

**CENTRO AGRONOMO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
PROGRAMA MANEJO INTEGRADO DE RECURSOS NATURALES
PROYECTO REGIONAL DE AGROMETEOROLOGIA**

**SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES DE HONDURAS
DIRECCION GENERAL DE RECURSOS HIDRICOS
DEPARTAMENTO DE SERVICIOS HIDROLOGICOS Y CLIMATOLOGICOS**

ESTUDIO DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL EN HONDURAS

**Francisco Jiménez O.
Roberto Hernández C.**

TURRIALBA, COSTA RICA, 1990

Contenido

	Pág.
Introducción	2
La evapotranspiración: conceptos e importancia.....	3
Medición y estimación de la evapotranspiración potencial..	4
La fórmula de Penman	5
La fórmula de Priestley y Taylor	9
La fórmula de Turc.....	10
La fórmula de Hargreaves	10
Metodología	12
Resultados	18
Bibliografía	51
Apéndice	54

Introducción

El dato de evapotranspiración potencial es de gran importancia para la producción agrícola, especialmente para una planificación adecuada y un manejo eficiente de los recursos hídricos, tanto a nivel regional como de finca, ya sea en agricultura de riego o de secano.

Mucho se ha escrito en otras latitudes sobre requerimientos de agua y varios métodos, procedimientos y fórmulas son disponibles para estimar las necesidades de agua de los cultivos. Muchos de éstos tienen aplicación limitada debido a su fundamento empírico.

En el caso particular de Honduras, con mucha frecuencia los usuarios de la información sobre evapotranspiración potencial continúan utilizando datos que fueron calculados hace más de una década, por lo que con el uso de la información climática acumulada hasta la actualidad, se pueden obtener datos más exactos. Adicionalmente, la mayoría de éstos datos fueron generados con fórmulas de estimación empíricas y sin una adecuada calibración, por lo tanto la confiabilidad de la información es frecuentemente baja.

Considerando los antecedentes antes mencionados, el CATIE a través del Proyecto Regional de Agrometeorología y el Departamento de Servicios Hidrológicos y Climatológicos de Honduras decidieron mancomunar esfuerzos a fin de poner a disposición de los usuarios información homogénea, más confiable y en una escala de tiempo más adecuada (decadal) para uso agrícola, sobre la evapotranspiración potencial en Honduras.

Para dar mayor confiabilidad a la información se calculó directamente un referencial de ETP mediante el método de Penman, en los sitios que disponían de toda la información climática necesaria para el uso de la misma. Para otros sitios carentes de datos climáticos completos, se usó el métodos de Hargreaves y mediante procedimientos estadísticos se corrigió la información, ajustándola a los datos obtenidos mediante la fórmula de Penman, la cual, por estar basada en los principios físicos del proceso de evapotranspiración, es la más confiable. Además, para las estaciones meteorológicas completas se calculó también la ETP mediante los métodos de Priestley y Taylor, Turc y Hargreaves.

La evapotranspiración: importancia y conceptos

Desde el punto de vista agrícola, la evapotranspiración (ET), se refiere a un proceso complejo que integra al mismo tiempo la evaporación del agua del suelo y la transpiración de las plantas. En el término evaporación se incluye también la vaporización de las gotas de lluvia y rocío que se han depositado en la superficie de la vegetación.

En las zonas tropicales existen pocos estudios sobre la ET, a pesar de su gran importancia en la producción agrícola, especialmente en el logro de una mejor planificación y manejo de los recursos hídricos, tanto a nivel regional, como de finca.

La oferta de agua para una zona está determinada por la precipitación y el riego, pero la disponibilidad de agua en el suelo para uso de las plantas, depende de la capacidad evaporativa de la atmósfera, de las propiedades del suelo en relación a su capacidad de retener agua y del tipo de cobertura vegetal presente. Así la capacidad evaporativa de la atmósfera (evapotranspiración potencial), que es determinada por las condiciones meteorológicas prevalescientes, define en gran parte las exigencias de agua de los cultivos, necesarias para un crecimiento y rendimiento óptimo.

Es importante definir algunos términos relacionados con la ET. En primer lugar la evapotranspiración potencial (ETP), de la cual trata esta publicación, se define como la evapotranspiración de una cobertura vegetal extensa, de 8 a 15 cm de altura, en fase activa de crecimiento, que cubre completamente el suelo y no sufre de deficiencias hídricas. La ETP representa la demanda climática y depende por lo tanto, de las condiciones meteorológicas de cada lugar. La FAO (1977) la denomina evapotranspiración de referencia del cultivo.

La evapotranspiración máxima (ETM) se define como la pérdida de agua de un cultivo u otra cobertura vegetal determinada, en un estado vegetativo definido, y con disponibilidad de agua en el suelo para uso máximo por las plantas. Se le denomina también necesidad de agua del cultivo. Se usan los coeficientes de cultivo (K_c), para relacionar la ETP con la ETM, por lo tanto $ETM = ETP * K_c$. El K_c varía con cada cultivo y etapa de desarrollo (ver Doorenbos y Pruitt, 1977).

Finalmente, se tiene la evapotranspiración real (ETR), que se define como la ET de un cultivo bajo las condiciones ambientales existentes. Ello indica que el suministro de agua puede estar limitado por restricciones físicas, químicas o biológicas que reducen la pérdida de agua con respecto, al valor que ésta podría alcanzar en ausencia de esas restricciones. La ETR, por lo tanto, nunca es superior a la ETM.

Medición y estimación de la evapotranspiración potencial

La medición de la ETP se puede realizar mediante dos formas: métodos directos y métodos indirectos. En el primer caso las mediciones se hacen en forma básicamente instrumental y son referidas, generalmente, al balance hídrico. Entre éstas tenemos las mediciones lisimétricas, dispersión de neutrones, método gravimétrico, resistencia eléctrica, método tensiométrico y método psicrométrico. Existen importantes limitaciones logísticas, metodológicas, económicas e instrumentales para la determinación directa (in situ) de la ETP. Esto ha ocasionado que se realicen numerosos esfuerzos para su medición o estimación mediante métodos indirectos.

Los métodos indirectos de medición, usan generalmente procedimientos físico-matemáticos, tales como el balance energético y las ecuaciones de transferencia de masas. Los métodos indirectos de estimación hacen uso de fórmulas matemáticas.

Las fórmulas matemáticas de estimar la ETP se pueden clasificar en dos clases: empíricas y físicas. Las primeras son más simples. Ellas estiman la ETP en función de correlaciones estadísticas con diferentes variables climáticas y geográficas, tales como temperatura, humedad del aire, latitud, altitud, etc. Tales relaciones empíricas entre ETP y clima han sido ajustadas para sitios específicos y ocasiones particulares, por lo que frecuentemente no producen resultados confiables ni consistentes en condiciones diferentes a las que fueron establecidas.

La necesidad de información por una parte, y la carencia de métodos alternativos de estimación por otra parte, han ocasionado que en muchos países tropicales se haya usado con frecuencia y en forma indiscriminada fórmulas empíricas, sin una adecuada calibración a las condiciones locales, situación que ha llevado a muchas estimaciones imprecisas de la ETP. Entre las fórmulas empíricas más conocidas en la región centroamericana están: Blaney y Criddle, Hargreaves, Thornthwaite, García-López y Turc.

Por otra parte se tienen las fórmulas físicas. Estas se basan en el conocimiento de la física del proceso de evapotranspiración. El prototipo de éstas es la fórmula de Penman. Esta clase ha probado ser muy confiable para la estimación de la ETP en diferentes sitios, razón por la cual han sido adoptadas mundialmente.

La dificultad con la fórmula de Penman y similares es la necesidad de contar con datos meteorológicos de varios elementos climáticos. En este caso se sugiere, y es la base metodológica de este documento, calcular un referencial de ETP con fórmulas físicas para los sitios que dispongan de la información requerida. Los lugares con menos información climática disponible, se puede calcular la ETP mediante fórmulas empíricas de acuerdo al tipo de información existente y posteriormente se procede a realizar los ajustes estadísticos necesarios, tomando como referencia la ETP calculada mediante fórmulas físicas.

La fórmula de Penman

Dos condiciones deben ser satisfechas antes de que el agua pueda evaporarse continuamente desde una superficie húmeda. Primero, la energía necesaria para transformar el agua líquida en vapor, conocida como calor latente de evaporación, debe ser suministrada por alguna fuente externa como el sol. Segundo, el vapor de agua saturado en contacto con la superficie húmeda debe ser removido y reemplazado por aire no saturado, el cual llegará a saturarse de nuevo. Estas dos condiciones están estrechamente relacionadas a las leyes de conservación: la conservación de energía requiere que el calor usado para evaporación sea igual al calor suministrado, y la conservación de la masa requiere que la tasa a la cual el vapor es removido desde la superficie sea igual a la tasa a la cual este es removido por la atmósfera, un proceso que depende de la mezcla turbulenta.

