

EVALUACION Y CARTOGRAFIA DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL EN LA ZONA DE CLIMAS MEDITERRANEOS DE CHILE.

Horacio Merlet B.,² Fernando Santibáñez Q.²

RESUMEN

Se estimaron valores de evapotranspiración potencial mensual mediante 5 fórmulas empíricas basadas en variables climáticas. Estas ecuaciones se aplicaron en 91 estaciones meteorológicas distribuidas en la zona central de Chile, entre los paralelos 29° y 39° latitud sur. Las fórmulas utilizadas fueron: *Evanov*, *Turc*, *Blanney-Criddle*, *Radiación* y *Penman*.

Se consideró como método de referencia la fórmula de Penman. En los lugares donde no se pudo aplicar esta fórmula se usó otro método, seleccionado de acuerdo a la disponibilidad de información, el cual se corrigió según coeficientes obtenidos en otro lugar, fisiográficamente similar y donde se pudo aplicar la fórmula de Penman.

Los resultados obtenidos se llevaron a una carta escala 1:1.000.000, la cual se superpuso a un mapa ipzométrico realizado de manera de extrapolar espacialmente la información de ETp considerando la ubicación de la estación, área de influencia, posición fisiográfica y otros accidentes topográficos. Se trazaron cartas mensuales, de modo que, por simple interpolación es posible estimar este parámetro y construir la curva anual de ETp para cualquier punto de la zona cubierta por el estudio.

SUMMARY

Monthly values of potential evapotranspiration (ETP) were estimated by 5 empirical formulae based on climatic parameters. These equations were tested in 91 meteorological stations in the Central Zone of Chile, between 29° and 39° South lat. The formulae used were: *Ivanov*, *Turc*, *Blanney-Criddle*, radiation method, and *Penman*.

The Penman method was used as the standard to evaluate the 4 others. In those sites where the data were insufficient to evaluate the Penman formula, another method was used and its values were corrected by adjustment coefficients determined in zones physiographically similar and having all the necessary data.

The results were plotted on a 1:1.000.000 chart which was superposed upon a colored ipzometric map, so as to extrapolate the ETP values in the region, according to the station location, area of influence, physiographic position and topographical accidents. Monthly charts were made in which by simple interpolation it is possible to estimate this parameter and build the annual ETP curve anywhere in the region.

1. INTRODUCCION

Recepción de originales: 26 de noviembre de 1986.

Ing. Agr. e Ing. Agr., Dr., respectivamente, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, U. de Chile, Departamento de Ingeniería y Suelos, Casilla 1004, Santiago, Chile.

Actualmente, la superficie regada con una seguridad del 85% es de 1.200.000 há (*Ministerio de Agricultura, Chile* 1981), y cerca de 800.000 há con riego eventual,

lo que da un total de alrededor de dos millones de hectáreas que cuentan con infraestructura de riego. Para el año 2.000 se pretende expandir el área bajo riego a dos millones quinientas mil hectáreas (Court, 1974).

A través de este estudio se evalúa la evapotranspiración potencial la que es tratada cartográficamente, de manera que

por simple interpolación se pueda obtener el valor de este parámetro, en cualquier punto del área estudiada y para cualquiera época del año.

Se incluyen, además, algunas consideraciones respecto de la relación entre la evapotranspiración y la producción de los cultivos.

2. ASPECTOS GENERALES SOBRE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL

El término evapotranspiración comprende dos procesos de diferente naturaleza, por un lado la evaporación desde una superficie de agua o de suelo, controlada completamente por leyes físicas, y por otro, la evaporación o transpiración que ocurre en los tejidos vegetales, principalmente hojas, en el que intervienen, además, procesos de tipo fisiológicos (Peña y Schneider, 1978).

El agua es uno de los principales factores limitantes de la producción vegetal en climas áridos (Lemon, 1965). Cuando la provisión de agua en el suelo es escasa, la planta reduce la transpiración cerrando los estomas, lo que se traduce entre otros efectos en un aumento en la resistencia a la difusión gaseosa, con la consecuente disminución de la fotosíntesis y del transporte de minerales desde las raíces a los puntos de crecimiento (Norero, 1976, Saugier, 1982). La disminución de turgor asociado al déficit hídrico en el vegetal provoca una disminución en las tasas de expansión y división celular, lo que frena el crecimiento (Acevedo et al., 1971). A pesar de la importancia del agua como regulador de una serie de procesos vinculados al crecimiento, sólo un pequeño porcentaje del agua absorbida por las raíces pasa a formar parte de los tejidos de la planta, siendo el resto evaporado a la atmósfera (Pennig de Vries, 1983). Por esta causa, la intensidad y cantidad de agua que se evapora de las plantas determina las necesidades hídricas de los cultivos, que permiten garantizar una producción máxima. De este hecho deriva la

importancia de conocer con exactitud los requerimientos de evapotranspiración.

