla en velocidad diurna del viento (**U2dia**).

Reemplazando en la ecuación 10 el valor de carrera diaria del viento medida a 50 centímetros de altura (**U50**) correspondiente al mes de enero y expresada en Km/día como promedio mensual, se obtuvo que:

$$U2dia = \frac{164(\text{Km/día})}{12 \text{ hr}} * \frac{2}{3} * \frac{1 \text{ hr}}{3600 \text{ seg}} * \frac{1000\text{m}}{1 \text{ Km}} * \frac{1,35}{1 \text{ Km}} = 3,42 \text{ m/seg}$$

Una vez estimado el valor de velocidad diurna del viento a 2 metros de altura (**U2dia**), fue posible calcular el factor de corrección **C**, reemplazando los valores respectivos en la

ecuación 9:

$$\begin{aligned} C &= 0.6817006 + 0.0027864 * (100) + 0.0181768 * (2.26) \\ &- 0.0682501 * (3.42) + 0.0126514 * (2) + 0.0097297 * (3.42) * (2) \\ &+ 0.43025 * (E-4) * (100) * (2.26) * (3.42) \\ &- 0.921188(E-7) * (100) * (2.26) * (2) \\ C &= 0.89 \end{aligned}$$

El valor del factor de condensación W , relacionado con la temperatura y la altitud, se obtuvo en base a la información publicada por DOORENBOS y PRUITT (1977). En el Cuadro 12 (b) del Anexo II se presentan los valores del factor W . Para determinar el valor W es necesario conocer la altitud y la temperatura media del aire expresada en grados Celsius. En este caso, se consideró la altitud de la estación agrometeorológica de Davis (18 m.s.n.m) y el valor de temperatura diurna estimada (TD') para el mes de enero (8.04°C), obteniéndose por interpolación, un valor de W igual a 0.52.

La Radiación Neta (Rn) fue estimada a partir de la siguiente ecuación:

$$Rn = Rns - Rnl \quad [\text{mm/día}] \quad (\text{Ec. 11})$$

Donde: Rns es la radiación neta de onda corta y Rnl corresponde a la radiación neta de onda larga.

Para la estimación del valor de Rns se utilizó la

emitida en un día despejado, expresada en mm/día; ϵ es el factor de emisividad utilizado para relacionar la radiación emitida por un cuerpo negro ideal, con la radiación emitida por el follaje; σ es la constante de Stefan - Boltzmann, cuyo valor es de 11.71×10^{-8} cal/cm² K⁻⁴ dia; (TD' °C) y (TD' °K) corresponden a la temperatura media diurna estimada para Davis, expresada en grados Celsius y en grados Kelvin como promedio mensual, respectivamente; y 0.0170 es un factor de conversión de cal/cm²dia a mm/día.

Reemplazando los valores de las variables R_s, TD', R_{so} y a correspondientes al mes de enero de 1965 en las ecuaciones 12., 13. y 14., se obtiene el valor promedio de R_n para ese mes, expresado en mm/día:

$$R_{ns} = (0.75) * 2.26 \text{ mm/dia} = 1.69 \text{ mm/dia}$$

$$\epsilon = -0.02 + 0.261 \exp(-7.77(E-4) * (8.04)^2) = 0.23$$

$$R_{bo} = 0.23 * 11.71 (E-8) * (281.04) * 0.0170 = 2.83 \text{ mm/dia}$$

$$R_{nl} = (1.35 * (2.26/5.24) - 0.35) * 2.83 = 0.66 \text{ mm/dia}$$

$$R_n = 1.76 \text{ mm/dia} - 0.72 \text{ mm/dia} = 1.04 \text{ mm/dia}$$

El valor de la presión de vapor saturada a la temperatura media diurna del aire, ea, se obtuvo a través de la siguiente ecuación propuesta por MURRAY (1967):

$$ea = 6.1079 \exp(17.2693882 * TD' / (TD' + 237.30)) \text{ [mb]} \quad (\text{Ec. 16})$$

Donde: TD' corresponde a la temperatura media diurna estimada para el mes de enero, expresada en grados Celsius como promedio mensual.

Reemplazando el valor de TD' correspondiente en la ecuación 16, se obtiene el valor de ea :

$$ea = 6.1079 \exp (17.2693882 * 8.04^{\circ}\text{C} / (8.04^{\circ}\text{C} + 237.30))$$

$$ea = 10.76 \text{ [mb]}$$

El valor de la presión de vapor real del aire a la temperatura media diurna, ed , se obtuvo mediante la expresión:

$$ed = HR/100 * ea \quad \text{[mb]} \quad (\text{Ec. 17})$$

Donde: HR corresponde a la humedad relativa media en porcentaje, calculada como la semisuma de las humedades máxima y mínima diarias registradas en el mes de enero de 1965 en la estación de Davis. Según los valores de estas variables que se indican en el Cuadro 11 del Anexo II, se obtiene un valor de ed igual a:

$$ed = HR/100 * ea = 90.95/100 * 10.76 = 9.79 \text{ [mb]}$$

Finalmente, el valor de la función del viento $f(u)$ incluida en la expresión matemática del modelo modificado de PENMAN, fue calculado a partir de la velocidad diaria total del viento medida a los 50 centímetros de altura registrada

en la estación de Davis durante el año 1965, utilizando la siguiente expresión:

$$f(u) = 0.27 * (1 + (U_{50} * 1.35 / 100)) \quad (\text{Ec. 18})$$

Donde: $f(u)$ es la función del viento en ($\text{mm}/\text{mb}*\text{día}$); U_{50} es la velocidad total diaria del viento medida a 50 centímetros de altura y expresada en $\text{Km}/\text{día}$; 1.35 es un factor de corrección de la velocidad del viento cuando ésta es medida a una altura inferior a 2 metros. Esta expresión que define la función del viento, se aplica cuando las dos terceras partes de la velocidad total del viento en un día corresponden a las horas diurnas (DOORENBOS y PRUITT, 1977).

Reemplazando en la ecuación 18 el valor promedio de la carrera diaria de viento medida a los 50 centímetros de altura en el mes de enero de 1965 en la estación de Davis (Cuadro 11, Anexo II), se obtiene un valor de $f(u)$ igual a:

$$f(u) = 0.27 * (1 + (164 * 1.35 / 100)) = 0.87 \text{ mm}/\text{mb}*\text{día}$$

En base a los cálculos efectuados previamente, es posible determinar finalmente el valor de ETo para el mes de enero de 1965, según la ecuación 8:

$$ETo = C * E (W * Rh) + ((1-W) * f(u) * (e_{ad}-ed)) \frac{\text{mm}}{\text{día}} \quad (\text{Ec. 8})$$

$$ETo = 0.89 * [(0.52 * 1.04) + ((0.48) * 0.87 * 0.97)] = 0.84 \frac{\text{mm}}{\text{día}}$$

- Método de BLANEY y CRIDDLE, modificado por DOORENBOS y PRUITT.

Este modelo fue propuesto por los ingenieros H.F. BLANEY y W.D. CRIDDLE en 1967, para la zona árida y semiárida del oeste de E.E.U.U. Esta ha sido la fórmula más ampliamente usada, ya que sólo requiere conocer los valores de dos parámetros fáciles de determinar, como son la temperatura media mensual y el factor "f" que representa el porcentaje de horas diurnas, diarias o mensuales, sobre el total anual y que es función de la latitud y la época del año. Además este método permite estimar ET₀ para períodos de por lo menos un mes.

Se han propuesto numerosas modificaciones a la fórmula original de BLANEY-CRIDDLE (1967), siendo la de DOORENBOS y PRUITT (1977) la más importante. Ellos determinaron que:

$$ET_0 = a + b * f \quad \text{[mm/día]} \quad (\text{Ec. 20})$$

Donde : f es un factor de uso-consuntivo expresado como valor promedio diario mensual; a y b son los coeficientes de regresión entre el factor f y la ET₀.

A continuación se desarrollará a modo de ejemplo, el cálculo de ET₀ mediante el método modificado de BLANEY-CRIDDLE utilizando la temperatura media diurna estimada (TD') y la demás información climática disponible en la estación agrometeorológica de Davis para el mes de enero de 1965. Esta

información se muestra en el Cuadro 11 del Anexo II.

El factor f se obtiene de la siguiente manera:

$$f = p * (0.46 * TD' + 8.13) \text{ [mm/día]} \quad (\text{Ec. 21})$$

Donde: p es el porcentaje diario de horas diurnas correspondientes al mes de enero, sobre el total de horas registradas en el año 1965 en la estación de Davis y TD' corresponde a la temperatura media diurna estimada para ese mes, expresada en °C como promedio mensual.

Los valores del porcentaje diario de horas diurnas sobre el total del año, p , fueron obtenidos a partir del Cuadro 13 del Anexo II, en base a la latitud de la estación agrometeorológica de Davis (38° LN). Según este cuadro, el valor del coeficiente p para el mes de enero de 1965 corresponde a 0.23.

Reemplazando los valores de TD' y p en la ecuación 21, se obtiene el valor del factor f para el mes de enero de 1965, expresado en (mm/día):

$$f = 0.23 * (0.46 * 8.04 + 8.13) = 2.72 \text{ [mm/día]}$$

Los valores de los coeficientes a y b necesarios para el cálculo de ETo , fueron obtenidos mediante las siguientes ecuaciones propuestas por DOORENBOS y PRUITT (1977):

$$a = 0.043 * HR_{min} - n/N - 1.41 \quad (\text{Ec. 22})$$

$$b = a_0 + a_1 \cdot HR_{min} + a_2 \cdot n/N + a_3 \cdot U_{2dia} + a_4 \cdot (HR_{min}) \cdot (n/N) + a_5 \cdot (HR_{min}) \cdot (U_{2dia}) \quad (Ec. 23)$$

Donde: **HRmin** es la humedad relativa mínima expresada en tanto por uno; **n/N** es la proporción entre las horas reales de insolación y las horas máximas teóricas de insolación, como promedio mensual; **U2dia** es la velocidad diurna del viento a una altura de 2 metros, en m/sec., estimada para la localidad de Davis (Ecuación 10). Los coeficientes de regresión "ai", propuestos por FREVERT et al., (1982), tienen los siguientes valores: $a_0 = 0.81917$; $a_1 = -0.0040922$; $a_2 = 1.0705$; $a_3 = 0.065649$; $a_4 = -0.0059684$; $a_5 = -0.0005967$.

En la estación de Davis no se dispone de registros de velocidad diurna del viento a los 2 metros de altura (**U2dia**) para el año 1965, por lo que este valor fue estimado a partir de la carrera diaria del viento medida a 50 centímetros de altura, tal como se explicó anteriormente en el ejemplo de cálculo de ETo mediante el modelo modificado de PENMAN (Ecuación 10).

Reemplazando los valores de las variables **HRmin**, **n/N** y **U2dia** en las ecuaciones 22 y 23, se obtienen los coeficientes **a** y **b**:

$$a = 0.043 \cdot 0.82 - 0.29 - 1.41 = -1.66$$

$$b = 0.81917 - 0.0040922 \cdot 0.82 + 1.0705 \cdot 0.29 + 0.065649 \cdot 3.42$$

$$= -0.0059684 * (0.82) * (0.29) = 0.0005967 * (0.82) * (3.42)$$

b = 1.35

Una vez obtenidos los valores de estos coeficientes, es posible estimar finalmente el valor de ETo para el mes de enero de 1965 en la estación de Davis, según la fórmula modificada de BLANEY-CRIDDLE:

$$ETo = a + b * f \quad [mm/día] \quad (Ec. 20)$$

$$ETo = -1.66 + 1.35 * 2.72 = 2.01 \quad [mm/día]$$

- Método de la radiación de MAKKINK, modificado por DOORENBOS y PRUITT.

Este método es válido para ser aplicado en cualquier lugar o zona geográfica del mundo, en la que se registren datos meteorológicos de temperatura, humedad relativa, viento, radiación solar incidente e insolación. Si estos parámetros no están medidos, algunos de ellos pueden estimarse a partir de otros existentes (Cuadro 32, Anexo II).

La versión modificada del método de MAKKINK (1957) propuesta por DOORENBOS y PRUITT (1977) se basa en el cálculo de la ETo a partir de la siguiente ecuación:

$$ETo = BWRs - 0.3 \quad [mm/día] \quad (Ec. 24)$$

Donde: ETo es la evapotranspiración potencial para

periodos desde 10 días hasta un mes; B corresponde a un coeficiente de corrección, que es función de la velocidad diaria del viento del período considerado, expresada en m/s y de la humedad relativa promedio del período; w es un factor de ponderación relacionado con la temperatura y la altitud y R_s corresponde a la radiación solar de onda corta, expresada en equivalente de evaporación (mm/día), registrada como promedio del período considerado.

A continuación se desarrollará a modo de ejemplo, el cálculo de ETo mediante el método modificado de MAKKINK, utilizando la temperatura media diurna estimada (TD') y la demás información climática disponible en la estación agrometeorológica de Davis para el mes de enero de 1965. Esta información se muestra en el Cuadro 11 del Anexo II.

Para el cálculo de ETo, se obtuvo en primer lugar el valor del factor de corrección B a partir de la siguiente expresión propuesta por DOORENBOS y PRUITT (1977):

$$B = a_0 + a_1 * HR_{med} + a_2 * U_{2dia} + a_3 * (HR_{med}) * (U_{2dia}) \\ + a_4 * (HR_{med})^2 + a_5 * (U_{2dia})^2 \quad (\text{Ec. 25})$$

Donde: HR_{med} es la humedad relativa promedio mensual, en porcentaje, calculada como la semisuma de las humedades máxima y mínima registradas en el mes de enero de 1965 en la estación de Davis; U_{2dia} es la velocidad diurna del viento

a un altura de 2 metros, en m/seg, estimada para la localidad de Davis (Ecuación 10). Los coeficientes de regresión "ai" han sido calculados por FREVERT et al. (1982) y tienen los siguientes valores: $a_0 = 1.0656$; $a_2 = -0.0012795$; $a_3 = 0.044953$; $a_4 = -0.00020033$; $a_5 = -0.000031508$; $a_6 = -0.0011026$.

El valor de la velocidad diurna del viento a 2 metros de altura fue estimado para el mes de enero de 1965, a partir del registro de carrera diaria del viento a 50 centímetros de altura, como se explicó anteriormente en el desarrollo del ejemplo de cálculo de ETo según el modelo modificado de PENMAN (Ecuación 10).

Reemplazando los valores de humedad relativa media (HR_{med}) y velocidad diurna del viento a 2 metros (U_{2dia}) correspondientes a enero de 1965 en la ecuación 25, se obtiene el valor del factor de corrección B :

$$\begin{aligned} B &= 1.0656 - 0.0012795 * (90.95) + 0.044953 * (3.42) \\ &- 0.00020033 * (90.95) * (3.42) - 0.000031508 * (90.95)^2 \\ &- 0.0011026 * (3.42)^2 \\ B &= 0.77 \end{aligned}$$

El valor del factor de ponderación W , relacionado con la temperatura y la altitud, se obtuvo en base a la información publicada por DOORENBOS y PRUITT (1977). En el Cuadro 12

(b) del Anexo II se presentan los valores del factor W obtenidos para cada mes del periodo considerado en este estudio. Para determinar el valor W es necesario conocer la altitud y la temperatura media del aire expresada en grados Celsius. En este caso, se consideró la altitud de la estación agrometeorológica de Davis (18 m.s.n.m) y el valor de temperatura media diurna estimado para el mes de enero ($8,04^{\circ}\text{C}$), obteniéndose por interpolación, un valor de W igual a $0,52$.

Finalmente, reemplazando en la ecuación 24 el valor de los coeficientes B , W y el valor de radiación solar registrado en el mes de enero, se obtiene el valor de ET_0 para ese mes:

$$\text{ET}_0 = \text{BWR}_s - 0,3 \quad (\text{mm/día}) \quad (\text{Ec. 24})$$

$$\text{ET}_0 = (0,77 * 0,52 * 2,26) - 0,3 = 0,61 \quad (\text{mm/día})$$

ESTIMACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION REAL DEL CULTIVO (ET_a) A PARTIR DE ET₀.

La evapotranspiración real de un cultivo en particular (ET_a), puede ser estimada a partir de la siguiente expresión:

$$ET_a = ET_0 * K_c \quad [mm/dia]$$

Donde: ET₀ corresponde a la evapotranspiración del cultivo de referencia expresada en mm/dia y K_c es el coeficiente del cultivo, adimensional.

DOORENBOS y PRUITT (1977) definen el coeficiente del cultivo como la proporción entre la evapotranspiración real del cultivo (ET_a) y la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET₀), cuando el cultivo se desarrolla en una superficie extensa bajo óptimas condiciones de crecimiento.

La definición de la ET_a propuesta en la fórmula anteriormente descrita, permite estimar el requerimiento hídrico de un cultivo determinado, a partir de la evapotranspiración de un cultivo de referencia (ET₀), definido como una cubierta de 8 a 15 centímetros de altura de gramíneas que crecen sin limitaciones (DOORENBOS y PRUITT, 1977).

El valor del coeficiente del cultivo varía para cada etapa del ciclo biológico del vegetal y es influenciado tanto por factores propios del cultivo, como por factores externos

referidos principalmente a los manejos agronómicos aplicados y a las condiciones ambientales bajo las que se desarrolla la planta. DOORENBOS y PRUITT (1977) han publicado los valores de coeficiente de cultivo para una amplia gama de especies. Estos autores dividen la estación de crecimiento del cultivo en cuatro etapas: etapa inicial, etapa de desarrollo, etapa intermedia y etapa final. En su publicación, DOORENBOS y PRUITT (1977) también ilustran métodos para la construcción de la curva de valores de coeficiente de cultivo a lo largo de estas cuatro etapas.

CALCULO DE LA DURACION DE LA FASE DIURNA (LD).

La duración de la fase diurna (LD) corresponde al periodo de tiempo transcurrido entre la salida y la puesta del sol.

En este estudio, se determinó la duración de la fase diurna para cada día del período comprendido entre los años 1988 y 1989, en la localidad de Quillota. En base a esta información, se pudo definir las horas del día cuáles temperaturas debían ser consideradas en el cálculo de la temperatura media diurna (TD).

A continuación, se desarrollará un ejemplo del cálculo de la duración de la fase diurna para el día 1º de enero de 1988, en la localidad de Quillota (32,53° LS).

En primer lugar, se debe calcular el ángulo de declinación solar (δ), utilizando la siguiente ecuación:

$$\delta = 23.45 \operatorname{sen} \left(\frac{360}{365} * (\text{Día juliano} - 80) \right) \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde: δ es la declinación solar, definida como el ángulo formado por la posición del sol en el horizonte respecto a un punto situado sobre la superficie de la tierra y el día juliano es el número del día correspondiente a la fecha actual, en relación al total de días del año.

Por consiguiente, el valor de declinación solar correspondiente al día 1º de enero es:

$$\delta = 23,45 \operatorname{sen} (360/365 * (1 - 80)) = - 22,93^\circ$$

Luego, debe determinarse el valor del ángulo horario, utilizando la siguiente ecuación:

$$hs = \operatorname{arc} \cos * - (\tan \theta * \tan \delta) \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde: hs es el ángulo horario, formado por la posición vertical del sol respecto a un punto situado sobre la superficie terrestre, en cada hora del día; θ corresponde a la latitud de la localidad y δ es el ángulo de declinación solar.

Reemplazando los valores correspondientes al 1º de enero en la ecuación 2, se obtiene que:

$$hs = \operatorname{arc} \cos - (\tan 32,53^\circ * \tan -22,93) = 105,65^\circ$$

En base al valor del Ángulo horario, se pueden determinar la hora de salida del sol (xs) y la hora de entrada del sol (xe) para el día 1º de enero de 1980, mediante las siguientes ecuaciones:

$$xs = 12 - (hs/15) \quad (\text{Ec. 3})$$

$$xe = (hs/15) + 12 \quad (\text{Ec. 4})$$

Reemplazando el valor de Ángulo horario en las

ecuaciones anteriores, se obtienen los siguientes valores:

$$xs = 12 - (105,65^\circ / 15) = 4,96 \text{ horas}$$

$$xe = (105,65^\circ / 15) + 12 = 19,04 \text{ horas}$$

El día 1º de enero de 1988 la salida del sol ocurrió a las 4 horas 58 minutos y la puesta del sol tuvo lugar a las 19 horas 24 minutos, aproximadamente. En base a esta información se puede calcular la duración de la fase diurna (LD) para ese día, mediante la siguiente ecuación:

$$LD = xs - xe \quad (\text{Ec. 5})$$

Reemplazando en esta ecuación los valores de xs y xe obtenidos previamente, se obtiene finalmente la duración teórica en horas, de la fase diurna para el día 1º de enero de 1988 en Quillota:

$$LD = xs - xe = 19,04 - 4,96 = 14 \text{ horas}$$

En consecuencia, para calcular la temperatura media diurna (TD') correspondiente al día 1º de enero de 1988 en la localidad de Quillota, se deben promediar las temperaturas registradas entre las 5:00 am y las 19:00 pm, periodo que contempla un total de 14 mediciones horarias de temperatura del aire, proporcionadas por el termógrafo instalado en la estación agrometeorológica de Quillota.

CORRECCION DE LAS TEMPERATURAS REGISTRADAS POR EL TERMÓGRAFO

Los valores que entrega el termógrafo pueden ser utilizados una vez corregidos por medio de las observaciones directas de temperatura del aire, registradas por el termómetro de bulbo seco a las 8:00, 14:00 y 20:00 horas. Para esto, se debe aplicar la técnica de interpolación de las diferencias entre las lecturas del termógrafo y las del termómetro de bulbo seco instalado en el cobertizo existente en la mayoría de las estaciones meteorológicas debidamente equipadas (DE FINA y RAVELO, 1985).

Para desarrollar esta técnica de corrección de las lecturas del termógrafo, se deben calcular en primer lugar las diferencias entre las lecturas del termógrafo y las del termómetro de bulbo seco. A modo de ejemplo, se considerarán los siguientes registros:

HORA DE OBSERVACION	LECTURA DEL TERMÓGRAFO	LECTURA DEL TERMÓMETRO	DIFERENCIA (°C)
8:00	14.5°	15.5°	+ 1
14:00	22.8°	23.8°	+ 1
20:00	17.6°	19.2°	+ 1.6

Si la diferencia obtenida entre la lectura del termógrafo y la entreada por el termómetro se mantiene constante para dos observaciones seguidas, entonces se asume

el valor de esta diferencia como factor de corrección de las lecturas del termógrafo. En el ejemplo anterior, la diferencia entre la lectura del termógrafo y la del termómetro se mantiene constante (+1°C) entre las 8:00 y las 14:00 horas. Por lo tanto, a todas las lecturas del termógrafo registradas entre estas horas se les debe sumar 1°C, ya que la temperatura del aire va aumentando hacia el mediodía:

HORA	LECT. DEL TERMÓGRAFO	LECT. DEL TERMÓMETRO	DIFERENCIA (°C)	FACTOR DE CORRECCIÓN	TEMPERATURA CORREGIDA
8:00	14.5	15.5	+ 1	-	-
9:00	16.3				17.3
10:00	17.4				18.4
11:00	19.1				20.1
12:00	20.6				21.6
13:00	21.5				22.5
14:00	22.8	23.8	+ 1	-	-

Cuando la diferencia entre las lecturas del termógrafo y las del termómetro no se mantiene constante para dos observaciones continuas, se supone que la diferencia va aumentando o disminuyendo, en relación directa a las horas transcurridas. Esto ocurre para las lecturas registradas a las 14:00 y 20:00. Para determinar el valor del factor de corrección a aplicar en este caso, se cuenta el número de horas entre las dos observaciones directas del termómetro y se divide la diferencia de temperatura por el número de horas transcurridas entre ambas observaciones:

HORA DE OBSERVACION	LECTURA DEL TERMÓGRAFO	LECTURA DEL TERMOMETRO	DIFERENCIA (°C)
14:00	22.8°	23.8°	+ 1
20:00	17.6°	19.2°	+ 1.6

El factor de corrección a aplicar en este caso corresponde a:

$$| 1.6 - 1 | = 0.6^\circ / 6 \text{ horas} = 0.1^\circ \text{ por hora.}$$

Por lo tanto, entre las 14:00 y las 20:00 horas, las lecturas del termógrafo deben corregirse restándoles 0.1°C . Esto se debe a que la temperatura del aire va disminuyendo hacia el atardecer. Luego, las lecturas corregidas entre las 14:00 y las 20:00 horas para el ejemplo anterior, corresponden a:

HORA	LECT. DEL TERMÓGRAFO	LECT. DEL TERMOMETRO	DIFERENCIA (°C)	FACTOR DE CORRECCION	TEMPERATURA CORREGIDA
14°°	22.8	23.8	+ 1	-	-
15°°	21.5			+ 1.1	22.6
16°°	21.2			+ 1.2	22.4
17°°	20.3			+ 1.3	21.6
18°°	19.1			+ 1.4	20.5
19°°	18.2			+ 1.5	19.7
20°°	17.6	19.2	+ 1.6	-	-

ANEXO II

CUADROS

- CUADRO 3. Valores promedios mensuales de declinación solar (δ), ángulo horario (hs) y duración de la fase diurna (LD) obtenidos en la estación meteorológica de Quillota para el periodo 1988-1989.
- CUADRO 4. Valores promedios mensuales de los factores de corrección aplicados a las lecturas registradas por el termógrafo de la estación meteorológica de Quillota durante el periodo 1988-1989.
- CUADRO 5. Valores de temperaturas horarias corregidas obtenidos en base a los registros del termógrafo de la estación meteorológica de Quillota, para el periodo 1988-1989.
- CUADRO 6. Valores de temperaturas máximas (Tmáx), temperaturas mínimas (Tmin) y temperaturas medias diurnas (TD) registrados en la estación meteorológica de Quillota en el periodo 1988-1989, utilizados para desarrollar un modelo matemático estimativo de la temperatura media diurna.
- CUADRO 7. Valores promedios mensuales de temperaturas diurnas (TD) y temperaturas diarias (TM) registrados en la estación meteorológica de Quillota durante el periodo 1988-1989.
- CUADRO 8. Valores del error de las estimaciones de la temperatura media diurna, obtenidos a partir del modelo de regresión: $TD' = B_0 + B_1 \cdot T_{\max} + B_2 \cdot T_{\min}$ desarrollado en base a registros de temperaturas disponibles en la estación meteorológica de Quillota durante el periodo 1988-1989.
- CUADRO 9. Resultados del análisis estadístico del modelo de regresión: $TD' = B_0 + B_1 \cdot T_{\max} + B_2 \cdot T_{\min}$ que estima la temperatura media diurna (TD') a partir de las temperaturas máxima (Tmáx) y mínima (Tmin) diarias.
- CUADRO 10. Valores promedios mensuales de temperatura máxima (Tmáx), temperatura mínima (Tmin) y temperatura media diurna estimada (TD') para la localidad de Davis durante el periodo 1965-1971.

- CUADRO 11. Información climática disponible en la estación meteorológica de Davis durante el periodo 1965 - 1971, utilizada en el desarrollo de los modelos estimativos de ETo.
- CUADRO 12. Valores promedios mensuales del factor W calculados en base a: (a) la temperatura media diaria (T_m); (b) la temperatura media diurna estimada (TD'), correspondientes al periodo 1965 -1971 en la localidad de Davis.
- CUADRO 13. Valores promedios mensuales del factor ρ calculados durante el periodo 1965 - 1971 en la localidad de Davis.
- CUADRO 14. Valores de ETo estimados mediante el modelo modificado de PENMAN utilizando la temperatura media diurna estimada (TD') para la localidad de Davis durante el periodo 1965-1971.
- CUADRO 15. Valores de ETo estimados mediante el modelo modificado de PENMAN utilizando la temperatura media diaria (T_m) calculada para la localidad de Davis durante el periodo 1965-1971.
- CUADRO 16. Valores de ETo estimados mediante el modelo modificado de BLANEY-CRIDDLE utilizando la temperatura media diurna estimada (TD') para la localidad de Davis durante el periodo 1965-1971.
- CUADRO 17. Valores de ETo estimados mediante el modelo modificado de BLANEY-CRIDDLE utilizando la temperatura media diaria (T_m) calculada para la localidad de Davis durante el periodo 1965-1971.
- CUADRO 18. Valores de ETo estimados mediante el modelo modificado de MAKKINK utilizando la temperatura media diurna estimada (TD') para la localidad de Davis durante el periodo 1965-1971.
- CUADRO 19. Valores de ETo estimados mediante el modelo modificado de MAKKINK utilizando la temperatura media diaria (T_m) calculada para la localidad de Davis durante el periodo 1965-1971.
- CUADRO 20. Comparación de los valores de ETo obtenidos según el método modificado de PENMAN utilizando la temperatura media diurna estimada ($ETo-TD'$), con los valores de ETo registrados por el lisímetro de la estación de Davis ($ETo lis$) durante el periodo 1965-1971.