La ecuación que describe la transferencia de calor de una superficie y la correspondiente ecuación de transferencia de vapor de agua tienen como variable común la temperatura de la superficie evaporante. Cuando ocurre cualquier cambio en el estado de la atmósfera o de la superficie, las temperaturas cambian de forma que las leyes de conservación sean satisfechas. Una de las ecuaciones más versátiles para calcular la evapotranspiración de superficies naturales fue derivada primeramente por Penman, quien resolvió las ecuaciones de transferencia de calor, transferencia de vapor

de agua y balance de energía simultáneamente, eliminando así la necesidad de conocer la temperatura superficial, que es un dato difícil de obtener.

La ecuación de Penman basada en esa combinación del balance de energía y consideraciones del transporte aerodinámico, es una de las principales contribuciones en el campo de la física ambiental y agrícola. En su forma original, ésta fue usada para calcular promedios mensuales de evaporación desde superficies libres de agua, mediante el uso de registros de todas las variables climatológicas relevantes: energía radiativa, temperatura, humedad atmosférica y velocidad del viento. Posteriormente, la ecuación fue aplicada a suelo desnudo y vegetación.

La fórmula de Penman para el cálculo de la ETP desde superficies húmedas contiene dos términos comúnmente denominados energético o radiativo (radiación) y aerodinámico o advectivo (viento y humedad). La importancia relativa de cada término varía con las condiciones climáticas. Bajo condiciones de humedad del aire alta y viento débil, el término aerodinámico es generalmente menos importante que el término energético. En meses secos, con vientos más fuertes y en condiciones áridas o semiáridas, el término aerodinámico cobra mayor importancia, llegando incluso a ser superior que el energético. La fórmula de Penman se puede expresar de la siguiente manera:

$$ETP = \Delta R_n + \gamma E_a / \Delta + \gamma \quad (1)$$

ETP = evapotranspiración potencial (mm/día).

Δ = pendiente de la curva de vapor saturante en función de la temperatura del aire (mb/°C).

γ = constante psicrométrica (0.66 mb/°C).

Rn = radiación neta (mm/día).

Ea = poder evaporativo del aire (mm/día).

Los términos Δ , Rn y Ea se determinan en base a fórmulas matemáticas, físicas y ajustes estadísticos, como se indica luego. Es importante indicar que, en la fórmula original de Penman aparece un término denominado flujo de calor dentro del suelo, el cual generalmente no se considera en la fórmula climática de Penman antes escrita, debido a que este término es despreciable en cálculos a nivel diario.

La pendiente de la curva de vapor saturante (Δ), se puede definir como la primera derivada de la presión de vapor saturante respecto a la temperatura, calculada a la temperatura media del aire:

$$\Delta = dE(T)/dT \quad (2)$$

Para facilitar los cálculos, la expresión anterior se puede aproximar a la forma siguiente:

$$dE(T)/dT \approx [E f(T+1) - E f(T)] / [(T+1) - T] \approx E f(T+1) - E f(T) \quad (3)$$

E = presión de vapor saturante (mb).

T = temperatura media del aire ($^{\circ}$ C).

f = significa: "en función de la" o "a la".

La radiación neta (R_n) o balance de radiación toma en cuenta el albedo, la radiación solar, la radiación atmosférica y la radiación terrestre, y se puede expresar por la siguiente fórmula, derivada de la fórmula de Brunt.

$$R_n = 0.017 [(1-r)R_g - \sigma T^4 (0.56 - 0.079 \sqrt{e}) (0.1 + 0.9 n/N)] \quad (4)$$

R_n = radiación neta (mm/día).

0.017 = factor para convertir cal./cm².día a mm/día.

r = albedo, generalmente de 0.20 a 0.25.

R_g = radiación solar global (cal./cm².día).

σ = constante de Stefan-Boltzman (0.118×10^{-6} cal./cm².día. $^{\circ}$ K⁻⁴).

T = temperatura media del aire ($^{\circ}$ K), T $^{\circ}$ K = T $^{\circ}$ C + 273.

e = presión de vapor de agua promedio (mb). Si la humedad se expresa como humedad relativa, ésta puede ser transformada en presión de vapor, multiplicando la presión de vapor saturante (cuadro A1) correspondiente a la temperatura media dada por la humedad relativa. Ej. si la humedad relativa (HR) = 78 % y T = 22.3 $^{\circ}$ C, el cuadro A1 da un valor de E = 27.08 mb por lo tanto, e = 0.78 * 27.08 = 21.12 mb.

n = duración de la insolación (brillo solar medido con el heliógrafo (horas y décimas).

N = duración astronómica del día (horas y décimas). Cuadro A2.

Cuando no se dispone de registros de R_g (radiación solar global), ésta puede ser calculada mediante el uso de la fórmula de Black-Angstrom:

$$R_g = R_a (a + b n/N) \quad (5)$$

R_a = radiación solar al tope de la atmósfera (cal./cm^2 . día), cuadro A3.

a = coeficiente de la fórmula de Black-Angstrom. La FAO (1986) recomienda $a = 0.29$ para zonas tropicales húmedas y $a = 0.25$ para zonas tropicales secas.

b = coeficiente de la fórmula de Black-Angstrom. La FAO (1986) recomienda $b = 0.42$ para zonas tropicales húmedas y $b = 0.45$ para zonas tropicales secas.

N y n tienen el mismo significado anterior.

El poder evaporativo del aire (E_a) se calcula a partir de los datos de humedad del aire, expresados como presión de vapor y la velocidad del viento:

$$E_a = 0.26 (E - e) (1 + 0.54 V) \quad (6)$$

V = velocidad promedio del viento (m/s) a una altura de 2 metros. El factor 0.54 aumenta si la diferencia entre el promedio de temperaturas máximas y mínimas es superior a 12°C , para tomar en cuenta el efecto advectivo.

E y e tienen el mismo significado anterior.

Si la velocidad del viento se expresa en km/h a una altura de 2 metros, E_a se calcula mediante la expresión siguiente:

$$E_a = 0.26 (E - e) (1 + 0.15 V) \quad (7)$$

También se puede utilizar la fórmula de Brochet-Gerbier para transformar la velocidad del viento a la altura deseada:

$$V_a/V_b = (Z_a/Z_b)^{0.143} \quad (8)$$

V_a = velocidad del viento a la altura a .

V_b = velocidad del viento a la altura b .

Z_a = altura de medición a .

Z_b = altura de medición b .

La fórmula de Priestley y Taylor

En 1972 Priestley y Taylor propusieron una fórmula para estimar la ETP. La misma se expresa de la forma siguiente:

$$ETP = k[\Delta / (\Delta + \gamma)] (R_n) \quad (8)$$

ETP = evapotranspiración potencial (mm/día).
 Δ = la pendiente de la curva de presión de vapor saturante en función de la temperatura del aire (mb/°C)
 γ = constante psicrométrica (0.66 mb/°C).
 R_n = radiación neta (mm/día).
 k = constante, 1.26.

Los valores de Δ y R_n se calculan en forma similar a la indicada para la fórmula de Penman. El valor G (flujo de calor dentro del suelo) que aparece en la fórmula original es despreciable a nivel diario. La constante ($k=1.26$) es un valor promedio obtenido por Priestley y Taylor en su estudio y puede ser recalculado para cada sitio, cuando se dispone de la información requerida, mediante la siguiente expresión:

$$k = \frac{ETP}{[\Delta / (\Delta + \gamma)] (R_n)} \quad (10)$$

Δ , γ y R_n tienen el mismo significado indicado anteriormente. Una manera alternativa de recalculer k es agregar a la unidad el valor proveniente de la relación entre el término advectivo y el término radiativo de la fórmula de Penman:

$$k = 1 + (\gamma E_a / \Delta R_n) \quad (11)$$

El método de Priestley y Taylor de calcular al ETP tiene fundamento físico similar al de Penman, en el término radiativo. El término advectivo es considerado de forma más empírica mediante el uso de la constante k . Esta fórmula ha dado buenos resultados en el cálculo de la ETP, principalmente en regiones donde el factor aerodinámico o advectivo es muy estable o no contribuye de manera muy importante a la variación de la ETP. Adicionalmente, tiene la ventaja de no requerir de registros meteorológicos de

velocidad del viento, por lo tanto, se puede utilizar en sitios donde se mide la temperatura y humedad del aire y la radiación solar global o el brillo solar.