La noción de evapotranspiración potencial (ETp), fue introducida por Thornwaite en 1944, quien la definió como "la transferencia total de agua desde una cubierta vegetal homogénea, creciendo activamente sobre un suelo sin restricción hídrica".

El concepto de evapotranspiración potencial sigue vigente a pesar que en los últimos 10 años se ha preferido hablar de evapotranspiración de referencia, teniendo en cuenta que cultivos con diferente características aerodinámicas tienen diferente evapotranspiración, aun cuando se cumplen los requisitos de cobertura y humedad del suelo definidos para ETp. Esto es de especial relevancia en climas secos con efecto advectivo importante (Doorenbos y Pruitt, 1975).

La evapotranspiración que ocurre en una situación particular de cultivo es distinta de la evapotranspiración de referencia (ETo), en la medida que actúen algunas restricciones tales como cobertura incompleta del suelo, déficit hídrico en el suelo, impedimentos físicos o fisiológicos para la absorción o la transpiración del agua.

Durante las primeras fases del ciclo de crecimiento de un cultivo, normalmente las restricciones son debidas a una cobertura incompleta del suelo, de modo que en ese caso la evapotranspiración del cultivo (ETc) se relaciona con la evapotranspiración de referencia (ETo) según la clásica ecuación:

$$ET_c = K_c \cdot E_{To}$$

Esta ecuación considera un abastecimiento de agua en el suelo no limitante, de modo que ET_c es equivalente a la evapotranspiración máxima para las condiciones de cobertura del cultivo:

$$ET_c \cong ET_{max}, \quad \text{luego:}$$

$$ET_{max} = K_c \cdot E_{To}$$

En los estados de cobertura incompletos el valor de ET_{max} es estrechamente regulado por el índice de área foliar (IAF) y las propiedades aerodinámicas del cultivo, de modo que el coeficiente K_c sintetiza ambos efectos. El IAF se relaciona estrechamente con el grado de cobertura del suelo (COB) y, por lo tanto, con la interceptación de radiación solar por parte de la cubierta vegetal:

$$R/R_o = 1 - a \cdot \exp[-b \cdot (IAF)] \cong COB$$

Si se considera que la evapotranspiración varía linealmente con la radiación interceptada por la cubierta vegetal y que las propiedades aerodinámicas intrínsecas de la especie vegetal no varían apreciablemente a través del ciclo, el K_c necesariamente está estrechamente asociado a la cobertura.

$$ET_{max} = COB \cdot E_{To}$$

El valor de la evapotranspiración de referencia considera un cultivo hipotético el cual no necesariamente representa a las características aerodinámicas de un cultivo determinado. La consecuencia de esto es que la ET_{max} de este cultivo puede ser ligeramente distinta de E_{To} en el estado de pleno desarrollo, lo que se transmite a través de las distintas fases del cultivo. Esto explica que un cultivo pueda tener ET_{max} superior a E_{To} en el momento de plena cobertura del suelo ($K_c > 1$), lo que hace incluir un coeficiente F_c que sería equivalente al K_c máximo y que introduce esta corrección:

$$ET_{max} = COB \cdot E_{To} \cdot F_c$$

Considerando el papel de la transpiración sobre la fisiología de la planta y que los factores que regulan la ET y la fotosíntesis a nivel de cultivo son los mismos, el conocimiento cuantitativo de la ET puede conducir a estimar la productividad vegetal.

2.1 Relaciones entre la ET y la productividad vegetal

En condiciones de secano y aun en condiciones de riego, la ET es uno de los factores que más influye sobre el rendimiento de los cultivos.

Existen diferentes aproximaciones que relacionan cuantitativamente la productividad del cultivo con la evapotranspiración. A escala de los grandes ecosistemas terrestres *Lieth* (1975) propone la relación siguiente:

$$P = 3000 \cdot [1 - \exp(-9.695 \cdot 10^{-4} \cdot (ET - 20))]$$

P : productividad ($g \cdot m^{-2} \cdot \text{año}^{-1}$)

ET : evapotranspiración anual (cm)

A nivel de cultivo las relaciones más utilizadas han sido aquellas basadas en el concepto de eficiencia del uso del agua (EUA), funciones de producción y modelos empíricos.

La EUA supone una proporcionalidad constante entre la producción de materia seca y agua transpirada (T) (*Fischer y Turner*, 1978), de modo que:

$$P = EUA \cdot T$$

Valores de EUA para diferentes cultivos pueden encontrarse en las publicaciones de *Van Keulen* 1975 y *Arkley* 1982.

Aproximaciones bastante utilizadas son las funciones de producción que relacionan la evapotranspiración relativa con la producción de los cultivos. La linealidad de estas funciones las hace fácilmente utilizables, siendo, en general, de la forma siguiente:

$$P/P_o = a + b \cdot ET/ET_{max}$$

$$1 - (P/P_o) = (1 - ET/ET_{max}) \cdot K_y$$

donde P es la producción real, P_o es la producción máxima y K_y corresponde a un factor de rendimiento que depende del cultivo.

