

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA



AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL

## ***TÍTULO*** ***COMPARACIÓN DE LA APLICACIÓN*** ***DE METODOS PARA EL CÁLCULO*** ***DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN EN*** ***LA PROVINCIA DE ALICANTE***

TRABAJO FIN DE GRADO

ALUMNO/A: RICARDO PÉREZ SARRIÓN

TUTOR/A: M<sup>a</sup> DESAMPARADOS SORIANO SOTO

*Curso Académico: 2014-2015*

VALENCIA, FECHA 19 DICIEMBRE 2014

## **TITULO : COMPARACIÓN DE LA APLICACIÓN DE METODOS PARA EL CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN EN LA PROVINCIA DE ALICANTE.**

### **ABSTRACT**

The current job intends to study the climate characteristics of the province of Alicante from a standpoint of transpiration calculation using data from different climate stations which are present along the geography of the province of Alicante.

By means of collecting agro-climate data, transpiration is determined by the different methods of Penman-Monteith, Hargreaves, Turc and Thornthwaite with the aim of comparing the results obtained among those different methods and establish which are the most suitable values in order to determine the different studies of calculation of water necessities for the different cultivations present in the area.

### **RESUMEN**

El presente trabajo pretende estudiar las características climáticas de la provincia de Alicante desde el punto de vista del cálculo de la evapotranspiración utilizando los datos de las diferentes estaciones climáticas que están presentes a lo largo de toda la geografía de la provincia de Alicante.

Mediante la recogida de datos agroclimáticos, se determina la evapotranspiración por los distintos métodos de Penman-Monteith, Hargreaves, Turc y Thornthwaite con el fin de comparar los resultados obtenidos entre los distintos métodos y determinar cuáles son los valores más adecuados, para determinar los distintos estudios del cálculo de las necesidades de agua para los diferentes cultivos presentes en la zona.

**Palabras claves en ingles:** ETp Transpiration, climate stations, methods of Penman-Monteith, methods of Hargreaves, methods of Turc, methods of Thornthwaite, calculation of Etp Alicante.

**Palabras claves en Español:** ETp Transpiracion, estaciones climaticas, método según Penman-Monteith, método según Hargreaves, método según Turc, método según Thornthwaite, calculo de Etp Alicante.

**Autor: Dº. RICARDO PÉREZ SARRIÓN**

**Director/a Academico: Mª DESAMPARADOS SORIANO SOTO**

**Valencia, 19 Diciembre 2014 , Curso Academico 2014-2015.**

## ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN.....	5
1.1.	ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN .....	5
1.2.	FACTORES QUE AFECTAN A LA EVAPOTRANSPIRACIÓN .....	6
1.2.1.	VARIABLES CLIMATICAS.....	6
1.2.2.	FACTORES DE CULTIVO.....	6
1.2.3.	MANEJO Y CONDICIONES AMBIENTALES.....	7
1.3.	OBJETIVOS GENERALES .....	9
2.	ESTUDIO DE GABINETE.....	10
2.1.	SITUACIÓN GENERAL DE LA COMUNIDAD VALENCIANA.....	10
2.2.	TOMA DE DATOS.....	11
3.	OBTENCIÓN DE DATOS.....	12
3.1.	DATOS CLIMATICOS.....	12
4.	RESULTADOS .....	14
4.1.	MÉTODO DE CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN .....	14
4.2.	RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA EVOTRANSPIRACIÓN SEGÚN THORNTHWAITE.....	15
4.3.	RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA EVOTRANSPIRACIÓN SEGÚN TURC.....	20
4.4.	RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN SEGÚN HARGREAVES.....	26
4.5.	RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN SEGÚN PENMAN.....	32
4.6.	RESUMEN DE RESULTADOS.....	37
5.	CONCLUSIONES.....	39
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	41
7.	ANEXOS.....	44

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de la evapotranspiración según Thornthwaite de la totalidad de las estaciones estudiadas.....	15
Tabla 2. Distribución de los valores estacionales de evapotranspiración según Thornthwaite .....	17
Tabla 3. Valores medios de evapotranspiración mensuales para la totalidad de las estaciones estudiadas según Thornthwaite .....	18
Tabla 4. Valores de evapotranspiración según Turc de la totalidad de las estaciones estudiadas.....	21
Tabla 5. Distribución de los valores estacionales de evapotranspiración según Turc.....	23
Tabla 6. Valores de evapotranspiración según Turc de las estaciones estudiadas .....	25
Tabla 7. Valores de evapotranspiración según Hargreaves de las estaciones estudiadas.....	27
Tabla 8. Distribución de los valores estacionales de ETp según Hargreaves .....	29
Tabla 9. Valores medios de evapotranspiración mensuales para la totalidad de las estaciones estudiadas según Hargreaves .....	30
Tabla 10. Valores de evapotranspiración según Penman de la totalidad de las estaciones climaticas .....	33
Tabla 11. Distribución de los valores medios de evapotranspiración según Penman .....	35
Tabla 12. Valores totales y medios de evapotranspiración mensual según Penman en las estaciones de estudio .....	36
Tabla 13. Resumen de los resultados según los distintos metodos realizados .....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Muestra el Histograma a la ETp según Thornthwaite.....	16
Figura 2. Distribución de los valores estacionales de ETp según Thornthwaite .....	17
Figura 3. Distribución de los valores mensuales de la ETp.....	18
Figura 4. Valores de evapotranspiración según Turc de la totalidad de estaciones climaticas estudiadas .....	22
Figura 5. Distribución de los valores estacionales de ETp según Turc.....	24
Figura 6. Distribución de los valores mensuales de evapotranspiración según Turc en el territorio provincial.....	25
Figura 7. Valores de evapotranspiración según Hargreaves de la totalidad de estaciones climaticas .....	28
Figura 8. Distribución de los valores estacionales de ETp según Hargreaves .....	29
Figura 9. Distribución de los valores mensuales de evapotranspiración según Hargreaves en la provincia de Alicante .....	30
Figura 10. Valores de evapotranspiración según Penman de la totalidad de estaciones climaticas estudiadas .....	34
Figura 11. Distribución de los valores estaciones de evapotranspiración según Penman .....	35

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

La evapotranspiración constituye el proceso combinado entre la evaporación, cuando el agua pasa a su forma gaseosa, y el proceso de la transpiración, donde la planta usa el agua en sus procesos fisiológicos que luego fluye a la atmósfera a través de sus tejidos. Ésta condiciona la actividad vegetal y por ende, la actividad agropecuaria y su distribución territorial. La estimación del proceso de evapotranspiración es de gran utilidad en la agricultura, ya que, contribuye al aumento de la efectividad en lo que se refiere a la planificación y programación de sistemas de riego.

La evapotranspiración se ve afectada por ciertos factores, variables en el tiempo y en el espacio, los cuales se pueden agrupar en los de orden climático, relativos a la planta y los asociados al suelo. Entre los factores climáticos se encuentran: la radiación solar, temperatura, brillo solar, humedad atmosférica, precipitación y velocidad del viento. Mientras que entre los factores del suelo están: contenido de humedad, profundidad del manto foliar y salinidad. El conocimiento de la evapotranspiración es la base para elaborar calendarios teóricos de riego de cultivos y estimar el volumen de agua para riego suplementario, en caso de que la lluvia sea insuficiente. También existen otros métodos directos para calcular la evapotranspiración potencial (ETp), los mismos proveen información directa del total de agua requerida por los cultivos, utilizando para ello instrumentos para la determinación, igualmente proporcionan valores muy próximos a la realidad, entre éstos, el método gravimétrico, lisimétrico y el evapotranspirómetro de Thornthwaite. Las técnicas indirectas para calcular la evapotranspiración proporcionan una estimación del requerimiento de agua a través de todo el ciclo vegetativo mediante la utilización de fórmulas empíricas; estas técnicas se han clasificado en climatológicas y micrometeorológicas. Las climatológicas estiman la evapotranspiración en períodos mínimos de una semana, dentro de éstos tenemos: Penman modificado, evaporación del tanque tipo "A", Turc, Jensen-

Haise, Stephens, Blanney-Criddle, Thornthwaite, Doorenbos–Pruitt, Ivánov y Papadakis.

Con el fin de clarificar los conceptos que hemos mencionado anteriormente vamos a definir que procesos y acciones intervienen en nuestro cálculo de la citada  $ET_p$ .

**PROCESO DE EVAPOTRANSPIRACIÓN.** Se conoce como evapotranspiración (ET) la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo.

## **1.2. FACTORES QUE AFECTAN LA EVAPOTRANSPIRACIÓN**

El clima, las características del cultivo, el manejo y el medio de desarrollo son factores que afectan la evaporación y la transpiración.

### **1.2.1. VARIABLES CLIMÁTICAS**

Los principales parámetros climáticos que afectan la evapotranspiración son la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento. Se han desarrollado varios procedimientos para determinar la evaporación a partir de estos parámetros. La fuerza evaporativa de la atmósfera puede ser expresada por la evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_o$ ). La evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_o$ ) representa la pérdida de agua de una superficie cultivada estándar.

### **1.2.2. FACTORES DE CULTIVO**

El tipo de cultivo, la variedad y la etapa de desarrollo deben ser considerados cuando se evalúa la evapotranspiración de cultivos que se desarrollan en áreas grandes y bien manejadas. Las diferencias en resistencia a la transpiración, la altura del cultivo, la rugosidad del cultivo, el reflejo, la cobertura del suelo y las

características radiculares del cultivo dan lugar a diferentes niveles de ET en diversos tipos de cultivos aunque se encuentren bajo condiciones ambientales idénticas. La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ET<sub>c</sub>) se refiere a la demanda evaporativa de la atmósfera sobre cultivos que crecen en áreas grandes bajo condiciones óptimas de agua en el suelo, con características adecuadas tanto de manejo como ambientales, y que alcanzan la producción potencial bajo las condiciones climáticas dadas.

### **1.2.3. MANEJO Y CONDICIONES AMBIENTALES**

Los factores tales como salinidad o baja fertilidad del suelo, uso limitado de fertilizantes, presencia de horizontes duros o impenetrables en el suelo, ausencia de control de enfermedades y de parásitos y el mal manejo del suelo pueden limitar el desarrollo del cultivo y reducir la evapotranspiración. Otros factores que se deben considerar al evaluar la ET son la cubierta del suelo, la densidad del cultivo y el contenido de agua del suelo. El efecto del contenido en agua en el suelo sobre la ET está determinado primeramente por la magnitud del déficit hídrico y por el tipo de suelo. Por otra parte, demasiada agua en el suelo dará lugar a la saturación de este lo cual puede dañar el sistema radicular de la planta y reducir su capacidad de extraer agua del suelo por la inhibición de la respiración.

Cuando se evalúa la tasa de ET, se debe considerar adicionalmente la gama de prácticas locales de manejo que actúan sobre los factores climáticos y de cultivo afectando el proceso de ET. Las prácticas del cultivo y el método de riego pueden alterar el microclima, afectar las características del cultivo o afectar la capacidad de absorción de agua del suelo y la superficie de cultivo. Una barrera corta vientos reduce la velocidad del viento y disminuye la tasa de ET de la zona situada directamente después de la barrera. El efecto puede ser significativo especialmente en condiciones ventosas, calientes y secas aunque la evapotranspiración de los mismos árboles podría compensar cualquier reducción en el campo. La evaporación del suelo de un huerto con árboles jóvenes, en donde los árboles están ampliamente espaciados, puede ser reducida usando un



sistema de riego por goteo bien diseñado. Los goteros aplican el agua directamente al suelo cerca de los árboles, de modo en que dejan la mayor parte de la superficie del suelo seca, limitando las pérdidas por evaporación. El uso de coberturas, especialmente cuando el cultivo es pequeño, es otra manera de reducir substancialmente la evaporación del suelo. Los anti-transpirantes, tales como estimulantes del cierre de los estomas, o los materiales que favorecen el reflejo del suelo, reducen las pérdidas de agua del cultivo y por lo tanto la tasa de transpiración. Cuando las condiciones de campo difieran de las condiciones estándar, son necesarios factores de corrección para ajustar  $ET_c$ . Estos factores de ajuste reflejan el efecto del ambiente y del manejo cultural de las condiciones de campo. La cantidad de agua requerida para compensar la pérdida por evapotranspiración del cultivo se define como necesidades de agua del cultivo. A pesar de que los valores de la evapotranspiración del cultivo y de las necesidades de agua del cultivo son idénticos, sus definiciones conceptuales son diferentes. Las necesidades de agua del cultivo se refieren a la cantidad de agua que necesita ser proporcionada al cultivo como riego o precipitación, mientras que la evapotranspiración del cultivo se refiere a la cantidad de agua perdida a través de la evapotranspiración. La necesidad de riego básicamente representa la diferencia entre la necesidad de agua del cultivo y la precipitación efectiva.

El requerimiento de agua de riego también incluye agua adicional para el lavado de sales, y para compensar la falta de uniformidad en la aplicación de agua.

La evapotranspiración del cultivo puede ser calculada a partir de datos climáticos e integrando directamente los factores de la resistencia del cultivo, el albedo y la resistencia del aire en el enfoque de Penman-Monteith. Debido a que todavía existe una considerable falta de información para los diferentes cultivos, el método de Penman-Monteith se utiliza solo para la estimación de la tasa de evapotranspiración del cultivo estándar de referencia ( $ET_o$ ). La relación  $ET_c/ET_o$  que puede ser determinada experimentalmente para diferentes cultivos y es conocida como Coeficiente del Cultivo ( $K_c$ ), y se utiliza para relacionar  $ET_c$  a  $ET_o$  de manera que  $ET_c = K_c \times ET_o$ .

Las diferencias en la anatomía de las hojas, características de los estomas, las propiedades aerodinámicas, e incluso el albedo, ocasionan que la evapotranspiración del cultivo difiera de la evapotranspiración del cultivo de referencia bajo las mismas condiciones climáticas. Debido a variaciones en las características del cultivo durante los diferentes periodos de crecimiento, para un determinado cultivo,  $K_c$  cambia desde la siembra hasta la cosecha.