La fórmula de Turc

En 1954, L. Turc obtuvo una fórmula empírica que expresa la evapotranspiración potencial como una función de la temperatura media, la radiación solar global y la humedad relativa promedio, si ésta es menor de 50 %. Específicamente, su fórmula la basó en el balance hídrico de una cuenca y datos lisimétricos recolectados durante varios años en Inglaterra, Francia y el norte de Africa. La expresión matemática de la misma es la siguiente:

$$ETP = 0.013 [T/(T+15)] (R_g+50) [1+(50-HR/70)] \quad (12)$$

ETP = evapotranspiración potencial (mm/día).

T = temperatura media del aire (°C).

R_g = la radiación solar global (cal./cm².día).

HR = humedad relativa promedio (%).

Cuando la humedad relativa promedio es mayor de 50 %, el último término de la fórmula se elimina. La radiación solar global puede calcularse mediante la fórmula de Blac-Angstrom, como se indicó anteriormente, cuando no se dispone de mediciones directas de ésta variable meteorológica.

En regiones húmedas y de vientos débiles, la mayor parte de la ETP se debe al efecto energético de la radiación solar. Bajo estas condiciones este método da resultados, generalmente aceptables. Conforme el efecto aerodinámico sobre la ETP es mayor, la fórmula de Turc tiende a subestimar los valores de ésta.

La fórmula de Hargreaves

Hargreaves ha sugerido varias fórmulas para la estimación de la ETP, dependiendo de los datos climáticos con que se disponga. Frére et al (1975) en un estudio agroclimatológico de la zona andina propusieron algunas modificaciones a este método. Ellos sugieren que para obtener mejores resultados con el uso de la fórmula de Hargreaves en muchos países del continente americano, es necesario utilizar datos de temperatura media, humedad relativa promedio, radiación solar al tope de la atmósfera y la altitud del lugar.

Esta fórmula modificada de Hargreaves se expresa de la forma siguiente:

$$ETP = 0.34 Ra [0.4 + (0.024 T)] (1.35 \sqrt{1 - HR}) (1 + 0.00004 Z) \quad (13)$$

ETP = evapotranspiración potencial (mm/día).

Ra = radiación solar al tope de la atmósfera, expresada en mm de agua ($\sim 59 \text{ cal./cm}^2 = 1 \text{ mm de agua}$).

T = temperatura media del aire ($^{\circ}\text{C}$).

HR = humedad relativa expresada en forma decimal.

Z = altitud (m).

La expresión $1.35 \sqrt{1 - HR}$ tiene un valor máximo de 1.0, esto indica que considera valores de humedad relativa promedio superiores a 45 %.

Las diferentes fórmulas de Hargreaves son bastante conocidas en la región Centroamericana, debido a estudios que el proponente de las mismas ha realizado en el área, sobretodo en los años setenta.

Metodología

La primera etapa de este estudio consistió en actualizar y procesar a nivel decadal, la información climatológica tanto de las estaciones principales (P), como secundarias (S) de Honduras. En el caso de las estaciones de Ceiba, La Mesa, Puerto Lempira, Aeropuerto Toncontín y Villa Ahumada, la información se tomó de la publicación de la FAO denominada: Datos agroclimatológicos de América Latina y el Caribe.

Las estaciones principales tienen datos de temperatura, humedad del aire, brillo solar, velocidad del viento y precipitación. Las secundarias cuentan con información de temperatura, humedad del aire y precipitación, y por lo tanto, solo el método de Hargreaves de los usados en este estudio, puede emplearse directamente para calcular la ETP en ellas.

En el cuadro 1 se anotan las principales características de las estaciones meteorológicas usadas en este trabajo. Su ubicación geográfica aproximada de acuerdo a la numeración dada en el cuadro 1 aparece en la figura 1.

Con la información obtenida se calculó la ETP para las estaciones principales por los métodos de Penman, Priestley y Taylor, Turc y Hargreaves, y por el método de Hargreaves para las estaciones secundarias. En el cuadro 2 se anota la información requerida por cada método para calcular la ETP.

Las fórmulas utilizadas son las descritas anteriormente en este documento. En el caso de la fórmula de Penman se usó un albedo (r) de 0.20. En todos los casos, la radiación solar global fue estimada a partir de los datos de brillo solar, según la fórmula de Black-Angstrom (ec. 5). Se usó un valor de $a = 0.29$ y $b = 0.42$. En la fórmula de Priestley y Taylor se usó siempre la misma constante ($k = 1.26$).

Para cada estación principal se calcularon ecuaciones de regresión lineal entre la ETP-Penman y los otros métodos antes indicados.

Determinación preliminar de zonas homogéneas

Con el objetivo de poder juntar varias estaciones meteorológicas y obtener así modelos de regresión más generales, se realizó una determinación preliminar de zonas

homogéneas considerando aspectos geográficos, climáticos y estadísticos. El conocimiento de la zona, la información climática y geográfica disponible y las tendencias de las relaciones temporales y espaciales de la ETP-Hargreaves (ETP-H) y la ETP-Penman (ETP-P) en las diferentes estaciones principales sugerían que el país se podía dividir en al menos dos grandes regiones.

Para reforzar esta suposición inicial se realizó una prueba estadística para verificar en cuales de las estaciones meteorológicas principales, los parámetros del modelo de regresión lineal que relaciona los métodos de Penman y Hargreaves ($ETP-P = a + b ETP-H$) no eran estadísticamente diferentes. Este caso particular era el que más interesaba, puesto que como se indicó antes, en las estaciones secundarias solo el método de Hargreaves se podía usar para calcular la ETP directamente.

Así se realizaron 78 comparaciones de parejas de estaciones, resultantes de la combinación de las trece estaciones principales. Todas las parejas de estaciones en las que los parámetros b de los modelos de regresión no fueron significativamente diferentes en la prueba de t de Student, con un nivel de confianza de 95 % se juntaron y la información se manejó como un solo conjunto de datos. En el apéndice 1 de mayor detalle sobre ésta prueba.

Con base en ese procedimiento se dividió preliminarmente el país en dos regiones, denominadas A y B, para cada una de las cuales se obtuvo una ecuación de regresión lineal para estimar la ETP-Penman en función de la ETP-Hargreaves.

La Región A incluyó básicamente las zonas de vida bosque seco y bosque húmedo subtropical, según el mapa ecológico de Holdridge (figura A1). En la Región B incluye las formaciones ecológicas bosque muy húmedo subtropical y bosque húmedo tropical, principalmente. En la Región A quedaron incluidas las estaciones principales siguientes: El Zamorano, Aerop. Toncontín, Playitas, Flores, Siguatepeque, La Mesa, Villa Ahumada y Choluteca. En la Región B quedaron agrupadas las estaciones Guaymas, La Ceiba, Tepusteca y Pto. Lempira.

En general hubo concordancia entre las consideraciones geográfico-climáticas y las estadísticas. Una excepción fue la estación Victoria, la cual no quedó incluida en ninguna de las regiones indicadas. Sería conveniente revisar con detalle la veracidad de los datos climáticos de este sitio, principalmente la velocidad del viento, que parece demasiado baja.

Determinación de los modelos estadísticos definitivos

Luego de la clasificación preliminar mediante la cual se dividió el país en dos grandes regiones, se subdividió cada Región en época seca y época lluviosa, con base en el régimen pluviométrico. En la Región A se consideró como época seca la comprendida de noviembre a abril y en la Región B de febrero a abril. Para cada Región y época se obtuvieron los modelos de regresión lineal correspondientes, para estimar al ETP-Penman en función de la ETP-Hargreaves.

Seguidamente se procedió a probar éstas clasificaciones partiendo de las hipótesis nulas que no había diferencias estadísticamente significativas entre los parámetros a y b de los modelos de regresión de las muestras, comparando por separado las regiones y dentro de éstas las épocas. Para ello se usó la prueba de F de Fisher, con un nivel de confianza de 95%. Esta prueba realiza comparaciones en forma simultánea para ambos parámetros de la ecuación, y no individualmente sobre cada uno de ellos, para dar así mayor confiabilidad a los resultados obtenidos. En el apéndice 2 se da mayor detalle de la prueba de F realizada.