Una recopilación de estas funciones de producción fue realizada por *Doorenbos y Kassam* (1979).

Los modelos empíricos buscan rela-

cionar la intensidad y el momento de ocurrencia del déficit de evapotranspiración a través del ciclo de desarrollo del cultivo con la producción. Esto permite introducir variaciones dinámicas con la sensibilidad del cultivo frente al déficit hídrico en las distintas fases del desarrollo. Dentro de estos modelos los hay de concepción aditiva y multiplicativa:

$$R/R_o = \sum_{i=1}^h \alpha_i (ET/ET_{max})$$

$$R/R_o = \prod_{i=1}^h [(ET/ET_{max})_i]^{\gamma_i}$$

En estos modelos α_i y γ_i representan la sensibilidad del cultivo durante la fase fenológica i .

La aplicación de estas relaciones, lo mismo que la estimación de las necesidades de riego de un cultivo determinado en cualquiera área requiere del conocimiento cuantitativo de la evapotranspiración de referencia y sus variaciones espaciotemporales. Este es el objetivo de los capítulos que siguen.

3. METODOS

El presente estudio abarca toda la zona central de Chile, desde el límite norte de la IV Región, 29° lat. sur, hasta el límite sur de la IX Región, 39° lat. sur. Y desde la alta cordillera por el este, hasta la costa del Océano Pacífico por el oeste.

Los antecedentes climáticos de la zona de estudio provienen de una recopilación efectuada por personal del laboratorio de agroclimatología de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile. Se recopilaron datos climáticos de aproximadamente 100 estaciones atendidas por: Dirección Meteorológica de Chile (DMC), Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), Dirección General de Aguas (DGA) y Empresa Nacional de Electricidad (ENDESA). Se usó, además, los antecedentes meteorológicos recopilados a través del Proyecto CHI-535, Investigación de Recursos Hidráulicos en la IV Región de Chile (Chile, 1978).

Las estaciones meteorológicas se seleccionaron de manera que tuvieran, a lo menos, información de temperatura y humedad relativa. Estas estaciones se presentan en el Anexo I.

Antes de usar la información climática se procedió a validarla eliminando los valores anómalos y a normalizarla en forma gráfica. Luego se procedió a ingresar los promedios mensuales de las series de cada variable y estación en un archivo magnético.

Los cálculos de la evapotranspiración potencial de todas las estaciones se efectuaron en un computador IBM 370, perteneciente a la Universidad de Chile, por medio de un programa escrito en lenguaje FORTRAN. Para el cálculo de la ETp se utilizaron los cuatro métodos propuestos por *Doorenbos y Pruitt* (15). el método 1 está basado en la fórmula desarrollada por *Blannet y Criddle*, el método 2 es el Método de la Radiación, el método 3 se basa en la fórmula de *Renman* y el método 4 es el Método del Evaporímetro de Bandeja. Además se utilizaron las fórmulas desarrolladas por *Ivanov y Turc*, extractadas de un informe editado por *Jensen* (25). Estos últimos tienen la virtud de necesitar poca información climática para la predicción de la evapotranspiración potencial.

3.1 Métodos de cálculo de la ETp

A continuación se describen brevemente los métodos de estimación de ETp que se utilizaron en este estudio.

3.1.1 Método de Blannet y Criddle (1).

Se expresa por la siguiente relación:

$$ETp = a + b * P (0.46 T + 8.13)$$

- ETp : evapotranspiración potencial (mm/mes).
 a y b : funciones de ajuste, dependen de la humedad relativa mínima media mensual, de la heliofanía relativa y de la velocidad del viento a 2m de altura.
 P : fracción diaria de las horas de luz anuales (°/o).
 T : temperatura media mensual (°C).

3.1.2 Método de la radiación (2).

La evapotranspiración potencial expresada en mm/mes se determina por la siguiente ecuación:

$$ETp = a + b * W * Rs$$

- a : constante.
 b : constante de ajuste, función de la velocidad del viento, humedad relativa media mensual, radiación solar, temperatura media mensual y de la altitud.
 W : factor de ponderación por temperatura y altitud.
 Rs : radiación solar expresada en equivalentes de evaporación.

3.1.3 Método de Penman (3).

Se expresa mediante:

$$ETp = a + b [W * Rn + (1 - W) *$$

$$(F(U_2) * (e_a - e_d))]$$

- ETp : evapotranspiración potencial (mm/mes).
 a y b : coeficientes, funciones de la velocidad del viento, humedad relativa máxima y de la radiación solar.
 W : factor de ponderación por temperatura y altitud.
 Rn : radiación neta en equivalentes de evaporación.
 F(U₂): función de la velocidad del viento a 2m de altura.
 (e_a-e_d): déficit de presión de vapor.

3.1.4 Método del evaporímetro de bandeja (4).

La ETp se determina por la siguiente ecuación:

$$ETp = Ev * Kp$$

- Ev : evaporación de agua de la bandeja.
 Kp : factor de corrección, función de la humedad relativa media mensual, velocidad del viento y condiciones de instalación del evaporímetro.