### **1.3. OBJETIVOS GENERALES**

El presente trabajo pretende estudiar las características climáticas de la provincia de Alicante desde el punto de vista del cálculo de la evapotranspiración utilizando los datos de las diferentes estaciones climáticas que están presentes a lo largo de toda la geografía de la provincia de Alicante.

Mediante la recogida de datos agroclimáticos, se determina la evapotranspiración por los distintos métodos de Penman-Monteith, Hargreaves, Turc y Thornthwaite con el fin de comparar los resultados obtenidos entre los distintos métodos y determinar cuáles son los valores más adecuados, para determinar los distintos estudios del cálculo de las necesidades de agua para los diferentes cultivos presentes en la zona.

El objetivo se centra en optimizar un método de referencia, que sea capaz de ajustar la cantidad de agua requerida a los distintos cultivos, esta determinación preliminar es de vital importancia para la optimización de los recursos hídricos necesarios en el cultivo. La modernización de los regadíos es una necesidad en nuestra agricultura cada día más tecnificada de manera que obtener valores fiables en relación a la cantidad de agua en el regadío pasa a ser una necesidad prioritaria para cualquier explotación hoy en día.

## 2. ESTUDIO DE GABINETE

### 2.1. SITUACIÓN GENERAL DE LA COMUNIDAD VALENCIANA.

La Comunidad Valenciana (en valenciano y oficialmente *Comunitat Valenciana*) es una comunidad autónoma de España. Su territorio, con capital en Valencia, está situado en el este de la Península Ibérica, al que se añade el archipiélago de las islas Columbretes y la Isla de Tabarca, ambos ubicados en el mar Mediterráneo, además del Rincón de Ademuz, separado totalmente del resto del territorio valenciano por el municipio conquense de Santa Cruz de Moya al sur, y al norte por el municipio turolense de Arcos de las Salinas.

Tiene una superficie de 23.255 km<sup>2</sup>, siendo la 8ª autonomía más extensa de España. Está formada por las provincias de Alicante, Castellón y Valencia, y limita al norte con Cataluña y Aragón, al oeste con Castilla-La Mancha y Aragón, y al sur con la Región de Murcia.

En el territorio de la Comunidad Valenciana cuenta con un total de 542 municipios. La mayor concentración de población de la Comunidad Valenciana se da en torno a la ciudad de Valencia.

La Comunidad Valenciana constituye un territorio altamente industrializado, con un potente sector turístico y con un elevado peso del sector agrícola, motivo por el cual su economía es la cuarta más importante de entre las comunidades autónomas españolas.

El presente estudio se ha focalizado en la totalidad de la provincia de Alicante; centrandolo la búsqueda de información, toma de mediciones y cálculos, a lo largo de toda su extensión.

## 2.2. TOMA DE DATOS

La primera fase consiste en la selección de los distintos métodos a utilizar en el estudio. De todos los disponibles se han escogido el de Thornthwaite, el de Turc, el de Penman-Monteith y el de Hargreaves por ser los más usuales.

El paso siguiente es recopilar los datos necesarios para calcular la evapotranspiración por cada uno de los métodos. Para ello se accede a las bases de datos del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, y del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Para obtener la mayor representatividad posible, se opta por trabajar con todas las estaciones disponibles en la provincia de Alicante:

- Agost
- Almoradi
- Altea
- Callosa d'en sarria
- Camp de mirra
- Castalla
- Crevillente
- Catral
- Orihuela
- Orihuela la murada
- Pilar de la Horada
- Pinoso
- Planes
- La Vila joiosa
- Villena.

### **3. OBTENCIÓN DE DATOS.**

#### **3.1. DATOS CLIMÁTICOS.**

Una vez obtenidos los datos disponibles en las estaciones, se procede a su clasificación para posterior cálculo de las demás variables necesarias.

Actualmente, las estaciones agroclimáticas de la Comunidad Valenciana disponen de los valores mensuales de los siguientes datos:

- Temperatura media
- Temperatura máxima
- Temperatura mínima
- Humedad media
- Humedad máxima
- Humedad mínima
- Velocidad del viento
- Dirección del viento
- Velocidad del viento máxima
- Dirección del viento con velocidad máxima
- Precipitación
- Radiación
- Evapotranspiración de referencia
- Número de horas de sol (En algunas estaciones)

A continuación, se obtienen los valores mensuales medios, ya que la información disponible es histórica (más o menos 10 años dependiendo de cada estación agroclimática).

Los datos que se obtienen ahora son:

- Temperatura mensual media
- Temperatura media máxima
- Temperatura media mínima
- Velocidad del viento
- Horas de sol
- Humedad relativa
- Precipitación

Con toda esta información, además de las coordenadas de cada estación, puede procederse al cálculo de la Evapotranspiración con cada uno de los métodos seleccionados.

## **4. RESULTADOS.**

### **4.1. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN.**

Entre los métodos indirectos o empíricos para la determinación de la evapotranspiración, los métodos más comunes que se encuentran, como se ha mencionado anteriormente, son los de Thornthwaite, Turc, Blaney y Criddle, el del Tanque evaporímetro tipo A y el de Penman simplificado. La mayor parte de ellos son demasiado teóricos ya que han sido deducidos bajo condiciones definidas entre regiones y su aplicación precisa de una serie de datos que generalmente no se tienen a disposición.

Si estudiamos las variables utilizadas para cada método vemos que el método de Thornthwaite calcula la evapotranspiración potencial mediante los datos existentes de las temperaturas medias mensuales, el de Turc utiliza la precipitación y temperatura medias de una cuenca, y los de Blaney y Criddle, Grassi, Penman, Hargreaves y Christensen hacen uso de la radiación solar.

En los resultados siguientes se muestran los valores obtenidos para el cálculo de la evapotranspiración, utilizando algunos de los métodos anteriormente mencionados para poder comparar diferencias y similitudes entre métodos para la Provincia de Alicante.

## **4.2. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN SEGÚN THORNTHWAITE.**

La ecuación que propone Thornthwaite utiliza la temperatura y la latitud para el cálculo de la evapotranspiración. Se utiliza para estimar la evapotranspiración potencial y tiene la ventaja de que la fórmula usa datos climatológicos accesibles, de los que frecuentemente disponen la gran mayoría de estaciones meteorológicas.

Según la bibliografía consultada, este método obtiene buenos resultados en zonas húmedas con vegetación abundante.

El método corrige la evapotranspiración potencial no ajustada en función de la duración real del día en horas y los días del mes, y se obtiene la evapotranspiración potencial ajustada.

En este trabajo se han calculado los valores de evapotranspiración utilizando el modelo de Thornthwaite de las 18 estaciones utilizadas en el trabajo.

El estudio de los valores anuales de la evapotranspiración expresados en mm que se presentan en la tabla 1, muestran el rango de variación de los datos obtenidos. Los rangos para las diferentes estaciones oscilan de 764,39 a 960,06 mm en lo que corresponde a las estaciones estudiadas del territorio de la provincia de Alicante.

Según estos resultados, los valores más bajos anuales de evapotranspiración corresponden en la provincia a la estación de Castalla con 764.39 mm y los más elevados a la estación de Crevillente con 960,06 mm de evapotranspiración anual según este modelo.



ESTACIONES ALICANTE	TOTAL mm/AÑO
CASTALLA	764,3970783
CAMP DE MIRRA	776,117483
VILLENA	781,6244151
PINOSO	788,9565174
PLANES	812,1754582
AGOST	828,3203925
ELX	843,0071705
MONFORTE DEL CID	857,5808881
DENIA	861,876041
NOVELDA	881,0529773
ONDARA	887,9125518
ALTEA	904,3158226
PILAR DE LA HORADADA	906,8653187
VILA JOIOSA	909,2136837
ORIHUELA	909,6129848
ALMORADI	910,1219876
CATRAL	916,1027476
CREVILLENTE	960,0613342
<b>MEDIA ANUAL</b>	<b>861,0730474</b>

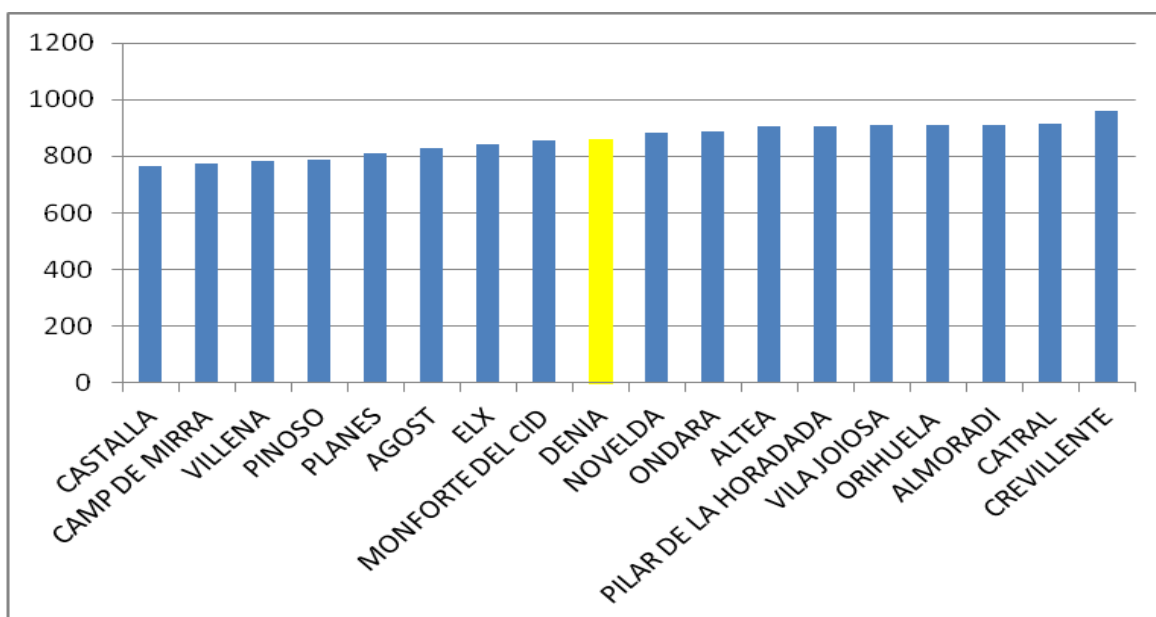
Tabla 1. Valores de evapotranspiración según Thornthwaite de la totalidad de estaciones climáticas estudiadas.

El valor medio de evapotranspiración de la totalidad de estaciones estudiadas es de 861,07 mm, siendo 10 las estaciones que se encuentran por debajo de este valor y el resto por encima de este valor medio.

El rango de valores comprendidos entre los 764 y 861 mm agrupa a las estaciones de Castalla, Camp de Mirra, Villena, Pinoso, Planes, Agost, Elx y Monforte del Cid. Los datos de evapotranspiración más elevados calculados por este modelo se sitúan en rangos superiores a 900 mm y corresponden a la gran cantidad de estaciones.

El histograma correspondiente a la totalidad de las estaciones muestra los valores de evapotranspiración calculados por este método, que ilustran los rangos obtenidos en la totalidad de las estaciones utilizadas para el estudio.

La figura 1: Muestra el histograma correspondiente a los valores de evapotranspiración calculados por este método, que ilustran los rangos obtenidos en la totalidad de las estaciones utilizadas para el estudio.



Realizando el estudio de la Distribución de los valores estacionales de ETP según Hargreaves tabla 2, se obtiene que los valores de evapotranspiración más elevados según este autor para la totalidad de las estaciones se localizan en la

estación estival con medios de 396,644 mm, y un valor para la suma de estacional de 7139,60 mm. Los valores intermedios corresponden a la estación otoñal e invernal (114.59 mm. en otoño y 80.31 mm. para el invierno), y en primavera tenemos valores de 296.51 mm.

<b>Estacional</b>	<b>Total estacional</b>	<b>Media Estacional</b>
	<b>EVT estacional</b>	<b>EVT Media estacional</b>
<b>Primavera</b>	4851,292262	269,5162368
<b>Verano</b>	7139,60062	396,6444789
<b>Otoño</b>	2062,790841	114,5994912
<b>Invierno</b>	1445,631129	80,31284051

Tabla 2. Distribución de los valores estacionales de evapotranspiración según Thornthwaite.

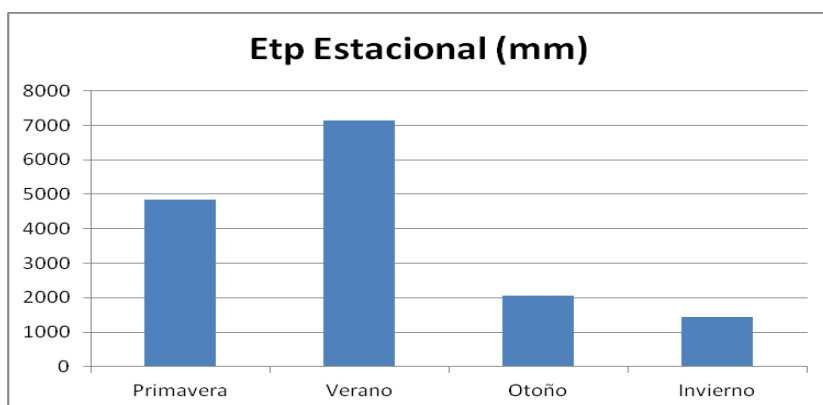


Figura 2. Distribución de los valores estacionales de ETP según Thornthwaite.

Estudiando esta misma distribución por las zonas de estudio realizadas en función de los rangos de ETP, se observa que considerando los valores totales obtenidos en todas las estaciones tenemos valores bajos entre los 500 y 600 mm. de evapotranspiración en los meses de enero, febrero y diciembre.

Los valores más altos son de 2819,23 y 2561,21 mm correspondiente a los meses de julio y agosto.