Finalmente, se estimó la ETP-Penman para las estaciones secundarias, mediante el uso de las ecuaciones obtenidas y considerando la Región y época del año. Así por ejemplo para estimar al ETP-Penman decadal en la estación meteorológica Agua Caliente, se calcula con los datos de ese sitio la ETP-Hargreaves decadal, y luego se utiliza la ecuación de regresión para la época seca, Región A, para estimar la ETP-Penman de noviembre a abril y la de época lluviosa para los meses de mayo a octubre.

Las ecuaciones obtenidas pueden utilizarse para estimar la ETP-Penman en otras estaciones secundarias no incluidas en este estudio, según la Región en la que se encuentran ubicadas. Así mismo si no se requiere mucha precisión en los cálculos, se pueden utilizar las ecuaciones generales para cualquier época del año.

Cuadro 1. Características de las estaciones meteorológicas utilizadas en este estudio.

Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Tipo
1. Playitas	14 25	87 42	595	P
2. Agua Caliente	14 40	87 17	580	S
3. Santa Clara	14 26	87 17	740	S
4. La Entrada	15 04	88 44	445	S
5. La Gloria	14 26	87 58	600	S
6. La Ermita	14 28	87 04	760	S
7. Marcala	14 09	88 02	1340	S
8. Senseti	14 29	88 56	870	S
9. Sta Rosa Copán	14 47	88 47	1079	S
10. Flores	14 17	87 34	620	P
11. El Coyolar	14 19	87 30	800	S
12. Siguatepeque	14 34	87 50	1080	P
13. Victoria	14 56	87 23	360	P
14. El Zanorano	14 00	87 00	780	P
15. Aer. Toncontín	14 03	87 13	1000	P
16. El Porvenir	14 14	88 59	660	S
17. La Venta	14 18	87 10	890	S
18. La Mesa	15 26	87 56	31	P
19. Guaymas	15 32	87 42	34	P
20. Ceiba	15 44	88 52	26	P
21. Chumbagua	15 16	88 29	195	S
22. Macuelizo	15 18	88 32	240	S
23. Quimistán	15 20	88 24	190	S
24. El Modelo	15 23	87 59	45	S
25. El Curla	15 44	88 51	15	S
26. San Francisco	15 40	87 01	10	S
27. Morazán	15 19	87 35	220	S
28. Villa Ahumada	14 00	88 34	830	P
29. Las Acacias	14 00	88 25	490	S
30. Guayabillas	14 35	88 17	420	S
31. Las Linas	15 06	85 47	500	S
32. Las Trojes	14 03	85 59	706	S
33. Pinomal	14 04	88 20	440	S
34. Campamento	14 33	88 40	700	S
35. Choluteca	13 18	87 12	48	P
36. Nacaome	13 31	87 29	35	S
37. Los Encuentros	13 28	87 05	95	S
36. Pespire	13 35	87 21	60	S
39. La Lujosa	13 19	87 17	25	S
40. Tepusteca	15 29	88 16	100	P
41. Olanchito	15 29	88 33	150	S
42. Pto. Lempira	15 13	83 37	13	P

P=Principal

S= Secundaria

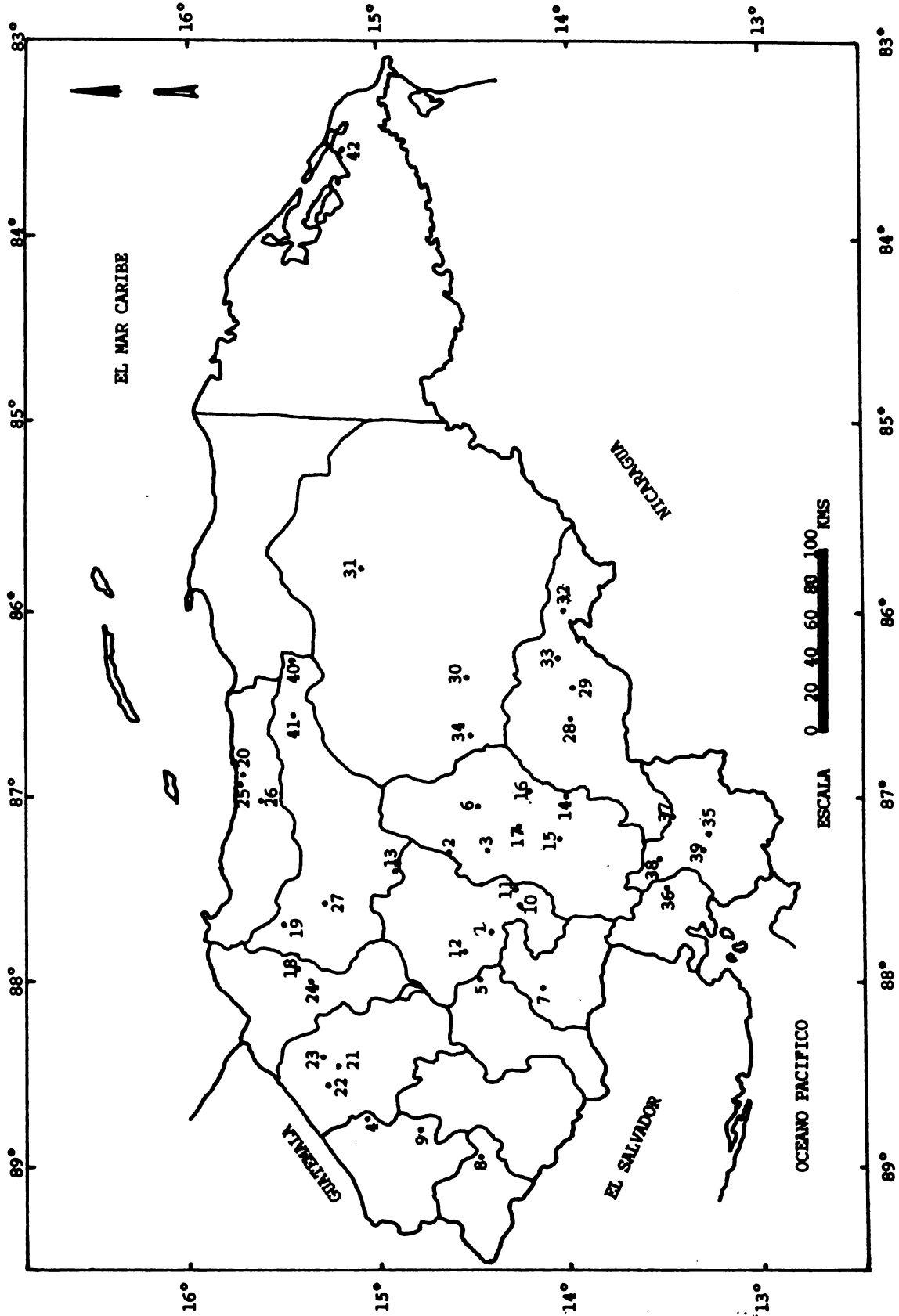


Fig. 1. Ubicación de las estaciones meteorológicas

Cuadro 2. Información climática y geofísica necesaria para aplicar los métodos de Penman, Priestley y Taylor, Turc y Hargreaves de calcular la ETP.

Método	Radiación solar*	Temperatura del aire	Humedad del aire	Velocidad del viento	Radiación extraterrestre	Altitud
Penman	x	x	x	x	-	-
Priestley y Taylor	x	x	x	-	-	-
Turc	x	x	x†	-	-	-
Hargreaves	-	x	x	-	x	x

x = necesario - = no necesario

x† = necesario solo si la humedad relativa es menor de 50 %.

* Si no se dispone de mediciones directas de radiación solar, ésta se puede estimar a partir de los datos de brillo solar y radiación extraterrestre.

Resultados

En los cuadros del 3 al 15 aparece la ETP calculada por los diferentes métodos, para las estaciones principales. En la figura 2 se presentan a manera de ejemplo, la representación gráfica de éstos datos para la estación Playitas de la Región A y en la figura 3 para la estación Guaymas de la Región B. Para facilitar la comparación, éstos datos están expresados como promedios diarios decadales.

En el cuadro 16 se presentan las ecuaciones de regresión para calcular la ETP-Penman a partir de la ETP Priestley y Taylor, Hargreaves o Turc en las estaciones principales.

Un análisis general de los cuadros 3 al 15 permite notar fácilmente que los métodos de Turc y Hargreaves sub-estiman de manera importante la ETP en las diferentes regiones de Honduras, aunque este efecto es más notorio durante la época lluviosa.