- CUADRO 21. Resultados del análisis estadístico del modelo de regresión: $ETolis = -0.149 + 0.723*ETo-PN-TD'$ que asocia la ETo medida por el lisímetro (ETolis) con la ETo estimada por el modelo modificado de PENMAN utilizando la temperatura media diurna estimada (ETo-PN-TD').
- CUADRO 22. Comparación de los valores de ETo obtenidos según el método modificado de PENMAN utilizando la temperatura media diaria (ETo-Tm), con los valores de ETo registrados por el lisímetro de la estación de Davis (ETolis) durante el periodo 1965-1971.
- CUADRO 23. Resultados del análisis estadístico del modelo de regresión: $ETolis = -0.081 + 0.748*ETo-PN-Tm$ que asocia la ETo medida por el lisímetro (ETolis) con la ETo estimada por el modelo modificado de PENMAN utilizando la temperatura media diaria (ETo-PN-Tm).
- CUADRO 24. Comparación de los valores de ETo obtenidos según el método modificado de BLANEY - CRIDDLE utilizando la temperatura media diurna estimada (ETo-TD'), con los valores de ETo registrados por el lisímetro de la estación de Davis (ETolis) durante el periodo 1965-1971.
- CUADRO 25. Resultados del análisis estadístico del modelo de regresión: $ETolis = -0.940 + 0.714*ETo-BC-TD'$ que asocia la ETo medida por el lisímetro (ETolis) con la ETo estimada por el modelo modificado de BLANEY - CRIDDLE utilizando la temperatura media diurna estimada (ETo-BC-TD').
- CUADRO 26. Comparación de los valores de ETo obtenidos según el método modificado de BLANEY - CRIDDLE utilizando la temperatura media diaria (ETo-Tm), con los valores de ETo registrados por el lisímetro de la estación de Davis (ETolis) durante el periodo 1965-1971.
- CUADRO 27. Resultados del análisis estadístico del modelo de regresión: $ETolis = -0.837 + 0.737*ETo-BC-Tm$ que asocia la ETo medida por el lisímetro (ETolis) con la ETo estimada por el modelo modificado de BLANEY - CRIDDLE utilizando la temperatura media diaria (ETo-BC-Tm).

- CUADRO 28. Comparación de los valores de ET₀ obtenidos según el método modificado de MAKKINK utilizando la temperatura media diurna estimada (ET₀-TD'), con los valores de ET₀ registrados por el lisímetro de la estación de Davis (ET_{0lis}) durante el período 1965-1971.
- CUADRO 29. Resultados del análisis estadístico del modelo de regresión: ET_{0lis} = - 0.028 + 0.782*ET₀-MK-TD' que asocia la ET₀ medida por el lisímetro (ET_{0lis}) con la ET₀ estimada por el modelo modificado de MAKKINK utilizando la temperatura media diurna estimada (ET₀-MK-TD').
- CUADRO 30. Comparación de los valores de ET₀ obtenidos según el método modificado de MAKKINK utilizando la temperatura media diaria (ET₀-T_m), con los valores de ET₀ registrados por el lisímetro de la estación de Davis (ET_{0lis}) durante el período 1965-1971.
- CUADRO 31. Resultados del análisis estadístico del modelo de regresión: ET_{0lis} = - 0.045 + 0.803*ET₀-MK-T_m que asocia la ET₀ medida por el lisímetro (ET_{0lis}) con la ET₀ estimada por el modelo modificado de MAKKINK utilizando la temperatura media diaria (ET₀-MK-T_m).
- CUADRO 32. Variables climáticas requeridas para el desarrollo de los métodos estimativos de ET₀ recomendados por la FAO.
- CUADRO 33. Valores promedios de las sobreestimaciones de ET₀ entregadas por los métodos modificados de PENMAN, BLANEY-CRIDDLE Y MAKKINK, desarrollados durante el período 1965-1971 en la estación de Davis en base a dos procedimientos de cálculo de la temperatura media del aire.
- CUADRO 34. Datos climatológicos registrados en la Estación Agrometeorológica de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso.

CUADRO 3. Valores promedios mensuales de declinación solar (δ), Ángulo horario (hs) y duración de la fase diurna (LD) obtenidos en la estación meteorológica de Guillota para el periodo 1980-1989.

1980 ENERO					1980 FEBRERO					1980 MARZO					1980 ABRIL					
DIA	DEC	HS	IE	IS	LD	DIA	DEC	HS	IE	IS	LD	DIA	DEC	HS	IE	IS	LD			
1 -22.93	105.65	18.04	4.76	14	32 -17.25	101.42	18.76	5.24	14	61 -7.53	91.94	18.32	5.48	13	92 4.01	86.72	17.79	6.21	12	
2 -22.84	105.58	18.04	4.76	14	33 -16.97	101.22	18.75	5.23	13	62 -7.13	91.59	18.31	5.69	13	93 5.20	86.47	17.79	6.22	12	
3 -22.75	105.51	18.03	4.77	14	34 -16.69	101.02	18.73	5.27	13	63 -6.76	91.34	18.29	5.71	13	94 5.60	86.42	17.76	6.24	12	
4 -22.65	105.43	18.03	4.77	14	35 -16.40	100.82	18.72	5.29	13	64 -6.30	91.09	18.27	5.73	13	95 5.39	86.16	17.71	6.26	11	
5 -22.54	105.35	18.02	4.78	14	36 -16.11	100.62	18.71	5.29	13	65 -5.99	91.84	18.26	5.74	13	96 6.50	85.91	17.73	6.27	11	
6 -22.42	105.26	18.02	4.78	14	37 -15.82	100.41	18.69	5.31	13	66 -5.60	92.58	18.24	5.76	12	97 6.76	85.66	17.71	6.29	11	
7 -22.30	105.17	18.01	4.79	14	38 -15.52	100.20	18.68	5.32	13	67 -5.20	93.33	18.22	5.78	12	98 7.15	85.41	17.67	6.31	11	
8 -22.17	105.07	18.00	5.00	14	39 -15.21	99.99	18.67	5.33	13	68 -4.81	93.08	18.21	5.79	12	99 7.53	85.16	17.68	6.32	11	
9 -22.04	104.98	18.00	5.00	14	40 -14.90	99.77	18.65	5.35	13	69 -4.41	92.82	18.19	5.81	12	100 7.91	84.91	17.66	6.34	11	
10 -21.99	104.86	18.00	5.01	14	41 -14.55	99.55	18.64	5.36	13	70 -4.02	92.57	18.17	5.83	12	101 8.29	84.67	17.64	6.36	11	
11 -21.75	104.74	18.00	5.02	14	42 -14.27	99.33	18.62	5.38	13	71 -3.62	92.31	18.15	5.85	12	102 8.67	84.42	17.63	6.37	11	
12 -21.60	104.62	18.07	5.03	14	43 -13.95	99.11	18.61	5.39	13	72 -3.22	92.08	18.14	5.86	12	103 9.04	84.17	17.61	6.39	11	
13 -21.44	104.50	18.17	5.03	14	44 -13.62	98.89	18.59	5.41	13	73 -2.82	91.80	18.12	5.88	12	104 9.41	83.93	17.60	6.40	11	
14 -21.27	104.50	18.16	5.04	14	45 -13.29	98.66	18.58	5.42	13	74 -2.42	91.51	18.10	5.90	12	105 9.78	83.69	17.58	6.42	11	
15 -21.10	104.24	18.15	5.05	14	46 -12.95	98.44	18.56	5.41	13	75 -2.02	91.29	18.09	5.91	12	106 10.15	83.44	17.56	6.44	11	
16 -20.92	104.11	18.14	5.06	14	47 -12.62	98.21	18.55	5.45	13	76 -1.61	91.03	18.07	5.93	12	107 10.51	83.20	17.55	6.45	11	
17 -20.73	103.97	18.13	5.07	14	48 -12.27	97.98	18.53	5.47	13	77 -1.21	90.77	18.05	5.95	12	108 10.89	82.94	17.53	6.47	11	
18 -20.51	103.83	18.92	5.08	14	49 -11.93	97.74	18.52	5.48	13	78 -0.81	90.51	18.03	5.97	12	109 11.23	82.73	17.52	6.48	11	
19 -20.31	103.68	18.91	5.09	14	50 -11.58	97.51	18.50	5.50	13	79 -0.40	90.26	18.02	5.98	12	110 11.59	82.49	17.50	6.50	11	
20 -20.11	103.53	18.90	5.10	14	51 -11.23	97.27	18.48	5.52	13	80 0.00	90.00	18.00	6.00	12	111 11.92	82.26	17.48	6.52	11	
21 -19.93	103.37	18.09	5.11	14	52 -10.87	97.04	18.47	5.53	13	81 0.40	89.74	17.98	6.02	12	112 12.27	82.02	17.47	6.53	11	
22 -19.71	103.21	18.08	5.12	14	53 -10.51	96.80	18.45	5.55	13	82 0.81	89.49	17.97	6.03	12	113 12.62	81.79	17.45	6.55	11	
23 -19.49	102.05	18.07	5.13	14	54 -10.15	96.56	18.44	5.56	13	83 1.21	89.23	17.95	6.05	12	114 12.95	81.56	17.44	6.56	11	
24 -19.28	102.20	18.06	5.14	14	55 -9.78	96.31	18.42	5.58	13	84 1.61	88.97	17.93	6.07	12	115 13.29	81.34	17.42	6.58	11	
25 -19.03	102.71	18.05	5.15	14	56 -9.41	96.07	18.40	5.60	13	85 2.02	88.71	17.91	6.09	12	116 13.62	81.11	17.41	6.59	11	
26 -18.79	102.55	18.04	5.16	14	57 -9.04	95.83	18.39	5.61	13	86 2.42	88.46	17.90	6.10	12	117 13.75	80.87	17.39	6.61	11	
27 -18.55	102.36	18.02	5.18	14	58 -8.67	95.58	18.37	5.63	13	87 2.82	88.20	17.66	6.12	12	118 14.27	80.67	17.36	6.62	11	
28 -18.36	102.19	18.01	5.19	14	59 -8.29	95.33	18.36	5.64	13	88 3.22	87.91	17.82	6.14	12	119 14.57	90.45	17.36	6.64	11	
29 -18.04	101.99	18.00	5.20	14	60 -7.81	95.09	18.34	5.66	13	89 3.62	87.69	17.85	6.15	12	120 14.30	80.23	17.35	6.65	11	
30 -17.78	101.80	18.00	5.21	14	60	4.02	87.43	17.83	6.17	12	90 4.02	87.13	17.81	6.19	12	123 15.21	80.01	17.33	6.67	11
31 -17.52	101.61	18.00	5.23	14	61	4.41	87.10	17.80	6.19	12	91 4.41	87.10	17.80	6.19	12					
1980 MAYO					1980 JUNIO					1980 JULIO					1980 AGOSTO					
DIA	DEC	HS	IE	IS	LD	DIA	DEC	HS	IE	IS	LD	DIA	DEC	HS	IE	IS	LD			
122 15.52	79.20	17.32	6.68	14	123 15.82	79.39	17.31	6.69	14	124 16.11	79.58	17.29	6.71	14	125 16.40	79.19	17.28	6.72	14	
125 15.52	79.20	17.32	6.68	14	124 15.82	79.39	17.31	6.69	14	126 16.11	79.58	17.29	6.71	14	127 16.40	79.19	17.28	6.72	14	
126 15.52	79.20	17.32	6.68	14	127 15.52	79.20	17.32	6.68	14	128 16.11	79.58	17.29	6.71	14	129 16.40	79.19	17.28	6.72	14	
127 15.52	79.20	17.32	6.68	14	128 15.52	79.20	17.32	6.68	14	130 16.11	79.58	17.29	6.71	14	131 16.40	79.19	17.28	6.72	14	
128 15.52	79.20	17.32	6.68	14	129 15.52	79.20	17.32	6.68	14	132 16.11	79.58	17.29	6.71	14	133 16.40	79.19	17.28	6.72	14	
129 15.52	79.20	17.32	6.68	14	130 15.52	79.20	17.32	6.68	14	131 16.11	79.58	17.29	6.71	14	132 16.40	79.19	17.28	6.72	14	
130 15.52	79.20	17.32	6.68	14	131 15.52	79.20	17.32	6.68	14	133 16.11	79.58	17.29	6.71	14	134 16.40	79.19	17.28	6.72	14	
131 15.52	79.20	17.32	6.68	14	132 15.52	79.20	17.32	6.68	14	133 16.11	79.58	17.29	6.71	14	134 16.40	79.19	17.28	6.72	14	
132 15.52	79.20	17.32	6.68	14	133 15.52	79.20	17.32	6.68	14	134 16.11	79.58	17.29	6.71	14	135 16.40	79.19	17.28	6.72	14	
133 15.52	79.20	17.32	6.68	14	134 15.52	79.20	17.32	6.68	14	135 16.11	79.58	17.29	6.71	14	136 16.40	79.19	17.28	6.72	14	
134 15.52	79.20	17.32	6.68	14	135 15.52	79.20	17.32	6.68	14	136 16.11	79.58	17.29	6.71	14	137 16.40	79.19	17.28	6.72	14	
135 15.52	79.20	17.32	6.68	14	136 15.52	79.20	17.32	6.68	14	137 16.11	79.58	17.29	6.71	14	138 16.40	79.19	17.28	6.72	14	
136 15.52	79.20	17.32	6.68	14	137 15.52	79.20	17.32	6.68	14	138 16.11	79.58	17.29	6.71	14	139 16.40	79.19	17.28	6.72	14	
137 15.52	79.20	17.32	6.68	14	138 15.52	79.20	17.32	6.68	14	139 16.11	79.58	17.29	6.71	14	140 16.40	79.19	17.28	6.72	14	
138 15.52	79.20	17.32	6.68	14	139 15.52	79.20	17.32	6.68	14	140 16.11	79.58	17.29	6.71	14	141 16.40	79.19	17.28	6.72	14	
139 15.52	79.20	17.32	6.68	14	140 15.52	79.20	17.32	6.68	14	141 16.11	79.58	17.29	6.71	14	142 16.40	79.19	17.28	6.72	14	
140 15.52	79.20	17.32	6.68	14	141 15.52	79.20	17.32	6.68	14	142 16.11	79.58	17.29	6.71	14	143 16.40	79.19	17.28	6.72	14	
141 15.52	79.20	17.32	6.68	14	142 15.52	79.20	17.32	6.68	14	143 16.11	79.58	17.29	6.71	14	144 16.40	79.19	17.28	6.72	14	
142 15.52	79.20	17.32	6.68	14	143 15.52	79.20	17.32	6.68	14	144 16.11	79.58	17.29	6.71	14	145 16.40	79.19	17.28	6.72	14	
143 15.52	79.20	17.																		

CUADRO

3 (Continuación) -

1989 MAYO								1989 JUNIO								1989 JULIO								1989 AGOSTO							
DIA	DEC	HS	XE	XS	LD	DIA	DEC	HS	XE	XS	LD	DIA	DEC	HS	XE	XS	LD	DIA	DEC	HS	XE	XS	LD								
121	15.21	80.61	17.22	6.67	11	152	22.17	74.93	17.00	7.00	10	182	23.05	74.25	16.95	7.05	10	213	17.65	70.29	17.22	6.78	10								
122	15.52	75.80	17.32	6.69	11	153	22.30	74.63	16.99	7.01	10	182	22.97	74.31	16.95	7.05	10	214	17.38	70.48	17.23	6.77	10								
123	15.82	79.59	17.31	6.69	11	154	22.42	74.74	16.98	7.02	10	184	22.69	74.38	16.96	7.04	10	215	17.11	70.68	17.25	6.75	10								
124	16.11	79.50	17.29	6.71	11	155	22.54	74.65	16.98	7.02	10	185	22.80	74.45	16.96	7.04	10	216	16.63	70.08	17.26	6.74	11								
125	16.40	79.10	17.28	6.72	11	156	22.45	74.57	16.97	7.03	10	186	22.70	74.53	16.97	7.03	10	217	16.35	70.00	17.27	6.73	11								
126	16.69	78.98	17.27	6.73	11	157	22.75	74.49	16.97	7.03	10	187	22.59	74.61	16.97	7.03	10	218	16.26	70.28	17.29	6.71	11								
127	16.97	78.78	17.25	6.75	11	158	22.84	74.42	16.98	7.04	10	188	22.48	74.70	16.98	7.02	10	219	15.98	70.49	17.30	6.70	11								
128	17.25	78.58	17.24	6.75	10	159	22.93	74.35	16.98	7.04	10	189	22.34	74.79	16.99	7.01	10	220	15.47	70.70	17.31	6.69	11								
129	17.52	78.39	17.23	6.77	10	160	23.01	74.20	16.95	7.05	10	190	22.24	74.88	16.99	7.01	10	221	15.34	70.91	17.33	6.67	11								
130	17.70	78.20	17.21	6.79	10	161	23.09	74.23	16.95	7.05	10	191	22.11	74.98	17.00	7.00	10	222	15.04	80.12	17.34	6.66	11								
131	18.04	78.01	17.20	6.80	10	162	23.15	74.17	16.94	7.06	10	192	21.97	75.09	17.01	6.99	10	223	14.74	80.34	17.36	6.64	11								
132	18.30	77.82	17.19	6.81	10	163	23.21	74.12	16.94	7.06	10	193	21.82	75.20	17.01	6.99	10	224	14.43	80.56	17.37	6.63	11								
133	18.55	77.64	17.18	6.82	10	164	23.27	74.08	16.94	7.06	10	194	21.67	75.32	17.02	6.98	10	225	14.11	80.78	17.39	6.61	11								
134	18.79	77.47	17.16	6.84	10	165	23.31	74.05	16.94	7.06	10	195	21.52	75.44	17.03	6.97	10	226	13.78	81.00	17.40	6.60	11								
135	19.03	77.29	17.15	6.85	10	166	23.35	74.01	16.93	7.07	10	196	21.35	75.56	17.04	6.96	10	227	13.45	81.22	17.41	6.59	11								
136	19.26	77.12	17.14	6.86	10	167	23.39	73.99	16.93	7.07	10	197	21.18	75.69	17.05	6.95	10	228	13.12	81.45	17.43	6.57	11								
137	19.49	76.95	17.13	6.87	10	168	23.41	73.97	16.93	7.07	10	198	21.01	75.82	17.05	6.95	10	229	12.75	81.68	17.45	6.55	11								
138	19.71	76.79	17.12	6.88	10	169	23.43	73.95	16.93	7.07	10	199	20.82	75.96	17.06	6.94	10	230	12.45	81.91	17.46	6.54	11								
139	19.93	75.63	17.11	6.89	10	170	23.44	73.94	16.93	7.07	10	200	20.64	76.10	17.07	6.93	10	231	12.10	82.14	17.48	6.52	11								
140	20.14	76.47	17.10	6.90	10	171	23.45	73.94	16.93	7.07	10	201	20.44	76.25	17.06	6.92	10	232	11.75	82.37	17.49	6.51	11								
141	20.34	76.32	17.09	6.91	10	172	23.45	73.94	16.93	7.07	10	202	20.24	76.40	17.09	6.91	10	233	11.40	82.61	17.51	6.49	11								
142	20.54	76.17	17.08	6.92	10	173	23.44	73.95	16.93	7.07	10	203	20.05	76.55	17.10	6.90	10	234	11.05	82.85	17.52	6.48	11								
143	20.73	75.93	17.07	6.92	10	174	23.42	73.96	16.93	7.07	10	204	19.52	76.71	17.11	6.89	10	235	10.69	83.08	17.54	6.46	11								
144	20.92	75.89	17.06	6.94	10	175	23.40	73.98	16.93	7.07	10	205	19.30	76.87	17.12	6.88	10	236	10.33	83.32	17.55	6.45	11								
145	21.10	75.76	17.05	6.95	10	176	23.37	74.00	16.93	7.07	10	206	19.28	77.04	17.14	6.86	10	237	9.97	83.57	17.57	6.42	11								
146	21.27	75.62	17.04	6.96	10	177	23.34	74.03	16.94	7.06	10	207	19.15	77.21	17.15	6.85	10	238	9.60	83.81	17.59	6.41	11								
147	21.44	75.50	17.03	6.97	10	178	23.29	74.06	16.94	7.06	10	208	18.51	77.38	17.16	6.84	10	239	9.27	84.05	17.60	6.40	11								
148	21.60	75.38	17.03	6.97	10	179	23.24	74.19	16.94	7.06	10	209	18.47	77.55	17.17	6.85	10	240	9.56	84.30	17.62	6.36	11								
149	21.75	75.28	17.02	6.98	10	180	23.18	74.15	16.94	7.06	10	210	18.42	77.73	17.18	6.82	10	241	9.48	84.56	17.64	6.36	11								
150	21.90	75.14	17.01	6.99	10	181	23.12	74.20	16.95	7.05	10	211	18.17	77.92	17.19	6.81	10	242	9.10	84.79	17.65	6.35	11								
151	22.04	75.04	17.00	7.00	10	182	17.51	78.10	17.21	5.79	10	212	7.72	85.04	17.67	6.33	11														
1989 SEPTIEMBRE								1989 OCTUBRE								1989 NOVIEMBRE								1989 DICIENBRE							
DIA	DEC	HS	XE	XS	LD	DIA	DEC	HS	XE	XS	LD	DIA	DEC	HS	XE	XS	LD	DIA	DEC	HS	XE	XS	LD								
244	7.34	85.29	17.69	6.31	11	274	-4.61	91.95	18.20	5.80	12	305	-15.67	100.30	18.69	5.31	13	335	-22.24	105.12	19.01	4.95	14								
245	6.26	85.54	17.70	6.30	11	275	-5.01	95.20	18.21	5.79	12	306	-15.96	100.51	18.70	5.30	13	336	-22.36	105.21	19.01	4.99	14								
246	5.57	85.79	17.72	6.28	11	276	-5.40	95.46	18.23	5.77	12	307	-16.26	100.72	18.71	5.29	13	337	-22.48	105.30	19.02	4.98	14								
247	5.18	86.04	17.74	6.26	11	277	-5.79	95.71	18.25	5.75	12	308	-16.55	100.92	18.73	5.27	13	338	-22.59	105.39	19.03	4.97	14								
248	5.79	86.29	17.75	6.25	12	278	-6.18	95.96	18.26	5.74	13	309	-18.83	101.12	18.74	5.26	13	339	-22.70	105.47	19.03	4.97	14								
249	5.40	86.54	17.77	6.23	12	279	-6.57	94.21	18.28	5.72	13	310	-17.11	101.32	18.75	5.25	14	340	-22.80	105.55	19.04	4.98	14								
250	5.01	86.80	17.79	6.21	12	280	-6.96	94.46	18.30	5.70	13	311	-17.38	101.52	18.77	5.23	14	341	-22.89	105.62	19.04	4.98	14								
251	4.61	87.05	17.80	6.20	12	281	-7.34	94.71	18.31	5.69	13	312	-17.65	101.71	18.78	5.22	14	342	-22.97	105.69	19.05	4.95	14								
252	4.22	87.31	17.82	6.18	12	282	-7.72	94.96	18.33	5.67	13	313	-17.91	101.90	18.79	5.21	14	343	-23.05	105.75	19.05	4.95	14								
253	3.82	87.56	17.84	6.16	12	283	-8.10	95.21	18.35	5.65	13	314	-18.17	102.08	18.81	5.19	14	344	-23.12	105.80	19.05	4.95	14								
254	3.42	87.82	17.85	6.15	12	284	-8.48	95.46	18.36	5.64	13	315	-18.42	102.27	18.82	5.18	14	345	-23.18	105.85	19.06	4.94	14								
255	3.02	88.07	17.87	6.13	12	285	-8.86	95.70	18.38	5.62	13	316	-18.67	102.45	18.83	5.17	14	346	-23.24	105.90	19.06	4.94	14								
256	2.62	88.33	17.89	6.11	12	286	-9.23	95.95	18.40	5.60	13	317	-18.91	102.62	18.84	5.16	14	347	-23.29	105.94	19.06	4.94	14								
257	2.22	88.59	17.91	6.09	12	287	-9.60	96.19	18																						

CUADRO 3 (Continuación).

1988 SEPTIEMBRE					1988 OCTUBRE					1988 NOVIEMBRE					1988 DICIEMBRE									
DIA	DEC	HS	XE	IS	LO	DIA	DEC	HS	XE	IS	LO	DIA	DEC	HS	XE	IS	LO	DIA	DEC	HS	XE	IS	LO	
245	6.96	85.54	17.70	5.30	11	275	-5.01	93.20	18.21	5.79	12	306	-15.96	100.51	18.70	5.30	13	336	-22.36	105.21	19.01	4.99	14	
246	6.57	85.79	17.72	6.28	11	276	-5.40	93.46	18.23	5.77	12	307	-16.26	100.72	18.71	5.29	13	337	-22.48	105.30	19.02	4.98	14	
247	6.18	86.04	17.74	6.24	11	277	-5.79	93.71	18.25	5.75	12	308	-16.53	100.92	18.73	5.27	13	338	-22.59	105.39	19.03	4.97	14	
248	5.79	86.29	17.75	6.23	12	278	-6.18	93.96	18.26	5.74	13	309	-16.83	101.12	18.74	5.26	13	339	-22.70	105.47	19.03	4.97	14	
249	5.40	86.54	17.77	6.23	12	279	-6.57	94.21	18.28	5.72	13	310	-17.11	101.32	18.75	5.25	14	340	-22.88	105.55	19.04	4.96	14	
250	5.01	86.80	17.79	6.21	12	280	-6.96	94.46	18.30	5.70	13	311	-17.39	101.52	18.77	5.23	14	341	-22.89	105.62	19.04	4.96	14	
251	4.61	87.05	17.80	6.20	12	281	-7.34	94.71	18.31	5.69	13	312	-17.65	101.71	18.78	5.22	14	342	-22.97	105.69	19.05	4.95	14	
252	4.22	87.31	17.82	6.19	12	282	-7.72	94.96	18.33	5.67	13	313	-17.91	101.90	18.79	5.21	14	343	-23.05	105.75	19.05	4.95	14	
253	3.82	87.56	17.84	6.18	12	283	-8.10	95.21	18.35	5.63	13	314	-18.17	102.08	18.81	5.19	14	344	-23.12	105.80	19.05	4.95	14	
254	3.42	87.82	17.85	6.15	12	284	-8.49	95.46	18.36	5.64	13	315	-18.42	102.27	18.82	5.18	14	345	-23.18	105.85	19.06	4.94	14	
255	3.02	88.07	17.87	6.13	12	285	-8.86	95.70	18.38	5.62	13	316	-18.67	102.45	18.83	5.17	14	346	-23.24	105.90	19.06	4.94	14	
256	2.62	88.32	17.89	6.11	12	286	-9.23	95.95	18.40	5.60	13	317	-18.91	102.62	18.84	5.16	14	347	-23.29	105.94	19.06	4.94	14	
257	2.22	88.59	17.91	6.09	12	287	-9.60	96.19	18.41	5.59	13	318	-19.15	102.79	18.85	5.15	14	348	-23.34	105.97	19.06	4.94	14	
258	1.81	89.84	17.92	6.08	12	288	-9.97	96.43	18.43	5.57	13	319	-19.39	102.96	18.86	5.14	14	349	-23.37	106.00	19.07	4.93	14	
259	1.41	89.10	17.94	6.06	12	289	-10.33	96.68	18.45	5.55	13	320	-19.60	103.13	18.88	5.12	14	350	-23.46	106.02	19.07	4.93	14	
260	1.01	89.36	17.96	6.04	12	290	-10.69	96.92	18.46	5.54	13	321	-19.82	103.29	18.89	5.11	14	351	-23.42	106.01	19.07	4.93	14	
261	0.61	89.61	17.97	6.03	12	291	-11.05	97.15	18.48	5.52	13	322	-20.03	103.45	18.90	5.10	14	352	-23.44	106.05	19.07	4.93	14	
262	0.20	89.87	17.99	6.01	12	292	-11.40	97.39	18.49	5.51	13	323	-20.24	103.60	18.91	5.09	14	353	-23.45	106.06	19.07	4.93	14	
263	-0.20	90.13	18.01	5.99	12	293	-11.75	97.63	18.51	5.49	13	324	-20.44	103.75	18.92	5.08	14	354	-23.45	106.06	19.07	4.93	14	
264	-0.61	90.39	18.03	5.97	12	294	-12.10	97.88	18.52	5.48	13	325	-20.64	103.96	18.93	5.07	14	355	-23.44	106.06	19.07	4.93	14	
265	-1.01	90.64	18.04	5.96	12	295	-12.45	98.09	18.54	5.46	13	326	-20.82	104.04	18.94	5.06	14	356	-23.42	106.05	19.07	4.93	14	
266	-1.41	90.90	18.06	5.94	12	296	-12.79	98.32	18.55	5.45	13	327	-21.01	104.18	18.95	5.05	14	357	-23.41	106.07	19.07	4.93	14	
267	-1.81	91.16	18.08	5.92	12	297	-13.12	98.55	18.57	5.43	13	328	-21.18	104.31	18.95	5.05	14	358	-23.39	106.01	19.07	4.93	14	
268	-2.22	91.41	18.09	5.91	12	298	-13.45	98.78	18.58	5.41	13	329	-21.35	104.44	18.96	5.04	14	359	-23.35	105.99	19.07	4.93	14	
269	-2.62	91.67	18.11	5.89	12	299	-13.78	99.00	18.60	5.40	13	330	-21.52	104.54	18.97	5.03	14	360	-23.31	105.55	19.08	4.92	14	
270	-3.02	91.93	18.13	5.87	12	300	-14.11	99.22	18.61	5.39	13	331	-21.67	104.68	18.98	5.02	14	361	-23.27	105.52	19.08	4.92	14	
271	-3.42	92.18	18.15	5.85	12	301	-14.43	99.44	18.63	5.37	13	332	-21.83	104.80	18.99	5.01	14	362	-23.21	105.50	19.08	4.92	14	
272	-3.82	92.44	18.16	5.84	12	302	-14.74	99.66	18.64	5.36	13	333	-21.97	104.91	18.99	5.01	14	363	-23.15	105.47	19.08	4.92	14	
273	-4.22	92.69	18.18	5.82	12	303	-15.06	99.88	18.66	5.34	13	334	-22.11	105.02	19.00	5.00	14	364	-23.09	105.77	19.05	4.92	14	
274	-4.61	92.95	18.20	5.80	12	304	-15.36	100.09	18.67	5.33	13	335	-22.24	105.17	19.01	4.99	14	365	-23.01	105.72	19.05	4.92	14	
						305	-15.67	100.30	18.68	5.31	13						366	-22.93	105.67	19.04	4.96	14		