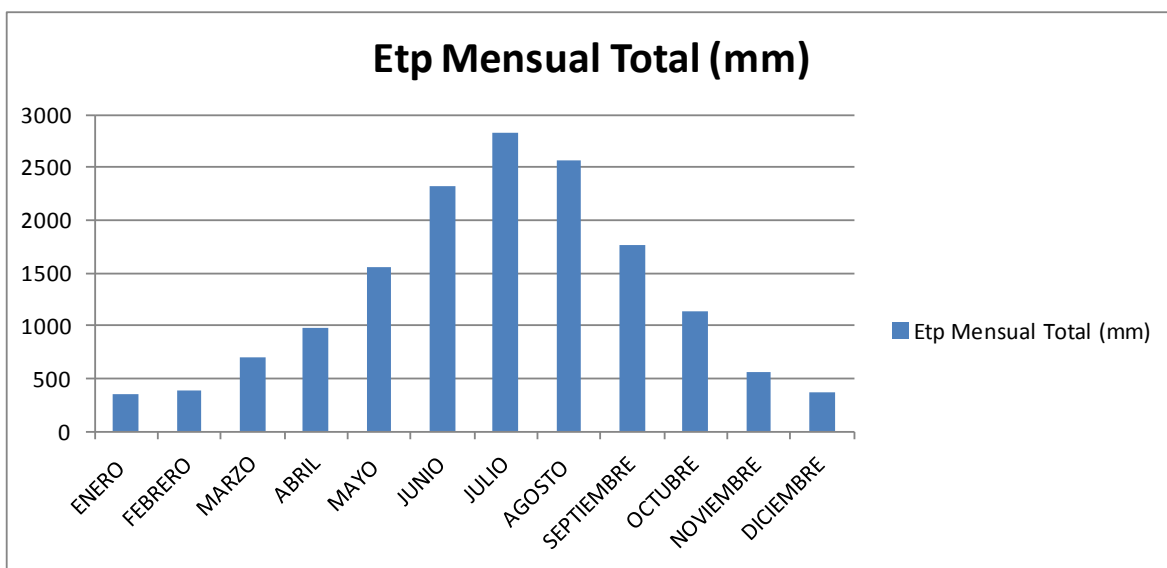


Figura 3. Distribución de los valores mensuales de ETP total (mm) según Thornthwaite.

Si analizamos los valores mensuales de evapotranspiración para las estaciones estudiadas (Tabla 3), observamos que los valores medios más elevados se producen en el mes de Julio con un valor medio de 156,62 mm de evapotranspiración, siendo los más bajos los que se obtienen para el mes de enero con 19.42 mm.

Tabla 3. Valores medios de evapotranspiración mensuales para la totalidad de las estaciones estudiadas según Thornthwaite.

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
19,425362	21,637782	39,249697	54,230218	86,058679	129,22734	156,6239	142,28974	97,730846	63,3517448	30,93490805	20,312838	861,07305

Estudiando los resultados mensualmente y por estaciones, observamos que en el mes de enero los valores más bajos de evapotranspiración se producen en la estación de Camp de Mirra con un valor de 13,47 mm, y corresponde a la estación de Villa Joiosa el valor más elevado para este mes de enero con 23,95 mm de evapotranspiración.

Para el mes de Julio se encuentran los valores más bajos de evapotranspiración que corresponden, concretamente, a la estación de Castalla donde se obtienen 143.98 mm, y los valores más bajos corresponden para este mes a la estación de Crevillente con un valor de 175.43 mm. Los citados datos y los anteriormente mencionados se pueden observar en el anexo 19.

Según los datos obtenidos observamos que por este método se obtienen valores más elevados de evapotranspiración que por el método de Thornthwaite, aumentando principalmente en los meses secos y calurosos.

#### **4.3. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN SEGÚN TURC.**

Como ya se ha mencionado en el apartado material y métodos, Turc (1961. *Ann. Agr.*) propone calcular la evapotranspiración potencial (mm/mes) para cada mes en función de la radiación solar media diaria de ese mes ( $\text{cal cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$ ) sobre una superficie horizontal, la temperatura media mensual ( $^{\circ}\text{C}$ ) y una corrección basada en la humedad relativa media mensual (%).

$$ETP_{\text{TURi}} = f_i [t_{\text{mi}} / (t_{\text{mi}} + 15)] [R_i + 50] c_i$$

- $f_i$  factor de corrección mensual: 0,37 para Febrero; 0,4 para el resto de los meses.
- $t_{\text{mi}}$  temperatura media mensual en  $^{\circ}\text{C}$ .
- $R_i$  radiación solar media en el suelo ( $\text{cal cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$ ), calculada por medio de la expresión:

$$R_i = R_A (0,18 + 0,62 n_i / N_i)$$

$R_A$ : radiación global en el límite superior de la atmósfera.

$n_i$ : horas de insolación efectiva (h/día).

$N_i$ : horas de insolación máxima (h/día).

$c_i$ : factor de corrección para zonas áridas, con desplazamientos de masas de aire cálido, en función de la humedad relativa del mes:

$$c_i = 1 \text{ si } HR > 50 \%$$

$$ci = 1 + [(50 - HR_i) / 70] \text{ si } HR < 50 \%$$

La ecuación que propone Turc utiliza la temperatura, radiación, desplazamiento de masas de aire en función de la humedad y la latitud. Este modelo al igual que el resto utilizados se utiliza para estimar la evapotranspiración potencial y tiene la ventaja de que la fórmula usa datos climatológicos medianamente accesibles que frecuentemente están disponibles en las estaciones meteorológicas, al menos aquellas de primer orden.

Según la bibliografía consultada, con este método se obtienen buenos resultados en general dada la gran cantidad de variables necesarias para manejar este modelo, el problema es que no todas las estaciones climáticas, al menos aquellas de las que se dispone de datos históricos poseen estos datos.

El método corrige la evapotranspiración potencial no ajustada en función de la humedad relativa media mensual (%).

En este trabajo se han calculado los valores de evapotranspiración utilizando el modelo de Turc de las 18 estaciones utilizadas.

El estudio de los valores anuales de la evapotranspiración expresados en mm. que se presentan en la tabla 4, indican el rango de variación de los datos obtenidos. Los rangos para las diferentes estaciones oscilan de 1089 a 1257,9 mm en las estaciones estudiadas con un total de 21341.7 mm (Anexo 20) que corresponde a todo el territorio de la provincia de Alicante.

Según estos resultados los valores más bajos anuales de evapotranspiración corresponden en la provincia a la estación de Castalla con 1089,8 mm., resultado que coincide con los resultados obtenidos por algún otro método utilizado como es el de Thornthwaite, y los más elevados a la estación de Crevillente con 1257.98mm. de evapotranspiración anual, estación coincidente también con los resultados para Thornthwaite. Datos observados en la Tabla reflejada en el Anexo 20

ESTACIONES ALICANTE	TOTAL mm/AÑO
CASTALLA	1089,80931
CAMP DE MIRRA	1092,530261
VILLENA	1118,513888
PINOSO	1133,331385
PLANES	1149,13074
AGOST	1159,925281
ELX	1170,804363
MONFORTE DEL CID	1180,700275
DENIA	1192,065445
NOVELDA	1196,817912
ONDARA	1200,830615
CATRAL	1209,181938
ALTEA	1233,561421
ORIHUELA	1233,789801
VILA JOIOSA	1237,191074
ALMORADI	1238,522889
PILAR DE LA HORADADA	1247,280238
CREVILLENTE	1257,987148
<b>MEDIA ANUAL</b>	<b>1185,665221</b>

Tabla 4. Valores de evapotranspiración según Turc de la totalidad de estaciones climáticas estudiadas.

El valor medio de evapotranspiración de la totalidad de estaciones estudiadas es de 1185.66 mm, valor elevado si consideramos el obtenido por Thornthwaite que se encuentra en los 861,07 mm, o más bajo que los 1677.07 mm. obtenidos según Hargreaves.

Se obtiene que 10 las estaciones que se encuentran por debajo de este valor medio y el resto por encima.

El rango de valores comprendidos entre los 1180 y 1200 mm agrupa las estaciones de Denia, Novelda, Ondara.

Las estaciones de Catral, Altea, Orihuela, Vila joiosa, Almoradi, Pilar de la Horadada y Crevillente se encuentran en el rango de 1200 a 1260 mm.

Los datos de evapotranspiración más elevados calculados por este modelo se sitúan en rangos de 1257 mm y corresponde a la estación de Crevillente.

La figura 4 muestra el histograma correspondiente a los valores de evapotranspiración calculados por este método, que ilustran los rangos obtenidos en la totalidad de las estaciones utilizadas para el estudio.

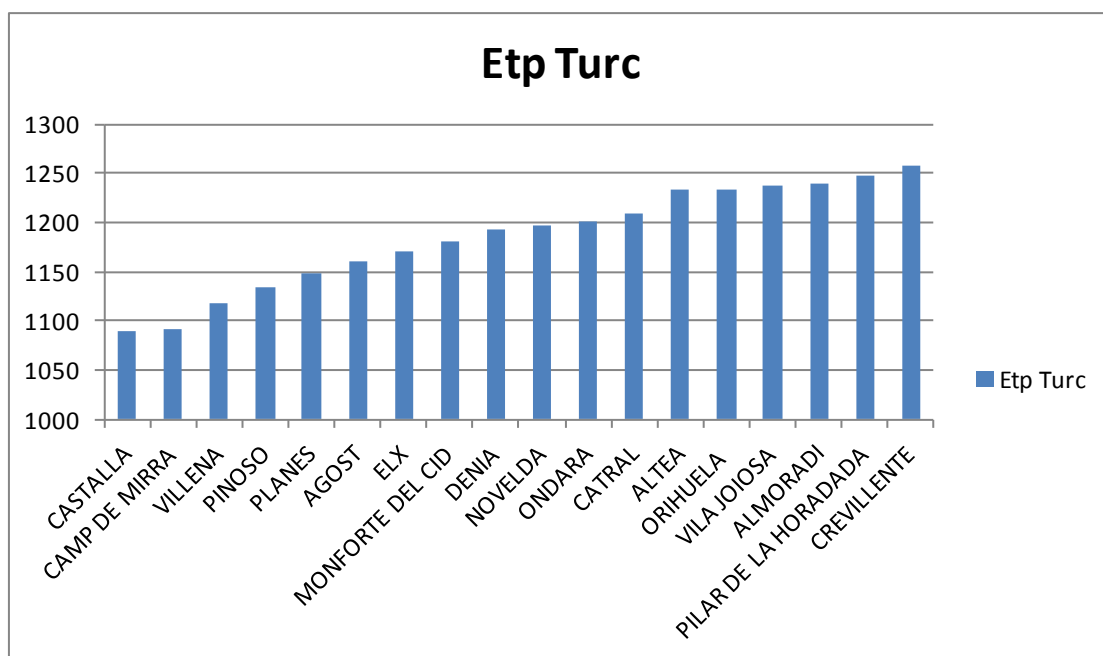


Figura 4. Valores de evapotranspiración según Turc de la totalidad de estaciones climáticas estudiadas.

En los resultados obtenidos según este modelo observamos que la distribución presenta cierta similitud a los obtenidos por Thornthwaite aunque con diferentes rangos de evapotranspiración.

Los resultados obtenidos por este modelo presentan los valores bastante similares a los de Penman sino en la distribución si en los rangos obtenidos.

Realizando el estudio de la distribución de los valores estacionales de evapotranspiración según Turc (Figura 5), se observa que los valores de evapotranspiración más elevados según este autor para la totalidad de las estaciones se localizan en la estación estival, siguiéndole la primavera, la estación



otoñal y finalmente el invierno. Los valores de evapotranspiración medios para la estación primaveral corresponden a 402.53 mm, bastante inferiores los del otoño con 180.43 mm, y con valores muy bajos para la estación invernal 178.82 mm. Se puede observar que los valores de evapotranspiración en verano duplican por dos aproximadamente los del invierno, siendo un poco menos de la mitad los correspondientes a los equinoccios de otoño y primavera.

Estacional	Total estacional	Media Estacional
	EVT estacional	EVT Media estacional
<b>Primavera</b>	7245,655981	402,5364434
<b>Verano</b>	7629,564447	423,8646915
<b>Otoño</b>	3247,848827	180,436046
<b>Invierno</b>	3218,90473	178,8280405

Tabla 5. Distribución de los valores estacionales de evapotranspiración según Turc.

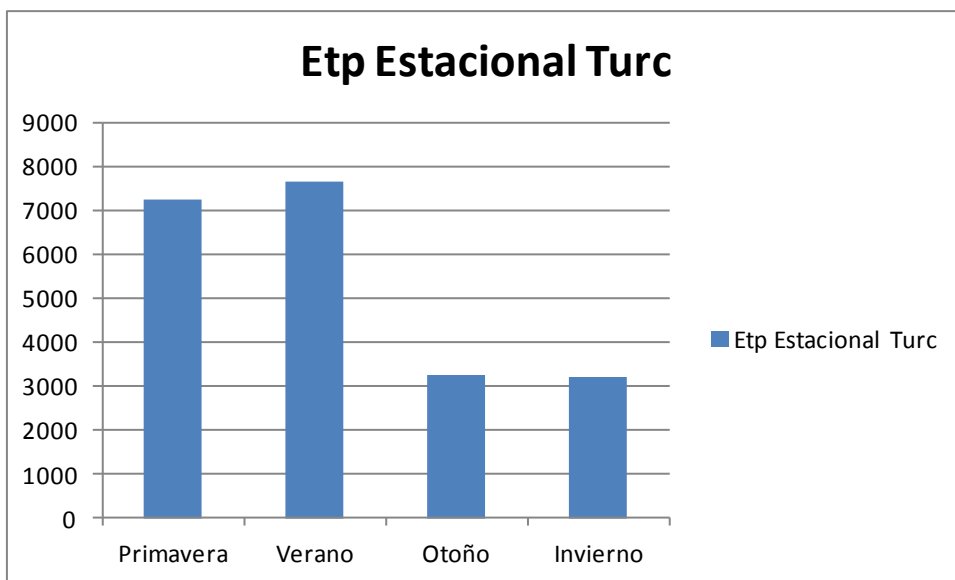


Figura 5. Distribución de los valores estacionales de ETP según Turc.