En el caso del método de Priestley y Taylor, éste tiende a sub-estimar la ETP en las zonas de menor humedad del aire y mayor velocidad del viento, principalmente durante la época seca donde el efecto aerodinámico sobre la ETP es más importante, véase por ejemplo los datos de la estación Choluteca. En las regiones territoriales húmedas y con baja velocidad de viento, obsérvese por ejemplo la estación Guaymas, éste método tiende a sobre-estimar la ETP. Esto se debe a que la constante ($k= 1.26$) es muy alta para áreas con esas características climáticas, o sea que la relación entre el término advectivo y el término radiativo en éstas zonas es menor de 0.26.

En el cuadro 17 se anotan los valores mensuales de k calculados para las diferentes estaciones principales. El uso de éstos, en lugar del valor promedio de k dado por Priestley y Taylor podría mejorar en forma sustancial la estimación de la ETP con éste método.

A pesar de que la fórmula de Hargreaves sub-estima la ETP, los datos del cuadro 16 muestran que existe, en general, una buena correlación entre la ETP-Hargreaves y la ETP-Penman, incluso este comportamiento es más consistente que con los otros dos métodos estudiados. Las figuras 4 y 5 ilustran a manera de ejemplo para una estación meteorológica

de cada una de las regiones, este comportamiento. Estos resultados son útiles porque existen bastantes estaciones meteorológicas que solo disponen de datos de temperatura y humedad del aire, y por lo tanto, solamente el método de Hargreaves de los usados en este estudio, es aplicable para calcular una ETP preliminar, que luego pueda ser usada para obtener una estimación de la ETP-Penman.

De acuerdo a las pruebas estadísticas realizadas, se encontró que los parámetros a y b de las ecuaciones de regresión que comparaban la Región A con la B y dentro de la Región A, la época seca con la época lluviosa, eran significativamente diferentes. Estos resultados respaldan como correcta la clasificación inicial realizada, y por lo tanto justifica el uso de ecuaciones de regresión individuales, según la Región y época que corresponda. Dentro de la Región B no se encontró diferencias significativas entre las épocas, por lo consiguiente se obtuvo una única ecuación para cualquier época del año.

En el cuadro 18 aparecen las ecuaciones de regresión para estimar la ETP-Penman decadal a partir de la ETP-Hargreaves decadal, en todas aquellas estaciones secundarias utilizadas en el estudio. Estas pueden usarse también para estimar la ETP, según la Región y época que les corresponda, en otras estaciones secundarias no incluidas en este trabajo. En las figuras 6, 7, 8 y 9 se puede observar la representación gráfica de la relación entre la ETP-Penman y la ETP-Hargreaves en la Región A, Región A época seca, Región A época lluviosa y Región B, respectivamente.

En los cuadros del 19 al 25 se presentan los valores de ETP calculados a partir de la fórmula de Hargreaves y los obtenidos mediante el uso de las ecuaciones de regresión del cuadro 18. Los mismos están expresados en mm por década calendario, esto es que la duración de la tercera década puede ser de 8, 10 u 11 días, dependiendo del mes. Nótese que existen grandes diferencias entre estos valores, lo que demuestra que el uso de fórmulas empíricas sin una adecuada calibración puede ocasionar que se incurra en grandes errores en la planificación de recursos hídricos.

Finalmente, se debe re-insistir a los lectores y usuarios de este documento, que en todo estudio que requiera datos de evapotranspiración potencial, se debe utilizar la ETP-Penman.

Cuadro 3. Evapotranspiración potencial promedio decadal diario (mm), calculada por diferentes fórmulas para la estación meteorológica El Zamorano.

MES	DECADA	PENMAN	PRIESTLEY TAYLOR	TURC	HARGREAVES
ENE	1	3.9	2.8	2.7	2.9
ENE	2	3.4	2.8	2.7	3.0
ENE	3	3.8	3.1	3.0	3.3
FEB	4	3.9	3.2	3.0	3.4
FEB	5	4.1	3.4	3.0	3.7
FEB	6	4.3	3.4	3.1	3.8
MAR	7	4.6	3.9	3.3	4.2
MAR	8	4.9	4.1	3.5	4.3
MAR	9	5.3	4.3	3.7	4.7
ABR	10	5.2	4.9	3.6	4.9
ABR	11	5.2	4.9	3.5	4.9
ABR	12	5.0	4.9	3.4	4.9
MAY	13	5.1	4.5	3.5	4.8
MAY	14	5.1	4.6	3.5	4.7
MAY	15	4.6	4.9	3.2	4.3
JUN	16	4.4	4.4	3.3	3.8
JUN	17	4.1	4.0	3.0	3.6
JUN	18	4.3	4.2	3.1	3.7
JUL	19	4.2	4.1	3.1	3.6
JUL	20	4.2	4.1	3.1	3.5
JUL	21	4.2	4.2	3.1	3.5
AGO	22	4.3	4.2	3.2	3.7
AGO	23	4.3	4.3	3.3	3.6
AGO	24	4.2	4.3	3.2	3.4
SET	25	4.1	4.2	3.2	3.5
SET	26	3.9	4.0	3.0	3.3
SET	27	3.8	4.0	3.1	3.2
OCT	28	3.8	3.8	3.0	3.3
OCT	29	3.8	3.7	3.1	3.3
OCT	30	3.6	3.5	2.9	3.1
NOV	31	3.4	3.3	2.8	3.0
NOV	32	3.4	3.2	2.8	2.9
NOV	33	3.3	3.0	2.7	2.9
DIC	34	3.1	2.8	2.5	2.7
DIC	35	3.2	2.7	2.6	2.8
DIC	36	3.2	2.6	2.5	2.8
SUMA		148.6	135.9	111.3	131.0
PROMEDIO		4.1	3.8	3.1	3.6
DESV. EST.		0.6	0.6	0.3	0.7

Cuadro 4. Evapotranspiración potencial promedio decadal diario (mm), calculada por diferentes fórmulas para la estación meteorológica Aerop. Toncontín.

MES	DECADA	PENMAN	PRIESTLEY TAYLOR	TURC	HARGREAVES
ENE	1	3.0	2.5	2.7	2.6
ENE	2	3.4	2.6	2.7	2.7
ENE	3	3.5	2.8	2.8	2.7
FEB	4	3.9	3.0	3.0	3.2
FEB	5	4.1	3.2	3.1	3.3
FEB	6	4.1	3.2	3.1	3.2
MAR	7	4.7	4.0	3.4	4.0
MAR	8	4.8	4.1	3.5	4.1
MAR	9	4.9	4.2	3.5	4.2
ABR	10	5.1	4.2	3.6	4.4
ABR	11	5.1	4.3	3.5	4.5
ABR	12	5.2	4.3	3.6	4.5
MAY	13	4.8	4.2	3.4	4.0
MAY	14	4.7	4.2	3.4	4.0
MAY	15	4.7	4.2	3.4	4.0
JUN	16	4.1	3.9	3.0	3.4
JUN	17	4.1	3.9	3.0	3.4
JUN	18	4.1	3.9	3.0	3.4
JUL	19	4.4	4.0	3.2	3.5
JUL	20	4.4	4.0	3.2	3.5
JUL	21	4.4	4.1	3.2	3.5
AGO	22	4.4	4.1	3.2	3.5
AGO	23	4.4	4.1	3.2	3.5
AGO	24	4.3	4.0	3.2	3.5
SET	25	4.1	3.9	3.1	3.2
SET	26	4.0	3.9	3.1	3.2
SET	27	3.9	3.8	3.0	3.1
OCT	28	3.8	3.6	3.0	2.9
OCT	29	3.6	3.4	2.9	2.9
OCT	30	3.5	3.3	2.8	2.8
NOV	31	3.4	3.0	2.7	2.7
NOV	32	3.3	2.9	2.7	2.6
NOV	33	3.2	2.7	2.6	2.5
DIC	34	3.1	2.6	2.6	2.5
DIC	35	3.1	2.5	2.5	2.5
DIC	36	3.1	2.5	2.5	2.4
SUMA		146.7	129.1	110.4	119.9
PROMEDIO		4.1	3.6	3.1	3.3
DESV. EST.		0.6	0.6	0.3	0.6

Cuadro 5. Evapotranspiración potencial promedio decadal diario (mm), calculada por diferentes fórmulas para la estación meteorológica Flores.