1989 ENERO					1989 FEBRERO					1989 MARZO					1989 ABRIL									
DIA	DEC	HS	XE	IS	LO	DIA	DEC	HS	XE	IS	LO	DIA	DEC	HS	XE	IS	LO	DIA	DEC	HS	XE	IS	LO	
1	-22.93	105.45	19.04	4.96	14	32	-17.25	101.42	18.76	5.24	14	60	-7.91	95.09	18.34	5.86	13	91	4.41	87.1E	17.81	6.19	12	
2	-22.01	105.58	19.04	4.96	14	33	-16.97	101.22	18.75	5.25	13	61	-7.53	94.84	18.32	5.88	13	92	4.01	86.92	17.79	6.21	12	
3	-22.75	105.51	19.03	4.97	14	34	-16.49	101.01	18.73	5.27	13	62	-7.15	94.59	18.31	5.89	13	93	5.20	86.42	17.78	6.22	12	
4	-22.65	105.43	19.03	4.97	14	35	-16.40	100.92	18.72	5.28	13	63	-6.76	94.34	18.29	5.71	15	94	5.60	86.42	17.78	6.24	12	
5	-22.54	105.35	19.02	4.98	14	36	-16.11	100.62	18.71	5.29	13	64	-6.38	94.09	18.27	5.73	13	95	5.99	86.16	17.74	6.26	11	
6	-22.42	105.26	19.02	4.98	14	37	-15.82	100.41	18.69	5.31	13	65	-5.99	93.84	18.26	5.74	13	96	6.38	85.91	17.73	6.27	11	
7	-22.30	105.17	19.01	4.99	14	38	-15.52	100.20	18.68	5.32	13	66	-5.60	93.58	18.24	5.76	12	97	6.76	85.86	17.71	6.29	11	
8	-22.17	105.07	19.00	5.00	14	39	-15.21	99.99	18.67	5.33	13	67	-5.20	93.33	18.22	5.78	12	98	7.15	85.41	17.69	6.31	11	
9	-22.04	104.98	19.00	5.00	14	40	-14.70	99.77	18.65	5.35	13	68	-4.81	93.08	18.21	5.79	12	99	7.52	85.16	17.68	6.32	11	
10	-21.90	104.86	19.01	5.01	14	41	-14.59	99.55	18.64	5.36	13	69	-4.41	92.82	18.19	5.81	12	100	7.91	84.91	17.66	6.34	11	
11	-21.75	104.74	19.01	5.02	14	42	-14.27	99.33	18.62	5.38	13	70	-4.02	92.57	18.17	5.83	12	101	8.29	84.67	17.64	6.36	11	
12	-21.60	104.62	19.01	5.03	14	43	-13.95	99.11	18.61	5.39	13	71	-3.62	92.31	18.15	5.85	12	102	8.67	84.41	17.63	6.37	11	
13	-2																							

CUADRO 4. Valores promedios mensuales de los factores de corrección aplicados a las lecturas registradas por el termógrafo de la estación meteorológica de Quillota durante el periodo 1988-1989.

		N	E	S									
	FC (°C)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1988	8-14 hr	0.3	0.2	0.3	0.1	0.5	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.5	0.1
	14-20 hr	0.1	0.1	0.2	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.4	0.1
1989	8-14 hr	0.2	0.1	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.4
	14-20 hr	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.2

SÍMBOLOGIA:

FC 8-14:00 : factor de corrección aplicado a las lecturas en-
tregadas por el termógrafo entre las 8°. y las
14°. horas.

FC 14-20:00: factor de corrección aplicado a las lecturas en-
tregadas por el termógrafo entre las 14°. y las
20°. horas.

CUADRO 6. Valores de temperaturas máximas (T_{máx}), temperaturas mínimas (T_{mín}) y temperaturas medias diurnas (TD) registrados en la estación meteorológica de Guillota en el período 1988-1989, utilizados para desarrollar un modelo matemático estimativo de la temperatura media diurna.

AÑO 1988

ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL		
TD	TMAX	TMIN	TD	TMAX	TMIN	TD	TMAX	TMIN	TD	TMAX	TMIN
(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
18.6	23.4	12.4	17.8	22.8	13.8	22.0	31.2	9.4	15.9	19.6	13.4
19.0	24.8	11.6	19.1	24.6	10	20.1	26.6	11.4	15.1	18.8	9.8
17.6	22	11.2	22.7	29.8	10.2	18.1	25.8	10.8	16.6	21.2	12.2
20.0	25	10.4	18.6	22.6	10.4	21.2	25.8	16.4	16.7	23.2	9.2
20.1	25	10.2	18.9	22	14.4	19.1	24.4	14.8	23.6	31.4	10
18.3	23.4	11.6	19.2	23.2	10.8	18.1	22.4	13.6	17.7	23.4	0.2
18.2	22.4	14	19.6	25	11.6	21.2	25.4	11	16.3	19	9.6
17.2	22	10.4	18.8	22	15	18.6	24.6	9.8	18.3	22.2	15.4
17.5	19.6	14.6	18.9	21.6	15	15.9	21.6	13.2	16.9	20	13.4
18.6	20.2	16	18.0	20	15.4	15.9	22.4	7.2	16.1	24.4	0
21.3	26.2	11.4	21.3	24.6	16	18.7	28.8	7	15.3	20	8.2
20.1	25.6	9.8	20.3	25.8	10	17.5	23.8	8.4	14.4	16.8	13
21.0	28	3.6	19.5	24	12	16.2	22.4	8.8	19.9	23.6	11.7
22.3	30.2	9	20.1	26	12	18.1	23.6	12	16.1	26	6
20.5	26	9.2	19.6	23.6	14.8	18.1	25	9.8	16.7	21	8
17.8	22.8	9.4	19.0	23	15	16.9	24	11.2	19.1	22.8	11.4
18.1	23.4	13.4	17.8	19.3	15	16.0	19.4	13.8	17.6	23.4	5.4
21.4	27.4	10	17.7	19	15.4	18.3	25.4	10.6	16.3	22.4	5
19.4	25.4	8.6	20.2	24.8	16	17.1	24.2	11.8	17.5	20.3	11.2
21.4	27.8	10	19.9	24.4	14	16.7	23.4	13	17.2	24	5.2
17.7	22.4	10	19.3	23.4	15.2	20.1	27.0	8.8	16.4	22	5.2
18.1	22.2	14.8	21.6	26.3	17	20.9	28.4	8.8	16.4	22	3.8
17.8	22	10.6	22.6	28.8	11.4	17.9	27.6	9	16.8	23.4	3.8
18.6	23.4	12	18.5	21.8	13.4	21.2	24.4	8.6	15.1	22.6	3.2
19.4	24.8	8.8	19.1	23.4	15	19.6	25.4	8.4	14.2	21.2	2.4
20.3	26	20	19.9	29.2	9.4	20.4	28.4	8	16.1	25	2.8
18.0	24.2	16	21.8	29.4	14	20.5	27.6	7.4	13.0	20.4	5
18.4	24	9.6	19.1	24.6	10	15.0	27.2	5.4	11.0	19	2
18.1	24	10.4				17.0	23.8	6.3			
						15.5	20.6	8			

AÑO 1989

MAYO			JUNIO			JULIO			AGOSTO		
TD	TMAX	TMIN	TD	TMAX	TMIN	TD	TMAX	TMIN	TD	TMAX	TMIN
(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
11.4	17	3.6	13.7	21.9	0.2	9.2	11.8	0	10.8	17.4	0.6
12.4	19.8	0.2	12.1	18.6	0.2	8.5	13.8	-1.2	13.5	22.9	1.2
11.8	19.4	0.1	8.6	14	-1	11.1	14.4	6.2	15.3	23.4	4
13.4	22	1.2	10.1	14.6	3.2	10.8	15.4	3.6	9.8	12	6.2
12.2	15.8	6.4	14.7	20.4	5.4	13.6	20.8	2	12.8	16	3.6
12.2	15.8	8	15.6	24.2	2.6	9.5	14.6	-0.2	12.9	20.4	2.4
13.4	10.2	5.2	14.0	21.4	3.5	14.7	21.0	-0.4	13.5	20	4.2
14.8	21.2	4.6	13.3	21	3.2	17.3	25.4	2.4	11.0	13.4	7
14.2	22.6	3	10.7	12.2	8.8	12.0	15	7.4			
14.7	19.4	6	10.7	16.8	2	14.8	17.6	7.6	12.7	16.8	3.2
21.4	27	13.5	6.9	8.2	1	14.1	20.4	6.4	11.7	13	10
15.0	21.8	5	8.8	11.2	7	10.8	15	8.4	12.8	16.6	8.2
11.2	16.8	2	11.5	15.8	5	11.5	14.8	3.2	12.3	17.8	2.8
10.3	16	0.1	10.2	14.5	0.6	13.5	16.6	9.8	12.9	20	4.8
10.8	15.6	1.6	11.0	13	6.6	10.4	17.6	1.6	16.8	13	6.6
16.6	24.8	3.4	9.0	12	3.2	9.8	16.2	0.4	13.0	16.7	10
17.1	24.4	3.2	13.4	19.1	0.3	10.7	13.8	1.6	14.4	16.2	11.6
13.6	20	5	14.9	21	5	12.6	17	6.6	17.0	23.0	6.2
9.9	13.4	0.2	12.7	16.0	7	11.6	17.2	2.2	19.7	27.4	7.6
10.1	12.8	0.2	13.2	17.4	9	9.4	15.8	0.3	11.7	15	11
15.1	16	0.2	13.5	21.2	4.2	8.6	13.4	4.6	13.7	18	10.4
12.6	17.1	2.6	11.0	15	5.3	9.0	12.2	7.4	12.0	18	6.6
11.0	17.4	1.6	13.5	14.6	11.4	11.6	15.2	9	10.5	15.4	2.6
9.4	14.6	0.1	13.5	19.6	5.2	11.2	15.2	9.2	10.5	16.3	0.6
9.4	20	0.2	10.5	15	5	12.4	17	10.2	11.6	16	0.2
17.6	26.9	2.5	14.3	19.6	6.7	12.4	16.4	9.6	11.6	17	0.3
			14.6	20.6	5.2	11.1	15.8	5.2	10.7	16	1.8
			10.8	11	9.2	10.6	15.4	4.6	13.5	19.4	4.0
			9.0	12.6	4.6	9.3	14.8	2.0			
			10.6	16.5	1.8						

AÑO 1989

SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
18.9	25.2	10.4	17.8	23	10	14.6	19.2	11.4	14.0	20	10.8
15.3	24.4	15	16.5	22.6	12	16.3	20	14	16.4	25	5
18.0	23	12.6	16.6	24.8	9.8	19.0	27	7.6	18.1	26	5.6
19.3	24.4	14	19.2	26.4	10.6	19.0	25.2	9	15.7	23.4	6.2
17.7	22.2	13.4	19.5	24	10	18.4	24.4	9.4	15.4	23.4	5.4
17.3	20.2	16	20.6	27.2	10.0	18.0	24.4	6.6	14.6	22	4.6
18.5	24	10.4	19.7	25	11.8	16.2	23	9.2	16.7	23.4	12
17.2	28	11	19.0	24	12.2	18.6	23.6	13.0	16.4	22	5.4
18.5	24.0	11.8	18.8	25.4	11	19.2	26.2	9.6	16.4	23	5
18.2	24.8	10.2	18.7	24.6	15	16.8	21.4	10.6	18.0	25	6.6
17.6	22.4	12.2	20.3	29.4	13.4	18.8	22.8	16	14.0	19.6	4.6
17.2	22	10.4	18.5	24.3	10.6	16.8	22.6	11.2	15.6	21	12.6
10.5	22	15.0	18.3	23	15	17.0	22.2	10.8	10.8	24.6	7.8
21.2	28.2	12.8	17.9	24.5	10	20.5	27.2	10.4	20.2	28.8	7.2
21.4	30.8	10.1	18.2	24.8	13.0	21.4	29	9	23.1	31	8.6
20.2	26.6	11.2	21.1	33	12.0	18.2	24.2	6.4	15.7	20.4	7.0
18.0	24.8	9.2	22.7	30	12.4	16.3	22.8	7.4	18.8	25	10
18.2	26.4	8	22.1	31.5	10.8	15.7	20.8	11.1	17.5	24	8
20.2	29.4	8.6	26.5	27.5	9.8	14.2	20.8	10.8	12.6	14.2	10.4
22.7	31.0	10.2	19.4	26.4	9.4	15.7	28.8	6.4	15.5	19	13
16.7	25.4	12	21.9	29.5	9.4	16.3	25	7.8	12.3	15.4	5.4
19.2	24.4	14.4	17.2	22.2	10.6	16.8	22.8	7.2	15.1	25.6	5
21.4	30.6	10.8	18.6	25	9.6	18.7	26.6	7	13.7	20.8	4
24.1	33.7	12.8	16.3	22.2	10.8	17.2	27.2	5.6	13.2	17	6
19.6	26.8	11.0	17.4	22.6	1						

CUADRO 6 (Continuación).

AGO 1989																							
MAYO			JUNIO			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
ID	MAX	MIN	ID	MAX	MIN	ID	MAX	MIN	ID	MAX	MIN	ID	MAX	MIN	ID	MAX	MIN	ID	MAX	MIN	ID	MAX	MIN
(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
12.5	19.8	6.2	12.7	21	5.4	14.9	24.4	1.2	11.8	18.6	8.4	12.6	16.2	3	15.3	21.4	5	16.9	18.2	14	20.3	29.6	7.4
11.0	15.4	9.0	15.0	25	4.6	8.7	15.2	0.2	12.4	21	2.8	13.2	17.2	4.4	14.7	21.6	4.8	10.9	25.2	6.8	20.2	27	0
11.0	14.4	11	16.4	27	4.6	12.3	20	1.4	16.7	26.2	4	12.0	14.6	6.2	12.6	18.6	6	10.0	25.6	6.8	19.9	27	0.7
17.5	20.2	5	11.9	14.4	5.8	8.4	13	0.3	11.7	18.4	5.2	11.8	12.6	6.4	12.8	13.2	6.8	15.0	19.4	7.0	20.6	26.6	9.4
10.7	16.6	2.0	12.6	14	11.6	11.4	18.6	4.4	19.6	24.7	6.4	13.0	17.0	3	16.1	19.6	10.4	18.2	26.2	5.8	20.9	26.0	10.2
12.0	17.2	11.4	12.0	15	8.6	7.9	14.2	1.2	12.1	13	6	13.2	17.4	1.6	17.6	24.5	5	20.0	31	7	20.0	25.0	11.4
12.4	17.0	7.6	13.9	19.0	5	13.0	18	9.6	13.6	16.4	10.6	13.6	18	2.2	13.7	16	9.6	20.0	25.4	8.6	19.3	23.4	11.6
10.7	15.4	5.6	17.0	20.0	5	11.9	17.0	3.0	14.5	21.4	5	15.1	18.6	10.8	14.6	16.6	12	17.9	24.6	9	20.0	24.6	13
12.6	14.0	12	11.9	17.6	6.4	13.0	20.2	4	16.4	22.4	5	16.0	22.0	3.5	18.3	26.2	6.2	20.5	28.2	6.2	18.6	24	9.9
13.0	17.6	9.8	18.2	26.0	5	14.0	21.4	5.4	12.9	13	6.3	13.0	14.4	11	17.4	26	5.8	17.7	23.0	6.8	22.5	31	9.7
11.6	16.0	0	13.4	16	6.6	15.2	24	6.6	14.1	18.6	4.4	13.4	12.6	11.4	15.0	23.4	9	15.3	19.2	7.8	20.7	27.6	11
11.6	13.6	10	13.7	18.2	7.2	20.6	31.6	6.4	15.9	20.8	5.7	14.4	14.4	10.6	14.3	16	11.6	17.5	22.4	8.2	22.6	24.0	14
14.9	15.4	4	12.3	17	4.5	11.5	15.2	10.6	14.6	19.8	7.2	14.5	15	11.4	14.1	16	11.6	17.1	23	8.8	20.6	25	12
14.0	20.6	4.4	13.3	21.6	3	9.3	17	3.8	11.6	14.4	9	15.2	19	9.2	17.9	26	7.8	17.4	22.2	12.6	19.7	25.4	10.4
15.6	20	12.4	14.5	21	3.8	15.2	17.2	10	10.7	12.4	9	16.4	19.6	0.8	13.2	17.4	7.8	15.7	21.2	11.8	21.2	27.6	10.6
11.6	18.6	4.4	13.3	20.5	2	12.9	20	4	10.9	14.6	0.2	15.1	17.6	9.6	14.5	17	12	16.7	21.6	12	21.5	26.4	11.6
11.1	15.6	8.6	9.1	13	0.8	10.9	15.6	6.8	10.5	10.6	6.2	14.0	16.8	2.6	13.4	17.6	10	21.2	32.2	6.8	22.8	30.7	11.4
12.8	20.4	6.6	8.2	11	2	11.6	19	2.4	13.3	15.2	8.6	16.9	21.6	1.7	14.1	20.2	4.2	20.6	27.6	10.2	23.0	31.2	12
11.7	17	7.0	11.1	13.6	3.8	11.5	10.6	4.6	14.5	19.5	11.4	16.5	21.6	4.4	15.5	19.0	10	19.1	24.6	8.8	21.3	27.6	12
15.0	22.2	9.2	14.0	20	4.6	9.4	14.6	2.4	15.4	20	7.8	13.4	16	6.2	16.1	21.2	2.6	18.3	27.5	11.2	20.5	25.4	10.6
16.2	23.6	5.4	12.9	19.6	2.2	10.3	14.6	9	16.4	20.6	9.6	13.0	14.6	10.6	19.2	30	4.2	20.3	25	15	19.7	25.2	10.6
19.1	16	3	9.1	13.0	3	10.0	14.2	5	17.0	25	6.2	18.2	23.2	11.0	14.4	19.5	7.2	20.1	27.4	9	20.2	24.4	10.6
9.3	12.4	9.6	13.6	16.6	7.8	11.0	14.2	9.6	17.7	23	5.2	16.9	24	5.6	15.9	22.6	8.8	19.7	27	9.2	21.1	27.0	11.5
10.1	12.6	10	14.4	19.4	4.6	9.8	15.4	9.6	13.5	15	8	14.9	19.6	6.6	14.3	19.4	4	14.2	21.4	6.2			
16.0	15.0	9.4	13.8	17.2	8.5	11.2	16	5.2	13.9	16.8	8.2	15.0	20	11.2	16.1	19.8	6.6	19.6	24.6	6.2			
11.4	17.4	6.4	11.2	17	3.8	9.9	12.6	7	15.0	21	3.5	18.1	20	5.8	14.1	19.6	3.6	18.6	25.4	6.8			
12.5	19.3	3.4	13.3	20.4	2.8	11.3	15.8	9.2	17.4	24.2	4.3	19.5	26	5.6	16.9	24.8	7	20.1	29.5	7			
12.4	18.2	6	10.9	17	2.6	10.6	17.8	3.6	16.0	21.8	6	14.9	20.2	5.7	19.6	29.2	5.4						
12.9	17.6	9.2	15.0	15.8	10.4	11.0	17.6	1	15.0	17.8	10.2	14.7	20	5	19.7	31.2	7.4						
11.2	13.6	8.9	11.1	17.6	5.4	10.5	14	8.5	15.3	18.0	8.6							15.2	16.8	9.4			
																		17.3	19.6	13.6			

CUADRO 6 (Continuación).

AÑO 1989												AÑO 1989											
MAYO			JUNIO			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
ID	MAX	MIN	ID	MAX	MIN	ID	MAX	MIN	ID	MAX	MIN	ID	MAX	MIN	ID	MAX	MIN	ID	MAX	MIN	ID	MAX	MIN
(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
12.5	19.8	4.2	12.7	21	5.4	14.9	24.4	1.2	11.8	18.6	0.4	12.6	16.2	3	15.3	21.4	5	16.9	18.2	14	20.3	29.6	7.4
11.0	15.4	9.0	15.0	25	4.6	9.7	15.2	0.2	12.4	21	2.0	13.2	17.2	4.4	14.7	21.6	4.8	18.9	25.2	6.8	20.2	27	0
11.0	14.4	11	16.4	27	4.6	12.3	20	1.4	16.7	26.2	4	12.0	14.6	6.2	12.6	18.6	6	18.0	25.6	6.8	19.9	27	8.7
17.5	28.2	5	11.9	14.4	5.8	8.4	13	0.3	11.7	18.4	5.2	11.0	12.6	6.4	12.0	13.7	6.8	15.0	19.4	7.8	20.6	26.6	9.4
10.7	16.6	2.0	12.6	14	11.6	11.4	18.6	4.4	19.6	24.7	6.4	13.0	17.0	3	16.1	19.4	10.6	18.2	26.2	5.8	20.9	26.8	10.2
12.0	17.2	11.4	12.0	15	8.4	7.9	14.2	1.2	12.1	13	6	13.2	17.4	1.4	17.6	24.5	5	20.0	31	7	20.0	25.8	11.4
12.4	17.0	7.6	13.9	19.8	5	13.0	18	9.6	13.6	16.4	10.6	13.6	18	2.2	13.7	16	9.6	20.0	25.4	8.6	19.3	23.4	11.6
10.7	15.4	5.6	17.0	24.0	5	11.9	17.8	3.0	14.5	21.4	5	15.1	18.6	10.8	14.6	16.8	12	17.9	24.6	9	20.8	24.6	13
12.6	14.8	12	11.9	17.6	6.4	13.0	20.2	4	16.4	22.4	5	16.0	22.8	3.4	18.3	26.2	4.2	20.5	28.7	6.2	18.6	24	9.9
13.0	17.6	9.0	18.2	26.0	5	14.0	21.4	5.4	12.9	13	6.3	13.0	14.4	11	17.4	26	5.8	17.7	23.0	6.8	22.5	31	9.7
11.8	16.0	0	13.4	16	6.6	15.3	24	6.6	14.1	18.6	4.4	13.4	13.6	11.4	15.8	23.1	9	15.3	19.2	7.8	20.7	27.6	11
11.6	13.6	10	13.7	16.2	7.2	20.6	31.6	6.4	15.9	20.8	5.7	14.4	14.4	10.6	14.3	16	11.6	17.5	22.4	8.2	22.6	24.8	14
14.9	15.4	4	12.3	17	4.5	11.5	15.2	10.6	14.8	19.8	7.2	14.5	15	11.4	14.1	16	11.6	17.1	23	8.8	20.6	25	12
14.0	20.6	4.4	13.3	21.6	3	9.3	17	3.0	11.8	14.4	9	15.2	19	8.2	17.9	26	7.8	17.4	22.2	12.6	19.7	25.4	10.4
15.6	20	12.4	14.5	21	3.8	15.2	19.2	10	10.7	12.4	9	16.4	19.6	6.8	13.2	17.4	7.8	15.7	21.2	11.8	21.2	27.6	10.6
11.6	16.6	4.4	13.3	20.5	2	12.9	20	4	10.9	14.6	0.2	15.1	17.6	9.6	14.5	17	12	16.7	21.6	12	21.5	26.4	11.6
11.1	15.6	8.6	9.1	13	0.8	10.9	15.6	6.8	10.5	10.6	6.2	14.0	16.8	2.6	13.4	17.6	10	21.2	32.2	6.8	22.8	30.7	11.4
12.8	20.4	6.6	8.2	11	2	11.6	19	2.4	13.3	15.8	8.6	16.9	21.6	1.7	14.1	20.2	4.2	20.6	27.6	10.2	23.0	31.2	12
11.7	17	7.8	11.1	13.6	2.8	11.5	18.6	4.6	16.5	19.2	11.4	16.5	21.6	4.4	15.5	19.8	10	19.1	24.6	8.8	21.3	27.6	12
15.0	22.2	9.2	14.0	20	4.8	9.4	14.6	2.4	15.4	20	7.8	13.4	16	6.2	16.1	27.2	2.8	18.3	27.8	11.2	20.5	25.4	10.6
16.2	23.6	5.4	12.9	19.6	2.2	10.2	14.6	9	16.4	20.6	9.6	13.0	14.6	10.6	19.2	30	4.2	20.3	25	15	19.7	25.2	10.6
19.1	16	3	9.1	13.0	3	10.0	14.2	5	17.0	25	6.2	18.2	23.2	11.0	14.4	19.5	7.2	26.1	27.4	9	20.2	26.4	10.6
9.3	12.4	9.6	13.6	16.6	7.8	11.0	14.2	9.6	17.7	23	5.2	16.9	24	5.6	15.9	22.8	6.8	19.7	27	8.2	21.1	27.8	11.5
10.1	12.6	10	14.4	19.4	4.6	9.8	15.4	9.6	13.5	15	0	14.9	19.6	8.6	14.3	19.4	4	14.2	21.4	6.2			
10.0	15.0	9.4	13.6	17.2	8.5	11.2	16	5.2	13.9	16.8	8.2	15.0	20	11.2	16.1	19.8	6.6	19.6	24.9	6.2			
11.4	17.1	6.4	11.2	17	3.0	9.9	12.6	7	15.0	21	5.5	18.1	20	5.8	14.1	19.6	3.6	18.6	25.4	6.9			
12.5	19.3	3.4	13.3	20.4	2.9	11.3	15.8	9.2	17.4	24.2	4.3	19.5	20	5.6	16.9	24.8	7	20.1	29.9	7			
12.4	18.8	6	10.9	17	2.6	10.6	17.8	3.6	16.0	21.8	6	14.9	20.2	5.2	19.6	29.2	5.4						
12.7	17.6	9.2	15.0	15.8	10.4	11.0	17.6	1	15.0	17.6	10.2	14.7	20	5	19.7	21.2	7.4						
11.2	13.6	8.9	11.1	17.6	1.6	10.9	14	8.5	15.3	18.8	6.6							15.2	16.8	9.4			
						12.5	19	7	14.4	19.8	2.6							17.5	19.6	13.6			

CUADRO 7. Valores promedios mensuales de temperaturas diurnas (TD) y temperaturas diarias (TM) en grados Celsius, registrados en la estación meteorológica de Quillota durante el período 1988-1989.

AÑO	TEMPERATURA	M E S											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1988	TD (°C)	19.2	19.5	18.9	16.6	12.4	12.0	11.4	12.7	13.8	16.6	18.4	19.4
	TM (°C)	17.7	18.7	17.3	15.2	11.6	11.1	10.3	11.5	11.4	14.4	16.4	17.0
1989	TD (°C)	19.3	19.4	17.5	15.7	12.4	12.9	11.7	14.4	14.9	15.6	18.3	20.8
	TM (°C)	18.9	18.6	16.8	14.7	12.6	11.8	11.4	12.7	12.3	14.3	16.6	10.6

CUADRO B. Valores del error de las estimaciones de la temperatura media diurna, obtenidos a partir del modelo de regresión: $Td' = \beta_0 + \beta_1 * T_{\text{máx}} + \beta_2 * T_{\text{mín}}$ desarrollado en base a registros de temperaturas disponibles en la estación meteorológica de Quiñota durante el periodo 1988-1989.