Estudiando los resultados mensualmente y por estaciones, observamos que en el mes de diciembre se obtienen los valores más bajos de evapotranspiración con un valor de 41.33 mm, siendo en el mes de julio donde se originan los valores medios más altos con un valor medio de 161.58 mm.( Anexo 20)

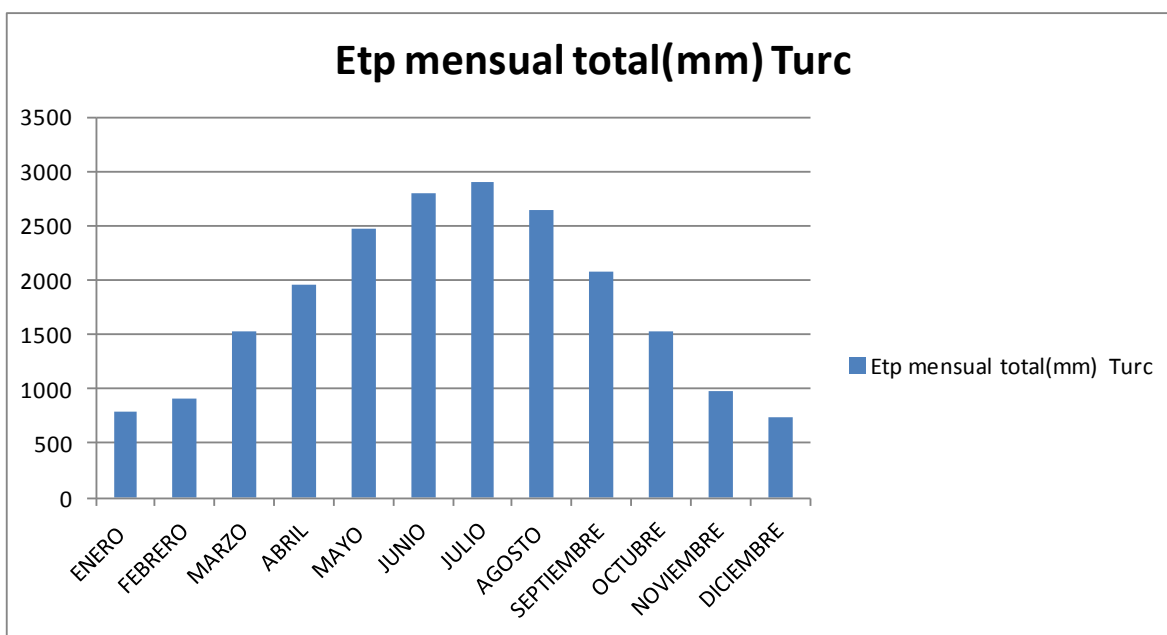


Figura 6. Distribución de los valores mensuales de evapotranspiración según Turc en el territorio provincial.

Los valores más bajos para el mes de diciembre se producen en la estación de Camp de mirra con 31.48 mm. mensuales y el valor más alto para el mes de Julio corresponde a la estación de Castalla con un valor de 153.93 mm. (Anexo 20).

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
43,528667	50,695773	84,6036	109,17231	137,66422	155,69991	161,57954	146,67477	115,61038	85,094253	54,01219726	41,329595	1185,6652

Tabla 6. Valores medios de evapotranspiración mensuales para la totalidad de las estaciones estudiadas según Turc.

Según los datos obtenidos observamos que por este método se obtienen valores intermedios de evapotranspiración con respecto a los métodos de Thornthwaite y Hargreaves.

#### 4.4. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN SEGÚN HARGREAVES.

El método de Hargreaves (Hargreaves y Samani, 1985) utiliza parámetros térmicos y radiación solar, que estima a partir de la radiación solar extraterrestre, datos que frecuentemente están disponibles en las estaciones climáticas.

El método presenta la ventaja de poder aplicarse en cualquier observatorio con datos de temperatura y que proporciona datos de evapotranspiración muy similares a los obtenidos por el método de Penman, tal y como comentaremos en este apartado.

$$ETr = 0,0023 Ra (T-t) 0,5 (tm+17,8) \text{ mm/día}$$

Siendo ETr: evapotranspiración del cultivo de referencia (césped) en mm/día

Ra: radiación solar extraterrestre expresada en equivalente de agua mm/día

T-t: diferencia entre la media mensual de temperaturas máximas y la de mínimas °C

Tm: temperatura media del aire.

Los valores de evapotranspiración obtenidos, aplicando el modelo de Hargreaves, de las 18 estaciones utilizadas en el trabajo se muestran en la tabla 7.

El estudio de los valores anuales de evapotranspiración expresados en mm. indican el rango de variación de los datos obtenidos. Los rangos para las diferentes estaciones oscilan de 1601,88 a 1851.5 mm en lo que corresponde al territorio de la provincia de Alicante con una media anual de 1677.09 mm.

Según estos resultados los valores más bajos anuales de evapotranspiración corresponden en la provincia a la estación de Vila Joiosa con 1557.02 mm y los más elevados a la estación de Catral con 1795.96 mm de evapotranspiración anual según este modelo.

ESTACIONES ALICANTE	TOTAL mm/AÑO
VILA JOIOSA	1557,025222
ALTEA	1560,781153
CASTALLA	1600,998054
ELX	1608,19175
AGOST	1612,064604
PILAR DE LA HORADADA	1629,426158
ALMORADI	1635,757668
PINOSO	1647,134089
CAMP DE MIRRA	1660,027096
NOVELDA	1681,863854
DENIA	1685,940103
CREVILLENTE	1715,65297
MONFORTE DEL CID	1720,448659
ONDARA	1737,550499
ORIHUELA	1769,787945
PLANES	1779,867105
VILLENA	1788,942498
CATRAL	1795,966988
<b>PROMEDIO</b>	<b>1677,079245</b>

Tabla 7. Valores de evapotranspiración según Hargreaves de las estaciones agroclimáticas.

Los valores comprendidos entre los 1550 y 1660 mm. tal y como se muestra en la tabla 7, agrupan las estaciones de Vila Joiosa, Altea, Castalla, Elx, Agost, Pilar de la Horadada, Almoradi, Pinoso y Camp de Mirra, con un área definida en el centro y en la proximidad de la costa Alicantina.

Las estaciones de Novelda, Denia, Crevillente, Monforte del cid, Ondara, Orihuela, planes, Villena y Catral se encuentran en el rango de 1700 a 1800 mm, que se localizan en el área de la comarca del Vinalopó.

El histograma (Figura 7), correspondiente a la totalidad de las estaciones muestra los valores de evapotranspiración calculados por este método, que ilustran los rangos obtenidos en la totalidad de las estaciones utilizadas para el estudio.

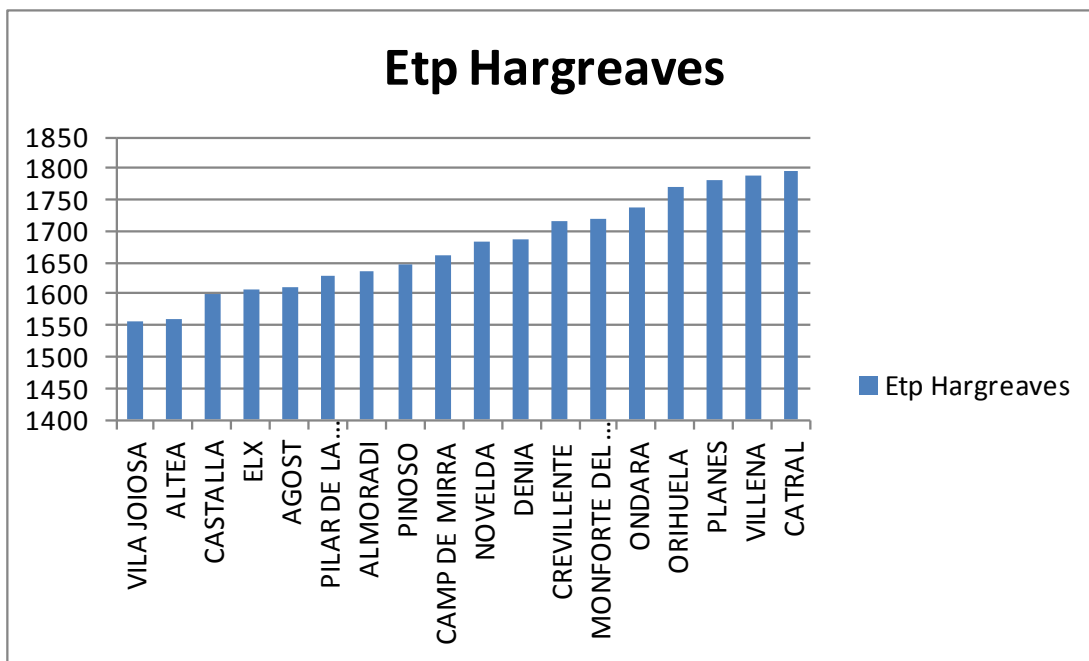


Figura 7. Valores de evapotranspiración según Hargreaves de la totalidad de estaciones climáticas estudiadas.

Realizando el estudio de la Distribución de los valores estacionales de ETP según Hargreaves tabla 8, se obtiene que los valores de evapotranspiración más elevados según este autor para la totalidad de las estaciones se localizan en la estación estival con medios de 601.71 mm, y un valor para la suma de estaciones de 1.677,09 mm. Los valores intermedios corresponden a la estación otoñal y primaveral (578.70 mm. en primavera y 238.25 mm. para el otoño), y 258.41 mm. en invierno.

Estacional	Total estacional	Media Estacional
	EVT estacional	EVT Media estacional
<b>Primavera</b>	10416,65801	578,7032225
<b>Verano</b>	10830,80283	601,7112683
<b>Otoño</b>	4288,525837	238,2514354
<b>Invierno</b>	4651,439742	258,413319

Tabla 8. Distribución de los valores estacionales de ETP según Hargreaves.

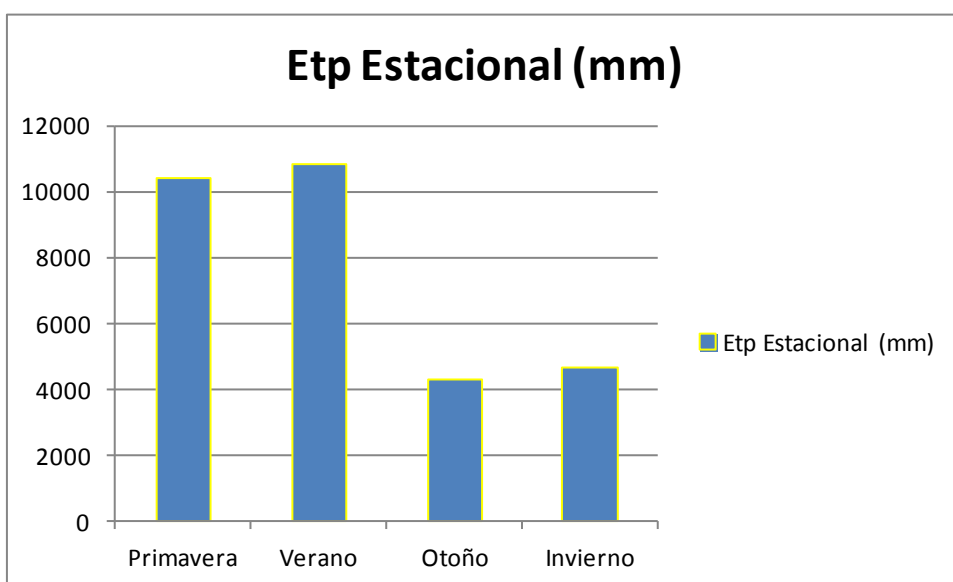


Figura 8. Distribución de los valores estacionales de ETP según Hargreaves.

Estudiando esta misma distribución por las zonas de estudio realizadas en función de los rangos de ETP, se observa que considerando los valores totales obtenidos en todas las estaciones tenemos valores bajos entre los 900 y 1000 mm. de evapotranspiración en los meses de enero, febrero y diciembre.

Los valores más altos son de 4.102 y 4.206 mm correspondiente a los meses de Junio y Julio

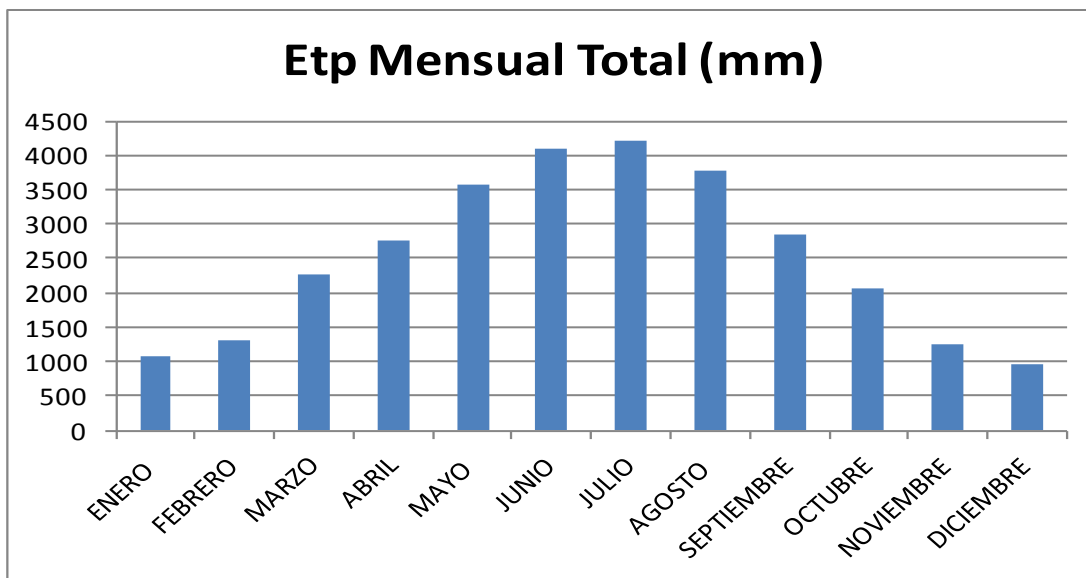


Figura 9. Distribución de los valores mensuales de evapotranspiración según Hargreaves en la provincia de Alicante.