3.1.5 Fórmula de Ivanov (5).

Se expresa por la siguiente relación:

$$ETp = 0,018 (25 + \bar{T})^2 * (100 - HR)$$

- ETp : evapotranspiración potencial (mm/mes).
 T : temperatura media mensual (°C).
 HR : humedad relativa media mensual (°/o).

3.1.6 Fórmula de Turc (6).

Se expresa mediante la relación:

$$ETp = 0,013 * \frac{T}{T + 15} * \frac{65 + HR}{(Rs + 50) * (1 + \frac{65 + HR}{120})}$$

- ETp : evapotranspiración potencial (mm/mes).
 T : temperatura media mensual (°C).
 HR : humedad relativa media mensual (°/o).
 Rs : radiación solar (Ly/día).

Se consideró que la fórmula de *Penman*, por tener una gran base física en su desarrollo, es la de mayor confiabilidad para las condiciones existentes en la zona de estudio. Por ello, en los lugares donde se pudo aplicar esta fórmula se tomó ésta como método de referencia. En los lugares donde no se pudo aplicar, se usó otro método de acuerdo a la disponibilidad de información, el cual se corrigió según los coeficientes de una regresión obtenidos en

otro lugar de referencia, fisiográficamente similar, en el cual se pudo aplicar la fórmula de *Penman*. En la Fig. 1 se muestran las regresiones entre la fórmula de *Penman* y las otras fórmulas utilizadas en algunas localidades.

Los resultados obtenidos en la aplicación de los métodos de estimación de ETp en cada estación meteorológica se llevaron a una carta escala 1:1.000.000, la cual se sobrepuso a un mapa de relieve realizado

de la región. De esta manera se pudo extrapolar espacialmente la información de ETp considerando la ubicación de la estación, área de influencia, posición fisiográfica, cercanía al mar e incluso la longitud del período de observaciones climáticas con que contaba cada estación. Se confeccionaron 12 cartas de evapotranspiración potencial, una por cada mes del año, de manera de poder construir la curva anual de ETp para cualquier punto de la zona de estudio.

4. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Debido a la estacionalidad climática que presenta la zona de estudio, los valores mensuales de la ETp varían en forma extrema en los meses de enero y julio, presentando valores máximos y mínimos, respectivamente. Esto sucede prácticamente en todas las localidades dentro de la región (Fig. 2).

En la Carta de la ETp anual se presenta el trazado de este parámetro. En ella se puede observar, en general, que las tendencias son muy similares a las tendencias mensuales.

A grandes rasgos, las isóneas tienen una dirección norte-sur y a medida que avanzan al sur se juntan en la parte central del país, llegando incluso a cerrarse, formando centros de alta ETp en la depresión intermedia.

En la Fig. 3 se presenta la variación de la ETp en sentido longitudinal. Por el sector costero fluctúa entre 1.100 mm/año y 800 mm/año, correspondiendo a las localidades de La Sereña y Puerto Saavedra, respectivamente. Por el sector central del país esta variación es bastante amplia. Comienza con valores de 1.600 mm en los valles interiores de la IV Región, llegando a valores inferiores a 900 mm/año al sur de Temuco, en la IX Región de Chile.

En sentido transversal la variación de la ETp adquiere una forma típica, la que se mantiene a todo lo largo de la zona de

estudio. Esta forma refleja la ocurrencia de mayores temperaturas y radiación solar en el sector central. De manera que al avanzar hacia la cordillera o en dirección al mar estas variables climáticas disminuyen y, por consiguiente, la evapotranspiración potencial también.

En la IV Región, en los valles de los ríos Elqui y Limarí, los valores de la ETp anual superan los 1.400 mm/año. En los Andes. San Felipe y zona norte de la Región Metropolitana la ETp es de algo más de 1.300 mm/año. Hacia el sur de Santiago, entre las localidades de Rancagua y Los Angeles la ETp es de aproximadamente 1.100 mm/año, salvo las zonas de Rapel y Cauquenes que superan los 1.200 mm/año. Por último, detrás de la Cordillera de Nahuelbuta, entre las localidades de Angol y Lumaco la ETp es de 1.000 mm/año, para luego bajar a 900 mm un poco más al sur.

Al analizar la cartografía de ETp es posible encontrar centros que destacan en el monto de la ETp anual en relación a los sectores aledaños.