AGO 1988			AGO 1989			AGO 1990			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL		
Yobs	Yest	Ei	Yobs	Yest	Ei	Yobs	Yest	Ei	Yobs	Yest	Ei	Yobs	Yest	Ei	Yobs	Yest	Ei	Yobs	Yest	Ei
(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
18.6	18.5	0.1	17.0	18.5	-0.5	22.0	22.5	-0.5	15.1	16.4	-0.4	11.4	12.0	-0.6	13.7	14.1	-0.4	8.2	7.7	0.5
19.0	19.1	-0.1	19.1	18.5	0.6	20.1	20.2	-0.1	15.1	14.9	0.2	12.4	12.8	-0.4	12.1	12.0	0.0	8.5	8.6	-0.1
17.6	17.3	0.3	22.7	21.8	0.9	18.1	19.5	-1.4	16.4	17.0	-0.4	11.8	12.5	-0.7	8.6	10.1	-1.5	11.1	11.1	0.0
20.0	18.9	1.1	18.6	17.4	1.2	21.2	21.1	0.1	16.7	17.4	-0.8	13.4	14.1	-1.0	10.1	10.4	-0.3	10.8	11.6	-0.2
20.1	18.8	1.3	18.9	18.2	0.8	19.1	19.8	-0.7	21.6	22.8	0.8	12.2	12.0	0.2	14.7	14.6	0.1	13.6	13.9	-0.1
18.3	18.2	0.0	19.2	17.9	1.3	18.1	18.2	-0.1	17.7	17.3	0.4	12.7	12.5	-0.3	15.6	16.7	-0.6	9.5	9.1	0.1
18.2	18.3	-0.1	19.6	19.2	0.3	21.2	19.3	1.9	16.3	15.7	1.3	13.1	13.2	0.2	11.0	14.7	-0.8	11.7	13.9	0.8
17.2	17.0	0.2	18.8	18.3	0.5	18.6	19.5	0.1	10.3	18.6	-0.2	11.8	14.9	-0.1	13.3	14.3	-1.1	17.3	16.9	0.4
17.5	16.7	0.8	18.1	18.1	0.8	15.9	17.6	-1.6	16.9	16.6	0.2	14.7	14.7	-0.0	14.2	15.3	-1.1	10.7	10.5	0.3
18.6	17.5	1.1	18.0	17.2	0.8	15.9	16.4	-0.5	18.1	17.8	0.2	21.4	21.0	0.3	10.7	11.1	-0.7	14.8	13.5	1.3
21.3	19.9	1.4	21.3	20.2	1.1	18.7	20.3	-1.6	15.3	15.2	0.2	15.0	15.1	-0.4	6.9	6.1	0.7	14.1	11.9	-0.8
20.3	19.1	1.0	20.3	19.2	1.1	17.5	17.6	-0.1	14.1	14.4	-0.6	11.2	11.1	-0.2	8.0	9.3	-0.5	10.8	12.1	-1.3
21.0	20.3	0.7	19.5	18.7	0.8	18.2	18.0	-0.8	18.9	18.3	0.3	10.3	10.4	-0.1	11.5	11.8	-0.2	11.5	10.5	1.0
22.3	21.8	0.5	20.1	20.0	0.1	18.1	18.5	-0.3	18.1	18.3	-0.2	10.8	10.4	0.3	10.2	11.0	-1.7	13.5	13.5	0.0
20.5	19.2	1.3	19.8	19.3	0.3	18.1	18.7	-0.6	16.7	15.7	1.0	18.8	18.0	-0.2	11.0	10.3	0.6	10.1	11.0	-1.1
17.8	17.2	0.6	19.0	18.9	0.1	16.7	16.5	-1.6	19.1	18.4	0.7	17.1	18.5	0.8	9.0	8.8	0.2	9.8	10.6	-0.8
18.1	18.7	-0.7	17.0	16.8	1.1	18.0	18.4	-0.4	17.6	16.5	1.1	13.6	13.1	0.2	13.1	14.8	-1.2	10.7	9.4	1.7
21.4	20.3	1.1	17.7	16.6	1.2	18.3	19.2	-0.9	16.3	15.8	0.5	9.9	11.0	-1.1	14.9	14.9	0.1	17.6	12.8	-0.2
19.4	18.6	0.8	20.2	20.3	-0.1	17.1	18.8	-1.7	17.5	16.2	1.3	10.1	10.7	-0.6	12.7	12.8	-0.1	11.4	11.7	-0.1
21.4	20.5	0.9	19.9	19.5	0.5	16.7	18.6	-1.9	17.2	16.8	0.4	13.1	13.2	-0.6	13.2	13.8	-0.6	9.4	10.3	-0.9
17.7	17.2	0.6	19.3	19.3	0.1	20.1	20.2	-0.1	16.4	15.6	0.9	12.6	12.0	0.4	13.5	14.8	-1.7	8.4	10.0	-1.4
18.3	19.0	-0.3	21.6	21.8	0.0	20.9	20.1	0.3	16.1	15.2	1.3	11.0	11.7	-0.6	11.0	11.2	-0.2	9.0	10.1	-1.1
17.6	17.1	0.6	22.6	21.6	1.0	19.7	20.1	-0.2	16.8	16.0	0.8	9.1	9.5	-0.1	13.5	12.7	0.8	11.6	12.4	-0.8
18.6	18.1	0.2	18.5	17.7	0.7	21.2	21.1	0.1	15.1	15.4	-0.3	9.1	13.0	-3.6	13.5	14.1	-0.8	11.3	12.4	-1.2
17.1	16.3	1.1	19.0	17.2	-0.2	17.6	18.6	1.0	14.2	14.3	-0.1	13.6	14.1	-0.6	10.5	11.1	-0.6	13.4	13.8	-0.1
20.3	19.1	0.9	20.0	20.0	-0.0	20.1	20.3	0.1	16.1	16.8	-0.6	14.3	14.5	-0.2	12.4	13.3	-0.9	11.6	11.1	0.5
18.8	18.3	0.5	21.8	22.8	-1.0	20.3	19.7	0.9	13.0	14.3	-1.5	11.6	11.7	-0.1	11.1	11.7	-0.6	10.7	10.7	-0.1
18.1	18.1	0.1	19.1	18.7	0.1	19.0	18.1	0.1	11.0	12.8	-1.8	10.0	9.8	1.0	10.6	11.3	-0.8	13.5	12.8	-0.1
18.1	18.3	-0.1				17.0	17.0	0.0				9.0	9.5	-0.5	9.3	10.4	-1.1	10.8	11.2	-0.4
						15.5	15.5	0.0												

SIMBOLOGIA:

Ei : valor del error de cada estimación (°C).

Y obs: valor observado de temperatura media diurna (°C).

Y est: valor estimado de temperatura media diurna (°C).

CUADRO 8 (Continuación).

AGO 1988			AGO 1989		
SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO
Yobs Y est. El ('C) ('C) ('C)					
14.0 13.9 0.1	15.8 15.1 0.7	16.0 14.8 1.2	15.8 16.7 -1.0	18.9 19.0 -0.1	17.8 17.5 0.3
17.6 16.3 1.3	11.2 10.8 0.5	17.4 16.0 1.4	17.1 17.4 -0.3	19.3 19.0 -0.5	16.5 16.9 -1.4
19.2 17.8 1.4	15.3 15.0 0.3	20.1 19.5 1.4	17.8 17.9 -0.1	18.0 18.3 -0.2	18.6 18.6 -0.0
12.6 12.0 0.6	17.0 15.1 1.9	21.9 20.0 1.9	17.0 16.5 1.3	19.3 19.5 -0.2	19.2 19.8 -0.4
14.6 14.0 -0.2	18.9 17.8 1.1	22.3 22.7 -0.4	18.4 18.1 0.3	17.7 18.0 -0.3	19.5 19.4 0.1
13.9 13.5 0.6	20.6 19.4 1.2	20.0 19.6 1.2	22.1 20.7 1.4	17.3 17.5 -0.2	20.6 20.4 0.2
13.6 13.3 0.3	17.9 17.6 0.4	18.4 17.8 0.6	22.4 21.2 1.2	18.3 18.3 0.2	19.7 19.3 0.4
13.9 14.0 -0.1	17.1 17.2 -0.1	17.2 16.9 0.2	21.2 19.8 1.5	17.2 20.9 -3.8	19.0 18.8 0.2
12.9 12.0 0.8	13.9 13.8 0.1	15.2 15.0 0.2	18.0 16.7 1.2	18.5 19.2 -0.7	18.8 19.3 -0.5
13.4 12.2 1.1	14.3 15.0 -0.7	13.4 12.7 0.7	19.1 17.7 1.4	18.2 18.7 -0.5	18.7 19.9 -1.2
13.1 11.6 1.5	15.4 15.5 -0.1	16.1 16.5 -0.5	20.2 19.2 1.0	17.6 17.0 -0.2	20.3 22.5 -2.1
12.7 12.0 0.7	19.3 18.7 0.6	22.6 21.1 1.2	21.0 20.2 1.6	17.2 17.0 0.2	18.5 18.5 0.0
12.0 12.0 0.0	17.5 17.8 -0.3	21.7 21.0 0.7	20.7 19.7 1.0	18.5 18.5 -0.1	18.3 18.9 -0.7
13.7 13.1 0.6	17.1 17.0 0.1	15.9 14.7 1.1	17.8 16.8 0.9	21.2 21.6 -0.3	17.9 18.5 -0.6
14.1 14.0 0.1	13.8 13.8 -0.1	16.0 18.2 -0.1	18.3 17.7 0.6	21.4 22.5 -1.1	18.2 19.7 -1.5
12.2 11.9 0.3	17.1 16.7 0.4	17.2 16.3 0.9	20.3 18.0 2.3	20.2 20.1 0.0	21.1 21.0 0.4
13.0 13.1 -0.1	17.8 16.2 1.6	21.0 19.6 1.4	20.9 18.7 2.2	18.0 18.4 -0.5	22.7 22.6 0.1
11.8 11.8 0.0	14.7 13.7 1.0	20.1 19.4 0.7	21.2 19.3 1.9	19.2 19.1 -0.9	22.1 23.0 0.9
13.3 11.8 1.5	15.7 14.0 0.9	15.1 14.7 0.4	19.2 18.1 1.1	20.2 21.1 -1.0	20.3 20.3 0.3
12.4 11.0 0.6	17.1 16.5 0.6	14.2 15.2 -1.0	18.1 16.8 1.4	22.7 23.1 -0.4	19.4 19.6 -0.3
13.0 13.3 -0.3	16.7 16.1 0.5	22.2 20.6 1.6	18.7 17.9 0.4	18.7 19.6 -0.9	21.9 21.4 0.4
12.9 12.6 0.3	17.3 16.4 0.9	17.2 17.2 0.6	16.0 16.5 0.3	19.2 19.6 -0.5	23.2 23.0 0.2
15.9 13.7 2.3	16.7 15.6 1.1	16.2 15.9 0.3	17.6 17.2 0.5	21.6 22.5 -0.9	18.8 18.7 0.1
14.5 12.8 1.7	17.9 16.8 1.1	21.2 19.7 1.5	19.9 18.8 1.1	24.1 24.9 -0.8	16.3 17.3 -0.9
11.6 9.9 1.7	18.2 17.4 0.7	26.0 23.4 2.7	18.7 17.7 1.1	19.8 20.4 -0.7	17.4 17.4 0.0
15.9 15.1 0.8	15.8 15.2 0.6	21.9 20.6 1.2	19.5 19.4 0.1	19.5 19.6 -0.2	19.1 19.2 0.9
	17.5 16.7 0.0	14.0 15.1 -0.3	18.4 17.7 0.7	21.3 22.3 -1.0	18.1 18.6 -0.3
	19.2 18.3 0.9	16.0 16.8 -0.9	18.1 18.3 0.2	21.0 20.8 0.2	18.1 18.0 -0.5
	17.3 17.1 0.2	15.6 15.3 0.3	20.9 19.5 1.3	18.3 18.2 0.2	18.6 19.3 -0.6
	14.6 15.4 -0.8	16.3 16.9 -0.6	21.5 21.2 0.3	17.5 17.9 -0.4	15.2 15.5 -0.3
			22.0 22.1 -0.3		

AGO 1989			AGO 1989		
MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE
Yobs Y est. El ('C) ('C) ('C)					
12.5 13.7 -1.4	12.7 15.0 -2.3	14.7 15.9 -1.0	11.8 13.1 -1.3	17.4 11.3 1.3	15.3 15.1 0.2
11.8 12.7 -0.9	15.0 17.3 -2.3	8.7 9.9 -1.2	12.4 14.3 -1.0	13.2 12.3 0.8	14.7 15.2 -0.5
11.8 12.5 -0.7	16.4 18.3 -2.1	12.3 13.2 -0.9	16.7 17.8 -1.1	12.0 11.2 0.8	12.6 13.7 -1.0
17.5 19.4 -1.9	11.9 11.0 0.9	0.4 0.6 -0.2	11.7 13.3 -1.6	11.0 10.0 1.0	12.0 10.5 2.3
10.7 11.5 -0.8	12.6 12.4 0.2	11.4 13.2 -1.0	19.3 17.6 2.0	13.8 12.3 1.5	16.1 15.6 0.5
12.8 14.3 -1.5	12.0 12.1 -0.1	7.9 9.6 -1.7	12.1 10.2 1.9	13.2 11.7 1.5	17.6 17.1 0.6
12.4 13.6 -1.2	13.9 14.1 -0.3	15.0 14.3 -1.3	13.6 13.6 0.0	13.6 12.2 1.4	13.7 13.1 0.6
10.7 11.6 -0.8	17.0 17.3 -0.3	11.9 12.5 -0.6	14.5 15.1 -0.6	15.1 15.0 0.1	14.6 14.1 0.5
12.6 13.0 -0.4	11.9 13.2 -1.2	13.0 14.1 -1.1	16.4 15.9 0.5	16.0 15.6 0.4	18.3 16.5 -0.2
13.0 14.1 -1.1	18.2 18.5 -0.3	14.0 15.2 -1.2	12.9 10.3 2.7	13.0 12.5 1.3	17.4 18.2 -0.9
11.6 13.1 -1.5	13.4 12.2 1.2	15.3 17.2 -2.0	14.1 13.2 0.9	13.4 12.1 1.3	15.8 17.5 -1.7
11.6 11.7 -0.1	13.7 13.0 -0.1	20.6 21.9 -1.3	15.9 15.0 0.9	14.4 12.3 2.0	14.3 13.6 0.7
14.9 11.1 3.8	12.3 12.2 0.1	11.5 12.0 -1.3	14.6 14.8 -0.2	14.5 12.9 1.5	16.1 13.7 0.4
14.0 14.5 -0.5	13.3 14.1 -1.4	9.3 12.0 -2.7	11.0 11.9 -0.1	15.2 14.8 0.4	17.9 18.8 -0.9
15.6 16.3 -0.7	14.5 14.5 -0.0	15.2 15.2 0.1	10.7 10.6 0.0	16.4 12.0 3.6	13.2 13.4 -0.2
11.6 13.2 -1.6	13.3 13.7 -0.5	12.9 14.0 -1.1	10.9 9.5 1.4	15.1 14.1 1.0	14.5 14.4 0.2
11.1 12.5 -1.4	9.1 8.7 0.4	10.9 12.0 -1.1	10.5 8.7 1.0	14.0 11.6 2.4	13.4 14.2 -0.7
12.8 15.0 -2.3	8.2 7.8 0.4	11.6 12.9 -1.3	13.3 12.6 0.6	16.9 14.3 2.6	14.1 14.2 -0.1
11.7 13.2 -1.5	11.1 9.9 1.2	11.5 13.3 -1.8	16.5 16.5 1.0	16.5 15.1 1.3	15.5 15.5 -0.0
15.0 16.8 -1.8	14.0 14.2 -0.2	9.4 10.2 -0.8	15.4 15.0 0.3	13.4 12.1 1.3	16.1 18.1 -2.0
16.2 16.6 -0.4	12.9 13.2 -0.4	10.3 12.0 -1.7	16.4 15.9 0.5	13.0 12.5 1.3	19.2 20.3 -1.1
10.1 11.2 -1.1	9.1 9.8 -0.7	10.0 10.6 -0.6	17.0 16.5 0.5	18.2 18.2 0.0	14.4 14.6 -0.2
9.5 10.8 -1.5	13.8 14.3 -0.5	11.0 11.9 -0.9	17.7 16.2 1.5	16.9 16.9 2.0	15.9 16.5 -0.6
10.1 11.0 -1.0	14.4 13.8 -0.7	9.8 12.7 -2.0	13.5 12.0 1.5	14.9 15.1 -0.2	14.3 13.6 0.7
10.8 12.9 -2.1	13.6 13.5 0.1	11.2 11.0 -0.7	13.9 13.2 0.7	15.0 16.0 -1.1	16.1 14.6 1.5
11.4 13.6 -2.2	11.0 12.0 -0.3	9.9 10.2 -0.3	15.0 14.5 0.6	10.1 14.5 3.7	14.1 13.6 0.5
12.5 13.3 -0.8	13.3 13.9 -0.6	11.3 12.8 -1.6	17.4 16.7 0.7	18.5 14.4 4.1	16.9 17.7 -0.8
12.4 13.8 -1.4	10.9 11.7 -0.8	10.8 12.5 -1.9	16.0 15.7 0.3	14.9 14.4 0.5	18.6 20.1 -1.5
12.9 13.9 -1.1	13.0 13.2 -0.2	11.0 11.6 -0.7	15.0 14.2 0.8	14.7 14.3 0.4	19.7 21.9 -2.3
11.2 11.4 -0.2	11.1 11.9 -0.9	10.9 11.5 -0.6	15.3 14.5 0.0		15.2 13.5 1.7
		13.5 14.2 -0.7	14.4 13.5 1.0		17.5 16.4 1.1

CUADRO 10. Valores promedios mensuales de temperatura máxima (Tmáx), temperatura mínima (Tmín) y temperatura media diurna estimada (TD') para la localidad de Davis durante el período 1965-1971.

AÑO	MES	TMAX °C			TMIN °C			TD' °C			TMAX °C			TMIN °C			TD' °C		
		AÑO	MES	TMAX °C	AÑO	MES	TMIN °C	AÑO	MES	TMAX °C	AÑO	MES	TMIN °C	AÑO	MES	TMAX °C	AÑO	MES	TMIN °C
1965	ENE	10.70	3.55	8.04	1966	ENE	12.41	2.55	8.93	1967	ENE	11.92	2.54	8.52	1968	ENE	10.81	0.98	7.39
	FEB	15.20	2.75	10.63		FEB	14.03	2.94	9.95		FEB	14.44	3.68	10.41		FEB	16.27	7.14	12.53
	MAR	18.04	4.62	12.93		MAR	18.27	5.03	13.19		MAR	15.83	4.76	11.59		MAR	19.21	6.25	14.12
	ABR	19.67	8.18	14.95		ABR	24.49	8.56	18.06		ABR	14.20	4.22	10.42		ABR	23.58	8.32	17.43
	MAY	26.17	8.57	19.12		MAY	26.51	9.63	19.53		MAY	25.77	8.77	18.92		MAY	25.51	9.30	18.91
	JUN	26.83	10.35	20.03		JUN	29.53	12.40	22.29		JUN	26.75	11.98	20.41		JUN	31.40	13.09	23.65
	JUL	31.81	12.14	23.64		JUL	29.76	11.82	22.27		JUL	33.63	13.58	25.18		JUL	32.63	13.23	24.46
	AGO	31.71	13.51	23.96		AGO	32.78	12.75	24.42		AGO	34.46	13.65	25.72		AGO	29.42	13.71	22.59
	SEP	27.56	8.10	19.94		SEP	29.44	11.75	22.05		SEP	30.88	13.58	23.47		SEP	30.05	12.46	22.63
	OCT	27.68	7.48	19.75		OCT	26.27	7.75	18.95		OCT	25.90	9.22	19.13		OCT	23.89	8.31	17.62
	NOV	17.82	6.31	13.26		NOV	17.05	7.26	13.05		NOV	19.24	6.44	14.19		NOV	15.94	6.92	12.27
	DIC	8.47	1.53	6.11		DIC	10.76	6.23	8.93		DIC	12.36	1.05	8.38		DIC	11.37	2.63	8.21
1969	ENE	10.42	3.17	7.76	1970	ENE	13.61	6.31	10.54	1971	ENE	11.34	3.16	8.34					
	FEB	12.52	4.45	9.43		FEB	16.24	5.48	12.05		FEB	14.72	3.96	10.42					
	MAR	17.43	4.76	12.58		MAR	18.95	5.84	13.94		MAR	17.31	4.10	12.32					
	ABR	20.94	7.24	15.48		ABR	20.37	3.93	14.19		ABR	20.09	5.29	14.40					
	MAY	27.03	11.34	20.43		MAY	26.52	10.61	19.91		MAY	22.51	9.59	17.14					
	JUN	27.52	13.59	21.37		JUN	29.19	12.55	22.14		JUN	28.16	11.46	21.17					
	JUL	32.44	13.03	24.29		JUL	32.92	13.05	24.59		JUL	32.33	12.25	24.28					
	AGO	33.46	12.95	24.90		AGO	31.23	11.11	22.99		AGO	32.51	13.62	24.49					
	SEP	30.57	12.39	22.94		SEP	30.08	10.96	22.23		SEP	29.60	11.82	22.17					
	OCT	22.38	8.57	16.75		OCT	23.70	7.60	17.30		OCT	23.39	6.83	16.89					
	NOV	19.51	3.79	13.61		NOV	17.54	7.60	13.46		NOV	17.48	3.89	12.37					
	DIC	13.89	4.19	10.22		DIC	10.82	4.99	8.53		DIC	10.99	1.03	7.51					

CUADRO 11. Información climática disponible en la estación meteorológica de Davis durante el periodo 1965 - 1971, utilizada en el desarrollo de los modelos estimativos de ET₀.

AGO 1965

MES	ETo mm/día	Rs mm/día	n/N fracc.	TMAX TMIN TMED TD est				HRMÁX HRMÍN HRMED		U50 U2día		U2 m/s	EaIN mb	EaTD mb	
				°C	°C	°C	°C	fracc.	fracc.	fracc.	ca/día	m/seg	Ka/día		
ENE	0.71	2.26	0.29	10.70	3.55	7.12	8.04	1.00	0.87	0.91	16400000.00	3.42	221.40	10.10	10.76
FEB	2.34	5.17	0.84	15.20	2.75	8.97	10.43	0.78	0.50	0.71	22742057.14	4.74	302.03	11.46	12.91
MAR	2.64	5.70	0.59	10.04	4.62	11.33	12.93	0.99	0.50	0.74	19419354.84	4.09	264.86	13.42	14.71
APR	3.21	7.06	0.67	19.67	8.18	13.93	14.95	0.99	0.54	0.76	24543333.33	5.12	331.61	15.91	16.89
MAY	6.00	10.72	0.93	26.17	9.57	17.37	19.12	0.92	0.32	0.63	23412903.23	4.92	310.77	19.84	22.12
JUN	6.15	11.05	0.95	26.03	10.35	18.59	20.03	0.99	0.43	0.71	20158620.69	4.20	272.14	21.42	23.42
JUL	6.47	11.54	0.96	21.61	12.14	21.97	23.64	1.00	0.36	0.48	9083870.97	1.89	172.43	26.39	27.17
AGO	5.47	9.18	0.91	21.71	13.51	22.61	23.96	0.99	0.38	0.68	8777419.35	1.83	118.50	27.43	25.77
SEP	4.30	8.10	0.91	27.56	8.40	17.98	19.24	0.96	0.35	0.66	21346666.67	4.45	288.18	20.61	23.29
OCT	2.70	6.43	0.97	27.68	7.10	17.50	19.75	0.95	0.37	0.66	17767741.94	3.08	199.56	26.10	23.15
NOV	1.01	3.28	0.59	17.02	6.31	12.06	13.26	1.00	0.87	0.81	17990000.00	3.75	242.07	14.08	15.24
DIC	0.61	2.37	0.45	8.47	1.43	5.05	6.11	1.00	0.76	0.88	17016129.03	3.71	240.52	8.75	9.42

AGO 1966

MES	ETo mm/día	Rs mm/día	n/N fracc.	TMAX TMIN TMED TD est				HRMÁX HRMÍN HRMED		U50 U2día		U2 m/s	EaIN mb	EaTD mb	
				°C	°C	°C	°C	fracc.	fracc.	fracc.	ca/día	m/seg	Ka/día		
ENE	1.05	3.58	0.62	12.41	2.55	7.48	8.83	0.97	0.56	0.76	20761290.32	4.33	280.28	10.35	11.32
FEB	1.62	5.17	0.70	14.03	2.98	8.49	9.95	0.78	0.49	0.73	22707142.86	4.63	299.80	11.09	12.24
MAR	2.44	7.42	0.83	18.27	5.03	11.65	13.19	0.94	0.39	0.67	19186666.67	4.00	259.02	13.71	15.18
APR	4.97	10.17	0.91	21.49	8.56	16.53	18.06	0.88	0.29	0.59	26503333.33	5.52	357.80	18.80	20.72
MAY	5.13	11.22	0.89	26.51	9.63	18.07	19.63	0.73	0.31	0.62	22483870.97	4.60	303.53	20.74	22.85
JUN	6.88	12.02	0.93	29.53	12.40	20.97	22.29	0.88	0.30	0.59	20351724.14	4.24	274.75	24.81	26.11
JUL	6.17	12.00	0.96	29.76	11.82	20.79	22.27	0.94	0.31	0.62	20312903.23	4.73	274.22	21.55	26.88
AGO	5.66	10.70	0.98	32.78	12.76	22.77	24.42	0.92	0.29	0.60	17519354.84	3.65	234.51	27.70	30.60
SEP	4.59	8.78	0.94	29.44	11.75	20.59	22.05	0.92	0.31	0.61	17350000.00	3.81	234.23	24.75	26.52
OCT	3.12	6.41	0.92	26.27	7.75	17.01	18.95	0.83	0.31	0.57	16116129.03	3.36	217.57	19.39	21.90
NOV	1.39	3.22	0.57	17.05	7.76	12.16	13.05	0.94	0.56	0.75	18070000.00	3.78	243.95	14.17	15.07
DIC	0.74	2.12	0.34	10.76	6.23	8.50	8.83	0.99	0.76	0.87	19006666.67	3.96	256.39	11.09	11.35

AGO 1967

MES	ETo mm/día	Rs mm/día	n/N fracc.	TMAX TMIN TMED TD est				HRMÁX HRMÍN HRMED		U50 U2día		U2 m/s	EaIN mb	EaTD mb	
				°C	°C	°C	°C	fracc.	fracc.	fracc.	ca/día	m/seg	Ka/día		
ENE	1.02	3.01	0.54	11.72	2.54	7.23	8.57	1.00	0.59	0.79	22680387.10	4.72	305.75	10.18	11.11
FEB	1.61	4.81	0.50	14.44	3.68	9.06	10.41	0.78	0.54	0.76	15132142.86	3.15	204.28	11.53	12.62
MAR	2.21	6.18	0.61	15.83	4.76	10.29	11.59	0.97	0.44	0.71	21893774.19	4.52	292.91	12.52	13.65
APR	2.18	7.91	0.59	11.20	4.22	9.21	10.42	1.00	0.48	0.74	19316666.67	4.02	260.70	11.64	12.63
MAY	5.16	10.93	0.88	25.77	8.77	17.27	18.92	0.97	0.52	0.64	17664516.13	3.48	238.47	19.71	21.87
JUN	5.44	11.62	0.88	26.75	11.00	19.31	20.41	0.97	0.37	0.67	20216666.67	4.21	272.73	22.44	23.98
JUL	6.33	12.34	0.99	33.63	13.58	23.61	25.18	0.94	0.27	0.61	16018387.10	3.31	216.65	29.14	32.02
AGO	5.70	10.70	0.99	34.46	13.65	24.06	25.72	0.78	0.25	0.61	14022580.65	2.92	187.30	29.74	33.06
SEP	4.40	8.51	0.94	30.88	13.58	22.23	23.47	0.95	0.30	0.62	12070000.00	3.58	230.45	26.81	28.89
OCT	3.11	6.49	0.91	25.90	9.22	17.56	19.13	0.85	0.30	0.58	17635183.07	3.67	238.08	20.07	22.15
NOV	1.48	3.72	0.71	19.24	6.44	12.04	14.19	0.94	0.45	0.70	18550000.00	2.89	186.98	14.02	16.18
DIC	1.21	3.54	0.76	12.36	1.05	6.70	8.38	0.94	0.45	0.69	26774193.55	3.58	301.45	9.81	11.00

SIMBOLOGIA:

ETo : evapotranspiración de cultivo de referencia registrada por el lisímetro (mm/día).