Si analizamos los valores mensuales de evapotranspiración para las estaciones estudiadas (Tabla 9), observamos que los valores medios más elevados se producen en el mes de Julio con un valor medio de 233,670 mm de evapotranspiración, siendo los más bajos los que se obtienen para el mes de diciembre con 54,14 mm.

Tabla 9. Valores medios de evapotranspiración mensuales para la totalidad de las estaciones estudiadas según Hargreaves

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
59,693081	72,713825	126,00641	152,70258	198,07294	227,92771	233,67253	209,63052	158,4082245	114,53391	69,57711648	54,14041	1677,0792

Estudiando los resultados mensualmente y por estaciones, observamos que en el mes de diciembre los valores más bajos de evapotranspiración se producen en la estación de Castalla con un valor de 46,76 mm, y corresponde a la estación de

Crevillente el valor más elevado para este mes de Diciembre con 59,54 mm de evapotranspiración.

Para el mes de Julio se encuentran los valores más altos de evapotranspiración que corresponden, concretamente, a la estación de Planes donde se obtienen 260.23 mm, y los valores más bajos corresponden para este mes a la estación de la Vila Joiosa con un valor de 202.58 mm. Datos observables en el Anexo 22

Según los datos obtenidos observamos que por este método se obtienen valores más elevados de evapotranspiración que por el método de Thornthwaite, aumentando principalmente en los meses secos y calurosos.

Los resultados obtenidos por este modelo presentan los valores más elevados de evapotranspiración comparado con el resto de modelos, además de presentar la distribución diferente al resto.

#### **4.5. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN SEGÚN PENMAN.**

La ecuación de Penman estima por medio de un modelo físico la evaporación potencial sobre una superficie de agua libre y poco profunda. La fórmula consiste en un término de radiación y de un término aerodinámico y tiene la siguiente expresión:

$$E_o = \frac{R_{no} + \gamma E_a}{(s + \gamma)}$$

$R_{no}$  es la radiación neta sobre el agua libre y  $E_a$  viene dada por la ecuación

$$E_a = f(U) (e_s - e_a)$$

Donde  $e_s$  y  $e_a$  viene expresados en mb y  $U$  es la velocidad del viento en Km/h, tomada a 2 metros de altura respecto a la superficie según Doorenbos y Pruitt (1975) la función  $f(U) = 0.21 (1 + U/160)$

Método de Penman modificado por Monteith

$$LE = \frac{[s (R_n + s) + \rho_a \cdot c_p (e_s - e_a) / r_a]}{(s + \gamma) [(r_a + r_c) / r_a]}$$



En este trabajo se han calculado los valores de evapotranspiración utilizando el modelo de Penman de las 18 estaciones de la provincia de Alicante utilizadas para el estudio realizado.

El estudio de los valores anuales de la evapotranspiración expresados en mm. se presentan en la tabla 10 donde se observa el rango de variación de los datos obtenidos.

Los rangos para las diferentes estaciones oscilan de 1.033 a 1.279 mm. en las estaciones estudiadas, con un total anual de 34.597 mm. para todo el territorio de la provincia de Alicante.

Según estos resultados los valores más bajos anuales de evapotranspiración corresponden en la provincia a la estación de Planes con 1033,16 mm y los más elevados a la estación de Pinoso con 1.279,34 mm de evapotranspiración anual según este modelo.

ESTACIONES ALICANTE	TOTAL mm/AÑO
PLANES	1033,16
ELX	1044,91
ONDARA	1053,27
AGOST	1055,2
DENIA	1121
VILA JOIOSA	1131,31
ALTEA	1137,34
CREVILLENTE	1142,11
CATRAL	1167,1
ALMORADI	1199,31
CAMP DE MIRRA	1205,29
PILAR DE LA HORADADA	1213,01
MONFORTE DEL CID	1219,79
NOVELDA	1233,94
ORIHUELA	1236,49
CASTALLA	1242,84
VILLENA	1255,51
PINOSO	1279,34
PROMEDIO	1165,051111

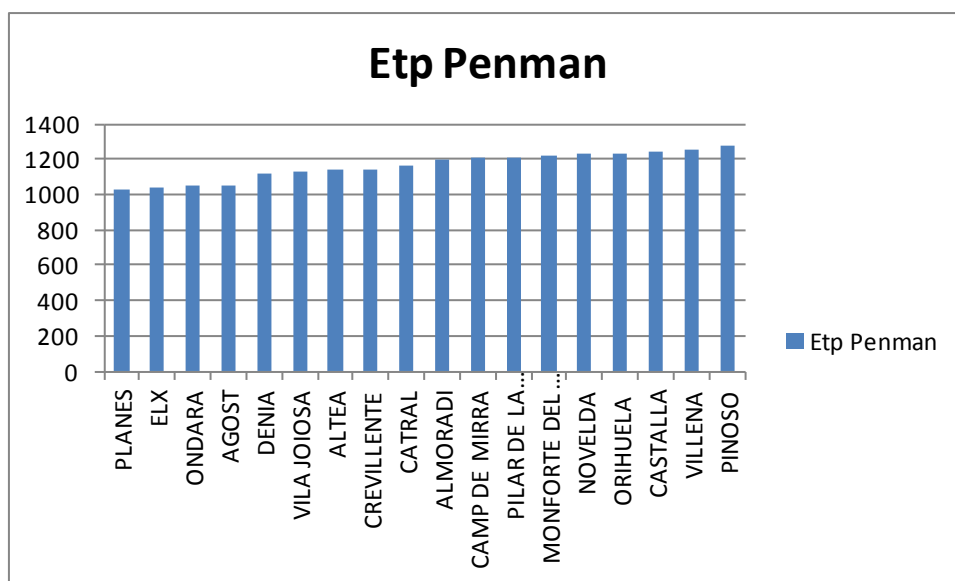
Tabla 10. Valores de evapotranspiración según Penman de la totalidad de estaciones climáticas

El valor medio de evapotranspiración de la totalidad de estaciones estudiadas es de 1.165,05 mm, únicamente superior al obtenido por el método de Thornthwaite. Se obtienen 9 estaciones que se encuentran por debajo de este valor y el resto por encima. Las estaciones que presentan valores inferiores a la media son Planes, Elx, Ondara, Agost, Denia, Vila Joiosa, Altea, Crevillente, Catral con valores comprendidos entre los 1.033 y 1.167 mm. Agrupa las 9 estaciones mencionadas anteriormente, que estaban por debajo de la media.

Las estaciones de Almoradi, Camp de mirra, Pilar de la Horadada Monforte del cid, Novelda, Orihuela, Castalla, Villena y Pinoso se encuentran en el rango de 1.200 a 1.280 mm.

La figura 10 muestra el histograma correspondiente a los valores de evapotranspiración calculados por este método, que ilustran los valores obtenidos en la totalidad de las estaciones utilizadas para el estudio.

Figura 10. Valores de evapotranspiración según Penman de la totalidad de estaciones climáticas estudiadas



En los resultados obtenidos según este modelo observamos que la distribución es bastante diferente a la obtenida por el resto de modelos, aunque los rangos de variación son bastante similares a los de Turc.

Realizando el estudio de la distribución de los valores estacionales de evapotranspiración según Penman (Tabla 11), se observa que los valores de evapotranspiración más elevados según este autor para la totalidad de las estaciones se localizan en la estación estival, siguiéndole la primavera, la estación otoñal y finalmente el invierno. Los valores de evapotranspiración medios para la estación primaveral corresponden a 403,06 mm, superior a los del otoño con 156,51 mm, y muy similares para la estación invernal 179,57mm. Se puede observar que los valores de evapotranspiración en verano 425,90 son tres veces

superiores a las del otoño e invierno, y con valores de evapotranspiración muy similares para la primavera.

Estacional	Total estacional	Media Estacional
	EVT estacional	EVT Media estacional
<b>Primavera</b>	7255,14	403,0633333
<b>Verano</b>	7666,22	425,9011111
<b>Otoño</b>	2817,24	156,5133333
<b>Invierno</b>	3232,32	179,5733333

Tabla 11. Distribución de los valores medios de evapotranspiración según Penman.

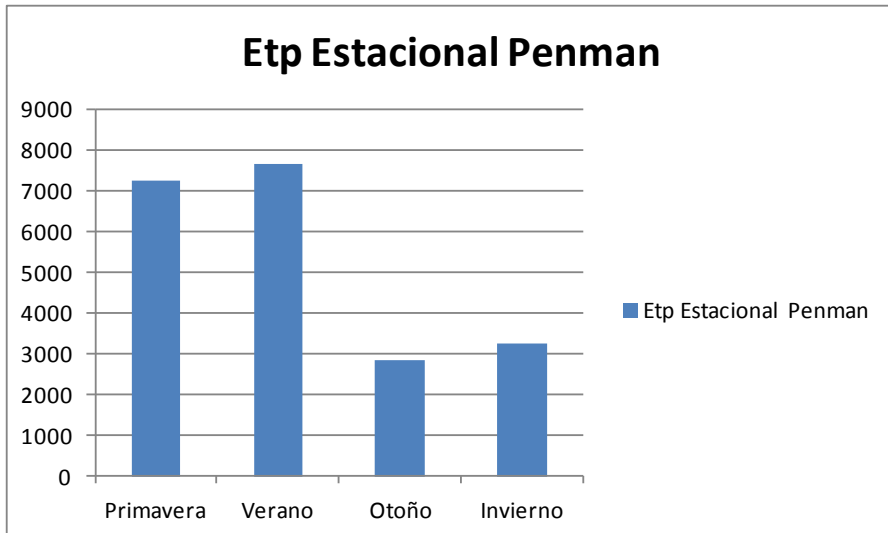


Figura 11. Distribución de los valores estacionales de evapotranspiración según Penman.

Estudiando los resultados mensualmente y por estaciones, observamos que en el mes de diciembre se obtienen los valores más bajos de evapotranspiración con un valor total de 678,782 para la suma de los valores de evapotranspiración de la

totalidad de las estaciones, y con un valor medio para este mes de 37,71 mm, siendo en el mes de julio donde se originan los valores medios más altos con un valor medio de 171,93 mm. Los valores totales de evapotranspiración en este mes de julio corresponden a 3.094,79 mm. Datos observables en el Anexo 21

Los valores más bajos para el mes de diciembre se producen en la estación de Planes con 26,35 mm. mensuales y el valor más alto para el mes de Julio corresponde a la estación de Villena con un valor de 182,51 mm.

Tabla 12. Valores totales y medios de evapotranspiración mensual según Penman en las estaciones de estudio.

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
44,028333	49,3	86,245	105,005	135,43778	162,62056	171,93278	149,167778	104,800556	71,58	47,22333333	37,71	1165,0511

Según los datos obtenidos observamos que por este método se obtienen valores de evapotranspiración muy similares en general a los obtenidos por el método de Turc, pero ligeramente inferiores.

#### 4.6. RESUMEN DE LOS RESULTADOS.

Según la bibliografía consultada de todos los métodos utilizados en este trabajo para el cálculo de la evapotranspiración parece ser que el método de Thornthwaite es el que presenta mayores críticas. Estas críticas se basan esencialmente en los pocos parámetros utilizados para la determinación, siendo únicamente necesarias la temperatura, precipitación y latitud.

Entre las críticas que pueden hacerse a este método se encuentran algunas como:

1. La temperatura no es buena indicadora de la energía disponible para la evapotranspiración.

2. La temperatura del aire respecto a la temperatura de radiación puede ser diferente.
3. La evaporación puede cesar cuando la temperatura promedio desciende de cero grados centígrados, lo cual es falso.
4. El viento puede ser un factor importante en algunas áreas requiriéndose en ocasiones para ello, un factor de corrección que el método no considera.
5. La fórmula no toma en cuenta el efecto de calentamiento o enfriamiento del aire por advección.

Las conclusiones que pueden extraerse de la aplicación de este modelo indican que se obtienen resultados aceptables en zonas húmedas con vegetación abundante, pero los errores aumentan en zonas áridas o semiáridas donde la variabilidad es elevada al comparar los diferentes años de datos utilizados para el estudio.

En nuestro caso los resultados obtenidos los hemos resumido en la siguiente tabla:

<b>Estacional</b>	<b>Mínimo EVT anual mm</b>	<b>Máximo EVT anual mm</b>	<b>Media EVT anual mm</b>	<b>EVT Máxima estival mm</b>	<b>EVT Mínima estival mm</b>
<b>Thorthwaite</b>	764,39	960,06	861	396,64 Julio 156,62	80,312 Enero 19,42
<b>Hargreaves</b>	1557,02	1795,96	1677	601,71 Julio 233,67	238,25 Diciembre 54,14
<b>Turc</b>	1089,8	1257,9	1185	423,86 Julio 161,17	178,82 Diciembre 43,52
<b>Penman</b>	1033	1279,34	1164	425,90 Julio 171,93	156,51 Diciembre 37,71

Tabla 13. Resumen de los resultados según los distintos métodos realizados.

## 5. CONCLUSIONES.

En el presente trabajo se ha realizado el estudio de los valores de evapotranspiración de las estaciones de provincia de Alicante utilizando los modelos de Thornthwaite, Turc, Penman y Hargreaves, siendo las conclusiones que pueden extraerse de la aplicación de estos modelos las siguientes:

Si comparamos los resultados observamos diferencias considerables entre Thornthwaite y el resto de métodos utilizados.