Entre estos lugares con aumento relativo de importancia se hace necesario reseñar una breve descripción del fenómeno para los siguientes centros:

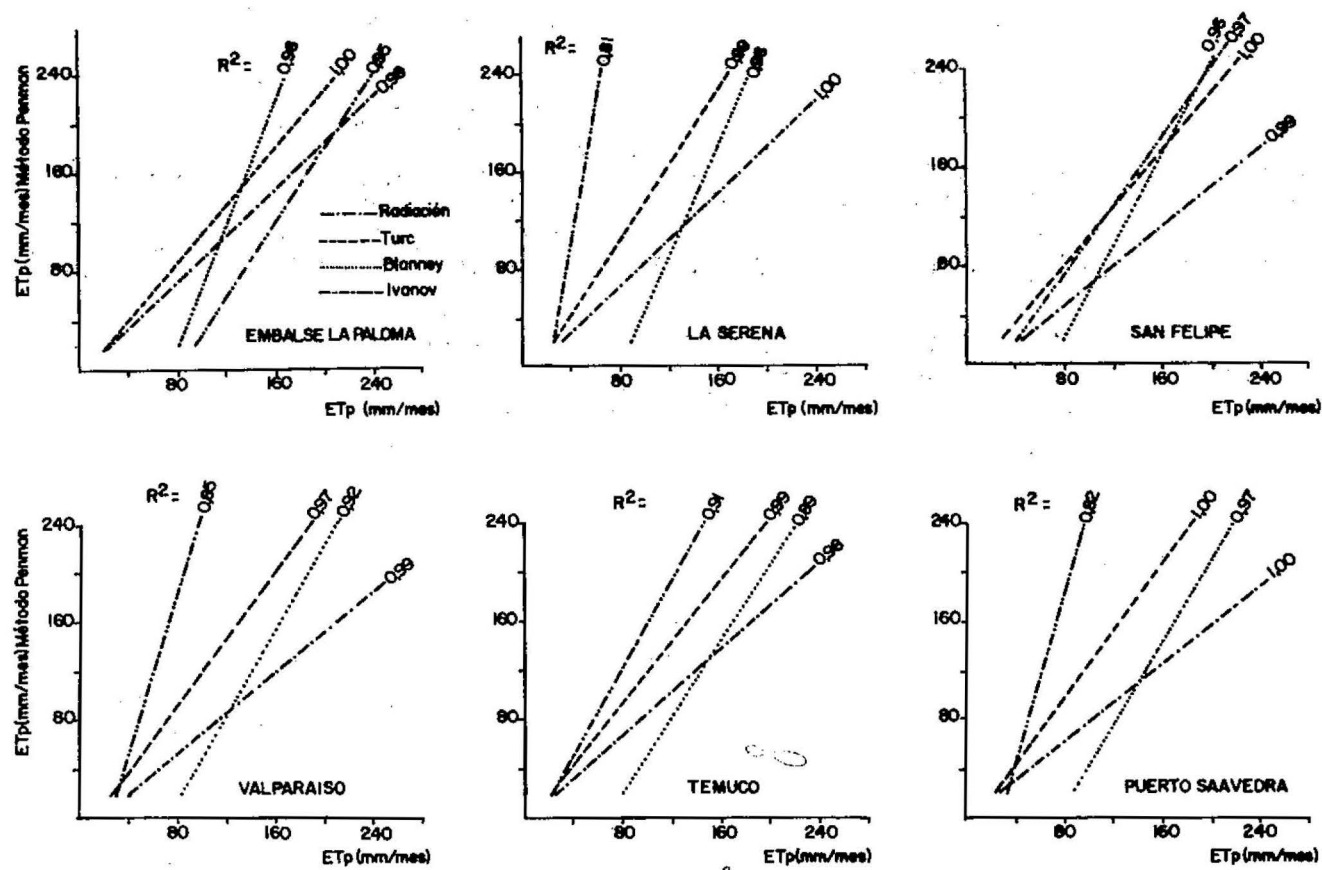
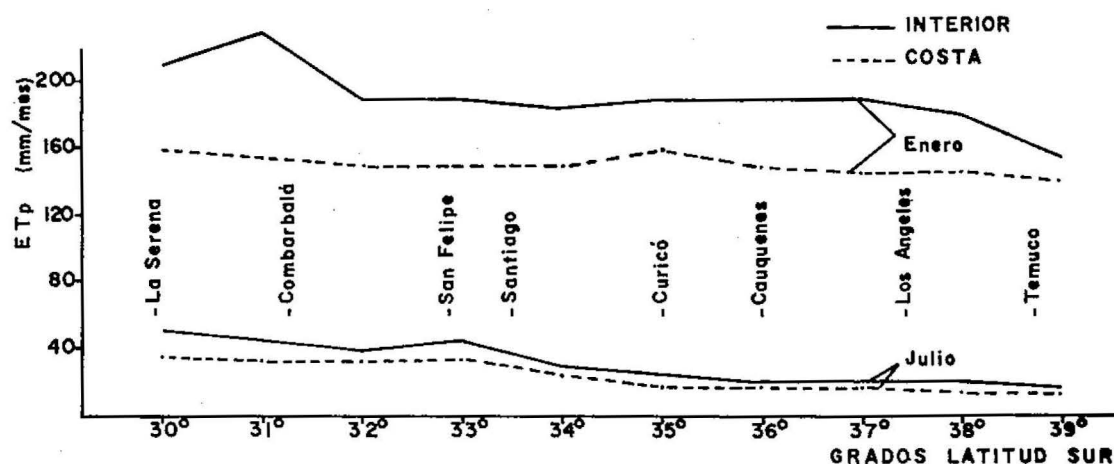
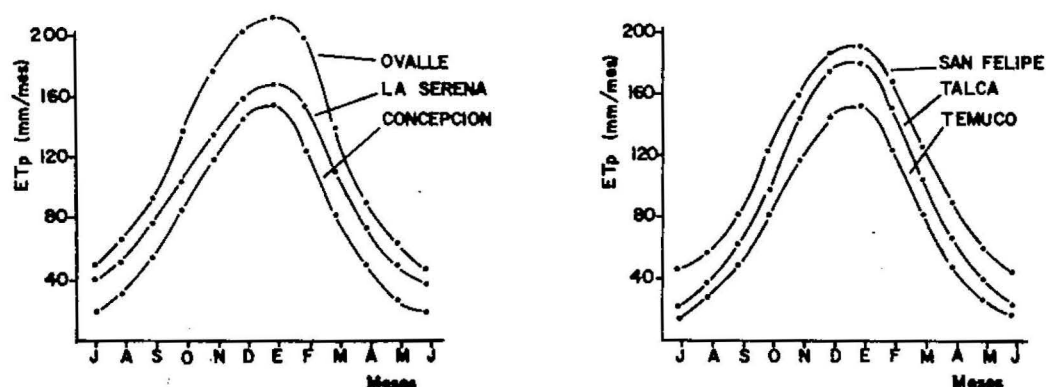