MES	DECADA	PENMAN	PRIESTLEY TAYLOR	TURC	HARGREAVES
ENE	1	3.4	2.7	2.7	2.9
ENE	2	3.6	2.9	2.8	3.0
ENE	3	4.1	3.0	3.0	3.3
FEB	4	4.1	3.3	3.2	3.5
FEB	5	4.1	3.5	3.2	3.5
FEB	6	4.4	3.8	3.3	3.8
MAR	7	4.7	4.0	3.5	4.1
MAR	8	5.1	4.2	3.7	4.4
MAR	9	5.4	4.4	3.7	4.6
ABR	10	5.3	4.4	3.7	4.9
ABR	11	5.2	4.4	3.5	4.6
ABR	12	5.2	4.4	3.4	4.7
MAY	13	5.1	4.6	3.6	4.6
MAY	14	5.0	4.7	3.6	4.5
MAY	15	4.4	4.4	3.2	4.1
JUN	16	4.3	4.4	3.3	3.7
JUN	17	4.3	4.3	3.2	3.6
JUN	18	4.3	4.3	3.2	3.7
JUL	19	4.4	4.3	3.2	3.8
JUL	20	4.5	4.3	3.2	3.8
JUL	21	4.5	4.3	3.3	3.8
AGO	22	4.5	4.4	3.4	3.8
AGO	23	4.4	4.5	3.4	3.8
AGO	24	4.4	4.5	3.4	3.6
SET	25	4.1	4.3	3.2	3.4
SET	26	3.9	4.1	3.1	3.2
SET	27	3.8	4.1	3.1	3.1
OCT	28	3.9	4.0	3.1	3.1
OCT	29	3.9	3.8	3.0	3.1
OCT	30	3.7	3.5	2.9	2.9
NOV	31	3.4	3.3	2.8	2.9
NOV	32	3.4	3.2	2.8	2.9
NOV	33	3.4	3.1	2.8	2.9
DIC	34	3.3	2.9	2.6	2.7
DIC	35	3.2	2.8	2.7	2.7
DIC	36	3.4	2.7	2.7	2.9
SUMA		152.1	139.8	114.5	129.9
PROMEDIO		4.2	3.9	3.2	3.6
DESV. EST.		0.6	0.6	0.3	0.6

Cuadro 6. Evapotranspiración potencial promedio decadal diaria (mm), calculada por diferentes fórmulas para la estación meteorológica Playitas.

MES	DECADA	PENMAN	PRIESTLEY TAYLOR	TURC	HARGREAVES
ENE	1	3.4	2.7	2.8	3.0
ENE	2	3.4	2.8	2.7	3.0
ENE	3	3.6	3.1	2.8	3.0
FEB	4	3.9	3.2	3.1	3.5
FEB	5	4.3	3.6	3.4	3.7
FEB	6	4.4	3.6	3.2	3.9
MAR	7	4.7	4.0	3.6	4.3
MAR	8	4.7	4.0	3.5	4.4
MAR	9	5.2	4.4	3.8	4.6
ABR	10	5.4	4.5	3.8	5.0
ABR	11	5.2	4.6	3.8	4.9
ABR	12	5.2	4.6	3.7	4.9
MAY	13	5.2	4.6	3.6	4.8
MAY	14	5.0	4.5	3.4	4.7
MAY	15	4.6	4.4	3.3	4.3
JUN	16	4.5	4.5	3.4	3.8
JUN	17	4.4	4.5	3.4	3.8
JUN	18	4.4	4.4	3.4	3.9
JUL	19	4.4	4.4	3.4	3.8
JUL	20	4.4	4.4	3.4	3.7
JUL	21	4.4	4.6	3.5	3.5
AGO	22	4.6	4.7	3.6	3.8
AGO	23	4.6	4.7	3.5	3.8
AGO	24	4.3	4.6	3.5	3.3
SET	25	4.2	4.3	3.3	3.6
SET	26	4.1	4.3	3.3	3.3
SET	27	4.0	4.2	3.3	3.2
OCT	28	3.8	3.9	3.0	3.0
OCT	29	3.5	3.7	2.9	2.9
OCT	30	3.5	3.7	2.9	2.8
NOV	31	3.3	3.2	2.8	2.8
NOV	32	3.2	3.1	2.7	2.7
NOV	33	3.2	3.0	2.7	2.7
DIC	34	3.1	2.9	2.7	2.7
DIC	35	3.2	2.8	2.7	2.7
DIC	36	3.2	2.8	2.8	2.8
SUMA		150.5	141.3	116.7	130.6
PROMEDIO		4.2	3.9	3.2	3.6
DESV. EST.		0.7	0.7	0.4	0.7

Cuadro 7. Evapotranspiración potencial promedio decadal diario (mm), calculada por diferentes fórmulas para la estación meteorológica Siguatepeque.

MES	DECADA	PENMAN	PRIESTLEY TAYLOR	TURC	HARGREAVES
ENE	1	2.4	2.4	2.2	2.0
ENE	2	2.5	2.5	2.4	2.1
ENE	3	2.7	2.8	2.5	2.1
FEB	4	2.9	2.9	2.6	2.6
FEB	5	3.1	3.1	2.7	2.7
FEB	6	3.2	3.2	2.8	2.7
MAR	7	3.6	3.5	3.0	3.1
MAR	8	3.9	3.8	3.2	3.4
MAR	9	4.1	3.9	3.2	3.4
ABR	10	4.2	4.0	3.3	3.7
ABR	11	4.2	4.0	3.2	3.7
ABR	12	4.3	4.0	3.2	3.9
MAY	13	4.3	4.1	3.2	3.8
MAY	14	4.2	4.2	3.2	3.8
MAY	15	3.8	4.0	3.0	3.3
JUN	16	3.9	4.1	3.1	3.3
JUN	17	3.8	4.0	3.0	3.1
JUN	18	3.9	4.2	3.2	3.2
JUL	19	3.9	4.1	3.2	3.1
JUL	20	3.8	4.0	3.1	3.1
JUL	21	3.8	4.3	3.1	3.0
AGO	22	3.9	4.2	3.2	3.1
AGO	23	3.9	4.3	3.3	3.1
AGO	24	3.8	4.1	3.2	2.8
SET	25	3.7	3.9	3.0	2.9
SET	26	3.5	3.8	2.9	2.8
SET	27	3.4	3.6	2.8	2.7
OCT	28	3.3	3.5	2.8	2.5
OCT	29	3.1	3.3	2.7	2.3
OCT	30	2.8	3.1	2.5	2.0
NOV	31	2.7	2.9	2.4	2.0
NOV	32	2.6	2.8	2.4	2.0
NOV	33	2.6	2.7	2.4	2.0
DIC	34	2.4	2.5	2.2	1.9
DIC	35	2.4	2.5	2.2	1.9
DIC	36	2.4	2.5	2.3	1.9
SUMA		123.0	126.8	102.7	101.0
PROMEDIO		3.4	3.5	2.9	2.8
DESV. EST.		0.6	0.6	0.4	0.6

Cuadro 8. Evapotranspiración potencial promedio decadal diario (mm), calculada por diferentes fórmulas para la estación meteorológica Victoria.

MES	DECADA	PENMAN	PRIESTLEY TAYLOR	TURC	HARGREAVES
ENE	1	2.9	2.8	2.6	2.7
ENE	2	2.9	2.9	2.6	2.8
ENE	3	3.1	3.2	2.8	2.8
FEB	4	3.4	3.3	2.9	3.3
FEB	5	3.7	3.6	3.1	3.7
FEB	6	3.8	3.4	3.1	4.1
MAR	7	4.2	4.1	3.3	4.1
MAR	8	4.5	4.3	3.6	4.3
MAR	9	4.8	4.8	3.8	4.4
ABR	10	4.9	4.7	3.7	4.9
ABR	11	4.7	4.7	3.5	4.8
ABR	12	4.7	4.7	3.5	4.8
MAY	13	4.8	4.8	3.6	4.8
MAY	14	4.8	4.8	3.6	4.8
MAY	15	4.6	4.9	3.5	3.9
JUN	16	4.4	4.5	3.4	4.3
JUN	17	4.1	4.4	3.2	3.6
JUN	18	4.2	4.6	3.3	3.6
JUL	19	4.1	4.3	3.2	3.5
JUL	20	4.1	4.4	3.3	3.6
JUL	21	4.2	4.7	3.4	3.2
AGO	22	4.3	4.7	3.4	3.3
AGO	23	4.3	4.7	3.5	3.4
AGO	24	4.3	4.8	3.5	3.2
SET	25	4.2	4.6	3.3	3.4
SET	26	3.9	4.3	3.2	3.2
SET	27	3.9	4.3	3.2	3.2
OCT	28	3.7	4.1	3.1	3.1
OCT	29	3.5	3.8	3.0	2.9
OCT	30	3.3	3.8	2.8	2.3
NOV	31	3.0	3.3	2.6	2.4
NOV	32	3.0	3.0	2.6	2.6
NOV	33	3.0	3.1	2.6	2.7
DIC	34	2.8	2.8	2.4	2.5
DIC	35	2.8	2.9	2.5	2.4
DIC	36	2.9	3.0	2.6	2.4
SUMA		139.8	145.1	113.3	125.0
PROMEDIO		3.9	4.0	3.1	3.5
DESV. EST.		0.7	0.7	0.4	0.8

Cuadro 9. Evapotranspiración potencial promedio decadal diario (mm), calculada por diferentes fórmulas para la estación meteorológica Ceiba.