Los valores más bajos se han obtenido en todos los casos para los cálculos realizados por el método de Thornthwaite, mientras que por el resto de métodos los valores son bastante similares entre sí.

Con el método de Hargreaves es con el que se obtienen los valores más elevados tanto para mínimos como máximos. Y aunque según la bibliografía consultada indica que la fórmula de Turc sobreestima los valores de evapotranspiración, en nuestro caso es con la fórmula de Hargreaves con la que se obtienen los valores más elevados.

Lo mismo ocurre con las máximas y mínimas estacionales. En todos los casos los máximos ocurren en la época estival y los mínimos en la invernal, siendo los valores en los equinoccios bastante similares entre sí.

En todos los casos el mes donde se obtiene la máxima evapotranspiración estival es el mes de Julio. No obstante, no existe tanta coincidencia en los mínimos invernales de evapotranspiración, produciéndose estos mínimos en el mes de enero para Thornthwaite, mientras que para Penman, Hargreaves y Turc se producen durante el mes de diciembre.

Los máximos estivales se encuentran en el rango de 396 a 601 mm. para Hargreaves, y los rangos invernales se encuentran entre 19.42 mm. para Thornthwaite y 54.14 mm. para el método de Hargreaves.

Según el estudio realizado y los resultados obtenidos pensamos que aunque los por los métodos de Hargreaves, Penman y Turc se obtienen valores similares

entre sí, parece que estos valores de evapotranspiración se encuentran sobreestimados respecto a los resultados obtenidos por Thornthwaite, aunque la bibliografía consultada indica que son métodos más fiables dado el gran número de variables utilizado, mientras que el método de cálculo de la evapotranspiración de Thornthwaite necesita sólo valores de temperatura, precipitación y la latitud de la estación.

En cuanto a la distribución de los valores de ETp para la provincia de Alicante, se han elaborado los mapas correspondientes de evapotranspiración observándose diferencias notables en cuanto a la distribución de los rangos de evapotranspiración en la provincia de Alicante.

Los métodos de Thornthwaite, Turc y Hargreaves coinciden en los valores bajos con las estaciones de Castalla, Camp de Mirra, pero la coincidencia en los valores elevados es muy diferente según los modelos. Para Penman los valores más elevados de evapotranspiración se producen en la estación de Pinoso, mientras que para Hargreaves se localiza en la estación de Catral, Turc y Thornthwaite se localizan en la estación de Crevillente.



## 6. BIBLIOGRAFÍA.

**ALBAREDA, J. (1962):** "El suelo". Ed. S.A.E.T.A. Madrid. 375 p.

**ALBERO, V. (1978):** "Evaporación y Microclimas". I.N.M. Centro Meteorológico de Levante. Investigación técnica. Fascículo 7<sup>a</sup>.

**ALLEN RICHARD G., PEREIRA LUIS S., RAES DIRK, SMITH MARTIN. (2006);**  
"Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos" ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN

**BLACK, C.D. (1965):** "Relaciones suelo-planta". Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires.

**BRAUN-BLANQUET, J. (1960):** "Phytosociologie appliquée 1". Comm. SIGMA, 151-156.

**CARTER, M.R. (2002):** "Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions". Agronomy Journal. 94: 38-47.

**CLAVERO, P.L. (1977):** "Los climas de la región valenciana II". Tesis Doctoral. Dept. Geografía. Univ. Barcelona (inéd.).

**COSTA, M. (1982):** "Pisos bioclimáticos y series de vegetación en el área valenciana". Cuadernos de Geografía, 31, 129-142.

**COSTA, M.; PERIS, J.B.; STUBING, G. (1985):** "La vegetació del País Valencià." Acció Cultural del País València, 21 p.

**COSTA, M. (1986):** "La vegetación en el País Valenciano". Servicio de Publicaciones de la Universidad de Valencia. 246p.

**DIRECCION GENERAL DE PRODUCCION AGRARIA. (1974):**

"Caracterización de la capacidad agrológica de los suelos de España".  
Ministerio de Agricultura. Madrid.

**DUMAS, B. (1977):** Le Levant Espagnol. La genèse du relief, Paris. Université Paris XII, 529 p.

**ELIAS CASTILLO, F. ; RUIZ BELTRAN, L. (1977):** Agroclimatología de España. INIA. Cuad. 7. Ministerio de Agricultura. Madrid.

**GUTIERREZ, G.; ELIZAGA, E.; GOY, S.L.; NIETO, M; ROBLES, F. (1984):**

"Mapa geológico de la provincia de Valencia esc. 1:200.000". Diputación de Valencia. Universidad de Valencia, IGME, 61 p.

**IGME ( 1961):** "Mapa Geológico de España 1:50.000. Explicación de la hoja de : Alcira". Inst. Geolog. Minero de España.

**INSTITUTO NACIONAL DE EDAFOLOGIA Y AGROBIOLOGIA J.M. ALBAREDA**

**(1968):** " Mapa de suelos de España 1:1000000". C.S.I.C. Madrid.

**KONONOVA, M. M. (1982):** Materia Orgánica del Suelo. Su Naturaleza, Propiedades y Métodos de Investigación. Ediciones Oikos-tau, S.A. 365 pp.

**KUNOW, P. (1976):** "El clima de Valencia y Baleares." Cuadernos de Geografía nº 2. Diputación Provincial de Valencia, 239 p.

**LAZARO, F.; NIEVES, M. (1978):** "Regimenes de humedad de los suelos de la España Peninsular. Monografías I.N.I.A. nº 20. Ministerio de Agricultura. Madrid.

**MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION.(1983):** "Modelo matemático propuesto por Newhall, F. para la estimación del régimen de humedad del suelo". Comunicaciones I.N.I.A. Ser. Recur. Nat. n. 18. Madrid.

**MOLINA, M. J.; SORIANO, M. D., PONS, V. (2004):** Suelos, Agua y Desertificación. En L. Lapeña y I. Qüeral (Eds.) "Preservar l'aigua, conservar la vida" 53-64 pp. Anuari de l'agrupació Borrianea de Cultura. Revista de Recerca Humanística y Científica nº 15. ISSN 1130-4235. Universitat Jaime I y Projecte Aigua de la Caja de Ahorros del Mediterrani.

**PEREZ CUEVA, A. (1995):** "Atlas climático de la Comunidad Valenciana". Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentació. Valencia.

**PONS, V.; SANCHEZ, J. (1985a):** "Programa para el cálculo de la ficha climática según Thornthwaite así como la representación gráfica de los resultados". Comunicación IX Reunión de Bioclimatología. Almería.

**PONS, V.; SANCHEZ, J. (1985b):** "Programa para el cálculo de la reserva de agua existente en el suelo (calculada día a día)". Comunicación IX Reunión de Bioclimatología. Almería.

**PORTA, J.; LÓPEZ-ACEVEDO, M.; ROQUERO, C. (2003).** Edafología. Para la Agricultura y el Medio Ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 929 pp.

**RIVAS-MARTINEZ, S. (1981):** "Les étages bioclimatiques de la végétation de la Peninsule Ibérique". Anal. Jard. Bot. Madrid. 37, 251-268.

**RIVAS-MARTINEZ, S. (1983):** "Pisos bioclimáticos de España" Lazaroa 5, 33-43.

**SORIANO SOTO, M<sup>a</sup> D.; PONS MARTÍ, V. (2001):** Prácticas de Edafología y Climatología. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia. 140 pp.

**SORIANO, M. D.; PONS, V.; MOLINA, M. J.; SALVADOR, P. (1992):** "Tipos climáticos aplicado al estudio de los suelos de la provincia de Valencia. Cuadernos de geografía nº 52."

**STÜBING, G. (1985):** "Estudio fitosociológico de los matorrales seriales termófilos valencianos". Tesis Doct. Fac. Farmacia. Univ. Valencia. (inéd).

**TAMES, C. (1949):** "Bosquejo del clima de España según la clasificación de C.W. Thornthwaite". INIA Bol. 9, 20, 49-124.

## **7. ANEXOS**

Mes	Tª Media	Tª Media Max.	Tª Media Min.	Vel. viento	Humedad Rel.	Pp
Enero	9,34	21,30	-1,41	2,08	63,49	20,3
Febrero	10,18	21,78	0,32	1,96	64,26	18,1
Marzo	12,97	25,94	1,40	2,18	57,43	25,4
Abril	14,25	26,66	4,19	2,05	59,74	31,0
Mayo	16,90	29,17	7,56	1,79	60,80	31,6
Junio	21,59	33,53	11,11	1,73	55,84	16,5
Julio	24,14	35,09	14,92	1,70	58,56	11,8
Agosto	24,76	35,75	16,08	1,67	59,61	7,7
Septiembre	20,51	31,80	8,83	1,57	64,91	27,5
Octubre	16,73	27,91	6,99	1,65	67,50	27,9
Noviembre	11,97	23,42	1,40	1,88	64,52	22,9
Diciembre	9,65	20,91	-1,21	1,96	66,26	24,6

Anexo 2: Valores medios para el periodo en la estación de Agost.

Mes	Tª Media	Tª Media Max.	Tª Media Min.	Vel. viento	Humedad Rel.	Pp
Enero	11,53	21,41	3,18	1,12	61,47	53,4
Febrero	11,60	21,63	3,87	1,11	63,64	29,0
Marzo	13,78	24,97	4,42	1,21	60,58	35,6
Abril	15,65	26,01	7,07	1,26	61,64	35,1
Mayo	18,77	29,17	10,55	1,21	61,67	50,3
Junio	23,47	34,16	14,85	1,20	59,19	12,1
Julio	25,70	34,32	18,41	1,22	62,70	3,1
Agosto	25,53	35,13	18,25	1,24	62,76	19,8
Septiembre	22,74	31,77	15,36	1,14	65,12	54,3
Octubre	18,89	28,53	10,75	1,07	64,82	69,8
Noviembre	14,52	23,88	6,56	1,06	61,66	68,2
Diciembre	12,08	22,22	3,94	1,06	62,29	69,4

Anexo 3: Valores medios para el periodo en la estación de Altea

Mes	Tª Media	Tª Media Max.	Tª Media Min.	Vel. viento	Humedad Rel.	Pp
Enero	11,02	22,74	2,00	1,51	65,81	31,0
Febrero	11,83	23,47	3,36	1,49	67,20	20,4
Marzo	14,11	27,19	2,96	1,61	62,65	16,3
Abril	15,81	27,92	7,48	1,60	63,43	51,9
Mayo	18,79	31,10	10,40	1,53	64,57	30,3
Junio	23,04	34,26	14,44	1,36	63,70	6,0
Julio	25,59	36,68	18,52	1,32	67,14	3,7
Agosto	25,91	35,96	18,71	1,28	67,56	8,0
Septiembre	23,09	33,45	15,53	1,27	69,47	40,3
Octubre	19,63	30,23	11,70	1,24	70,73	46,9
Noviembre	14,39	25,25	5,75	1,40	66,44	43,1
Diciembre	11,73	22,58	3,21	1,49	66,41	39,8

Anexo 4: Valores medios para el periodo en la estación Almoradi

Mes	Tª Media	Tª Media Max.	Tª Media Min.	Vel. viento	Humedad Rel.	Pp
Enero	6,38	18,92	-5,58	1,82	72,86	25,8
Febrero	7,24	19,73	-2,91	1,93	71,49	28,7
Marzo	10,22	25,56	-2,64	2,18	64,88	25,0
Abril	12,34	26,14	0,97	2,11	64,92	48,6
Mayo	16,01	30,51	4,55	2,00	62,17	46,2
Junio	21,75	35,03	9,52	2,07	53,45	16,0
Julio	24,41	37,35	13,23	2,01	53,30	7,1
Agosto	23,17	36,56	12,42	1,95	58,41	20,3
Septiembre	19,21	31,84	8,28	1,83	67,69	49,2
Octubre	14,59	27,34	2,65	1,73	70,74	38,1
Noviembre	9,27	22,24	-1,83	1,70	72,67	35,3
Diciembre	6,70	18,83	-4,41	1,75	76,35	30,6

Anexo 5: Valores medios para el periodo en la estación de Camp de Mirra

Mes	Tª Media	Tª Media Max.	Tª Media Min.	Vel. viento	Humedad Rel.	Pp
Enero	7,01	18,68	-3,86	2,24	68,55	28,9
Febrero	7,49	19,01	-2,34	2,16	68,57	27,7
Marzo	10,20	24,86	-1,85	2,37	62,35	29,6
Abril	12,12	25,02	1,62	2,18	63,42	46,3
Mayo	15,74	29,28	4,78	2,04	60,41	44,6
Junio	21,11	33,55	9,45	2,08	52,64	16,1
Julio	23,55	36,39	13,14	2,12	53,92	5,9
Agosto	22,42	35,36	12,18	1,98	60,37	16,9
Septiembre	18,84	30,93	8,37	1,68	68,47	60,1
Octubre	14,65	26,96	4,11	1,65	69,70	52,3
Noviembre	9,80	21,78	0,08	1,83	68,90	39,5
Diciembre	7,32	18,55	-2,85	1,99	71,43	32,6

Anexo 6: Valores medios para el periodo en la estación de Castalla.