Fig. 1. Regresiones y coeficientes de correlación entre ETp según método de *Penman* y ETp según los métodos de *Radiación*, *Blanney*, *Ivanov* y *Turc*.



1) sector Embalse La Paloma y Recoleta; en estos valles ubicados en la IV Región se alcanzan valores superiores a los 1.600 mm/año debido a la orientación norte-sur de ellos;

2) sector San Felipe - Los Andes; el sector mencionado supera los 1.300 mm/año debido a la protección brindada por las altas cumbres que lo circunciben, en especial las ubicadas hacia el oeste de San Felipe, lo que reduce la ventilación del sector;

3) sector Batuco; al igual que el centro de San Felipe este sector supera los 1.300 mm/año debido a las condiciones fisiográficas de cuenca en que se ubica;

4) sector Marchigüe, ubicado en el secano de la VI Región, este centro supera los 1.200 mm/año debido a una combinación de dos factores debidos a la presencia de la Cordillera de la Costa, que por una parte frena la influencia oceánica y por otra crea efectos föhn en las laderas orientales, y

5) sector de Cauquenes, ubicado en el secano de la VII Región, se explica su ocurrencia por los mismos factores que el anterior.

Las cartas 1 a 12 del Anexo III presen-

tan la configuración de isolíneas de ETp o de referencia para los 12 meses del año. El Anexo II presenta los valores de la ETp mensual para una serie de localidades seleccionadas.

6. BIBLIOGRAFIA

- ACEVEDO, E. y HSIAO, T.C. y HENDERSON, D.W. 1971. Immediate and subsequent growth responses of maize leaves to changes in water status. *Plant Physiology* 48:631-636.
- ARKLEY, R.J. 1982. Transpiration and Productivity. In: *CRC Handbook of agricultural productivity*. 209 p.
- CHILE. MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1981. Estadísticas agropecuarias 1975-1979. Santiago, Oficina de Planificación Agrícola. 402 p.
- CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION-DIRECCION GENERAL DE AGUAS-ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS. 1978. Proyecto CHI/69/535. Investigación de recursos hidráulicos en la IV Región. Antecedentes Meteorológicos. Santiago. 284 p.
- COURT, M. 1974. Plan nacional de riego para Chile. En: *Seminario Nacional de Riego y Drenaje*, 4º. Santiago, Chile. Actas Instituto Investigaciones Agropecuarias. 25 p.
- DOORENBOS, F. PRUITT, W.O. 1975. Crop water requirements. *FAO, Irrigation and Drainage paper* 24. 179 p.
- y KASSAM, A.H. 1979. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. *FAO, Riego y Drenaje, Boletín* 33. 212 p.
- GONZALEZ, N. 1976. Extensión en riego: situación actual y perspectivas para una acción futura. V *Seminario Nacional de Riego y Drenaje*. Santiago. Fac. de Agronomía, U. de Chile. En: *Publicaciones Misceláneas Agrícolas* Nº 13. pp. 381-407.
- JENSEN, M.E. 1973. Consumptive use of water and irrigation water requirements. A report prepared by the Technical Committee on Irrigation Water Requirements of the Irrigation and Drainage Division of the American Society of Civil Engineers. New York, N.Y. 10017. 215 p.
- LEITH, H. y WHITTKAKER. 1975. Primary productivity of the biosphere. *Ecological Studies* 14. Springer-Verlag.
- LEMON, E. 1965. Micrometeorology and the physiology of plants in their natural environment. In: *Plant Physiology, A Treatise* (F.C. Steward, Ed.). New York, Academic Press. 4: 203-227.
- NORERO, A. 1976. La evapotranspiración de los cultivos, aspectos agrofísicos. *Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y tierras*. 288 p.
- PENNING DE VRIES, F.W.T. 1983. Modeling of growth and production. In: *Langue, Nobel, Osmond and Ziegler Eds. Physiological plant ecology* 4. Ecosystem processes, mineral cycling, productivity on man's influence. Berlin, Springer-Verlag. pp. 117-150.
- PEÑA, O. SCHNEIDER, H. 1978. *Diccionario de climatología*. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Universidad Católica de Valparaíso. 288 p.
- SAUGIER, B. 1982. Photosynthèse et production: principes de modélisation et application à la prairie. In: *Acta Ecologica/Ecología Generalis* 3(1): 29-52.
- VAN KEULEN, H. 1975. Simulation of water use and herbage growth in arid region. *Simulation monographs*. PVDDC. Wageningen.