MES	DECADA	PENMAN	PRIESTLEY TAYLOR	TURC	HARGREAVES
ENE	1	3.2	3.2	2.7	2.1
ENE	2	3.3	3.3	2.8	2.2
ENE	3	3.4	3.4	2.8	2.3
FEB	4	4.0	3.9	3.2	2.6
FEB	5	4.1	4.1	3.3	2.7
FEB	6	4.1	4.1	3.3	2.7
MAR	7	4.8	4.5	3.5	3.2
MAR	8	4.9	4.7	3.6	3.3
MAR	9	5.0	4.9	3.7	3.4
ABR	10	5.1	4.7	3.5	3.7
ABR	11	5.1	4.8	3.5	3.8
ABR	12	5.1	4.8	3.5	3.8
MAY	13	5.0	4.8	3.4	3.7
MAY	14	5.0	4.8	3.3	3.7
MAY	15	5.0	4.8	3.3	3.7
JUN	16	4.7	4.6	3.1	3.6
JUN	17	4.7	4.4	3.1	3.6
JUN	18	4.6	4.4	3.1	3.6
JUL	19	4.5	4.3	3.0	3.4
JUL	20	4.5	4.3	3.0	3.4
JUL	21	4.5	4.3	3.0	3.4
AGO	22	4.9	4.8	3.3	3.5
AGO	23	4.9	4.8	3.3	3.5
AGO	24	4.9	4.8	3.3	3.4
SET	25	4.6	4.6	3.2	3.4
SET	26	4.5	4.5	3.2	3.3
SET	27	4.5	4.4	3.1	3.2
OCT	28	4.0	4.1	3.0	2.7
OCT	29	3.9	3.9	3.0	2.7
OCT	30	3.7	3.8	3.1	2.8
NOV	31	3.7	3.8	3.1	2.3
NOV	32	3.6	3.7	2.9	2.2
NOV	33	3.5	3.6	2.9	2.1
DIC	34	3.1	3.2	2.7	2.0
DIC	35	3.1	3.2	2.6	1.9
DIC	36	3.1	3.2	2.6	1.9
SUMA		154.6	151.5	113.0	108.8
PROMEDIO		4.3	4.2	3.1	3.0
DESV. EST.		0.7	0.6	0.3	0.6

Cuadro 10. Evapotranspiración potencial promedio decadal diario (mm), calculada por diferentes fórmulas para la estación meteorológica La Mesa.

MES	DECADA	PENMAN	PRIESTLEY TAYLOR	TURC	HARGREAVES
ENE	1	3.2	3.2	2.7	2.1
ENE	2	3.2	3.3	2.7	2.1
ENE	3	3.3	3.5	2.8	2.2
FEB	4	3.8	3.6	3.2	2.5
FEB	5	4.0	3.8	3.2	2.6
FEB	6	4.0	3.9	3.2	2.6
MAR	7	4.7	4.2	3.5	3.2
MAR	8	4.8	4.3	3.5	3.3
MAR	9	4.9	4.5	3.6	3.4
ABR	10	4.9	4.8	3.3	3.7
ABR	11	5.0	4.9	3.3	3.8
ABR	12	5.0	4.9	3.4	3.8
MAY	13	5.0	5.0	3.3	3.8
MAY	14	5.0	5.0	3.2	3.8
MAY	15	4.9	5.0	3.2	3.8
JUN	16	4.5	4.8	3.0	3.5
JUN	17	4.5	4.8	3.0	3.5
JUN	18	4.5	4.8	3.0	3.5
JUL	19	4.5	4.6	3.0	3.4
JUL	20	4.5	4.6	3.0	3.4
JUL	21	4.5	4.6	3.0	3.4
AGO	22	4.5	4.9	3.0	3.4
AGO	23	4.5	4.9	3.0	3.4
AGO	24	4.4	4.9	3.0	3.4
SET	25	4.4	4.7	3.0	3.0
SET	26	4.3	4.6	3.0	3.2
SET	27	4.2	4.5	2.9	3.2
OCT	28	3.9	4.4	2.9	2.7
OCT	29	3.8	4.2	2.8	2.6
OCT	30	3.7	4.0	2.8	2.5
NOV	31	3.7	3.7	3.1	2.2
NOV	32	3.6	3.5	3.1	2.1
NOV	33	3.5	3.5	3.0	2.1
DIC	34	3.2	3.3	3.0	1.9
DIC	35	3.2	3.3	2.9	1.9
DIC	36	3.2	3.2	2.9	1.9
SUMA		150.8	159.7	110.5	106.9
PROMEDIO		4.2	4.3	3.1	3.0
DESV. EST.		0.6	0.6	0.2	0.6

Cuadro 11. Evapotranspiración potencial promedio decadal diario (mm), calculada por diferentes fórmulas para la estación meteorológica Guaymas.

MES	DECADA	PENMAN	PRIESTLEY TAYLOR	TURC	HARGREAVES
ENE	1	2.6	3.0	2.8	1.8
ENE	2	2.8	3.2	2.6	1.8
ENE	3	3.0	3.4	2.7	1.9
FEB	4	3.3	3.7	2.9	2.1
FEB	5	3.4	3.9	3.0	2.2
FEB	6	3.7	4.1	3.1	2.5
MAR	7	3.9	4.3	3.3	2.8
MAR	8	4.3	4.7	3.5	3.1
MAR	9	4.4	4.8	3.5	3.0
ABR	10	4.6	5.0	3.6	3.2
ABR	11	4.5	5.0	3.5	3.1
ABR	12	4.7	5.1	3.6	3.4
MAY	13	4.8	5.3	3.6	3.5
MAY	14	4.9	5.3	3.6	3.6
MAY	15	4.6	5.1	3.4	3.4
JUN	16	4.7	5.2	3.5	3.3
JUN	17	4.3	4.8	3.3	3.0
JUN	18	4.4	5.0	3.4	2.9
JUL	19	4.3	4.9	3.3	2.8
JUL	20	4.2	4.8	3.2	2.7
JUL	21	4.4	5.1	3.4	2.8
AGO	22	4.4	5.2	3.5	2.6
AGO	23	4.7	5.3	3.6	2.9
AGO	24	4.5	5.2	3.5	2.8
SET	25	4.2	4.8	3.4	2.8
SET	26	4.0	4.6	3.1	2.5
SET	27	3.9	4.6	3.1	2.4
OCT	28	3.6	4.2	3.0	2.2
OCT	29	3.6	4.1	3.0	2.2
OCT	30	3.4	4.0	2.8	2.0
NOV	31	3.0	3.4	2.6	2.2
NOV	32	3.0	3.4	2.6	1.7
NOV	33	3.0	3.5	2.7	1.8
DIC	34	2.8	3.2	2.5	1.8
DIC	35	2.7	3.2	2.5	1.7
DIC	36	2.8	3.2	2.6	1.7
SUMA		139.4	157.6	113.3	92.2
PROMEDIO		3.9	4.4	3.1	2.6
DESV. EST.		0.7	0.8	0.4	0.6

Cuadro 12. Evapotranspiración potencial promedio decadal diario (mm), calculada por diferentes fórmulas para la estación meteorológica Tepusteca.