Mes	Tª Media	Tª Media Max.	Tª Media Min.	Vel. viento	Humedad Rel.	Pp
Enero	10,23	23,29	-1,80	1,24	70,15	28,7
Febrero	11,05	24,14	-0,27	1,25	70,27	24,3
Marzo	13,65	28,46	0,02	1,38	65,45	26,3
Abril	15,38	29,03	3,92	1,25	66,96	49,7
Mayo	18,89	32,76	7,54	1,20	66,12	34,5
Junio	23,32	36,83	11,70	1,12	61,42	12,8
Julio	26,26	38,71	15,84	1,07	63,88	2,2
Agosto	26,40	38,91	16,21	1,04	64,57	9,4
Septiembre	23,20	35,88	12,57	1,02	68,66	47,6
Octubre	19,24	31,76	7,66	0,97	71,98	43,8
Noviembre	13,72	26,21	2,34	1,07	69,71	35,9
Diciembre	10,66	23,47	-0,88	1,13	71,67	36,1

Anexo 7: Valores medios para el periodo en la estación de Catral

Mes	Tª Media	Tª Media Max.	Tª Media Min.	Vel. viento	Humedad Rel.	Pp
Enero	11,52	23,15	0,81	0,98	61,24	23,1
Febrero	12,26	23,77	3,50	1,01	61,78	21,4
Marzo	14,64	28,06	3,53	1,16	57,21	25,5
Abril	16,33	28,53	6,71	1,12	58,34	38,9
Mayo	19,63	31,63	10,61	1,12	58,39	33,7
Junio	23,98	36,24	14,41	1,10	54,60	13,7
Julio	26,81	37,61	19,05	1,08	58,56	3,5
Agosto	26,99	37,38	19,06	1,03	59,32	10,3
Septiembre	23,86	34,76	15,40	0,94	63,53	46,7
Octubre	20,13	30,65	10,11	0,86	65,17	36,6
Noviembre	14,77	25,72	4,68	0,87	61,72	30,4
Diciembre	11,92	23,24	1,64	0,92	62,96	25,1

Anexo 8: Valores medios para el periodo en la estación de Crevillente.

Mes	Tª Media	Tª Media Max.	Tª Media Min.	Vel. viento	Humedad Rel.	Pp
Enero	9,91	22,45	-2,02	0,91	71,42	76,0
Febrero	10,39	22,52	-0,86	0,89	72,41	75,2
Marzo	12,79	25,95	-0,35	0,94	68,00	74,8
Abril	14,45	26,78	3,37	0,90	69,57	101,1
Mayo	17,55	28,73	6,35	0,84	71,63	85,2
Junio	21,99	33,99	10,41	0,88	67,15	21,0
Julio	25,30	35,22	14,53	0,93	68,04	6,4
Agosto	25,22	35,87	14,36	0,91	68,46	23,6
Septiembre	21,95	32,40	10,50	0,81	73,69	107,5
Octubre	18,34	29,33	6,18	0,78	74,73	124,5
Noviembre	13,09	24,49	1,74	0,81	71,95	93,7
Diciembre	10,27	23,05	-1,43	0,87	73,88	133,5

Anexo 9: Valores medios para el periodo en la estación de Denia-Gata.

Mes	Tª Media	Tª Media Max.	Tª Media Min.	Vel. viento	Humedad Rel.	Pp
Enero	9,53	21,43	-0,47	1,03	63,81	23,7
Febrero	9,88	22,02	0,32	0,99	65,62	17,7
Marzo	12,40	28,37	1,29	1,14	62,23	22,7
Abril	14,73	27,12	5,53	1,16	63,63	38,6
Mayo	18,07	29,76	8,31	1,24	61,97	25,0
Junio	22,38	33,52	12,73	1,34	60,32	8,8
Julio	24,43	35,08	16,26	1,29	64,72	5,0
Agosto	24,34	35,21	15,72	1,22	64,65	16,9
Septiembre	21,20	31,99	12,12	1,08	67,02	41,7
Octubre	17,04	28,63	7,08	0,91	67,16	34,4
Noviembre	12,37	23,29	2,06	0,94	65,20	30,6
Diciembre	9,80	21,49	0,02	0,89	64,92	23,6

Anexo 10: Valores medios para el periodo en la estación de Elx.



Mes	Tª Media	Tª Media Max.	Tª Media Min.	Vel. viento	Humedad Rel.	Pp
Enero	9,69	22,02	-1,90	2,02	64,26	20,9
Febrero	10,17	22,44	-0,33	1,81	65,33	23,4
Marzo	12,86	27,01	0,09	1,93	60,07	30,5
Abril	14,85	28,18	4,56	1,77	61,17	39,3
Mayo	18,16	31,20	7,68	1,62	60,03	48,6
Junio	22,98	35,50	11,73	1,52	55,84	10,2
Julio	25,15	37,19	14,55	1,43	60,07	3,2
Agosto	24,60	36,42	14,08	1,35	63,16	17,0
Septiembre	21,30	33,44	8,76	1,27	68,78	44,7
Octubre	17,19	29,30	6,07	1,41	68,65	37,6
Noviembre	12,38	24,87	1,29	1,67	66,42	37,7
Diciembre	9,94	21,42	-1,06	1,80	67,30	26,0

Anexo 11: Valores medios para el periodo en la estación de Monforte del Cid.

Mes	Tª Media	Tª Media Max.	Tª Media Min.	Vel. viento	Humedad Rel.	Pp
Enero	9,72	22,04	-1,16	2,29	62,99	17,7
Febrero	10,56	21,64	0,78	2,21	63,08	22,2
Marzo	14,22	27,29	2,13	2,34	57,16	22,1
Abril	17,10	29,35	6,67	2,16	56,90	32,3
Mayo	20,48	33,16	10,59	1,94	56,46	20,9
Junio	24,43	36,29	14,20	1,91	55,03	4,8
Julio	25,49	36,70	15,44	1,74	57,55	9,0
Agosto	23,49	34,39	13,99	1,65	62,77	14,5
Septiembre	20,04	31,46	9,73	1,61	65,31	26,5
Octubre	16,18	27,45	6,51	1,67	62,16	14,9
Noviembre	11,98	23,77	1,48	2,05	64,82	28,0
Diciembre	10,24	20,32	0,36	2,18	64,36	34,3

Anexo 12: Valores medios para el periodo en la estación de Novelda

Mes	Tª Media	Tª Media Max.	Tª Media Min.	Vel. viento	Humedad Rel.	Pp
Enero	10,31	22,94	-1,45	1,09	68,74	65,5
Febrero	10,75	23,00	-0,35	1,09	69,17	64,4
Marzo	13,37	27,18	0,83	1,19	64,81	68,7
Abril	15,40	28,20	3,70	1,17	65,69	88,9
Mayo	18,60	30,72	6,51	1,11	65,79	87,1
Junio	23,34	35,59	10,70	1,13	62,96	27,2
Julio	25,83	36,97	15,43	1,10	64,71	3,4
Agosto	25,28	36,04	14,94	1,02	65,80	25,5
Septiembre	22,07	32,97	11,30	0,90	71,07	113,2
Octubre	17,94	29,14	6,01	0,92	71,90	117,9
Noviembre	13,32	24,56	2,44	0,97	69,69	81,9
Diciembre	10,78	23,20	-1,02	1,05	70,96	129,1

Anexo 13: Valores medios para el periodo en la estación de Ondara.

Mes	Tª Media	Tª Media Max.	Tª Media Min.	Vel. viento	Humedad Rel.	Pp
Enero	10,57	22,78	-0,88	1,54	66,32	21,6
Febrero	11,29	23,33	1,23	1,55	66,94	19,5
Marzo	13,98	28,15	2,04	1,71	61,57	26,0
Abril	15,94	29,57	5,51	1,60	62,69	37,4
Mayo	19,21	32,73	9,04	1,59	61,41	39,4
Junio	23,85	36,74	13,57	1,63	58,31	13,7
Julio	26,12	38,88	17,03	1,61	62,14	2,8
Agosto	25,79	38,15	16,68	1,49	63,74	13,8
Septiembre	22,65	34,42	13,16	1,25	68,57	31,0
Octubre	18,39	30,10	7,44	1,13	70,20	35,7
Noviembre	13,48	25,37	2,87	1,18	68,13	35,4
Diciembre	11,08	22,91	0,26	1,36	68,38	28,0

Anexo 14: Valores medios para el periodo en la estación de Orihuela la Murada.

Mes	Tª Media	Tª Media Max.	Tª Media Min.	Vel. viento	Humedad Rel.	Pp
Enero	11,42	22,19	2,17	1,67	65,74	40,0
Febrero	11,83	22,52	3,37	1,69	67,20	21,8
Marzo	14,07	26,02	4,30	1,74	63,16	30,1
Abril	15,85	26,86	7,37	1,73	64,40	40,5
Mayo	18,97	30,69	10,29	1,61	63,98	31,2
Junio	23,23	33,35	14,41	1,57	63,20	7,5
Julio	25,56	36,29	18,11	1,40	68,21	2,2
Agosto	25,59	35,49	18,21	1,45	67,97	14,1
Septiembre	22,93	32,97	15,03	1,48	69,12	46,0
Octubre	19,08	29,10	9,93	1,50	69,03	46,7
Noviembre	14,52	24,58	5,46	1,53	66,05	48,7
Diciembre	12,09	22,66	3,45	1,60	66,49	50,4

Anexo 15: Valores medios para el periodo en la estación de Pilar de Horadada

Mes	Tª Media	Tª Media Max.	Tª Media Min.	Vel. viento	Humedad Rel.	Pp
Enero	7,42	19,14	-3,37	2,90	67,77	19,8
Febrero	8,05	19,71	-1,69	2,61	67,78	23,8
Marzo	10,91	25,32	-1,14	2,74	60,98	29,6
Abril	12,97	26,15	2,79	2,34	61,74	38,9
Mayo	16,58	30,29	6,43	1,99	58,48	48,5
Junio	21,90	34,79	10,56	1,84	51,66	16,0
Julio	24,33	37,13	14,22	1,71	53,63	10,7
Agosto	23,31	36,19	13,79	1,66	59,50	17,1
Septiembre	19,59	31,90	9,86	1,59	67,40	46,7
Octubre	15,22	27,07	5,68	1,78	69,40	28,9
Noviembre	10,32	22,59	0,47	2,24	67,68	29,3
Diciembre	7,77	18,87	-2,18	2,59	71,11	24,8

Anexo 16: Valores medios para el periodo en la estación de Pinoso

Mes	Tª Media	Tª Media Max.	Tª Media Min.	Vel. viento	Humedad Rel.	Pp
Enero	8,19	21,47	-3,51	1,06	68,82	71,1
Febrero	8,83	21,68	-1,71	1,06	67,98	62,3
Marzo	11,73	27,58	-1,38	1,16	62,37	46,5
Abril	13,59	27,62	2,17	0,95	64,42	72,1
Mayo	16,96	31,81	5,06	0,79	64,10	80,5
Junio	22,23	36,57	9,95	0,71	59,05	14,7
Julio	25,06	39,30	13,27	0,66	58,50	7,8
Agosto	24,01	38,12	10,64	0,64	61,58	21,8
Septiembre	20,23	34,74	8,29	0,62	69,40	77,3
Octubre	15,75	29,59	3,76	0,67	71,49	118,7
Noviembre	10,53	24,28	-0,43	0,80	70,97	85,3
Diciembre	8,13	21,04	-3,13	0,88	73,04	135,0

Anexo 17: Valores medios para el periodo en la estación de Planes.

Mes	Tª Media	Tª Media Max.	Tª Media Min.	Vel. viento	Humedad Rel.	Pp
Enero	11,63	21,82	3,05	1,40	60,58	31,1
Febrero	11,68	22,35	3,87	1,33	62,70	20,4
Marzo	13,94	25,00	4,49	1,37	59,40	24,0
Abril	15,81	25,98	7,73	1,32	60,62	30,0
Mayo	18,89	29,11	10,82	1,28	60,77	44,4
Junio	23,48	34,00	14,50	1,20	57,93	10,3
Julio	25,62	33,65	18,28	1,21	61,30	2,3
Agosto	25,51	34,39	18,64	1,27	61,63	19,1
Septiembre	22,83	32,03	15,57	1,23	64,17	39,2
Octubre	19,00	28,04	9,26	1,21	63,14	43,6
Noviembre	14,71	24,18	6,62	1,25	60,45	43,4
Diciembre	12,21	22,21	4,22	1,27	61,11	29,8

Anexo 18: Valores medios para el periodo en la estación de la Vila Joiosa.