Rs : radiación solar (mm/día).

n/N : fracción de insolación (tanto por uno).

Tmax : temperatura máxima diaria (°C)

Tmin : temperatura mínima diaria (°C)

Tmed : temperatura media diaria (°C)

TDest : temperatura media diurna estimada (°C).

HRmáx: humedad relativa máxima (fracción)

HRmín: humedad relativa mínima (fracción)

HRmed: humedad relativa media (fracción)

U50 : velocidad diaria del viento a 50 cm (m/seg).

U2día: velocidad diurna del viento a 2 metros (m/seg).

U2 : velocidad diaria del viento a 2 m.

Ea-Tm: presión de vapor saturada del aire a la T' media (mb)

Ea-TD: presión de vapor saturada del aire a la T' diurna (mb)

CUADRO 11 (Continuación).

AGO 1968

MES	Eto	Rs	n/N	THAY	TMIN	TMED8	TD est	HRMAX	HRMIN	HRMED8	U50		U2dia		U2t		Earth		Estd.		
											an/dia	an/dia	fracc	°C	°C	°C	fracc	fracc	cm/dia	a/seq	Ka/dia
ENE	0,81	3,24	0,56	10,81	0,18	5,10	7,39	1,00	0,44	0,82	10215129,03	2,05	215,92	9,28	10,29						
FEB	1,19	4,41	0,52	16,27	7,11	11,70	12,53	1,00	0,62	0,81	14955172,41	2,31	201,89	13,75	14,52						
MAR	2,56	7,19	0,77	19,21	4,25	12,73	14,12	0,98	0,12	0,76	18190322,58	2,84	215,57	14,71	16,11						
ABR	4,07	10,51	0,92	23,58	8,32	15,95	17,43	0,81	0,27	0,51	29646666,67	2,05	160,23	18,12	19,91						
MAY	5,08	11,25	0,93	25,51	9,30	17,40	19,91	0,96	0,31	0,62	13503225,81	2,36	204,29	19,87	21,84						
JUN	6,71	12,35	0,96	31,10	17,09	22,25	23,65	0,92	0,29	0,60	15778666,67	2,56	231,07	26,83	29,22						
JUL	6,70	12,32	0,95	32,63	13,23	22,93	24,16	0,96	0,28	0,62	13577419,35	2,10	188,06	27,97	30,67						
AGO	5,60	10,25	0,92	29,42	13,71	21,57	22,59	0,93	0,36	0,65	14719351,84	2,38	205,04	25,75	27,41						
SEP	3,12	9,08	0,98	30,05	12,18	21,25	22,63	0,88	0,29	0,58	15098666,67	2,57	222,13	25,26	27,47						
OCT	2,45	5,77	0,85	23,89	8,31	16,10	17,62	0,12	0,38	0,65	11210307,10	1,97	170,10	18,30	20,15						
NOV	1,25	3,22	0,55	15,94	6,92	11,43	12,27	0,98	0,41	0,79	12266000,00	2,12	183,13	13,51	14,27						
DIC	0,71	2,75	0,51	11,37	2,63	7,00	8,21	0,99	0,63	0,81	13254838,71	2,33	201,65	10,02	10,08						

AGO 1969

MES	Eto	Rs	n/N	THAY	TMIN	TMED8	TD est	HRMAX	HRMIN	HRMED8	U50		U2dia		U2t		Earth		Estd.		
											an/dia	an/dia	fracc	°C	°C	°C	fracc	fracc	cm/dia	a/seq	Ka/dia
ENE	0,89	2,52	0,34	10,42	3,17	6,80	7,76	0,99	0,73	0,86	14367741,94	3,62	234,80	9,88	10,56						
FEB	1,49	3,70	0,40	12,52	4,45	8,49	9,43	1,00	0,62	0,81	13889285,71	3,50	226,96	11,09	11,82						
MAR	2,79	7,89	0,85	17,43	4,76	11,09	12,58	0,97	0,38	0,67	12923333,33	3,27	212,13	13,21	14,57						
ABR	3,97	9,77	0,90	20,94	7,24	14,09	15,48	0,94	0,32	0,63	15200000,00	3,68	238,47	16,08	17,59						
MAY	5,89	12,02	0,98	27,03	11,34	19,19	20,43	0,93	0,31	0,62	16206451,61	3,76	243,55	22,23	24,01						
JUN	5,77	11,43	0,94	27,52	13,59	20,56	21,37	0,95	0,38	0,66	15273333,33	3,48	225,70	24,20	25,44						
JUL	6,61	12,31	1,00	32,44	13,03	22,74	24,29	0,96	0,28	0,62	11077419,35	2,66	172,49	27,65	30,35						
AGO	6,03	10,98	1,00	33,46	12,96	23,21	24,90	0,94	0,27	0,61	8861290,32	2,22	144,10	28,46	31,49						
SEP	4,47	8,72	0,98	30,57	12,39	21,48	22,94	0,90	0,27	0,58	8536666,67	2,29	148,27	25,61	27,99						
OCT	2,99	5,77	0,87	22,38	8,57	15,47	16,75	0,83	0,36	0,59	14407096,77	3,55	230,00	17,58	19,07						
NOV	1,45	3,81	0,85	19,51	3,79	11,65	13,61	0,97	0,40	0,69	7206666,67	1,95	126,57	17,70	15,59						
DIC	0,85	2,34	0,55	13,89	4,19	9,04	10,22	0,97	0,62	0,79	13609677,42	3,20	207,42	11,51	12,46						

AGO 1970

MES	Eto	Rs	n/N	THAY	TMIN	TMED8	TD est	HRMAX	HRMIN	HRMED8	U50		U2dia		U2t		Earth		Estd.		
											an/dia	an/dia	fracc	°C	°C	°C	fracc	fracc	cm/dia	a/seq	Ka/dia
ENE	0,80	2,74	0,48	13,61	6,31	9,96	10,64	0,97	0,61	0,79	17090322,58	3,84	248,74	12,24	12,81						
FEB	1,66	4,82	0,70	16,24	5,48	10,86	12,05	0,94	0,48	0,71	11239285,71	2,87	186,11	13,00	14,07						
MAR	3,00	7,74	0,85	18,95	5,84	12,39	13,84	0,85	0,37	0,61	17283870,97	4,21	272,55	14,39	15,32						
ABR	3,69	10,04	0,90	20,37	3,93	12,15	14,19	0,85	0,25	0,55	15040000,00	3,59	231,83	14,16	16,18						
MAY	5,87	11,18	0,90	26,56	10,61	18,57	19,91	0,83	0,27	0,55	16990322,58	3,93	254,84	21,39	23,25						
JUN	6,22	11,80	0,92	29,18	12,65	20,91	22,14	0,87	0,30	0,58	14880000,00	3,51	227,49	24,74	26,67						
JUL	6,68	12,36	1,00	32,92	13,05	22,99	24,59	0,88	0,24	0,56	11264516,13	2,83	183,55	28,07	30,91						
AGO	5,73	11,26	1,00	31,23	11,11	21,17	22,99	0,88	0,25	0,56	9983870,97	2,56	165,71	25,13	26,07						
SEP	4,99	9,25	0,98	30,08	10,96	20,52	22,23	0,77	0,22	0,50	10956666,67	2,90	188,03	24,15	26,81						
OCT	2,88	6,25	0,87	23,70	7,60	15,65	17,30	0,85	0,32	0,58	10880645,16	2,74	177,81	17,78	19,75						
NOV	1,15	3,16	0,51	17,54	7,60	12,57	13,46	0,94	0,59	0,76	12966666,67	3,20	207,60	14,56	15,43						
DIC	0,59	2,45	0,36	10,82	4,99	7,91	8,53	0,97	0,82	0,90	13083870,97	3,30	213,74	10,66	11,12						

AGO 1971

MES	Eto	Rs	n/N	THAY	TMIN	TMED8	TD est	HRMAX	HRMIN	HRMED8	U50		U2dia		U2t		Earth		Estd.		
											an/dia	an/dia	fracc	°C	°C	°C	fracc	fracc	cm/dia	a/seq	Ka/dia
ENE	1,01	3,18	0,53	11,34	3,16	7,25	8,34	0,93	0,81	0,77	13918129,03	3,27	212,18	10,19	10,98						
FEB	1,55	5,76	0,71	18,72	3,06	8,89															

CUADRO 12. Valores promedios mensuales del factor W calculados en base a: (a) la temperatura media diaria (T_m); (b) la temperatura media diurna estimada (TD'), correspondientes al período 1965-1971 en la localidad de Davis (*).

(a)

AÑO	M E S											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1965	0.51	0.54	0.57	0.60	0.65	0.66	0.71	0.72	0.66	0.65	0.58	0.48
1966	0.52	0.53	0.57	0.64	0.66	0.70	0.69	0.72	0.69	0.64	0.58	0.53
1967	0.51	0.54	0.55	0.54	0.65	0.67	0.73	0.74	0.71	0.65	0.59	0.51
1968	0.50	0.57	0.59	0.63	0.65	0.71	0.72	0.70	0.70	0.63	0.57	0.51
1969	0.51	0.53	0.56	0.60	0.67	0.69	0.72	0.73	0.70	0.62	0.57	0.54
1970	0.55	0.56	0.58	0.58	0.66	0.70	0.72	0.70	0.69	0.63	0.58	0.52
1971	0.51	0.54	0.56	0.59	0.63	0.68	0.72	0.72	0.69	0.62	0.56	0.50

(b)

AÑO	M E S											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1965	0.52	0.56	0.59	0.62	0.67	0.68	0.73	0.74	0.68	0.68	0.59	0.50
1966	0.53	0.55	0.59	0.66	0.68	0.71	0.71	0.74	0.71	0.67	0.59	0.53
1967	0.53	0.56	0.57	0.56	0.67	0.69	0.75	0.76	0.73	0.67	0.61	0.53
1968	0.52	0.58	0.60	0.65	0.67	0.73	0.74	0.72	0.72	0.65	0.58	0.53
1969	0.52	0.54	0.50	0.62	0.69	0.70	0.74	0.75	0.72	0.64	0.60	0.55
1970	0.56	0.58	0.60	0.61	0.68	0.71	0.74	0.72	0.71	0.65	0.60	0.53
1971	0.53	0.56	0.50	0.61	0.65	0.70	0.74	0.74	0.71	0.64	0.58	0.52

(*) : Valores interpolados a partir de la información publicada por DOORENBOS Y PRUITT (1977).

CUADRO 13. Valores promedios mensuales del factor p calculados durante el período 1965-1971 en la localidad de Davis (a).

LATITUD	M E S											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
35° LH	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.32	0.30	0.28	0.25	0.23	0.22
38° LN (a)	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.33	0.32	0.30	0.28	0.25	0.23	0.22
40° LN	0.22	0.24	0.27	0.30	0.32	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21

(a) : Valores interpolados a partir de la información publicada originalmente por DOORENBOS Y PRUITT (1977).

(*) 38°LN: latitud de la localidad de Davis.

CUADRO 14. Valores de ETo estimados mediante el modelo modificado de PENMAN utilizando la temperatura media diurna estimada (TD') para la localidad de Davis durante el período 1965-1971.

ANO	PARAMETRO	JAN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	SEP	OCT	NOV	DIC	
1965	HRMAX	100.00	98.11	99.19	98.63	92.45	99.07	99.77	99.13	95.93	95.26	100.00	99.65
	Rs	2.26	5.17	5.70	7.06	10.72	11.85	11.54	9.98	8.10	6.43	3.20	2.37
	Udia	3.42	4.74	4.09	3.12	4.92	4.20	1.89	1.03	4.15	3.00	3.75	3.71
	Udia/noct	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	C	0.09	0.95	0.99	1.01	1.13	1.21	1.20	1.15	1.05	1.02	0.92	0.96
	W	0.52	0.56	0.59	0.62	0.67	0.68	0.73	0.74	0.68	0.68	0.59	0.50
	I-W	0.18	0.44	0.41	0.38	0.33	0.32	0.27	0.26	0.32	0.32	0.41	0.50
	U2	221.40	307.03	284.88	331.61	318.77	277.14	122.63	110.50	288.18	199.36	242.07	246.57
	F(U)	0.87	1.10	0.99	1.17	1.13	1.00	0.60	0.59	1.05	0.81	0.93	0.92
	I-wL	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
	RNs	1.67	3.88	4.28	5.29	8.04	8.89	8.65	7.19	6.00	4.82	2.46	1.78
	RSo	3.24	7.78	9.26	11.67	12.61	13.60	12.88	11.61	9.88	7.57	5.88	4.66
	TD(K)	201.04	283.83	285.93	287.95	292.12	293.03	294.64	296.94	292.94	297.75	288.76	279.11
	TD(C)	8.04	10.63	12.93	14.95	19.12	20.03	23.64	23.76	19.34	19.75	15.26	6.11
	E	0.23	0.22	0.21	0.20	0.18	0.17	0.15	0.15	0.17	0.17	0.21	0.23
	Rbo	2.83	2.82	2.78	2.73	2.56	2.51	2.30	2.28	2.52	2.53	2.70	2.82
	AHI	0.66	1.55	1.38	1.27	2.04	2.07	1.98	1.91	1.70	2.01	1.12	0.95
	RN	1.01	2.33	2.91	4.02	6.00	6.81	6.68	5.61	4.17	2.81	1.34	0.85
	Ea-Ed	0.97	3.32	3.81	4.03	8.29	8.75	9.42	9.38	8.01	7.75	2.40	1.14
	ETo	0.84	2.76	3.23	4.34	8.03	8.20	7.66	6.47	5.81	4.00	1.55	0.83
1966	HRMAX	97.06	97.54	98.30	88.23	93.23	88.28	94.19	91.74	91.63	83.29	94.03	98.93
	Rs	3.58	5.17	7.42	10.17	15.22	12.02	12.08	10.70	8.70	6.41	3.22	2.17
	Udia	4.33	4.63	4.00	5.52	4.68	4.24	4.23	3.65	3.61	3.36	3.76	3.76
	Udia/noct	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	C	0.90	0.95	1.03	1.08	1.15	1.16	1.19	1.13	1.07	0.97	0.89	0.86
	W	1.53	0.55	0.59	0.66	0.68	0.71	0.71	0.71	0.71	0.67	0.59	0.53
	I-W	0.47	0.45	0.41	0.34	0.32	0.29	0.29	0.26	0.29	0.33	0.41	0.47
	U2	200.28	299.80	259.02	357.00	303.51	274.75	274.22	234.51	234.23	217.57	243.95	256.59
	F(U)	1.03	1.10	0.99	1.17	1.13	1.00	0.60	0.58	1.05	0.81	0.93	0.92
	I-wL	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
	RNs	2.60	3.88	5.57	7.42	8.42	9.02	9.04	8.02	6.59	4.81	2.42	1.59
	RSo	5.24	7.78	9.26	11.67	12.61	13.60	12.88	11.61	9.88	7.57	5.88	4.66
	TD(K)	201.83	282.95	286.19	291.06	292.63	295.29	295.27	297.42	295.05	291.93	286.05	281.83
	TD(C)	8.03	9.95	13.19	18.06	19.83	22.79	22.27	24.42	22.05	18.75	15.05	8.83
	E	0.23	0.22	0.21	0.18	0.17	0.16	0.14	0.14	0.16	0.18	0.21	0.23
	Rbo	2.83	2.82	2.78	2.61	2.53	2.58	2.38	2.25	2.10	2.57	2.70	2.83
	AHI	1.62	1.55	2.03	2.16	2.15	2.01	2.10	2.01	2.05	2.01	1.09	0.75
	RN	1.06	2.33	3.53	5.17	6.26	7.01	6.80	6.02	4.55	2.77	1.33	0.84
	Ea-Ed	2.47	3.30	5.07	8.51	8.66	10.99	10.11	12.10	10.32	9.38	3.76	1.44
	ETo	1.65	2.76	4.25	7.58	8.53	9.45	7.91	7.16	6.81	4.22	1.77	0.92

SIMBOLOGIA:

- HRMAX : humedad relativa maxima (porcentaje).
- Rs : radiación solar (mm/día).
- Udia : velocidad diurna del viento a 2 metros (m/seg).
- Udia/noct : proporción entre la velocidad diurna y nocturna del viento.
- C : factor de ajuste que compensa el efecto día-noche.
- W : factor de ponderación relacionado con la temperatura media diurna del aire y la altitud.
- U2 : velocidad diaria total del viento a 2 m.
- F(U) : factor de ponderación de los efectos del viento y de la humedad relativa sobre ETo.
- α : coeficiente de reflexión (albedo) para superficies cultivadas (0.25).
- RNs : radiación neta de onda corta (mm/día).
- RSo : radiación total incidente sobre la superficie de la tierra en un día despejado (mm/día).
- TD(K) : temperatura media diurna estimada (grados Kelvin).
- TD(C) : temperatura media diurna estimada (grados Celsius).
- E : factor de emisividad.
- Rbo : radiación neta de onda larga emitida en un día despejado (mm/día).
- RNI : radiación neta de onda larga (mm/día).
- RN : radiación neta (mm/día).
- Ea-Ed : déficit higrométrico (milibares).
- ETo : evapotranspiración del cultivo de referencia según la ecuación modificada de PENMAN (mm/día).

CUADRO 1.4 (Continuación) .

AÑO	PARÁMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1967	HRMAX	99.58	98.14	97.22	99.53	98.52	98.70	95.58	98.35	94.83	85.39	95.83	94.06
	Rs	3.01	4.61	6.48	7.74	10.93	11.62	12.36	10.78	8.51	6.49	3.72	3.54
	Udia	4.72	3.15	4.52	4.02	3.68	4.21	3.54	2.92	3.56	3.67	2.89	5.56
	Udia/noct	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	C	0.87	0.98	1.00	1.07	1.16	1.19	1.20	1.16	1.08	0.97	0.95	0.84
	N	0.53	0.56	0.57	0.56	0.67	0.69	0.75	0.76	0.73	0.67	0.61	0.55
	I-N	0.47	0.44	0.43	0.44	0.33	0.31	0.25	0.24	0.27	0.33	0.39	0.47
	U2	305.75	204.28	292.91	260.78	238.47	272.93	216.65	189.30	230.45	238.08	188.98	361.45
	F(U)	1.10	1.10	0.99	1.17	1.13	1.00	0.60	0.59	1.05	0.81	0.93	0.92
	I-e	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
	RNs	2.26	3.61	4.86	5.96	8.20	8.72	9.27	8.09	6.38	4.87	2.79	2.65
	RSn	5.24	7.78	9.26	11.67	12.61	13.60	12.88	11.61	9.88	7.57	5.88	4.66
	TD(°K)	281.52	283.41	284.59	283.42	291.92	293.41	298.18	298.72	296.47	292.13	287.19	281.38
	TD(°C)	8.52	10.41	11.59	10.42	18.92	20.41	25.18	25.72	23.47	19.13	14.19	8.38
	E	0.23	0.22	0.22	0.22	0.18	0.17	0.14	0.14	0.15	0.18	0.20	0.23
	Rbo	2.83	2.82	2.81	2.82	2.57	2.49	2.19	2.16	2.31	2.56	2.75	2.83
	RNI	1.21	1.37	1.67	1.61	2.11	2.00	2.07	1.95	1.87	2.07	1.39	1.91
	RN	1.05	2.24	3.19	4.35	8.09	6.71	7.19	6.14	4.50	2.80	1.40	0.74
	Ea-Ed	2.31	3.03	3.98	5.30	7.86	7.95	12.43	12.96	10.92	9.39	4.81	3.38
	ETo	1.52	2.66	3.49	4.41	8.16	8.43	8.74	7.54	6.86	4.25	2.46	1.56
1968	HRMAX	99.84	100.00	98.45	80.87	96.13	92.20	96.06	93.48	86.13	92.35	98.00	98.68
	Rs	3.24	4.41	7.19	10.59	11.25	12.35	12.32	10.25	9.08	5.77	3.22	2.75
	Udia	3.80	3.12	3.79	6.18	3.15	3.41	2.90	3.18	3.43	2.63	2.83	3.11
	Udia/noct	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	C	0.91	0.97	1.04	1.05	1.17	1.19	1.20	1.13	1.06	1.00	0.94	0.92
	N	0.52	0.58	0.60	0.65	0.67	0.73	0.74	0.72	0.72	0.65	0.58	0.55
	I-N	0.48	0.42	0.40	0.35	0.33	0.27	0.26	0.28	0.28	0.35	0.42	0.47
	U2	245.92	201.89	245.57	400.23	204.29	221.07	188.06	205.84	222.13	170.10	183.13	201.45
	F(U)	0.93	1.10	0.99	1.17	1.13	1.00	0.60	0.59	1.05	0.81	0.93	0.92
	I-e	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
	RNs	2.43	3.31	5.40	7.94	8.44	9.26	9.24	7.69	6.81	4.33	2.42	2.06
	RSn	5.24	7.78	9.26	11.67	12.61	13.60	12.88	11.61	9.88	7.57	5.88	4.66
	TD(°K)	280.39	285.53	287.12	290.43	291.91	296.65	297.46	295.59	295.63	296.62	285.27	281.21
	TD(°C)	7.39	12.53	14.12	17.43	18.91	23.65	24.46	22.59	22.63	17.62	12.37	8.21
	E	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18	0.15	0.14	0.16	0.16	0.19	0.21	0.23
	Rbo	2.83	2.79	2.75	2.64	2.57	2.30	2.24	2.36	2.36	2.63	2.80	2.83
	RNI	1.37	1.16	1.93	2.31	2.19	2.01	2.11	1.99	2.10	1.79	1.09	1.27
	RN	1.06	2.13	3.47	5.63	8.24	7.25	7.13	5.70	4.71	2.54	1.33	0.00
	Ea-Ed	1.86	2.79	4.82	9.18	8.00	11.80	11.70	9.70	11.64	7.05	2.93	2.09
	ETo	1.27	2.46	4.15	7.79	8.40	10.09	8.55	6.44	7.23	3.65	1.79	1.22
1969	HRMAX	99.35	99.71	96.50	93.90	95.19	95.07	96.29	93.90	89.83	83.06	96.60	96.58
	Rs	1.52	3.70	7.89	9.77	12.02	11.43	12.31	10.96	8.72	5.77	3.61	2.34
	Udia	3.62	3.50	3.27	3.68	3.76	3.48	2.68	2.22	2.29	3.55	1.95	3.20
	Udia/noct	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	C	0.89	0.94	1.07	1.11	1.18	1.17	1.20	1.16	1.08	0.94	0.98	0.89
	N	0.52	0.54	0.58	0.62	0.69	0.70	0.74	0.75	0.72	0.64	0.60	0.55
	I-N	0.48	0.46	0.42	0.38	0.31	0.30	0.26	0.25	0.28	0.36	0.40	0.45
	U2	234.30	226.96	212.13	238.47	243.55	225.70	172.29	144.10	148.27	230.00	126.57	207.42
	F(U)	0.90	1.10	0.99	1.17	1.13	1.00	0.60	0.59	1.05	0.81	0.93	0.92
	I-e	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
	RNs	1.89	2.78	5.92	7.33	9.02	8.57	9.23	8.22	6.54	4.33	2.96	1.75
	RSn	5.24	7.78	9.26	11.67	12.61	13.60	12.88	11.61	9.88	7.57	5.88	4.66
	TD(°K)	286.76	282.43	285.50	288.48	293.43	294.37	297.29	297.90	295.94	289.75	286.61	283.22
	TD(°C)	7.76	9.43	12.58	15.48	20.43	21.37	24.29	24.90	22.94	16.75	13.61	10.22
	E	0.23	0.22	0.21	0.20	0.17	0.16	0.15	0.14	0.15	0.19	0.21	0.22
	Rbo	2.63	2.83	2.79	2.71	2.49	2.44	2.26	2.21	2.34	2.66	2.77	2.83
	RNI	0.84	0.83	2.24	2.12	2.03	1.91	2.12	2.04	1.97	1.81	1.45	0.92
	RN	1.94	1.95	3.68	5.21	6.88	6.66	7.11	6.17	4.57	2.52	1.41	0.93
	Ea-Ed	1.45	2.27	4.80	6.49	9.08	8.55	11.42	12.38	11.68	7.76	4.91	2.61
	ETo	1.04	2.06	4.39	6.79	9.22	8.48	8.49	7.48	7.24	3.65	2.62	1.77

CUADRO 14 (Continuación) .

AÑO	PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1970	HRMAX	96.58	93.93	85.26	85.13	82.61	86.43	87.81	87.84	76.87	84.58	93.53	96.77
	Rs	2.74	4.82	7.74	10.04	11.18	11.80	12.30	11.26	9.25	6.25	3.16	2.45
	Udia	3.84	2.87	4.21	3.58	3.93	3.51	2.83	2.56	2.90	2.74	3.20	3.30
	Udia/noct	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	C	0.88	0.97	1.00	1.08	1.10	1.15	1.17	1.14	1.04	0.98	0.91	0.89
	W	0.54	0.58	0.60	0.61	0.68	0.71	0.71	0.72	0.71	0.65	0.60	0.53
	I-W	0.44	0.42	0.40	0.39	0.32	0.29	0.26	0.28	0.29	0.35	0.40	0.47
	U2	248.74	186.11	272.55	231.83	254.84	227.40	183.55	165.71	188.03	177.81	207.60	213.74
	F(U)	0.94	1.10	0.99	1.17	1.13	1.00	0.60	0.59	1.05	0.81	0.95	0.92
	I-e	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
	RNs	2.05	3.62	5.81	7.53	8.39	8.85	9.23	8.45	6.94	4.68	2.57	1.84
	RSa	5.24	7.78	9.26	11.67	12.61	13.60	12.88	11.61	9.88	7.57	5.88	4.66
	Td('K)	283.64	285.05	286.84	287.19	292.91	295.14	297.59	295.99	295.23	290.30	286.46	281.53
	Td('C)	10.64	12.05	13.84	14.19	19.91	22.14	24.59	22.99	22.23	17.30	13.46	8.53
	E	0.22	0.21	0.20	0.20	0.17	0.16	0.14	0.15	0.16	0.19	0.21	0.23
	Rbo	2.82	2.80	2.76	2.75	2.52	2.39	2.23	2.34	2.39	2.64	2.77	2.83
	RH	1.00	1.36	2.15	2.23	2.13	1.97	2.10	2.24	2.18	2.02	1.04	1.02
	RN	1.05	2.25	3.66	5.29	6.25	6.89	7.13	6.20	4.76	2.67	1.33	0.82
	Ea-Ed	2.73	4.07	6.18	7.24	10.49	11.18	13.71	12.28	13.53	8.25	3.68	1.15
	ETo	1.52	3.10	4.42	7.08	8.88	9.33	8.66	7.40	7.74	4.01	1.97	0.82
1971	HRMAX	92.74	96.39	90.23	92.47	90.90	90.93	96.13	96.55	87.43	85.30	86.39	95.20
	Rs	3.18	5.76	7.25	9.90	9.61	12.02	11.91	11.09	9.00	6.65	4.28	2.92
	Udia	3.27	2.92	3.74	3.50	3.78	3.40	2.59	2.60	2.99	2.69	3.47	4.09
	Udia/noct	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	C	0.90	1.01	1.01	1.11	1.09	1.17	1.19	1.17	1.07	1.00	0.91	0.87
	W	0.53	0.56	0.58	0.61	0.65	0.70	0.74	0.74	0.71	0.64	0.58	0.52
	I-W	0.47	0.44	0.42	0.39	0.35	0.30	0.26	0.26	0.29	0.36	0.42	0.48
	U2	212.16	189.11	242.61	226.77	244.87	220.20	167.97	168.58	193.70	174.10	224.94	265.10
	F(U)	0.94	1.10	0.99	1.17	1.13	1.00	0.60	0.59	1.05	0.81	0.93	0.92
	I-e	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
	RNs	2.38	4.32	5.44	7.42	7.21	9.02	8.93	8.32	6.75	4.99	3.21	2.19
	RSa	5.24	7.78	9.26	11.67	12.61	13.60	12.88	11.61	9.88	7.57	5.88	4.66
	Td('K)	281.34	283.42	285.32	287.40	290.14	294.17	297.28	297.49	295.17	289.89	285.37	280.51
	Td('C)	8.34	10.42	12.32	14.40	17.14	21.17	24.26	24.49	22.17	16.89	12.37	7.51
	E	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.16	0.15	0.14	0.16	0.19	0.21	0.23
	Rbo	2.83	2.82	2.80	2.75	2.65	2.45	2.26	2.24	2.39	2.66	2.80	2.83
	RH	1.33	1.84	1.98	2.18	1.80	2.07	2.03	2.10	2.10	2.22	1.77	1.40
	RN	1.06	2.49	3.46	5.24	5.41	6.95	6.91	6.21	4.65	2.76	1.44	0.78
	Ea-Ed	2.54	3.33	5.22	6.51	7.04	10.35	11.60	11.92	11.88	8.76	5.37	2.47
	ETo	1.42	3.03	4.22	6.85	6.90	9.37	8.25	7.52	7.38	4.29	2.66	1.31

CUADRO 15. Valores de ETo estimados mediante el modelo modificado de PENMAN utilizando la temperatura media diaria (Tm) calculada para la localidad de Davis durante el período 1965-1971.