ANEXO I

Estaciones meteorológicas utilizadas

ESTACION	LAT.	LONG.	ESTACION	LAT.	LONG.
La Serena (aerop.)	29° 54'	71° 14'	Llallauquén	34° 15'	71° 26'
Punta Tortuga	29° 56'	71° 21'	Puente Arqueado	34° 17'	71° 21'
Rivadavia	29° 58'	70° 35'	Rengo	34° 24'	70° 52'
Almendral	29° 59'	70° 53'	San Fernando	34° 35'	71° 00'
Vicuña (C. Exp.)	30° 02'	70° 44'	Convento Viejo	34° 46'	71° 07'
Emb. La Laguna	30° 13'	70° 03'	Curicó	34° 58'	71° 13'
La Cortadera	30° 17'	70° 47'	Molina	35° 05'	71° 16'
Ovalle	30° 36'	71° 12'	Constitución	35° 20'	72° 25'
Emb. La Paloma	30° 42'	71° 04'	Talca	35° 26'	71° 40'
Puntilla San Juan	30° 42'	70° 55'	Punta Carranza	35° 36'	72° 38'
Molles de Bocatoma	30° 45'	70° 26'	Armerillo	35° 42'	71° 06'
El Tomé	30° 47'	70° 58'	Des. Lag. Invernada	35° 44'	70° 47'
Carén	30° 51'	70° 47'	Panimávida	35° 45'	71° 24'
Corral de Julio	31° 09'	71° 37'	Linares	35° 52'	71° 36'
Illapel (riego)	31° 38'	71° 11'	Cauquenes	35° 58'	72° 20'
La Tranquilla	31° 54'	70° 41'	Chillán (Esc. Agr.)	36° 36'	72° 06'
Zapallar	32° 32'	71° 28'	Punta Tumbes	36° 37'	73° 06'
Jahuel Baños	32° 41'	70° 39'	Talcahuano	36° 43'	73° 07'
San Felipe (SAG)	32° 46'	70° 43'	Concepción	36° 47'	73° 07'
Quintero (aerop.)	32° 47'	71° 32'	Concepción (Univ.)	36° 50'	73° 02'
El Cristo (FACH)	32° 50'	70° 00'	Concepción (Bell.)	36° 50'	73° 03'
El Sauce (Fundo)	32° 50'	70° 33'	Isla Sta. María	36° 59'	73° 32'
Los Andes	32° 50'	70° 36'	Polcura Embalsead.	37° 19'	71° 32'
Llay-Llay	32° 50'	70° 59'	Desag. Lago Laja	37° 22'	71° 22'
La Cruz (SAG)	32° 50'	71° 14'	Los Angeles D.O.S.	37° 28'	72° 21'
Juncal	32° 52'	70° 10'	Fundo Human	37° 28'	72° 19'
Quillota	32° 53'	71° 16'	Angol	37° 48'	72° 42'
Montemar	32° 57'	71° 33'	Angol (El Vergel)	37° 49'	72° 39'
Valp. Pta. Angeles	33° 01'	71° 38'	Pangue	37° 52'	71° 38'
Emb. Rungue	33° 02'	70° 54'	Ralco ENDESA	37° 53'	71° 37'
El Belloto	33° 03'	71° 24'	Contulmo	38° 02'	73° 13'
Quilpué	33° 03'	71° 27'	Victoria (FACH)	38° 13'	72° 21'
Viña Jardín Botan.	33° 03'	71° 29'	Troyo	38° 15'	71° 18'
Peñablanca (Hosp.)	33° 04'	71° 23'	Traiguén	38° 15'	72° 40'
El rincón	33° 05'	71° 23'	Isla Mocha	38° 21'	73° 58'
Llú-Llú	33° 06'	71° 13'	Lonquimay	38° 26'	71° 14'
Pudahuel (aerop.)	33° 23'	70° 48'	Carillanca (C. Exp)	38° 40'	72° 25'
Santiago (Qta. Nor)	33° 27'	70° 42'	Temuco	38° 45'	72° 35'
Los Cerrillos	33° 30'	70° 42'	Puerto Saavedra	38° 47'	73° 24'
El Bosque (aerop.)	33° 34'	70° 37'	Puerto Domínguez	38° 54'	73° 14'
Santo Domingo	33° 37'	71° 38'	Pucón	39° 16'	71° 58'
San José de Maipo	33° 39'	70° 22'	Loncoche (FACH)	39° 23'	72° 38'
Quelentaro	34° 02'	71° 35'	Central Pullínque	39° 35'	72° 13'
Sewell	34° 05'	70° 23'	Pichoy Aeródromo	39° 37'	73° 04'
Rancagua	34° 10'	70° 45'	Valdivia	39° 48'	73° 14'
Parrón	34° 12'	70° 30'			