Mes	Tª Media	Tª Media Max.	Tª Media Min.	Vel. viento	Humedad Rel.	Pp
Enero	6,63	20,37	-7,34	2,07	71,46	17,7
Febrero	8,52	22,06	-3,81	2,21	69,49	19,4
Marzo	10,83	26,17	-3,65	2,44	64,74	34,1
Abril	13,53	27,31	0,68	2,34	64,00	37,7
Mayo	17,80	32,47	4,65	2,26	59,84	41,5
Junio	22,19	35,34	9,32	2,12	57,28	13,7
Julio	24,08	37,52	11,91	2,14	58,90	7,0
Agosto	22,48	35,95	10,03	2,04	64,65	14,4
Septiembre	18,47	32,01	3,75	1,73	70,03	45,9
Octubre	14,10	27,04	1,93	1,72	72,89	35,7
Noviembre	8,82	22,47	-3,94	1,71	73,57	29,1
Diciembre	6,71	19,44	-6,28	1,99	75,02	22,6

Anexo 19: Valores medios para el periodo en la estación de la Villena

Anexo 20: Tabla de datos de las totalidad de las estaciones de la provincia de Alicante según THORNTHWAITE mm/año

ESTACIONES ALICANTE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DECIEMBRE	TOTAL mm/AÑO
AGOST	19,8325318	22,8822	42,0898	52,9775	78,8172	119,529	146,377	142,804	91,819444	60,70822	30,118523	20,364379	828,3203925
ALTEA	23,8858614	24,0158	37,3245	55,1357	86,52349	132,484	159,86	148,128	105,2955	69,36773	36,900594	25,394488	904,3158226
ALMORADI	21,7014669	24,63409	41,9969	55,7098	86,1226	127,494	158,254	152,071	108,09028	74,24261	36,009861	23,796107	910,1219876
CAMP DE MIRRA	13,4719112	16,26331	33,4288	47,6453	78,68685	125,395	151,495	131,133	87,191719	53,67899	23,634404	14,093513	776,117483
CASTALLA	15,8994115	17,52685	33,9518	47,0956	77,57821	120,497	143,984	125,3	85,279501	54,63498	26,170139	16,479803	764,3970783
CATRAL	18,9753603	21,91138	39,982	53,7709	88,42347	132,276	167,936	158,652	109,581	71,66961	32,996227	19,928838	916,1027476
CREVILLENTE	21,7063774	24,39562	42,4378	56,4405	90,81589	136,216	175,438	164,669	113,85479	75,76662	35,678723	22,641503	960,0613342
DENIA	20,1056671	21,8452	38,6407	51,4849	81,02266	121,299	157,615	146,599	101,09437	68,48614	32,874119	20,809842	861,876041
ELX	19,8404102	21,08026	38,087	54,8548	86,8764	126,017	148,743	138,308	96,247657	61,68227	31,034268	20,236192	843,0071705
MONFORTE DEL CID	19,7645574	21,46463	39,5619	54,549	86,47547	131,063	155,843	140,393	96,303083	61,73477	30,333596	20,094331	857,5808881
NOVELDA	18,9411662	21,92764	45,6949	68,1789	105,1753	145,184	159,292	128,961	85,566419	54,32513	27,596122	20,209097	881,0529773
ONDARA	20,4162505	21,9954	40,0809	55,6409	87,63015	133,267	162,831	146,588	100,90726	64,43308	32,594286	21,527731	887,9125518
ORIHUELA	20,4886373	23,00046	41,8725	57,2247	90,42443	136,361	164,498	150,807	104,60042	66,19675	32,33483	21,804253	909,6129848
PILAR DE LA HORADADA	23,3415867	24,71088	41,8027	55,8947	87,41428	128,964	157,309	148,176	106,61718	70,49151	36,790992	25,352095	906,8653187
PINOSO	15,9931477	18,01509	35,196	49,1933	80,1739	124,05	148,54	130,499	88,160367	55,72941	26,673263	16,733076	788,9565174
PLANES	17,305446	19,43212	37,4963	50,8905	79,01294	125,996	155,341	135,999	91,186122	56,88705	25,970684	16,658448	812,1754582
VILA JOIOSA	23,9593243	24,00594	41,0138	55,7085	87,04691	132,278	158,791	147,789	105,81341	69,75425	37,459339	25,593913	909,2136837
VILLENA	14,0274018	20,37318	35,8362	53,7485	90,83604	127,72	147,083	124,339	81,546712	50,54227	21,658374	13,913483	781,6244151
<b>TOTAL</b>	<b>349,656516</b>	<b>389,4801</b>	<b>706,495</b>	<b>976,144</b>	<b>1549,056</b>	<b>2326,09</b>	<b>2772,22</b>	<b>2561,22</b>	<b>1759,1552</b>	<b>1140,331</b>	<b>556,82834</b>	<b>365,63109</b>	<b>15499,31485</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>19,425362</b>	<b>21,63778</b>	<b>39,2497</b>	<b>54,2302</b>	<b>86,05868</b>	<b>129,227</b>	<b>156,624</b>	<b>142,29</b>	<b>97,730846</b>	<b>63,35174</b>	<b>30,934908</b>	<b>20,312838</b>	<b>861,0730474</b>

Anexo 21: Tabla de datos de las totalidad de las estaciones de la provincia de Alicante según TURC mm/año

ESTACIONES ALICANTE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DECIEMBRE	TOTAL mm/AÑO
AGOST	42,23	50,03	84,40	106,60	132,89	151,90	158,45	146,03	112,72	82,70	52,08	39,88	1159,93
ALTEA	49,65	55,48	88,83	113,06	140,45	157,88	163,20	149,11	119,41	89,51	59,68	47,30	1233,56
ALMORADI	48,70412005	56,3731298	90,2377	113,857	140,694	156,885	163,115	150,166	120,46222	91,405841	59,759657	46,86256353	1238,52
CAMP DE MIRRA	32,86919164	40,3108055	73,7874	98,7882	129,526	152,378	159,151	142,378	109,62961	77,375701	44,852745	31,48394083	1092,53
CASTALLA	35,03228364	41,1966089	73,6487	97,7707	128,425	150,485	156,933	140,481	108,63139	77,468605	46,345913	33,39193876	1089,81
CATRAL	44,62427912	52,4932158	86,7157	110,775	139,816	156,664	163,513	149,537	118,53019	88,13264	56,056199	42,32384814	1209,18
CREVILLENTE	49,91449834	57,4668247	91,9156	115,621	143,397	159,331	165,885	152,372	121,97325	92,353747	60,511843	47,24547263	1257,99
DENIA	44,87915316	51,5774544	84,8378	108,209	135,908	153,58	161,936	147,964	117,12041	87,632838	55,905276	45,51596168	1192,07
ELX	42,91205859	49,2741611	82,5217	108,538	137,162	154,211	159,273	145,221	114,46617	83,605032	53,205344	40,4150812	1170,80
MONFORTE DEL CID	43,47007541	50,2391713	84,2899	109,078	137,547	155,906	161,1	145,911	114,81995	84,094737	53,361149	40,88362385	1180,70
NOVELDA	43,43119661	51,2643836	88,7394	116,698	144,896	159,584	161,833	143,245	111,78499	81,575123	52,272735	41,49346155	1196,82
ONDARA	45,11845573	51,908199	86,0573	111,072	139,035	156,861	162,7	147,413	116,49952	85,765527	55,507152	42,89387645	1200,83
ORIHUELA	47,57501688	54,9372195	89,8439	114,339	142,095	159,032	164,368	149,94	119,58643	88,856353	57,810224	45,40741359	1233,79
PILAR DE LA HORADADA	50,49214135	57,0335222	90,835	114,56	141,712	157,721	163,437	150,06	120,90548	91,177046	60,883033	48,4646621	1247,28
PINOSO	37,92870254	44,5373214	78,2515	102,777	132,746	153,658	159,966	144,143	112,38539	81,037008	49,593558	36,30676397	1133,33
PLANES	39,94842199	46,796532	81,0046	104,92	133,834	154,313	161,43	145,332	113,33834	81,735056	49,601229	36,87712671	1149,13
VILA JOIOSA	49,97093755	55,7625681	89,4425	113,677	140,889	157,945	163,058	149,122	119,67741	89,82585	60,158911	47,66251212	1237,19
VILLENA	34,76491495	45,8401904	77,5024	104,765	136,937	154,259	159,075	141,721	109,03957	77,452675	44,636299	32,52039181	1118,51
<b>PROMEDIO</b>	<b>43,53</b>	<b>50,70</b>	<b>84,60</b>	<b>109,17</b>	<b>137,66</b>	<b>155,70</b>	<b>161,58</b>	<b>146,67</b>	<b>115,61</b>	<b>85,09</b>	<b>54,01</b>	<b>41,33</b>	<b>1185,67</b>
<b>TOTAL</b>	<b>783,52</b>	<b>912,52</b>	<b>1522,86</b>	<b>1965,10</b>	<b>2477,96</b>	<b>2802,60</b>	<b>2908,43</b>	<b>2640,15</b>	<b>2080,99</b>	<b>1531,70</b>	<b>972,22</b>	<b>743,93</b>	<b>21341,97</b>

Anexo 22: Tabla de datos de las totalidad de las estaciones de la provincia de Alicante según **PENMAN** mm/año

ESTACIONES ALICANTE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL mm/AÑO
AGOST	47,33	44,78	71,67	87,23	113,91	134,47	143,3	144,89	92,16	75,11	55,32	45,03	1055,2
ALTEA	40,66	47,22	81,88	105,34	134,98	160,19	169,75	147,74	101,89	68,01	44,36	35,32	1137,34
ALMORADI	47,27	54,98	88,89	110,66	137,51	156,24	171,38	154,43	108,27	75,93	51,31	42,44	1199,31
CAMP DE MIRRA	37,74	46,71	84,46	105,11	136,61	178,03	198,3	165,43	109,93	70,23	41,7	31,04	1205,29
CASTALLA	43,4	51,7	90,56	108,73	143,95	179,96	198,32	164,1	109,11	72,45	45,05	35,51	1242,84
CATRAL	42,9	46,82	84,35	104,31	135,75	161,83	174,13	153,2	108,39	73,06	46,11	36,25	1167,1
CREVILLENTE	39,77	45,01	82,77	103,93	133,76	159,48	172,83	151,64	106,32	71,4	42,84	32,36	1142,11
DENIA	33,49	36,95	69,89	90,74	113,09	141,3	152,48	152,48	139,22	92,12	62,21	37,03	1121
ELX	36,04	45,73	72,23	94,04	117,75	155,57	155,94	137,99	97,81	63,68	39,44	28,69	1044,91
MONFORTE DEL CID	53,3	51,9	94,83	111,95	140,52	167,55	174,29	148,73	103,79	74,96	53,67	44,3	1219,79
NOVELDA	58,41	52,31	110,87	107,43	156,55	181,85	169,72	130,65	93,88	66,8	54,91	50,56	1233,94
ONDARA	38,52	45,02	78,3	99	124,54	150,56	157,88	134,59	90,87	61,63	39,66	32,7	1053,27
ORIHUELA	45,87	56,18	95,75	115,38	147,47	175,22	178,2	157,59	108,71	71,56	45,74	38,82	1236,49
PILAR DE LA HORADADA	49,36	55,77	89,63	111,85	141,22	163	170,44	150,62	109,32	77,7	51,13	42,97	1213,01
PINOSO	51,93	56,86	97	113,94	145,82	178,81	192,99	162,73	110,15	75,52	50,81	42,78	1279,34
PLANES	34,72	43,39	78,31	96,46	124,68	151,59	163,41	133,93	89,82	57,04	33,46	26,35	1033,16
VILA JOIOSA	46,46	51,71	84,3	104,96	132,81	149,01	158,42	137,46	103,81	72,81	49,06	40,5	1131,31
VILLENA	45,34	54,36	96,72	119,03	156,96	182,51	193,01	156,82	102,96	68,43	43,24	36,13	1255,51
PROMEDIO	44,02833333	49,3	86,245	105,003	135,4378	162,62056	171,9328	149,1678	104,800556	71,58	47,22333333	37,71	1165,051111
TOTAL	792,51	887,4	1552,41	1890,09	2437,88	2927,17	3094,79	2685,02	1886,41	1288,44	850,02	678,78	20970,92

Anexo 23: Tabla de datos de las totalidad de las estaciones de la provincia de Alicante según **HARGREAVES** mm/año

ESTACIONES ALICANTE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL mm/AÑO
AGOST	57,11057415	70,71410478	119,951	145,326	186,005	219,534	224,114	203,278	158,96639	108,23167	66,8778386	51,9564271	1612,064604
ALTEA	58,37701786	70,12890806	117,599	143,911	182,423	213,243	206,491	192,879	144,464387	109,19582	67,4994978	54,5689587	1560,781153
ALMORADI	61,77174791	75,70060831	129,537	150,484	192,527	213,741	220,051	196,897	152,697419	114,32038	71,930346	56,100293	1635,757668
CAMP DE MIRRA	52,91360075	65,0540822	119,614	148,007	198,651	235,121	246,658	216,811	155,587441	110,36608	63,6474285	47,5961367	1660,027096
CASTALLA	52,01179426	63,75162332	116,27	141,634	191,432	224,837	237,233	208,539	150,673777	106,30036	61,5507977	46,7660716	1600,998054
CATRAL	61,99712412	77,76303208	134,759	162,704	212,381	242,631	250,706	226,789	171,382967	124,61101	73,7237054	56,5182553	1795,966988
CREVILLENTE	65,14794076	77,04400477	132,439	157,853	198,454	229,486	228,716	207,9	161,648397	121,89261	75,5234943	59,5480985	1715,65297
DENIA	60,21927826	74,05634104	125,733	152,521	192,777	227,448	233,252	214,722	160,76574	118,76815	70,1610474	55,5168682	1685,940103
ELX	56,77420711	70,59765815	126,542	148,061	191,613	215,625	217,989	200,469	150,746509	111,15299	66,854972	51,7667715	1608,19175
MONFORTE DEL CID	59,92372331	73,27508729	128,3	155,554	201,189	233,989	243,173	216,049	168,63474	116,1555	70,7289809	53,4761988	1720,448659
NOVELDA	58,84123923	70,91820273	129,324	162,808	209,758	233,604	237,505	200,958	152,955364	106,86391	67,6181262	50,7089075	1681,863854
ONDARA	61,87428713	75,741154	129,046	161,094	206,616	241,552	240,948	213,334	161,128885	118,38961	70,6380032	57,18804	1737,550499
ORIHUELA	65,02105933	77,97221368	133,983	163,933	208,338	235,676	244,322	219,089	164,585548	122,30837	75,1560237	59,4035134	1769,787945
PILAR DE LA HORADADA	63,2602983	75,01989473	123,633	147,739	192,246	209,787	220,004	197,64	153,199988	115,99672	72,9348531	57,966525	1629,426158
PINOSO	56,03623946	67,89829672	121,544	147,144	194,175	229,757	239,983	210,912	154,622408	108,06093	66,6353012	50,3649615	1647,134089
PLANES	59,69140911	72,18958556	129,777	156,127	207,697	242,927	260,232	237,09	171,328933	119,4114	69,7941056	53,6018669	1779,867105
VILA JOIOSA	59,57443618	71,84375863	118,191	142,002	181,411	214,33	202,584	186,273	145,103885	112,70301	68,5024475	54,5076327	1557,025222
VILLENA	63,92947318	79,1802876	131,874	161,743	217,62	239,413	252,144	223,718	172,855263	116,88183	72,6111276	56,9718563	1788,942498
PROMEDIO	59,69308058	72,71382465	126,006	152,703	198,073	227,928	233,673	209,631	158,408225	114,53391	69,5771165	54,1404101	1677,079245
TOTAL	1074,47545	1308,848844	2268,12	2748,65	3565,31	4102,7	4206,11	3773,35	2851,34804	2061,6104	1252,3881	974,527383	30187,42641