AÑO	PARÁMETRO	Ene	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1965	HRMAX	106.00	98.11	91.19	90.63	92.45	99.07	99.77	99.13	95.93	95.26	100.00	99.65
	Rs	2.16	5.17	5.70	7.04	10.72	11.05	11.54	9.50	0.10	6.43	3.73	2.37
	Udía	3.12	1.74	4.09	3.12	4.92	4.29	1.89	1.83	4.15	3.08	3.75	3.71
	Udía/noct	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	C	0.39	0.95	0.19	1.01	1.13	1.21	1.20	1.15	1.05	1.02	0.52	0.08
	W	0.51	0.34	0.57	0.40	0.85	0.66	0.71	0.72	0.66	0.65	0.58	0.48
	I-W	0.19	0.46	0.43	0.10	0.35	0.34	0.22	0.28	0.34	0.35	0.12	0.52
	U2	221.49	307.03	264.86	331.61	310.77	272.14	122.43	110.50	208.18	197.36	242.37	240.52
	F(UY)	0.37	1.10	0.99	1.17	1.13	1.00	0.60	0.39	1.03	0.81	0.93	0.92
	I-e	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
	RNs	1.57	3.00	4.28	5.29	8.04	8.89	8.65	7.49	8.08	4.82	2.46	1.70
	TMED(*K)	200.12	201.97	204.33	206.93	210.37	211.59	294.97	295.61	290.98	290.58	285.96	278.05
	TMED(*C)	7.12	8.97	11.33	13.93	17.37	18.59	21.97	22.61	17.98	17.58	12.35	5.05
	E	6.23	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18	0.16	0.16	0.18	0.17	0.21	0.21
	Rbo	2.83	2.03	2.01	2.76	2.61	2.58	2.40	2.36	2.61	2.63	2.60	2.01
	Rso	5.21	7.78	9.26	11.67	12.61	13.60	12.88	11.61	9.88	7.57	5.63	3.66
	RNI	0.66	1.55	1.35	1.29	2.10	2.13	2.06	1.91	1.98	2.10	1.13	0.94
	RN	1.01	2.33	2.92	4.00	5.23	6.75	6.59	5.57	4.10	2.73	1.37	0.83
	Ea-Ed	0.21	2.97	3.45	3.78	7.43	6.17	0.51	0.45	7.09	6.77	2.22	1.06
	ETo	0.32	2.61	3.08	4.22	7.69	7.92	7.37	6.27	5.53	3.76	1.50	0.80
1966	HRMAX	97.06	97.54	94.30	88.23	93.23	88.28	94.19	91.74	91.63	83.29	94.03	10.93
	Rs	3.58	5.17	7.42	10.17	11.22	12.02	12.08	10.70	8.78	6.41	3.72	2.12
	Udía	4.33	4.63	4.00	5.52	4.68	4.24	4.33	3.65	3.61	3.36	3.76	3.96
	Udía/noct	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	C	0.90	0.15	1.03	1.08	1.15	1.16	1.19	1.13	1.07	0.97	0.89	0.86
	W	0.52	0.53	0.57	0.64	0.66	0.70	0.69	0.72	0.69	0.61	0.58	0.53
	I-W	0.48	0.47	0.43	0.36	0.31	0.30	0.31	0.28	0.31	0.36	0.42	0.47
	U2	280.28	299.00	259.02	357.00	303.33	271.75	214.22	236.51	234.23	217.57	243.95	256.39
	F(UY)	1.03	1.00	0.97	1.21	1.09	1.01	1.01	0.91	0.90	0.86	0.93	0.96
	I-e	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
	RNs	2.48	3.00	5.57	7.62	8.12	9.02	9.06	8.02	6.59	4.81	2.42	1.59
	TMED(*K)	200.48	201.49	201.65	209.53	201.07	293.97	293.79	295.77	293.59	290.01	285.16	281.50
	TMED(*C)	7.10	8.49	11.65	16.53	18.07	20.97	26.79	22.77	20.59	17.01	12.14	8.50
	E	0.23	0.23	0.21	0.19	0.19	0.17	0.17	0.15	0.17	0.19	0.21	0.23
	Rbo	2.83	2.03	2.01	2.67	2.61	2.46	2.47	2.35	2.48	2.85	2.80	2.03
	Rso	5.21	7.78	9.26	11.67	12.61	13.60	12.88	11.61	9.88	7.57	5.00	3.66
	RNI	1.42	1.55	2.06	2.21	2.22	2.08	2.76	2.10	2.11	2.11	1.07	0.75
	RN	1.07	2.33	3.51	5.42	6.20	6.94	6.89	5.92	4.40	2.70	1.33	0.84
	Ea-Ed	2.44	2.99	4.50	7.75	7.86	10.14	9.28	11.03	9.44	6.29	3.51	1.41
	ETo	1.58	2.60	4.03	7.50	8.09	9.21	9.02	8.01	6.13	4.14	1.92	0.94

SIMBOLOGIA:

- HRMAX : humedad relativa máxima (porcentaje).
- Rs : radiación solar (mm/día).
- Udía : velocidad diurna del viento a 2 metros (m/seg).
- Udía/noct : proporción entre la velocidad diurna y nocturna del viento.
- C : factor de ajuste que compensa el efecto día-noche.
- W : factor de ponderación relacionado con la temperatura media diaria del aire y la altitud.
- U2 : velocidad diaria total del viento a 2 m.
- F(UY) : factor de ponderación de los efectos del viento y de la humedad relativa sobre ETo.
- a. : coeficiente de reflexión (albedo) para superficies cultivadas (0.25).
- RNs : radiación neta de onda corta (mm/día).
- RSo : radiación total incidente sobre la superficie de la tierra en un día despejado (mm/día).
- TMED(*K) : temperatura media diaria (grados Kelvin).
- TMED(*C) : temperatura media diaria (grados Celsius).
- E : factor de emisividad.
- Rbo : radiación neta de onda larga emitida en un día despejado (mm/día).
- RNI : radiación neta de onda larga (mm/día).
- RN : radiación neta (mm/día).
- Ea-Ed : déficit higrométrico (milíbaras).
- ETo : evapotranspiración del cultivo de referencia según la ecuación modificada de PENMAN (mm/día).

CUADRO 15 (Continuación).

ANO	PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	SEP	OCT	NOV	DIC	
1967	HRMAX	99.58	98.14	97.32	99.53	96.52	96.70	95.58	96.35	94.83	85.39	95.83	94.00
	Rs	3.01	4.81	6.48	7.94	10.93	11.62	12.36	10.78	8.51	6.49	3.72	3.54
	Udia	4.72	3.15	4.52	4.02	3.68	4.21	3.34	2.92	3.56	3.67	2.89	5.58
	Udia/noct	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	C	0.87	0.98	1.00	1.07	1.16	1.19	1.21	1.16	1.08	0.97	0.95	0.84
	W	0.51	0.54	0.55	0.54	0.65	0.67	0.73	0.74	0.71	0.65	0.59	0.51
	I-N	0.49	0.46	0.45	0.46	0.35	0.33	0.27	0.26	0.29	0.35	0.41	0.49
	U2	305.75	204.28	292.91	260.78	238.47	272.93	216.65	189.30	230.45	258.08	186.98	361.45
	F(U)	1.10	0.82	1.06	0.97	0.91	1.01	0.85	0.78	0.89	0.91	0.77	1.25
	I-a	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
	RNs	2.26	3.61	4.86	5.96	8.20	8.72	9.27	8.09	6.38	4.87	2.79	2.65
	TMED°K	280.23	282.06	285.29	282.21	290.27	292.31	296.61	297.06	295.23	296.56	285.84	279.70
	TMED°C	7.23	9.04	10.29	9.21	17.27	19.31	23.61	24.06	22.23	17.56	12.84	6.70
	E	0.23	0.22	0.22	0.22	0.19	0.18	0.15	0.15	0.16	0.19	0.21	0.23
	Rbo	2.83	2.83	2.83	2.83	2.64	2.55	2.30	2.27	2.39	2.63	2.79	2.83
	Rso	5.24	7.78	9.26	11.67	12.61	13.60	12.88	11.61	9.88	7.57	5.88	4.66
	RNI	1.20	1.38	1.68	1.61	2.17	2.05	2.17	2.05	1.94	2.13	1.41	1.91
	RN	1.05	2.24	3.18	4.35	6.03	6.67	7.09	6.04	4.44	2.74	1.59	0.74
	Ea-Ed	2.12	2.77	3.85	3.04	7.08	7.43	11.31	11.74	10.13	8.51	4.40	3.01
	ETO	1.45	2.20	3.48	3.97	7.20	8.23	9.38	7.95	6.20	4.37	2.10	1.88
1968	HRMAX	99.84	100.00	98.45	80.87	96.13	92.20	96.06	93.48	86.13	92.35	98.00	98.68
	Rs	3.24	4.41	7.19	10.59	11.25	12.35	12.32	10.25	9.08	5.77	3.22	2.75
	Udia	3.80	3.12	3.79	6.18	5.15	3.41	2.90	3.18	3.43	2.63	2.83	3.11
	Udia/noct	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	C	0.91	0.97	1.04	1.05	1.17	1.19	1.21	1.13	1.06	1.00	0.94	0.92
	W	0.50	0.57	0.59	0.63	0.65	0.71	0.72	0.70	0.70	0.63	0.57	0.51
	I-N	0.59	0.43	0.41	0.37	0.35	0.29	0.28	0.30	0.30	0.37	0.43	0.49
	U2	245.92	201.89	245.57	400.23	204.29	221.07	188.06	205.84	222.13	170.10	183.13	201.65
	F(U)	0.93	0.82	0.93	1.35	0.82	0.87	0.78	0.83	0.87	0.73	0.76	0.81
	I-a	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
	RNs	2.03	3.31	5.40	7.98	9.44	9.26	9.24	7.89	6.81	4.33	2.42	2.06
	TMED°K	278.90	284.70	285.73	288.95	290.40	295.25	295.93	294.57	294.25	289.10	284.43	280.00
	TMED°C	5.90	11.70	12.73	15.95	17.40	22.25	22.93	21.57	21.25	16.10	11.43	7.00
	E	0.23	0.21	0.21	0.19	0.19	0.16	0.13	0.16	0.16	0.19	0.22	0.23
	Rbo	2.82	2.81	2.79	2.69	2.64	2.39	2.34	2.43	2.44	2.69	2.81	2.83
	Rso	5.24	7.78	9.26	11.67	12.61	13.60	12.88	11.61	9.88	7.57	5.88	4.66
	RNI	1.36	1.17	1.95	2.36	2.25	2.09	2.21	2.04	2.18	1.83	1.10	1.27
	RN	1.06	2.14	3.45	5.58	6.18	7.17	7.03	5.65	4.64	2.50	1.32	0.80
	Ea-Ed	1.68	2.64	4.40	8.35	7.28	10.84	10.67	9.12	10.70	6.40	2.78	1.93
	ETO	1.20	2.09	3.88	9.10	7.17	9.29	8.90	7.01	6.40	3.31	1.56	1.08
1969	HRMAX	99.35	99.71	96.50	93.90	93.19	95.07	96.29	93.90	89.83	83.06	96.60	96.58
	Rs	2.52	3.70	7.89	9.77	12.02	11.43	12.31	10.96	8.72	5.77	3.81	2.34
	Udia	3.62	3.50	3.27	3.68	3.76	3.48	2.66	2.22	2.29	3.55	1.95	3.20
	Udia/noct	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	C	0.89	0.94	1.07	1.11	1.18	1.17	1.21	1.16	1.08	0.94	0.98	0.89
	W	0.51	0.53	0.56	0.60	0.67	0.69	0.72	0.73	0.70	0.62	0.57	0.56
	I-N	0.49	0.47	0.44	0.40	0.33	0.31	0.28	0.27	0.30	0.38	0.43	0.46
	U2	234.80	226.96	212.13	238.47	243.55	225.70	172.29	144.10	148.27	230.00	126.57	207.42
	F(U)	0.90	0.88	0.84	0.91	0.93	0.88	0.74	0.66	0.67	0.89	0.61	0.83
	I-a	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
	RNs	1.89	2.78	5.92	7.33	9.02	8.57	9.23	8.22	6.54	4.33	2.86	1.75
	TMED°K	279.80	281.49	284.09	287.09	292.19	293.56	295.74	296.21	294.48	288.47	284.65	282.04
	TMED°C	6.20	8.49	11.09	14.09	19.19	20.56	22.74	23.21	21.48	15.47	11.65	9.04
	E	0.23	0.23	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15	0.15	0.16	0.20	0.21	0.22
	Rbo	2.83	2.83	2.82	2.75	2.55	2.48	2.36	2.33	2.43	2.71	2.81	2.83
	Rso	5.24	7.78	9.26	11.67	12.61	13.60	12.88	11.61	9.88	7.57	5.88	4.66
	RNI	0.84	0.83	2.26	2.15	2.39	1.95	2.22	2.15	2.04	1.84	1.48	0.93
	RN	1.04	1.95	3.66	5.18	6.62	6.62	7.02	6.07	4.49	2.49	1.38	0.83
	Ea-Ed	1.36	2.13	4.35	5.93	8.41	8.13	10.40	11.19	10.69	7.15	4.32	2.41
	ETO	1.01	1.80	3.91	5.87	8.29	7.96	8.67	7.44	5.72	3.73	1.89	1.22

CUADRO 15 (Continuación).

AÑO	PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1970	HRMAX	96.58	93.93	85.26	85.13	82.61	86.63	87.81	87.84	76.87	84.58	93.53	96.77
	Rs	2.74	4.82	7.74	10.04	11.18	11.80	12.30	11.26	9.25	6.25	3.16	2.45
	Udia	3.84	2.87	4.21	3.58	3.93	3.51	2.83	2.56	2.90	2.74	3.20	3.76
	Udia/noct	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	C	0.88	0.97	1.00	1.08	1.11	1.15	1.17	1.14	1.04	0.98	0.91	0.69
	W	0.55	0.56	0.58	0.58	0.66	0.70	0.72	0.70	0.69	0.63	0.58	0.52
	I-N	0.45	0.44	0.42	0.42	0.34	0.30	0.28	0.30	0.31	0.37	0.42	0.48
	U2	248.74	186.11	272.55	231.83	254.84	227.40	183.55	165.71	188.03	177.81	207.60	213.74
	F(U)	0.94	0.77	1.01	0.90	0.96	0.88	0.77	0.72	0.78	0.75	0.83	0.85
	I-e	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
	RNs	2.05	3.62	5.81	7.53	8.39	8.05	9.23	8.45	6.94	4.68	2.37	1.84
	THED	282.96	283.86	285.39	285.15	291.57	293.91	295.99	294.17	293.52	288.65	285.57	286.91
	THED	9.96	10.86	12.39	12.15	18.57	20.91	22.99	21.17	20.52	15.85	12.57	7.31
	E	0.22	0.22	0.21	0.21	0.18	0.17	0.15	0.16	0.17	0.20	0.21	0.22
	Rbo	2.83	2.82	2.79	2.80	2.58	2.46	2.34	2.45	2.48	2.71	2.79	2.53
	Rso	5.24	7.78	9.26	11.67	12.61	13.60	12.88	11.61	9.88	7.57	5.88	4.86
	RNI	1.00	1.37	2.18	2.27	2.19	2.02	2.20	2.35	2.27	2.07	1.05	1.01
	RN	1.05	2.24	3.63	5.26	6.20	6.85	7.03	6.10	4.67	2.62	1.32	0.82
	Ea-Ed	2.60	3.76	5.62	6.33	9.65	10.37	12.44	10.99	12.19	7.45	3.47	1.11
	Eto	1.48	2.46	4.48	5.89	7.98	8.65	9.02	7.57	6.39	3.67	1.79	0.78
1971	HRMAX	92.74	96.39	90.23	92.47	90.90	90.93	96.13	96.55	87.43	85.00	86.39	95.19
	Rs	3.18	5.76	7.25	9.90	9.61	12.02	11.91	11.09	9.00	6.65	4.28	2.92
	Udia	3.27	2.92	3.74	3.50	3.78	3.40	2.59	2.60	2.99	2.69	3.47	4.99
	Udia/noct	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	C	0.80	1.01	1.01	1.11	1.09	1.17	1.19	1.17	1.07	1.00	0.91	0.57
	W	0.51	0.54	0.56	0.59	0.63	0.68	0.72	0.72	0.69	0.62	0.56	0.50
	I-N	0.49	0.46	0.44	0.41	0.37	0.32	0.28	0.30	0.31	0.38	0.44	0.50
	U2	212.16	189.11	242.61	226.77	244.87	220.20	167.97	168.58	193.70	174.10	224.94	265.10
	F(U)	0.84	0.78	0.93	0.88	0.93	0.86	0.72	0.73	0.79	0.74	0.88	0.39
	I-e	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
	RNs	2.38	4.32	5.44	7.42	7.21	9.02	8.93	8.32	6.75	4.99	3.21	2.19
	THED	280.25	281.89	283.79	285.69	289.10	292.81	295.79	296.06	293.71	288.11	282.69	279.91
	THED	7.25	8.89	10.70	12.69	16.10	19.81	22.79	23.06	20.71	15.11	10.69	6.91
	E	0.23	0.23	0.22	0.21	0.19	0.17	0.15	0.15	0.17	0.20	0.22	0.23
	Rbo	2.83	2.83	2.82	2.79	2.69	2.52	2.35	2.33	2.47	2.72	2.82	2.82
	Rso	5.24	7.78	9.26	11.67	12.61	13.60	12.88	11.61	9.88	7.57	5.98	4.86
	RNI	1.32	1.84	2.00	2.22	1.83	2.13	2.11	2.19	2.18	2.28	1.78	1.49
	RN	1.06	2.48	3.44	5.21	5.38	6.89	6.82	6.12	4.58	2.71	1.42	0.79
	Ea-Ed	2.56	3.00	4.69	5.83	6.59	9.52	10.61	10.94	10.86	7.77	4.81	2.22
	Eto	1.37	2.43	3.89	5.76	6.19	8.59	8.42	7.76	6.22	3.87	2.42	1.51

CUADRO 16. Valores de ETO estimados mediante el modelo modificado de BLANEY-CRIDDLE utilizando la temperatura media diurna estimada (TD) para la localidad de Davis durante el período 1965-1971.

	AN _D	PARAMETRO	Ene	Feb	Mar	Abr	MAY	Jun	Jul	AGO	Sep	OCT	NOV	DIC	AN _D	PARAMETRO	Ene	Feb	Mar	Abr	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1965 P	0,23	0,246	0,27	0,29	0,31	0,33	0,32	0,34	0,28	0,25	0,226	0,216		1968 P	0,23	0,246	0,27	0,29	0,31	0,33	0,32	0,34	0,28	0,25	0,226	0,216		
TD	8,04	10,63	13,73	14,95	19,12	20,05	23,44	25,76	19,94	19,75	13,26	6,11		TD	7,39	12,53	14,12	17,43	18,91	23,65	24,46	22,59	22,63	17,62	12,27	6,21		
F	2,67	3,20	3,80	4,41	5,31	5,69	6,16	5,92	4,94	4,39	3,72	2,36		F	2,61	3,42	3,95	4,75	5,26	6,78	5,63	5,19	4,06	3,11	2,57			
HRMIN	0,82	0,50	0,39	0,54	0,32	0,43	0,36	0,35	0,37	0,69	0,76		HRMIN	0,64	0,62	0,42	0,27	0,31	0,77	0,78	0,75	0,38	0,61	0,63				
n/N	0,29	0,84	0,57	0,67	0,73	0,93	0,96	0,91	0,91	0,55	0,45		n/N	0,58	0,67	0,52	0,77	0,92	0,93	0,96	0,92	0,98	0,55	0,55				
U2d	3,42	4,74	4,69	5,12	4,92	4,20	1,89	1,83	4,45	3,08	3,75	3,71		U2d	3,80	3,12	3,79	6,18	3,15	3,41	2,90	7,18	3,43	2,63	2,83	3,11		
A	-1,66	-2,22	-1,78	-2,06	-2,32	-2,34	-2,36	-2,31	-2,31	-2,36	-1,97	-1,83		A	-1,94	-1,90	-2,16	-2,32	-2,36	-2,35	-2,31	-2,38	-2,25	-1,75	-1,89			
B	1,35	2,02	1,71	1,87	2,13	2,11	1,97	1,91	2,08	2,05	1,69	1,54		B	1,68	1,57	1,89	2,21	2,01	2,07	2,00	2,08	1,90	1,58	1,56			
ETO	1,94	4,24	4,53	6,19	8,99	9,64	9,78	8,83	7,79	6,47	3,46	1,81		ETO	2,39	3,47	5,30	8,17	8,32	10,52	10,37	8,97	8,49	5,47	3,90	2,12		
1966 P	0,23	0,246	0,27	0,29	0,31	0,33	0,32	0,34	0,28	0,25	0,226	0,216		1969 P	0,23	0,246	0,27	0,29	0,31	0,33	0,32	0,34	0,28	0,25	0,226	0,216		
TD	8,83	9,95	13,39	18,06	19,63	22,29	22,27	24,42	22,05	18,95	13,05	8,83		TD	7,16	4,45	12,59	15,48	20,43	21,37	24,29	24,90	22,94	16,75	13,41	10,72		
F	2,76	3,13	3,83	4,83	5,39	6,03	5,95	5,89	5,12	4,21	3,19	2,43		F	2,64	3,07	3,76	4,48	5,50	5,89	6,25	5,95	5,23	3,96	3,25	2,77		
HRMIN	0,56	0,49	0,39	0,29	0,31	0,30	0,31	0,29	0,31	0,58	0,76		HRMIN	0,73	0,62	0,38	0,32	0,31	0,38	0,27	0,36	0,40	0,60	0,62				
n/N	0,62	0,70	0,83	0,91	0,89	0,93	0,96	0,98	0,94	0,92	0,57	0,34		n/N	0,34	0,40	0,85	0,90	0,98	0,94	1,00	0,98	0,87	0,85	0,55			
U2d	4,33	4,83	4,00	5,52	4,88	4,24	4,23	3,65	3,61	3,36	3,76	3,96		U2d	3,62	3,50	3,27	3,68	3,76	3,48	2,66	2,22	2,29	3,53	1,95	3,20		
A	-2,00	-2,09	-2,22	-2,31	-2,28	-2,33	-2,36	-2,33	-2,31	-1,96	-1,72		A	-1,72	-1,78	-2,24	-2,30	-2,38	-2,33	-2,40	-2,38	-2,26	-2,24	-1,94				
B	1,76	1,87	1,96	2,16	2,07	2,09	2,12	2,11	2,06	2,02	1,67	1,44		B	1,42	1,47	1,94	2,02	2,11	2,05	2,04	2,03	2,01	1,98	1,85	1,67		
ETO	2,84	3,75	5,30	8,11	8,89	10,28	10,29	10,92	8,19	6,18	3,39	2,07		ETO	2,02	2,73	5,04	6,78	9,26	9,72	10,47	9,89	8,16	5,36	3,78			
1967 P	0,23	0,246	0,27	0,29	0,31	0,33	0,32	0,34	0,28	0,25	0,226	0,216		1970 P	0,23	0,246	0,27	0,29	0,31	0,33	0,32	0,34	0,28	0,25	0,226	0,216		
TD	8,52	10,41	11,59	10,42	18,92	20,41	25,18	25,72	23,47	19,13	14,19	8,38		TD	10,44	12,05	13,81	14,19	19,19	21,14	24,39	22,99	22,23	17,36	15,46	8,55		
F	2,72	3,18	3,63	3,80	5,29	5,75	6,39	6,07	5,30	4,23	3,31	2,59		F	2,94	3,36	3,91	4,31	5,43	6,01	6,30	5,69	5,14	4,92	3,24	2,60		
HRMIN	0,59	0,54	0,44	0,48	0,52	0,37	0,27	0,25	0,30	0,45	0,45		HRMIN	0,61	0,48	0,25	0,25	0,27	0,30	0,24	0,25	0,22	0,32	0,39	0,82			
n/N	0,54	0,58	0,61	0,59	0,88	0,88	0,99	0,94	0,91	0,71	0,76		n/N	0,48	0,70	0,85	0,90	0,96	0,92	1,00	1,00	0,98	0,87	0,51	0,38			
U2d	4,72	3,15	4,52	4,02	3,88	4,21	3,34	2,92	3,56	3,67	2,89	5,58		U2d	3,84	2,87	4,21	3,58	3,93	3,51	2,83	2,56	2,90	2,74	3,20	3,30		
A	-1,92	-1,98	-2,00	-1,98	-2,39	-2,27	-2,39	-2,38	-2,34	-2,30	-2,10	-2,15		A	-1,87	-2,09	-2,25	-2,30	-2,32	-2,40	-2,40	-2,38	-2,27	-1,87	-1,73			
B	1,70	1,64	1,76	1,71	2,00	2,03	2,09	2,06	2,06	2,03	1,76	1,99		B	1,58	1,75	2,00	2,02	2,04	2,03	2,07	2,05	2,05	1,93	1,57	1,41		
ETO	2,70	3,24	4,40	4,52	8,30	9,40	10,99	10,13	8,56	2,27	3,73	3,01		ETO	2,79	3,81	5,59	6,39	8,76	9,88	10,63	9,27	8,18	5,48	3,18	1,94		
1971 P	0,23	0,246	0,27	0,29	0,31	0,33	0,32	0,34	0,28	0,25	0,226	0,216		1971 P	0,23	0,246	0,27	0,29	0,31	0,33	0,32	0,34	0,28	0,25	0,226	0,216		
TD	8,38	10,42	12,32	14,40	17,14	21,17	24,28	24,89	22,17	16,89	12,37	7,51		TD	2,70	3,18	3,33	4,34	5,03	5,86	6,25	5,90	5,13	3,97	3,12	2,50		
F	2,70	3,27	2,92	3,74	3,50	3,78	4,10	4,20	4,58	5,02	5,13	5,13		F	0,61	0,51	0,37	0,38	0,27	0,27	0,26	0,24	0,25	0,39	0,57			
HRMIN	0,55	0,74	0,75	0,88	0,72	0,95	0,97	0,99	0,97	0,95	0,95		HRMIN	0,55	0,74	0,75	0,88	0,72	0,95	0,97	0,99	0,95	0,85	0,51				
n/N	0,54	0,58	0,61	0,59	0,88	0,88	0,99	0,94	0,91	0,71	0,76		n/N	0,54	0,58	0,61	0,74	0,75	0,88	0,97	0,99	0,95	0,85	0,51				
U2d	A	-1,91	-2,13	-2,14	-2,28	-2,12	-2,35	-2,37	-2,39	-2,31	-2,38	-2,35		U2d	1,59	1,80	1,86	1,99	1,84	2,06	2,03	2,04	2,02	1,91	1,89	1,63		
A	1,59	1,80	1,86	1,99	2,06	2,03	2,09	2,06	2,06	2,03	1,99	1,99		B	1,59	1,80	1,86	1,99	1,84	2,06	2,03	2,04	2,02	1,91	1,89	1,63		
ETO	ETO	2,39	3,59	4,79	6,35	7,12	9,73	10,31	9,46	8,05	5,32	3,71		ETO	2,39	3,59	4,79	6,35	7,12	9,73	10,31	9,46	8,05	5,32	3,71			

SIMBOLOGIA:

- P : fracción diaria de horas diurnas sobre el total anual.
- TD : temperatura media diurna estimada (°C).
- F : factor de uso-consultivo.
- HRMIN: humedad relativa mínima (fracción).
- n/N : fracción de insolación (tanto por uno).
- U2d : velocidad diurna del viento a 2 metros (m/s).
- A : coeficiente de regresión entre el factor F y la ETO.
- B : evapotranspiración del cultivo de referencia y la ETO.
- ETO : evapotranspiración modificada de BLANEY-CRIDDLE (mm/día).

CUADRO 17. Valores de ETo estimados mediante el modelo modificado de BLANEY-CRIDDLE utilizando la temperatura media diaria (T_m) calculada para la localidad de Davis durante el período 1965-1971.