ANEXO II

Evapotranspiración potencial leída de las cartas en algunas localidades seleccionadas,
en mm/mes

Localidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
La Serena	165	148	108	77	46	38	37	57	78	106	135	160	1.155
Vicuña	215	185	143	104	74	52	52	71	94	140	180	210	1.520
Andacollo	186	167	126	90	63	45	43	67	87	128	160	175	1.202
Ovalle	202	185	141	90	60	44	45	65	85	120	156	190	1.383
Montepatria	231	185	153	111	72	51	50	72	101	150	200	230	1.606
Punitaqui	205	171	131	90	58	44	44	64	84	120	156	190	1.357
Combarbalá	192	164	135	94	64	44	43	63	87	130	170	195	1.381
Illapel	180	171	125	92	62	43	42	62	84	118	165	180	1.324
Salamanca	195	165	126	92	65	43	42	65	83	127	165	185	1.353
La Ligua	170	150	115	74	48	40	38	58	79	107	140	165	1.184
San Felipe	195	170	127	92	60	47	45	63	87	125	160	190	1.361
Valparaíso	151	130	100	65	42	32	32	48	72	98	126	147	1.043
Quillota	180	151	117	80	50	39	38	57	79	113	150	170	1.224
Los Andes	193	171	132	93	64	48	46	62	85	121	162	190	1.367
Juncal	165	145	115	80	50	35	35	50	70	100	130	155	1.130
Curacaví	192	161	122	84	53	37	35	51	81	121	152	180	1.269
Santiago	194	172	132	85	53	38	33	55	76	116	154	184	1.292
Melipilla	183	144	115	75	44	32	31	45	71	112	145	172	1.169
Buín	193	167	125	83	48	36	32	52	73	113	153	182	1.257
S.J. de Maipo	190	160	122	82	51	35	35	51	80	111	150	170	1.237
Alhué	192	152	124	82	50	32	31	51	72	122	152	181	1.241
Rancagua	184	165	115	75	45	27	27	45	68	109	145	175	1.180
Marchihue	195	155	124	80	52	32	31	52	72	122	152	183	1.250
San Fernando	185	164	117	71	42	26	27	42	67	105	144	180	1.170
Curicó	192	164	114	67	38	25	25	41	67	107	144	183	1.167
Constitución	165	130	87	51	28	16	15	34	60	95	130	155	966
Talca	190	160	111	65	36	20	20	39	66	105	150	180	1.142
Linares	189	166	115	67	33	21	20	37	60	105	145	180	1.138
Cauquenes	195	175	120	73	37	23	19	41	65	106	144	183	1.181
Parral	186	168	117	68	33	21	20	39	60	105	143	180	1.140
Cobquecura	156	135	87	52	27	18	17	34	60	93	124	148	951
Chillán	192	172	114	63	37	24	19	39	65	104	143	182	1.154
Concepción	155	125	87	52	27	18	18	33	60	94	124	155	948
Cabrero	186	154	106	63	35	23	20	41	67	103	140	182	1.120
Yungay	186	151	106	65	35	18	18	40	67	104	136	175	1.101
Arauco	147	116	85	44	27	18	18	32	56	92	120	146	901
San Rosendo	182	144	100	62	32	22	22	40	66	103	136	175	1.084
Los Angeles	192	150	103	65	38	21	21	43	66	106	143	182	1.130
Angol	180	141	95	56	30	20	20	37	62	100	134	170	1.045
Lumaco	176	142	93	60	31	20	19	37	62	100	132	172	1.044
Victoria	158	130	88	50	28	20	18	33	57	85	110	170	947
Curacautín	151	115	81	44	24	15	16	31	55	81	104	135	852
Temuco	154	132	88	48	25	18	17	32	53	87	116	146	916
Pto. Saavedra	135	110	75	40	20	12	12	27	50	73	102	128	797
Freire	153	126	85	45	25	16	16	30	52	86	113	144	894
Cunco	145	120	81	47	26	16	16	31	52	81	110	135	860
Pucón	142	120	80	46	26	15	15	30	51	80	111	132	848
Loncoche	150	121	83	48	25	15	15	28	51	82	111	140	869