AGO	PARÁMETRO	Ene	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1965	P	0.23	0.216	0.27	0.29	0.31	0.33	0.32	0.304	0.28	0.25	0.226	0.216
	TM	7.12	8.97	11.33	13.93	17.37	18.59	21.97	22.61	17.98	17.58	12.06	5.15
	F	2.58	3.02	3.60	4.27	5.06	5.47	5.91	5.63	4.59	4.05	3.09	2.26
	HRMIN	0.82	0.50	0.50	0.54	0.32	0.43	0.36	0.38	0.35	0.37	0.59	0.76
	a/N	0.29	0.84	0.53	0.67	0.93	0.95	0.96	0.91	0.91	0.97	0.59	0.45
	U2d	3.47	4.74	4.09	5.12	4.92	4.20	1.89	1.03	4.45	3.00	3.75	3.71
	A	-1.66	-2.22	-1.98	-2.06	-2.32	-2.34	-2.36	-2.31	-2.31	-2.36	-1.97	-1.43
	B	1.35	2.02	1.71	1.87	2.13	2.11	1.97	1.91	2.08	2.05	1.69	1.54
	ETo	1.81	3.06	4.19	5.93	8.16	9.18	9.29	8.47	7.26	5.96	3.24	1.63
1966	P	0.23	0.216	0.27	0.29	0.31	0.33	0.32	0.304	0.28	0.25	0.226	0.216
	TM	7.18	8.49	11.65	16.53	18.07	20.97	20.79	21.71	20.59	17.01	12.16	8.50
	F	2.61	2.16	3.64	4.67	5.16	5.03	5.73	5.66	4.93	3.91	3.10	2.64
	HRMIN	0.56	0.49	0.39	0.29	0.31	0.30	0.31	0.29	0.31	0.31	0.56	0.75
	a/N	0.62	0.70	0.83	0.91	0.89	0.93	0.96	0.98	0.94	0.92	0.57	0.36
	U2d	4.33	4.63	4.00	5.52	4.60	4.24	4.23	3.65	3.61	3.36	3.76	3.5
	A	-2.00	-2.09	-2.22	-2.31	-2.28	-2.33	-2.36	-2.38	-2.33	-2.31	-1.96	-1.72
	B	1.76	1.87	1.96	2.16	2.07	2.09	2.12	2.11	2.06	2.02	1.67	1.44
	ETo	2.59	3.44	4.92	7.66	8.42	8.86	9.82	9.33	7.89	5.73	3.23	2.03
1967	P	0.23	0.216	0.27	0.29	0.31	0.33	0.32	0.304	0.28	0.25	0.226	0.216
	TM	7.23	9.06	10.29	9.21	17.27	19.31	23.61	24.06	22.23	17.56	12.84	6.71
	F	2.59	3.03	3.47	3.64	5.03	5.58	6.15	5.80	5.14	4.05	3.17	2.42
	HRMIN	0.59	0.54	0.44	0.48	0.32	0.37	0.27	0.25	0.30	0.30	0.45	0.45
	a/N	0.54	0.58	0.61	0.59	0.88	0.88	0.91	0.93	0.91	0.91	0.71	0.76
	U2d	4.72	3.15	4.52	4.02	3.68	4.21	3.34	2.92	3.56	2.67	2.89	3.58
	A	-1.92	-1.96	-2.00	-1.98	-2.28	-2.27	-2.39	-2.30	-2.34	-2.30	-2.10	-2.15
	B	1.70	1.64	1.76	1.71	2.00	2.03	2.09	2.06	2.06	2.03	1.76	1.31
	ETo	2.48	2.99	4.12	4.26	7.82	9.06	10.50	9.65	8.21	5.91	3.40	2.04

SIMBOLOGIA:

- P : fracción diaria de horas diurnas sobre el total anual.
- TM : temperatura media diaria (°C).
- F : factor de uso-consuntivo.
- HRMIN: humedad relativa mínima (fracción).
- a/N : fracción de insolación (tanto por uno).
- U2d : velocidad diurna del viento a 2 metros (m/seg).
- A : coeficiente de regresión entre el factor F y la ETo.
- B : coeficiente de regresión entre el factor F y la ETo.
- ETo : evapotranspiración del cultivo de referencia según la ecuación modificada de BLANEY-CRIDDLE (mm/día).

CUADRO 17 (Continuación).

AÑO	PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1968	P	0.23	0.246	0.27	0.29	0.31	0.33	0.32	0.304	0.28	0.25	0.226	0.216
	TN	5.90	11.70	12.73	15.95	17.40	22.25	22.93	21.57	21.25	16.10	11.43	7.00
	F	2.45	3.32	3.78	4.55	5.07	6.02	6.03	5.49	5.01	3.88	3.03	2.45
	HRMIN	0.64	0.62	0.42	0.27	0.31	0.27	0.28	0.36	0.29	0.38	0.61	0.63
	n/M	0.56	0.52	0.77	0.92	0.93	0.96	0.95	0.92	0.98	0.85	0.55	0.51
	U2d	3.80	3.12	3.79	6.10	3.15	3.41	2.90	3.18	3.43	2.63	2.83	2.11
	A	-1.94	-1.90	-2.16	-2.32	-2.32	-2.36	-2.35	-2.31	-2.38	-2.25	-1.93	-1.89
	B	1.66	1.57	1.89	2.21	2.01	2.07	2.02	2.00	2.09	1.90	1.50	1.56
	ETo	2.13	3.32	4.97	7.73	7.88	10.09	9.90	8.69	8.12	5.14	2.86	1.94
1969	P	0.23	0.246	0.27	0.29	0.31	0.33	0.32	0.304	0.28	0.25	0.226	0.216
	TN	6.80	8.49	11.05	14.09	19.19	20.56	22.74	23.21	21.48	15.47	11.65	9.04
	F	2.54	2.96	3.57	4.30	5.32	5.77	6.02	5.72	5.04	3.81	3.05	2.65
	HRMIN	0.73	0.62	0.38	0.32	0.31	0.38	0.28	0.27	0.27	0.36	0.40	0.62
	n/M	0.34	0.40	0.85	0.90	0.98	0.94	1.00	1.00	0.98	0.87	0.85	0.55
	U2d	3.62	3.50	3.27	3.68	3.76	3.48	2.66	2.22	2.29	3.55	1.95	3.20
	A	-1.72	-1.78	-2.24	-2.30	-2.38	-2.33	-2.39	-2.40	-2.38	-2.26	-2.24	-1.94
	B	1.42	1.47	1.94	2.02	2.11	2.05	2.06	2.03	2.01	1.98	1.85	1.62
	ETo	1.88	2.57	4.68	6.40	8.88	9.47	10.00	9.21	7.78	5.27	3.40	2.35
1970	P	0.23	0.246	0.27	0.29	0.31	0.33	0.32	0.304	0.28	0.25	0.226	0.216
	TN	9.96	10.86	12.39	12.15	18.57	20.91	22.99	21.17	20.52	15.63	12.57	7.91
	F	2.87	3.23	3.73	4.03	5.23	5.82	6.06	5.43	4.92	3.83	3.14	2.54
	HRMIN	0.61	0.48	0.37	0.25	0.27	0.30	0.24	0.25	0.22	0.32	0.59	0.82
	n/M	0.48	0.70	0.85	0.90	0.90	0.92	1.00	1.00	0.98	0.87	0.51	0.36
	U2d	3.84	2.87	4.21	3.58	3.93	3.51	2.83	2.56	2.90	2.74	3.20	3.30
	A	-1.87	-2.03	-2.25	-2.30	-2.30	-2.32	-2.40	-2.40	-2.38	-2.27	-1.89	-1.73
	B	1.50	1.75	2.00	2.02	2.04	2.03	2.07	2.05	2.05	1.93	1.57	1.41
	ETo	2.68	3.37	5.23	5.83	8.36	9.50	10.14	8.75	7.73	5.12	3.04	1.85
1971	P	0.23	0.246	0.27	0.29	0.31	0.33	0.32	0.304	0.28	0.25	0.226	0.216
	TN	7.25	8.89	10.70	12.69	16.10	19.81	22.79	23.06	20.71	15.11	10.69	6.01
	F	2.59	3.01	3.52	4.11	4.88	5.66	6.03	5.70	4.94	3.77	2.95	2.35
	HRMIN	0.61	0.51	0.37	0.28	0.37	0.27	0.27	0.26	0.24	0.25	0.39	0.57
	n/M	0.53	0.74	0.75	0.88	0.88	0.72	0.95	0.97	0.99	0.95	0.85	0.51
	U2d	3.27	2.92	3.74	3.50	3.78	3.40	2.59	2.60	2.99	2.69	3.47	4.09
	A	-1.91	-2.13	-2.14	-2.28	-2.12	-2.35	-2.37	-2.39	-2.35	-2.25	-2.18	-1.90
	B	1.59	1.80	1.86	1.99	1.84	2.06	2.03	2.04	2.02	1.91	1.89	1.63
	ETo	2.21	2.28	4.42	5.89	6.84	9.30	9.86	9.25	7.66	4.93	3.38	1.94

CUADRO 18. Valores de ETo estimados mediante el modelo modificado de MAKKINK utilizando la temperatura media diurna estimada (TD') para la localidad de Davis durante el período 1965-1971.

AÑO	PARÁMETRO	Ene	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1965	Hmed	90.95	74.11	74.47	76.27	67.55	71.19	67.74	68.40	65.60	66.32	64.25	87.87
	Ud2	3.42	4.74	4.09	5.12	4.92	4.20	4.09	4.83	4.45	3.08	3.75	2.71
	B	0.77	0.92	0.30	0.91	1.00	0.92	0.93	0.88	0.97	0.93	0.82	0.30
	TD'	8.04	10.63	12.93	14.95	15.17	18.03	13.61	13.96	13.74	13.75	13.76	6.11
	W	0.52	0.56	0.59	0.62	0.67	0.68	0.72	0.74	0.68	0.68	0.59	0.50
	RS	2.76	5.17	5.70	7.06	10.72	11.85	11.34	9.38	8.10	6.17	3.78	2.37
	Eto	0.61	2.34	2.72	3.64	6.86	7.19	7.21	6.12	5.04	3.76	1.30	0.64
1966	Hmed	76.47	72.05	66.57	58.77	62.08	51.16	62.39	60.18	61.08	57.24	75.02	87.28
	Ud2	4.33	4.63	4.00	5.52	4.68	4.21	4.23	3.63	3.61	3.36	3.76	3.76
	B	0.85	0.92	0.95	1.03	0.93	1.00	0.98	0.98	0.97	0.93	0.93	0.31
	TD'	8.83	9.95	13.19	16.06	19.63	21.29	22.77	24.42	22.03	18.35	13.05	8.33
	W	0.53	0.55	0.59	0.66	0.68	0.71	0.71	0.74	0.71	0.67	0.59	0.53
	RS	3.58	5.17	7.47	10.17	11.22	12.02	12.08	10.70	8.70	6.41	3.22	2.12
	Eto	1.10	2.31	2.88	6.59	7.26	8.70	8.15	7.48	5.70	3.31	1.39	0.61
1967	Hmed	79.19	76.00	70.85	73.30	61.06	65.83	61.19	60.81	62.22	57.43	70.30	87.31
	Ud2	3.72	3.15	4.52	4.02	3.68	4.21	3.31	2.92	3.56	3.62	2.89	5.50
	B	0.88	0.87	0.93	0.90	0.96	0.75	0.97	0.96	0.97	1.00	0.90	0.36
	TD'	8.52	10.41	11.59	10.92	18.92	20.41	25.10	25.72	23.47	15.13	14.11	8.38
	W	0.53	0.56	0.57	0.56	0.67	0.63	0.75	0.76	0.73	0.67	0.61	0.53
	RS	3.01	4.81	6.46	7.91	10.12	11.52	12.36	10.78	8.31	6.19	3.72	2.54
	Eto	1.10	2.02	3.15	3.68	6.70	7.33	8.68	7.54	5.69	4.04	1.73	1.50
1968	Hmed	81.92	80.81	70.06	53.90	63.31	51.62	61.05	64.60	57.63	63.00	79.43	80.76
	Ud2	3.80	3.12	3.79	6.18	3.15	3.41	2.90	3.18	3.42	2.62	2.83	3.11
	B	0.84	0.84	0.92	1.07	0.75	0.90	0.73	0.74	0.99	0.72	0.81	0.34
	TD'	7.39	12.53	14.12	17.43	18.91	23.65	24.46	22.55	22.63	17.62	17.27	8.21
	W	0.52	0.58	0.60	0.65	0.67	0.73	0.74	0.72	0.72	0.63	0.58	0.53
	RS	3.21	4.41	7.19	10.59	11.75	12.35	12.32	10.23	9.00	5.77	2.22	2.75
	Eto	1.10	1.85	2.71	7.08	6.03	8.33	8.40	6.63	6.13	3.18	1.77	0.51
1969	Hmed	86.76	80.77	67.03	63.12	67.10	66.30	67.39	60.48	58.35	55.32	68.50	71.08
	Ud2	3.62	2.50	2.27	3.68	3.76	3.48	2.66	2.22	2.29	3.55	1.95	3.20
	B	0.81	0.81	0.92	0.96	0.97	0.91	0.94	0.94	0.95	0.90	0.89	0.05
	TD'	7.76	9.43	12.58	15.48	20.43	21.37	24.29	24.50	27.91	16.75	13.61	10.22
	W	0.52	0.51	0.50	0.67	0.69	0.70	0.74	0.73	0.72	0.61	0.60	0.53
	RS	2.52	3.70	7.89	9.77	12.02	11.43	12.31	10.56	8.72	5.77	2.81	2.34
	Eto	0.74	1.40	1.91	5.56	7.74	7.23	8.28	7.40	5.71	3.31	1.72	0.80
1970	Hmed	78.73	71.05	60.94	55.28	54.83	50.07	55.66	56.24	49.33	58.23	76.17	85.63
	Ud2	3.84	2.87	4.21	3.50	3.93	3.51	2.87	2.56	2.90	2.71	3.20	3.30
	B	0.87	0.89	0.93	1.03	1.02	0.99	0.98	0.97	1.02	0.97	0.87	0.77
	TD'	10.64	12.05	13.81	14.19	19.91	22.14	24.57	22.99	22.23	17.30	13.46	8.53
	W	0.56	0.58	0.60	0.61	0.68	0.71	0.74	0.72	0.71	0.65	0.60	0.53
	RS	2.71	4.82	7.71	10.01	11.18	11.80	12.30	11.26	9.25	6.25	3.16	2.45
	Eto	1.92	2.19	4.30	5.81	7.46	8.00	8.71	7.62	6.01	3.61	1.31	0.71
1971	Hmed	76.89	73.66	63.53	60.28	63.98	58.80	61.76	61.17	55.52	51.77	62.61	76.22
	Ud2	3.27	2.92	3.74	3.50	3.78	3.10	2.53	2.60	2.95	2.63	3.43	4.09
	B	0.87	0.88	0.96	0.98	0.96	0.98	0.91	0.95	0.99	0.98	0.96	0.81
	TD'	8.34	10.42	12.32	14.40	17.14	21.17	24.28	24.43	22.17	16.89	12.37	7.51
	W	0.53	0.56	0.58	0.61	0.65	0.70	0.74	0.71	0.71	0.61	0.58	0.52
	RS	3.10	3.76	7.75	9.10	9.61	12.02	11.91	11.03	9.00	6.45	4.20	2.92
	Eto	1.13	2.51	3.75	5.58	5.66	7.35	8.02	7.50	6.01	3.10	2.01	1.04

SIMBOLÓGIA:

- Hmed: humedad relativa media (porcentaje)
- Ud2 : velocidad diurna del viento a 2 metros (m/seg).
- B : coeficiente de corrección en función de la humedad relativa y la velocidad diurna del viento.
- TD' : temperatura media diurna estimada (°C).
- W : factor de ponderación relacionado con la temperatura media diurna del aire y la altitud.
- RS : radiación solar (mm/día).
- Eto : evapotranspiración del cultivo de referencia según la ecuación modificada de MAKKINK (mm/día).

CUADRO 19. Valores de ETo estimados mediante el modelo modificado de MAKKINK utilizando la temperatura media diaria (T_m) calculada para la localidad de Davis durante el periodo 1965-1971.

AGO	PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1965	Hmed	98.95	74.11	74.47	76.27	62.55	71.19	67.76	68.48	65.60	66.32	84.25	87.87
	U2	3.42	4.74	4.93	5.12	4.12	4.20	3.83	3.83	4.15	3.98	3.73	3.71
	B	0.77	0.92	0.90	0.91	1.00	0.92	0.89	0.88	0.97	0.93	0.82	0.80
	TMED	7.12	8.97	11.33	13.93	17.37	18.59	21.97	22.61	17.98	17.58	12.06	5.03
	W	0.51	0.56	0.57	0.60	0.65	0.66	0.71	0.72	0.66	0.65	0.58	0.48
	RS	2.26	5.17	5.70	7.06	10.72	11.85	11.54	9.38	8.10	6.13	3.28	2.37
	ETo	0.59	2.24	2.61	3.56	6.61	6.98	6.90	6.03	4.86	3.59	1.26	0.61
1966	Hmed	76.47	73.05	66.57	58.77	62.08	59.16	62.39	60.10	61.00	57.24	73.02	87.28
	U2	4.33	4.63	4.00	5.32	4.68	4.24	4.23	3.65	3.61	3.36	3.76	3.96
	B	0.89	0.92	0.95	1.03	0.99	1.00	0.90	0.90	0.97	0.99	0.89	0.81
	TMED	7.10	8.49	11.63	16.53	18.07	20.97	20.79	22.77	20.59	17.01	12.16	8.50
	W	0.52	0.53	0.57	0.61	0.66	0.70	0.69	0.72	0.69	0.64	0.58	0.53
	RS	3.58	5.17	7.42	10.17	11.22	12.02	12.08	10.70	8.70	6.41	3.22	2.12
	ETo	1.35	2.22	3.73	6.38	7.02	8.07	7.92	7.75	5.61	3.78	1.36	0.60
1967	Hmed	79.19	76.00	70.85	73.90	64.06	66.03	61.19	60.81	62.22	57.63	70.30	69.31
	U2	3.72	3.15	4.52	4.02	3.68	4.21	3.31	2.92	3.56	3.67	2.89	5.38
	B	0.88	0.87	0.92	0.90	0.96	0.95	0.97	0.96	0.97	1.00	0.90	0.96
	TMED	7.23	9.06	10.29	9.21	17.27	19.31	23.61	24.06	22.23	17.56	12.81	6.70
	W	0.51	0.54	0.55	0.54	0.65	0.67	0.73	0.74	0.71	0.65	0.59	0.51
	RS	3.01	4.01	6.10	7.91	10.93	11.62	12.36	10.70	8.31	6.19	3.72	3.54
	ETo	1.06	1.95	3.05	2.57	6.47	7.16	8.13	7.31	5.56	3.90	1.67	1.43
1968	Hmed	81.92	80.81	70.06	53.90	63.39	59.62	61.85	64.60	57.63	65.00	75.45	80.76
	U2	3.80	3.12	3.79	6.10	3.15	3.41	2.30	3.18	3.43	2.63	2.83	3.11
	B	0.84	0.84	0.92	1.07	0.95	0.98	0.95	0.94	0.95	0.93	0.84	0.84
	TMED	5.30	11.70	12.73	15.95	17.40	27.25	27.93	21.57	21.25	16.10	11.43	7.00
	W	0.50	0.57	0.59	0.63	0.65	0.71	0.72	0.70	0.70	0.63	0.57	0.51
	RS	3.24	4.41	7.19	10.59	11.25	12.35	12.32	10.25	9.00	5.77	3.22	2.75
	ETo	1.03	1.81	3.59	6.86	6.62	8.30	8.16	6.50	5.99	3.07	1.24	0.87
1969	Hmed	86.26	80.77	67.05	63.12	62.10	66.30	62.39	60.60	58.25	51.32	68.30	79.08
	U2	3.62	3.50	3.27	3.68	3.76	3.48	2.66	2.22	2.29	3.55	1.95	3.20
	B	0.81	0.81	0.93	0.96	0.97	0.96	0.94	0.94	0.93	0.90	0.81	0.83
	TMED	6.80	8.49	11.09	14.09	19.19	20.56	22.74	23.21	21.48	15.47	11.65	9.04
	W	0.51	0.53	0.56	0.60	0.67	0.69	0.72	0.73	0.70	0.62	0.57	0.54
	RS	2.52	3.70	7.89	9.77	12.02	11.43	12.31	10.36	8.72	5.77	3.81	2.34
	ETo	0.73	1.36	3.81	5.11	7.55	7.11	8.04	7.17	5.55	3.23	1.63	0.77
1970	Hmed	78.73	71.05	60.94	55.20	54.89	58.07	55.66	56.24	49.53	58.23	76.17	89.63
	U2	3.81	2.87	4.21	3.50	3.13	3.51	2.03	2.56	2.90	2.74	3.20	3.30
	B	0.87	0.89	0.99	1.01	1.02	0.99	0.98	0.97	1.02	0.97	0.87	0.77
	TMED	9.36	10.86	12.29	12.15	18.57	20.91	22.99	21.17	20.52	13.65	12.57	7.91
	W	0.55	0.56	0.58	0.58	0.66	0.70	0.72	0.70	0.69	0.63	0.58	0.52
	RS	2.74	4.82	7.71	10.04	11.18	11.80	12.30	11.26	9.25	6.25	3.16	2.45
	ETo	1.00	2.12	4.16	5.54	7.25	7.01	8.45	7.36	6.20	3.48	1.31	0.69
1971	Hmed	76.89	73.66	63.53	60.20	63.90	58.80	61.76	61.19	53.53	54.77	62.61	76.22
	U2	3.27	2.12	3.74	3.50	3.70	3.40	2.59	2.60	2.91	2.63	3.47	4.01
	B	0.87	0.88	0.96	0.98	0.96	0.98	0.94	0.95	0.99	0.98	0.96	0.89
	TMED	7.25	8.89	10.70	12.69	16.10	19.81	22.79	22.06	20.71	13.11	10.61	6.01
	W	0.51	0.54	0.56	0.59	0.63	0.68	0.72	0.72	0.69	0.62	0.56	0.50
	RS	3.18	5.76	7.25	9.90	9.61	12.02	11.91	11.09	9.00	6.65	4.28	2.92
	ETo	1.11	2.41	3.60	5.36	5.53	7.73	7.79	7.30	5.87	3.75	2.00	0.99

SIMBOLOGIA:

- Hmed: humedad relativa media (porcentaje).
- U2 : velocidad diurna del viento a 2 metros (m/s).
- B : coeficiente de corrección en función de la humedad relativa y la velocidad diurna del viento.
- TMED : temperatura media diaria ($^{\circ}C$).
- W : factor de ponderación relacionado con la temperatura media diaria del aire y la altitud.
- RS : radiación solar ($mm/día$).
- ETo : evapotranspiración del cultivo de referencia según la ecuación modificada de MAKKINK ($mm/día$).

CUADRO 20. Comparación de los valores de ETo obtenidos según el método modificado de PENMAN utilizando la temperatura media diurna estimada (ETo-TD'), con los valores de ETo registrados por el lisímetro de la estación de Davis (ETolis) durante el periodo 1965-1971.

MES	AÑO							ETo-TD' mm/dia	ETolis mm/dia
	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971		
ENE	0.04	1.65	1.52	1.27	1.04	1.52	1.42	1.32	0.90
FEB	2.76	2.76	2.66	2.46	2.06	3.10	3.03	2.69	1.64
MAR	3.23	4.25	3.49	4.15	4.39	4.62	4.22	4.05	2.62
ABR	4.34	7.58	4.41	7.79	6.78	7.08	6.85	6.40	3.86
MAY	8.03	8.53	8.16	8.40	9.22	8.00	6.90	8.30	5.42
JUN	8.20	9.45	8.43	10.09	8.48	9.33	9.37	9.05	6.19
JUL	7.66	7.91	8.74	8.55	8.49	8.66	8.25	8.32	6.53
AGO	6.47	7.16	7.54	6.44	7.48	7.40	7.52	7.14	5.75
SEP	5.81	6.81	6.86	7.23	7.24	7.74	7.38	7.01	4.73
OCT	4.00	4.22	4.25	3.65	3.65	4.01	4.29	4.01	2.94
NOV	1.55	1.97	2.46	1.79	2.62	1.97	2.66	2.15	1.33
DIC	0.83	0.92	1.56	1.22	1.37	0.83	1.31	1.15	0.82

CUADRO 21. Resultados del análisis estadístico del modelo de regresión: ETolis = - 0.149 + 0.723 * ETo-PN-TD' que asocia la ETo medida por el lisímetro (ETolis) con la ETo estimada por el modelo modificado de PENMAN utilizando la temperatura media diurna estimada (ETo-PN-TD').

PARAMETRO	VALOR	T CALCULADO	T* TABULADO	CONCLUSION
β_1	0.723	16.814	2.179	Significativo
R^2	0.965			Alto

* P \leq 0.05

CUADRO 22. Comparación de los valores de ETo obtenidos según el método modificado de PENMAN utilizando la temperatura media diaria (ETo-Tm), con los valores de ETo registrados por el lisímetro de la estación de Davis (ETolis) durante el período 1965-1971.

	A ñ O							ETo-Tm	ETolis
MES	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	mm/dia	mm/dia
ENE	0.82	1.50	1.45	1.20	1.01	1.48	1.37	1.27	0.90
FEB	2.61	2.60	2.20	2.09	1.80	2.46	2.43	2.32	1.64
MAR	3.08	4.03	3.48	3.00	3.91	4.48	3.89	3.82	2.62
ABR	4.22	7.50	3.97	6.10	5.87	5.89	5.76	5.90	3.86
MAY	7.69	8.09	7.20	7.17	8.29	7.98	6.19	7.51	5.42
JUN	7.92	9.21	8.23	9.29	7.96	8.65	8.59	8.55	6.19
JUL	7.37	9.02	9.38	8.90	8.67	9.02	8.42	8.60	6.53
AGO	6.27	8.01	7.95	7.01	7.44	7.57	7.76	7.43	5.75
SEP	5.53	6.13	6.20	6.40	5.72	6.39	6.22	6.09	4.73
OCT	3.76	4.14	4.37	3.31	3.73	3.67	3.87	3.83	2.94
NOV	1.50	1.92	2.10	1.56	1.89	1.79	2.42	1.88	1.33
DIC	0.80	0.94	1.88	1.08	1.22	0.78	1.31	1.14	0.82

CUADRO 23. Resultados del análisis estadístico del modelo de regresión: ETolis = - 0.081 + 0.748*ETo-PN-Tm que asocia la ETo medida por el lisímetro (ETolis) con la ETo estimada por el modelo modificado de PENMAN utilizando la temperatura media diaria (ETo-PN-Tm).

PARAMETRO	VALOR	T CALCULADO	T* TABULADO	CONCLUSION
β_1	0.748	32.522	2.179	Significativo
R^2	0.991			Alto

* $P \leq 0.05$

CUADRO 24. Comparación de los valores de ETo obtenidos según el método modificado de BLANEY - CRIDDLE utilizando la temperatura media diurna estimada (ETo-TD'), con los valores de ETo registrados por el lisímetro de la estación de Davis (ETolis) durante el período 1965-1971.

MES	A R O							ETo-TD' ETolis	
	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	mm/dia	mm/dia
ENE	1.94	2.84	2.70	2.38	2.02	2.79	2.39	2.44	0.90
FEB	4.24	3.75	3.24	3.47	2.73	3.81	3.59	3.55	1.64
MAR	4.53	5.30	4.40	5.30	5.04	5.59	4.79	4.99	2.62
ABR	6.19	8.11	4.52	8.17	6.78	6.39	6.35	6.64	3.86
MAY	8.99	8.89	8.30	8.32	9.26	8.76	7.12	8.52	5.42
JUN	9.64	10.28	9.40	10.52	9.72	9.88	9.73	9.88	6.19
JUL	9.78	10.29	10.99	10.37	10.47	10.63	10.31	10.41	6.53
AGO	8.83	10.02	10.13	8.97	9.69	9.27	9.66	9.51	5.75
SEP	7.78	8.19	8.56	8.49	8.16	8.18	8.05	8.20	4.73
OCT	6.47	6.18	6.27	5.47	5.56	5.48	5.32	5.82	2.94
NOV	3.46	3.39	3.73	3.00	3.78	3.18	3.71	3.46	1.33
DIC	1.81	2.07	3.01	2.12	2.54	1.94	2.18	2.24	0.82

CUADRO 25. Resultados del análisis estadístico del modelo de regresión: ETolis = - 0.940 + 0.714 * ETo-BC-TD' que asocia la ETo medida por el lisímetro (ETolis) con la ETo estimada por el modelo modificado de BLANEY - CRIDDLE utilizando la temperatura media diurna estimada (ETo-BC-TD').

PARAMETRO	VALOR	T CALCULADO	T* TABULADO	CONCLUSION
β_1	0.714	42.00	2.179	Significativo
R^2	0.994			Alto

* $P \geq 0.05$

CUADRO 26. Comparación de los valores de ETo obtenidos según el método modificado de BLANEY - CRIDDLE utilizando la temperatura media diaria (ETo-Tm), con los valores de ETo registrados por el lisímetro de la estación de Davis (ETolis) durante el período 1965-1971.

MES	AÑO							ETo-Tm	ETolis
	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	mm/dia	mm/dia
ENE	1.81	2.59	2.48	2.13	1.88	2.68	2.21	2.25	0.70
FEB	3.86	3.44	2.99	3.32	2.57	3.57	3.28	3.29	1.64
MAR	4.19	4.92	4.12	4.97	4.68	5.23	4.42	4.65	2.62
ABR	5.93	7.66	4.24	7.73	6.40	5.83	5.89	6.24	3.86
MAY	8.46	8.42	7.82	7.08	8.08	8.36	8.04	8.09	5.42
JUN	9.18	9.86	9.06	10.09	9.47	9.50	9.30	9.50	6.19
JUL	9.29	9.82	10.50	9.90	10.00	10.14	9.86	9.93	6.53
AGO	8.47	9.53	9.65	8.69	9.21	8.75	9.25	9.08	5.75
SEP	7.26	7.80	8.24	8.12	7.78	7.73	7.66	7.80	4.73
OCT	5.96	5.73	5.91	5.14	5.27	5.12	4.93	5.44	2.94
NOV	3.24	3.23	3.48	2.86	3.40	3.04	3.38	3.23	1.33
DIC	1.65	2.03	2.68	1.94	2.35	1.85	1.94	2.06	0.82

CUADRO 27. Resultados del análisis estadístico del modelo de regresión: $ETolis = -0.837 + 0.737 * ETo-BC-Tm$ que asocia la ETo medida por el lisímetro (ETolis) con la ETo estimada por el modelo modificado de BLANEY - CRIDDLE utilizando la temperatura media diaria (ETo-BC-Tm).

PARAMETRO	VALOR	T CALCULADO	T* TABULADO	CONCLUSION
β_1	0.737	43.353	2.179	Significativo
R^2	0.995			Alto

* $P \leq 0.05$

CUADRO 28. Comparación de los valores de ETo obtenidos según el método modificado de MAKKINK utilizando la temperatura media diurna estimada (ETo-TD'), con los valores de ETo registrados por el lisímetro de la estación de Davis (ETolis) durante el período 1965-1971.

MES	AÑO							ETo-TD'	ETolis
	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	mm/dia	mm/dia
ENE	0.61	1.40	1.10	1.10	0.76	1.02	1.15	1.02	0.90
FEB	2.34	2.31	2.02	1.85	1.40	2.19	2.51	2.09	1.64
MAR	2.72	3.88	3.15	3.71	3.99	4.30	3.75	3.64	2.62
ABR	3.64	6.59	3.68	7.08	5.56	5.81	5.58	5.42	3.86
MAY	6.86	7.26	6.70	6.83	7.74	7.46	5.66	6.93	5.42
JUN	7.19	8.28	7.33	8.53	7.23	8.00	7.95	7.79	6.19
JUL	7.21	8.15	8.68	8.40	8.28	8.71	8.02	8.21	6.53
AGO	6.19	7.48	7.54	6.63	7.40	7.62	7.50	7.20	5.75
SEP	5.04	5.78	5.69	6.15	5.71	6.41	6.04	5.03	4.73
OCT	3.76	3.94	4.04	3.18	3.33	3.61	3.90	3.68	2.94
NOV	1.30	1.39	1.73	1.27	1.72	1.34	2.09	1.55	1.33
DIC	0.64	0.61	1.50	0.91	0.80	0.71	1.04	0.09	0.02

CUADRO 29. Resultados del análisis estadístico del modelo de regresión: $ETolis = -0.028 + 0.782 * ETo-MK-TD'$ que asocia la ETo medida por el lisímetro (ETolis) con la ETo estimada por el modelo modificado de MAKKINK utilizando la temperatura media diurna estimada (ETo-MK-TD').

PARAMETRO	VALOR	T CALCULADO	T* TABULADO	CONCLUSION
β_1	0.782	41.158	2.179	Significativo
R^2	0.994			Alto

* $P \leq 0.05$

CUADRO 30. Comparación de los valores de ETo obtenidos según el método modificado de MAKKINK utilizando la temperatura media diaria (ETo-Tm), con los valores de ETo registrados por el lisímetro de la estación de Davis (ETolis) durante el período 1965-1971.

MES	AÑO							ETo-Tm Etolis	
	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	mm/dia	mm/dia
ENE	0.59	1.35	1.06	1.05	0.73	1.00	1.11	0.98	0.90
FEB	2.24	2.22	1.95	1.81	1.36	2.12	2.41	2.02	1.64
MAR	2.61	3.73	3.05	3.59	3.84	4.16	3.60	3.51	2.62
ABR	3.56	6.38	3.57	6.86	5.39	5.54	5.36	5.24	3.86
MAY	6.61	7.02	6.47	6.62	7.55	7.25	5.53	6.72	5.42
JUN	6.98	8.07	7.16	8.30	7.11	7.81	7.73	7.60	6.19
JUL	6.98	7.92	8.43	8.16	8.04	8.45	7.79	7.97	6.53
6.03	7.25	7.31	6.50	7.17	7.36	7.30	6.99	5.75	
SEP	4.84	5.61	5.56	5.99	5.55	6.20	5.87	5.66	4.73
OCT	3.59	3.78	3.90	3.07	3.23	3.48	3.75	3.54	2.94
NOV	1.26	1.36	1.67	1.24	1.63	1.31	2.00	1.50	1.33
DIC	0.61	0.60	1.43	0.87	0.77	0.69	0.99	0.85	0.82

CUADRO 31. Resultados del análisis estadístico del modelo de regresión: ETolis = 0.045 + 0.803*ETo-MK-Tm que asocia la ETo medida por el lisímetro (ETolis) con la ETo estimada por el modelo modificado de MAKKINK utilizando la temperatura media diaria (ETo-MK-Tm).

PARAMETRO	VALOR	T CALCULADO	T* TABULADO	CONCLUSION
β_1	0.803	42.263	2.179	Significativo
R^2	0.995			Alto

* $P \leq 0.05$

CUADRO 32. Variables climáticas requeridas para el desarrollo de los métodos estimativos de ETo recomendados por la FAO (a).

METODO	TEMPERA-TURA	HUMEDAD	VIENTO	INSOLA-CION	RADIA-CION	CONDICIONES LOCALES
BLANEY-CRIDDLE	*	o	o	o		o
MAKKINK	*	o	o	*	(*)	o
PENMAN	*	*	*	*	(*)	o

(a): Tomado de BURMAN et al (1983).

* : se requieren registros directos de la variable.

o : pueden utilizarse datos estimados de la variable.

(*) : variable de uso optativo, sólo si se dispone de datos.

CUADRO 33. Valores promedios de las sobreestimaciones de ETo entregadas por los métodos modificados de PENMAN, BLANEY-CRIDDLE Y MAKKINK, desarrollados durante el período 1965-1971 en la estación de Davis en base a dos procedimientos de cálculo de la temperatura media del aire.

	PROCEDIMIENTO DE CALCULO DE LA TEMPERATURA MEDIA DEL AIRE UTILIZADO						
	TEMPERATURA MEDIA DIURNA ESTIMADA (TD')			TEMPERATURA MEDIA DIARIA (Tm)			
	METODO ESTIMATIVO APPLICADO			METODO ESTIMATIVO APPLICADO			
MES	PENMAN	BLANEY-CRIDDLE	MAKKINK	PENMAN	BLANEY-CRIDDLE	BLANEY-CRIDDLE	MAKKINK
ENE	0.42	1.54	0.12	0.37	1.35	1.35	0.08
FEB	1.05	1.91	0.45	0.68	1.65	1.65	0.38
MAR	1.43	2.37	1.02	1.20	2.03	2.03	0.89
ABR	2.54	2.78	1.56	2.04	2.38	2.38	1.38
MAY	2.88	-3.10	1.51	2.09	2.67	2.67	1.30
JUN	2.86	3.69	1.60	2.36	3.31	3.31	1.41
JUL	-1.79	3.88	1.68	2.15	3.40	3.40	1.44
AGO	-1.39	3.76	1.45	1.68	3.33	3.33	1.24
SEP	2.28	3.47	1.10	1.36	3.07	3.07	0.93
OCT	1.07	2.88	0.74	0.89	2.50	2.50	0.60
NOV	0.82	2.13	0.22	0.55	1.90	1.90	0.17
DIC	0.33	1.42	0.07	0.32	1.24	1.24	0.03

FUENTE: Cuadros 20, 22, 24, 26, 28.

CUADRO 34. Datos climatológicos registrados en la Estación Agrometeorológica de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso.

MES	TEMPERATURAS (°C)				HUMEDAD RELATIVA MEDIA (%)
	Máxima	Mínima	Mín. abs	Media	
Enero	26,8	11,5	8,40	15,30	67,00
Febrero	26,6	11,2	7,80	15,90	70,00
Marzo	25,6	9,8	5,30	17,70	73,00
Abril	27,7	8,1	3,60	15,40	77,00
Mayo	19,9	7,4	2,70	13,65	82,00
Junio	16,9	5,8	0,90	11,35	83,00
Julio	16,8	5,5	0,40	11,15	82,00
Agosto	18,2	5,8	0,10	12,00	80,00
Septiembre	19,7	6,9	2,40	13,30	79,00
Octubre	21,9	8,2	3,30	15,05	76,00
Noviembre	24,7	9,1	5,20	16,90	70,00
Diciembre	26,2	10,7	6,70	18,45	68,00

MES	Centesimales	HORAS DE SOL		RADIAZION SOLAR (cal/cm ² /día) Glover
		Teóricas	Medidas	
Enero	0,27	14,20	10,37	544,41
Febrero	0,23	13,50	10,40	513,86
Marzo	0,23	12,50	9,63	430,53
Abril	0,40	11,50	6,90	280,26
Mayo	0,55	10,50	4,73	174,25
Junio	0,50	10,00	5,00	153,34
Julio	0,49	10,20	5,20	160,39
Agosto	0,54	10,90	5,01	211,38
Septiembre	0,56	11,90	5,24	279,69
Octubre	0,52	12,90	6,19	366,49
Noviembre	0,40	13,00	8,28	472,00
Diciembre	0,19	14,30	11,58	595,19

Fuente: Mapa agroclimático, INIA.

CUADRO 34 (Continuación).

MES	PRECIPI-TACION mm	EVAPORACION mm	VIENTO km/h	DEFICIT DE SATURACION milibares
Enero	2,5	832	6,66	11,76
Febrero	6,3	159	6,85	10,69
Marzo	2,2	121	5,74	8,81
Abriil	12,4	90	4,63	6,23
Mayo	77,4	45	4,26	4,05
Junio	125,4	38	4,63	3,27
Julio	86,2	44	5,00	3,44
Agosto	78,4	56	5,37	4,10
Septiembre	25,0	70	6,11	4,79
Octubre	13,0	126	6,48	6,15
Noviembre	4,8	185	7,59	8,95
Diciembre	2,8	195	7,96	10,88

Fuente: Mapa agroclimático, INIA.

FIGURAS

FIGURA N° 1. Diagrama de las instalaciones de la Estación Aerometeorológica de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso.

FIGURA N° 2. Gráfico de los errores de las estimaciones de la temperatura media diurna (TD') entregadas por el modelo de regresión: $TD' = B_0 + B_1 * T_{\text{máx}} + B_2 * T_{\text{min}}$ desarrollado en base a la información climática disponible en la estación agrometeorológica de Quillota durante el periodo 1988-1989.

FIGURA N° 3. Resultados de la regresión lineal desarrollada para comparar las estimaciones de ETo entregadas por el método modificado de PENMAN con los registros de ETo obtenidos desde el lisímetro de la estación meteorológica de Davis durante el periodo 1965-1971.

FIGURA N° 4. Resultados de la regresión lineal desarrollada para comparar las estimaciones de ETo entregadas por el método modificado de BLANEY-CRIDDLE con los registros de ETo obtenidos desde el lisímetro de la estación meteorológica de Davis durante el periodo 1965-1971.

FIGURA N° 5. Resultados de la regresión lineal desarrollada para comparar las estimaciones de ETo entregadas por el método modificado de MAKKINK con los registros de ETo obtenidos desde el lisímetro de la estación meteorológica de Davis durante el periodo 1965-1971.

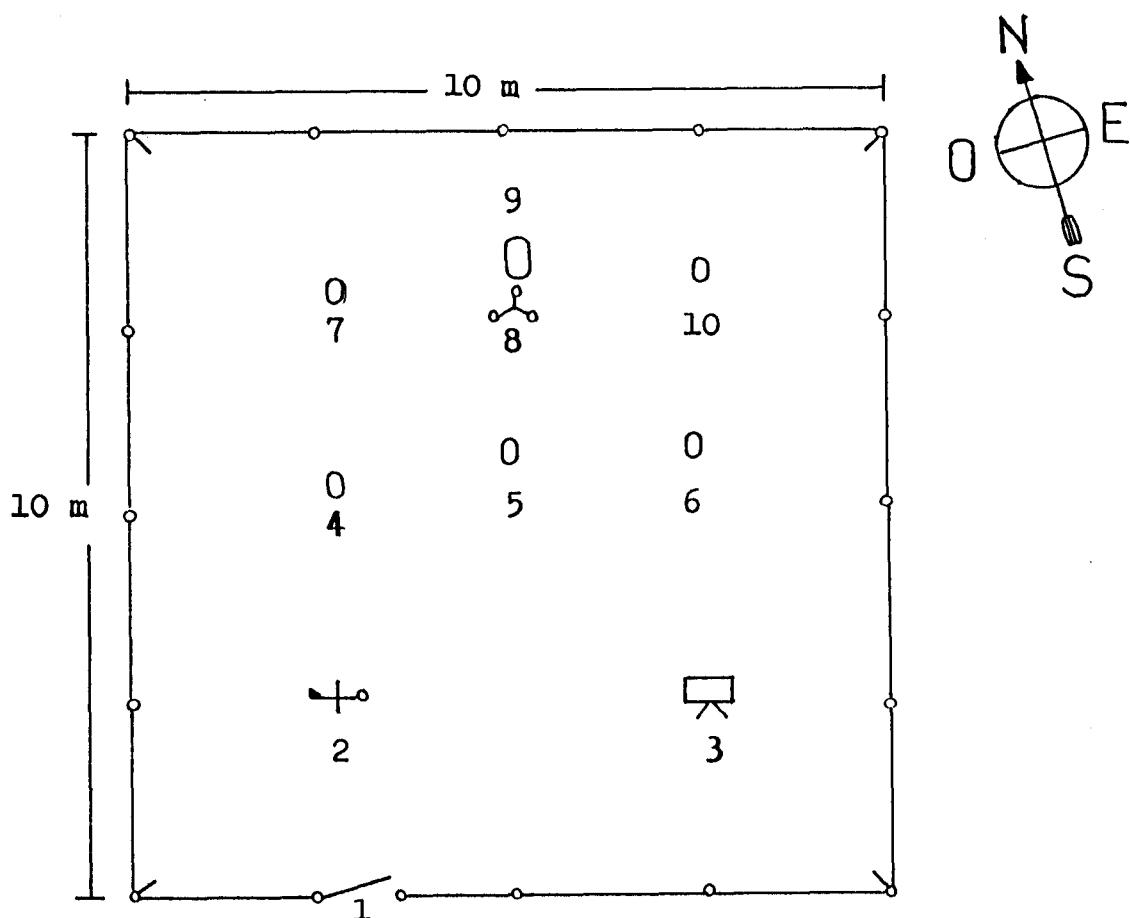


FIGURA 1. Diagrama de las instalaciones de la Estación Agrometeorológica de Quillota (Escala 1:100).

- SIMBOLOGIA:**
1. Acceso
 2. Vela Wind
 3. Cobertizo Meterológico
 4. Actinógrafo
 5. Evaporímetro de Piché
 6. Heliógrafo
 7. Pluviómetro
 8. Anemómetro de cazoletas
 9. Bandeja Evaporimétrica Clase A
 10. Pluviógrafo

FIGURA 2. Gráfico de los errores de las estimaciones de la temperatura media diurna (TD') entregadas por el modelo de regresión: $TD' = \beta_0 + \beta_1 * T_{\text{máx}} + \beta_2 * T_{\text{min}}$ desarrollado en base a la información climática disponible en la estación agrometeorológica de Quillota durante el período 1988-1989.

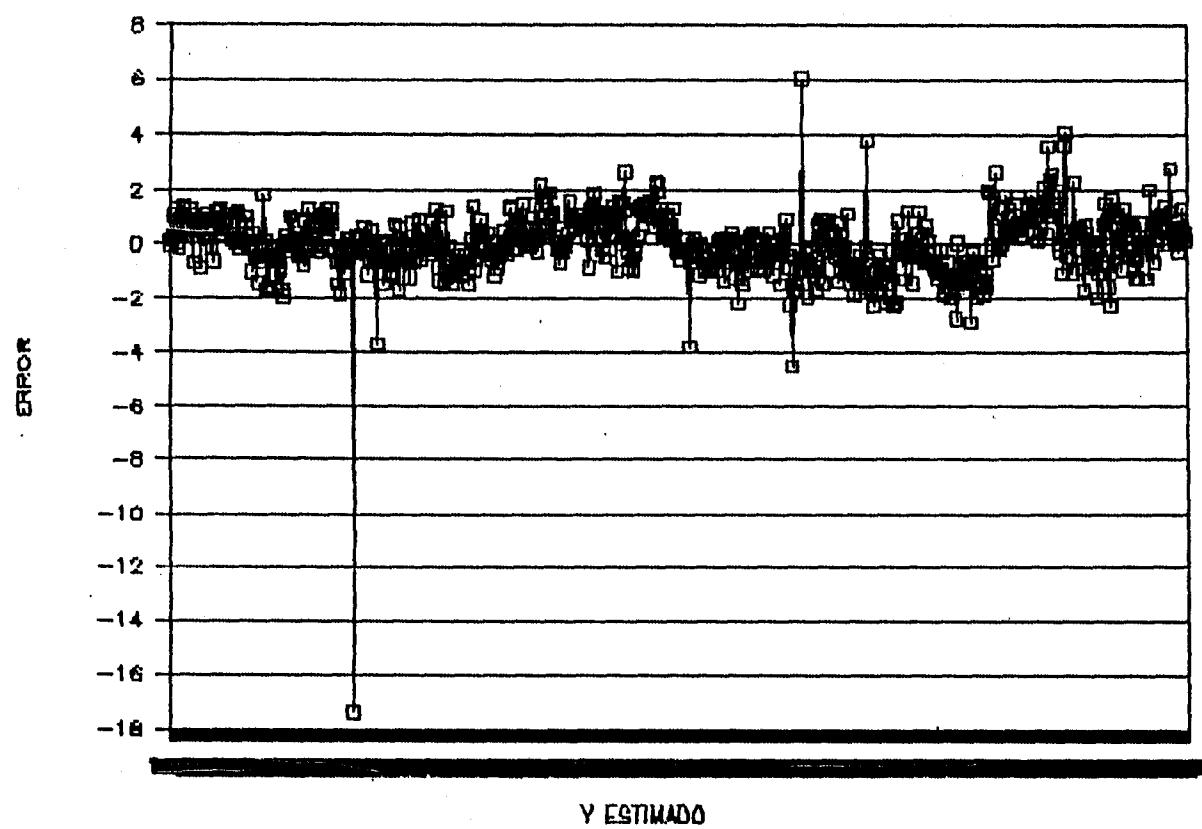
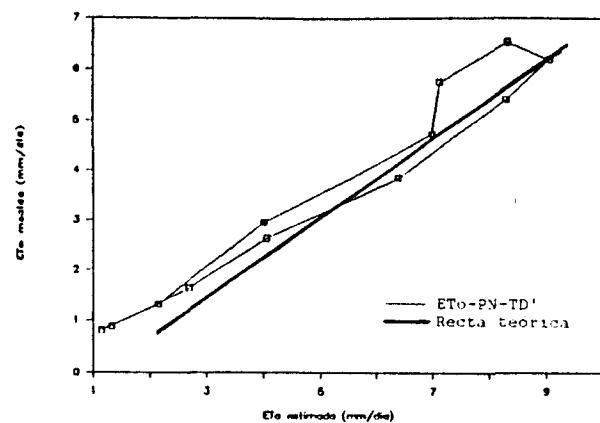
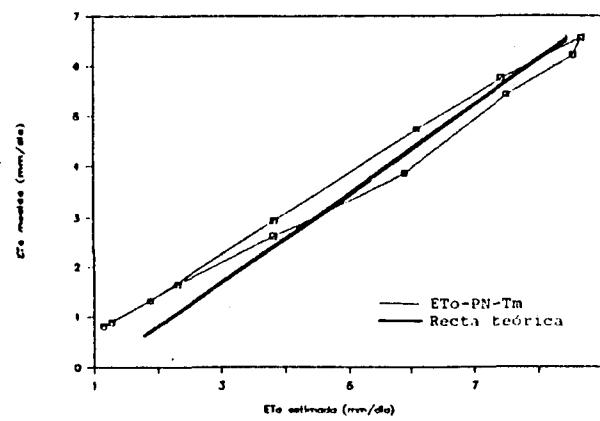


FIGURA N° 3. Resultados de la regresión lineal desarrollada para comparar las estimaciones de ETo entregadas por el método modificado de PENMAN con los registros de ETo obtenidos desde el lisímetro de la estación meteorológica de Davis durante el período 1965-1971.

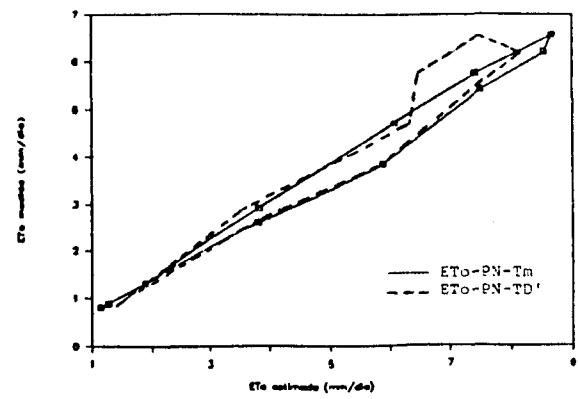
(a)



(b)



(c)



SÍMBOLOGIA:

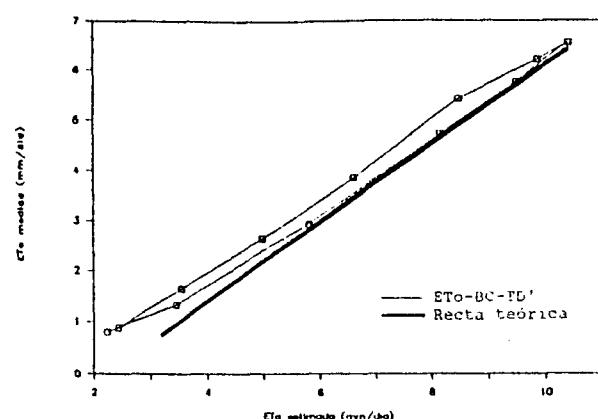
(a) ETo PN-TD': valores estimados de ETo en base al modelo modificado de PENMAN utilizando la temperatura media diurna (T_d').

(b) ETo PN-Tm: valores estimados de ETo en base al modelo modificado de PENMAN utilizando la temperatura media diaria (T_m).

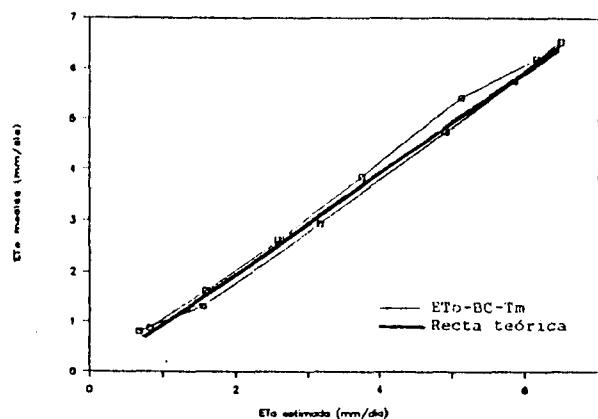
(c) Comparación de ambos procedimientos de desarrollo del modelo modificado de PENMAN.

FIGURA N° 4. Resultados de la regresión lineal desarrollada para comparar las estimaciones de ETo entregadas por el método modificado de BLANEY-CRIDDLE con los registros de ETo obtenidos desde el lisímetro de la estación meteorológica de Davis durante el periodo 1965-1971.

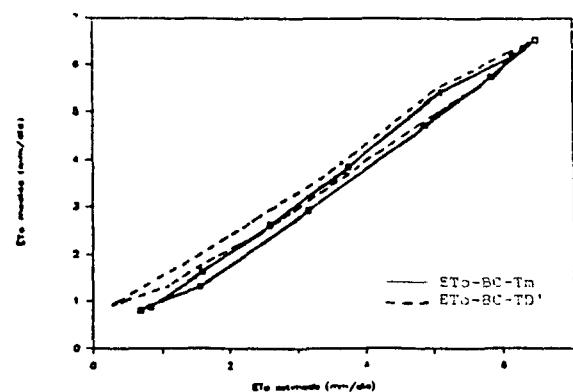
(a)



(b)



(c)

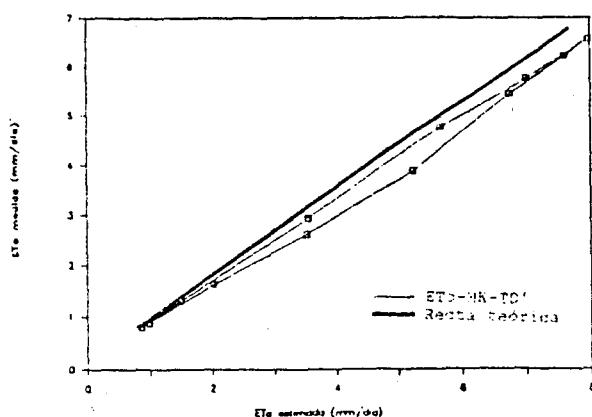


SIMBOLISMO:

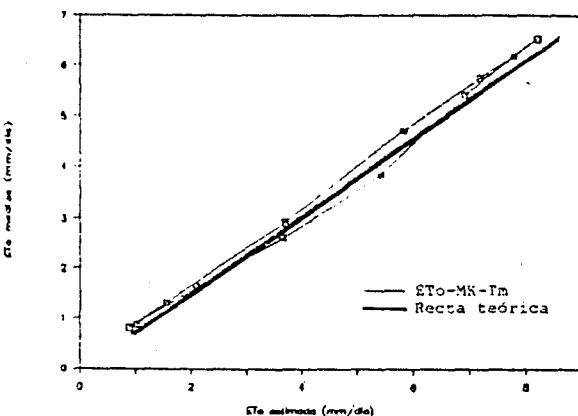
- (a) ETo BC-TD': valores estimados de ETo en base al modelo modificado de BLANEY-CRIDDLE utilizando la temperatura media diurna (TD').
- (b) ETo BC-Tm: valores estimados de ETo en base al modelo modificado de BLANEY-CRIDDLE utilizando la temperatura media diaria (Tm).
- (c) Comparación de ambos procedimientos de desarrollo del modelo modificado de BLANEY-CRIDDLE.

FIGURA N° 5. Resultados de la regresión lineal desarrollada para comparar las estimaciones de ETo entregadas por el método modificado de MAKKINK con los registros de ETo obtenidos desde el lisímetro de la estación meteorológica de Davis durante el periodo 1965-1971.

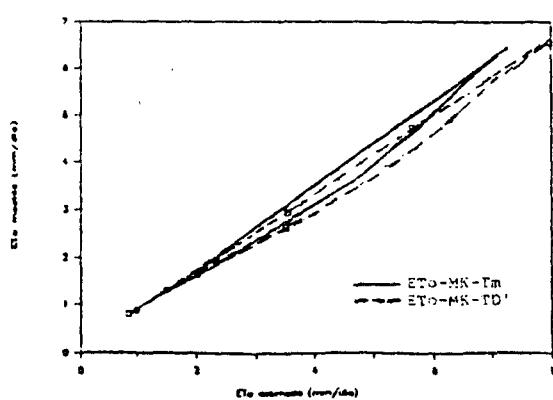
(a)



(b)



(c)



SIMBOLOGIA:

(a) ETo MK-TD': valores estimados de ETo en base al modelo modificado de MAKKINK utilizando la temperatura media diurna (T_D').

(b) ETo MK-Tm: valores estimados de ETo en base al modelo modificado de MAKKINK utilizando la temperatura media diaria (T_m).

(c) Comparación de ambos procedimientos de desarrollo del modelo modificado de MAKKINK.