MES	DECADA	PENMAN	PRIESTLEY TAYLOR	TURC	HARGREAVES
ENE	1	3.0	3.3	2.8	2.0
ENE	2	3.1	3.4	3.0	2.0
ENE	3	3.0	3.3	3.1	2.3
FEB	4	3.4	3.5	3.1	2.5
FEB	5	3.5	3.6	3.2	2.5
FEB	6	4.0	3.7	3.4	2.4
MAR	7	3.9	4.2	3.3	2.7
MAR	8	4.0	4.5	3.7	3.3
MAR	9	4.0	4.3	3.6	3.1
ABR	10	4.6	4.9	3.7	3.3
ABR	11	4.8	5.4	3.8	3.5
ABR	12	4.8	5.2	3.8	3.6
MAY	13	4.8	5.2	3.7	3.7
MAY	14	4.8	5.0	3.4	3.9
MAY	15	4.6	5.1	3.4	3.6
JUN	16	4.5	5.0	3.4	3.5
JUN	17	4.6	5.1	3.4	3.2
JUN	18	4.3	4.8	3.3	3.2
JUL	19	4.0	4.4	3.1	3.1
JUL	20	4.0	4.3	3.0	3.2
JUL	21	4.1	4.4	3.2	3.1
AGO	22	4.3	4.7	3.4	3.1
AGO	23	4.4	4.8	3.5	3.0
AGO	24	4.2	4.7	3.4	2.9
SET	25	4.1	4.5	3.3	3.0
SET	26	4.1	4.6	3.3	2.6
SET	27	4.0	4.4	3.5	2.7
OCT	28	3.6	4.1	3.3	2.4
OCT	29	3.7	4.1	3.1	2.6
OCT	30	3.5	3.6	3.0	2.5
NOV	31	3.4	3.6	2.9	2.6
NOV	32	3.1	3.6	2.8	2.3
NOV	33	3.2	3.5	2.8	2.3
DIC	34	3.0	3.1	2.6	2.3
DIC	35	3.1	3.2	2.7	2.0
DIC	36	3.0	3.3	2.8	2.0
SUMA		140.5	152.4	116.8	102.0
PROMEDIO		3.9	4.2	3.2	2.8
DESV. EST.		0.6	0.7	0.3	0.5

Cuadro 13. Evapotranspiración potencial promedio decadal diario (mm), calculada por diferentes fórmulas para la estación meteorológica Villa Ahumada.

MES	DECADA	PENMAN	PRIESTLEY TAYLOR	TURC	HARGREAVES
ENE	1	3.3	2.7	2.7	2.6
ENE	2	3.4	2.8	2.8	2.7
ENE	3	3.5	3.0	2.8	2.7
FEB	4	4.0	3.2	3.1	3.2
FEB	5	4.1	3.4	3.1	3.3
FEB	6	4.1	3.5	3.1	3.3
MAR	7	4.8	3.9	3.5	4.0
MAR	8	4.9	4.0	3.5	4.1
MAR	9	5.0	4.2	3.6	4.2
ABR	10	5.2	4.4	3.6	4.3
ABR	11	5.3	4.4	3.7	4.3
ABR	12	5.3	4.4	3.7	4.3
MAY	13	5.1	4.5	3.5	4.3
MAY	14	5.1	4.4	3.5	4.3
MAY	15	5.0	4.4	3.5	4.3
JUN	16	4.2	4.1	3.1	3.4
JUN	17	4.2	4.1	3.0	3.4
JUN	18	4.2	4.1	3.0	3.4
JUL	19	4.3	4.2	3.1	3.3
JUL	20	4.3	4.2	3.2	3.3
JUL	21	4.3	4.2	3.3	3.3
AGO	22	4.3	4.2	3.2	3.3
AGO	23	4.3	4.2	3.2	3.2
AGO	24	4.3	4.2	3.2	3.2
SET	25	4.1	4.1	3.1	3.2
SET	26	4.1	4.1	3.1	3.2
SET	27	4.0	4.0	3.1	3.1
OCT	28	3.9	3.8	3.0	3.1
OCT	29	3.8	3.7	3.0	3.0
OCT	30	3.7	3.5	2.9	2.9
NOV	31	3.5	3.2	2.8	2.7
NOV	32	3.4	3.1	2.7	2.6
NOV	33	3.3	3.0	2.6	2.5
DIC	34	3.2	2.8	2.6	2.5
DIC	35	3.2	2.7	2.6	2.5
DIC	36	3.2	2.7	2.6	2.4
SUMA		149.9	135.4	112.1	120.6
PROMEDIO		4.2	3.8	3.1	3.4
DESV. EST.		0.6	0.6	0.3	0.7

Cuadro 14. Evapotranspiración potencial promedio decadal diario (mm), calculada por diferentes fórmulas para la estación meteorológica Choluteca.

MES	DECADA	PENMAN	PRIESTLEY TAYLOR	TURC	HARGREAVES
ENE	1	5.7	3.5	3.4	4.0
ENE	2	5.8	3.5	3.5	4.1
ENE	3	6.0	3.7	3.6	4.2
FEB	4	6.1	3.9	3.7	4.5
FEB	5	6.3	4.1	3.8	4.6
FEB	6	6.3	4.2	3.8	4.6
MAR	7	6.5	4.7	4.0	4.9
MAR	8	6.7	4.9	4.1	5.1
MAR	9	6.7	5.0	4.1	5.2
ABR	10	6.3	5.1	4.0	5.1
ABR	11	6.4	5.1	4.0	5.1
ABR	12	6.4	5.2	4.0	5.1
MAY	13	5.5	5.2	3.8	4.2
MAY	14	5.4	5.2	3.7	4.2
MAY	15	5.4	5.1	3.7	4.1
JUN	16	4.9	5.0	3.6	3.5
JUN	17	4.9	5.0	3.5	3.5
JUN	18	4.9	5.0	3.5	3.5
JUL	19	5.6	5.0	3.7	4.1
JUL	20	5.6	5.0	3.7	4.1
JUL	21	5.6	5.1	3.7	4.2
AGO	22	5.4	5.1	3.7	3.9
AGO	23	5.4	5.1	3.7	3.9
AGO	24	5.4	5.1	3.7	3.9
SET	25	4.6	4.8	3.4	3.2
SET	26	4.5	4.7	3.4	3.1
SET	27	4.5	4.6	3.4	3.1
OCT	28	4.6	4.7	3.5	3.1
OCT	29	4.6	4.6	3.5	3.1
OCT	30	4.6	4.4	3.5	3.0
NOV	31	4.9	4.2	3.4	3.5
NOV	32	4.8	4.0	3.4	3.4
NOV	33	4.6	3.9	3.3	3.3
DIC	34	5.3	3.6	3.3	3.7
DIC	35	5.3	3.5	3.3	3.7
DIC	36	5.3	3.5	3.3	3.7
SUMA		196.8	164.3	130.7	143.5
PROMEDIO		5.5	4.6	3.6	4.0
DESV. EST.		0.7	0.6	0.2	0.7

Cuadro 15. Evapotranspiración potencial promedio decadal diario (mm), calculada por diferentes fórmulas para la estación meteorológica Pto. Leopira.

MES	DECADA	PENMAN	PRIESTLEY TAYLOR	TURC	HARGREAVES
ENE	1	3.5	3.2	2.7	2.2
ENE	2	3.6	3.3	2.7	2.2
ENE	3	3.7	3.5	2.8	2.3
FEB	4	3.9	3.7	2.9	2.5
FEB	5	4.0	4.6	3.6	3.1
FEB	6	4.3	4.4	3.4	3.0
MAR	7	4.5	4.3	3.2	3.1
MAR	8	4.6	4.3	3.2	3.1
MAR	9	4.8	4.5	3.3	3.2
ABR	10	5.1	4.8	3.5	3.5
ABR	11	5.2	4.9	3.5	3.5
ABR	12	5.2	4.9	3.5	3.5
MAY	13	5.1	5.0	3.5	3.3
MAY	14	5.1	5.0	3.5	3.3
MAY	15	5.1	5.0	3.5	3.3
JUN	16	5.4	4.8	3.4	4.1
JUN	17	5.4	4.8	3.4	4.1
JUN	18	5.4	4.8	3.4	4.1
JUL	19	4.8	4.6	3.4	3.1
JUL	20	4.8	4.6	3.4	3.1
JUL	21	4.8	4.6	3.4	3.1
AGO	22	4.5	4.9	3.4	2.6
AGO	23	4.5	4.9	3.4	2.6
AGO	24	4.5	4.9	3.4	2.6
SET	25	4.4	4.7	3.3	2.7
SET	26	4.4	4.6	3.3	2.7
SET	27	4.3	4.5	3.2	2.6
OCT	28	4.1	4.3	3.2	2.4
OCT	29	4.0	4.2	3.1	2.3
OCT	30	3.9	4.0	3.0	2.3
NOV	31	3.6	3.7	2.8	2.2
NOV	32	3.5	3.6	2.8	2.1
NOV	33	3.4	3.5	2.7	2.0
DIC	34	3.2	3.3	2.6	1.8
DIC	35	3.2	3.3	2.6	1.8
DIC	36	3.2	3.2	2.6	1.8
SUMA		157.0	155.2	114.6	101.2
PROMEDIO		4.4	4.3	3.2	2.8
DES. EST.		0.7	0.6	0.3	0.6

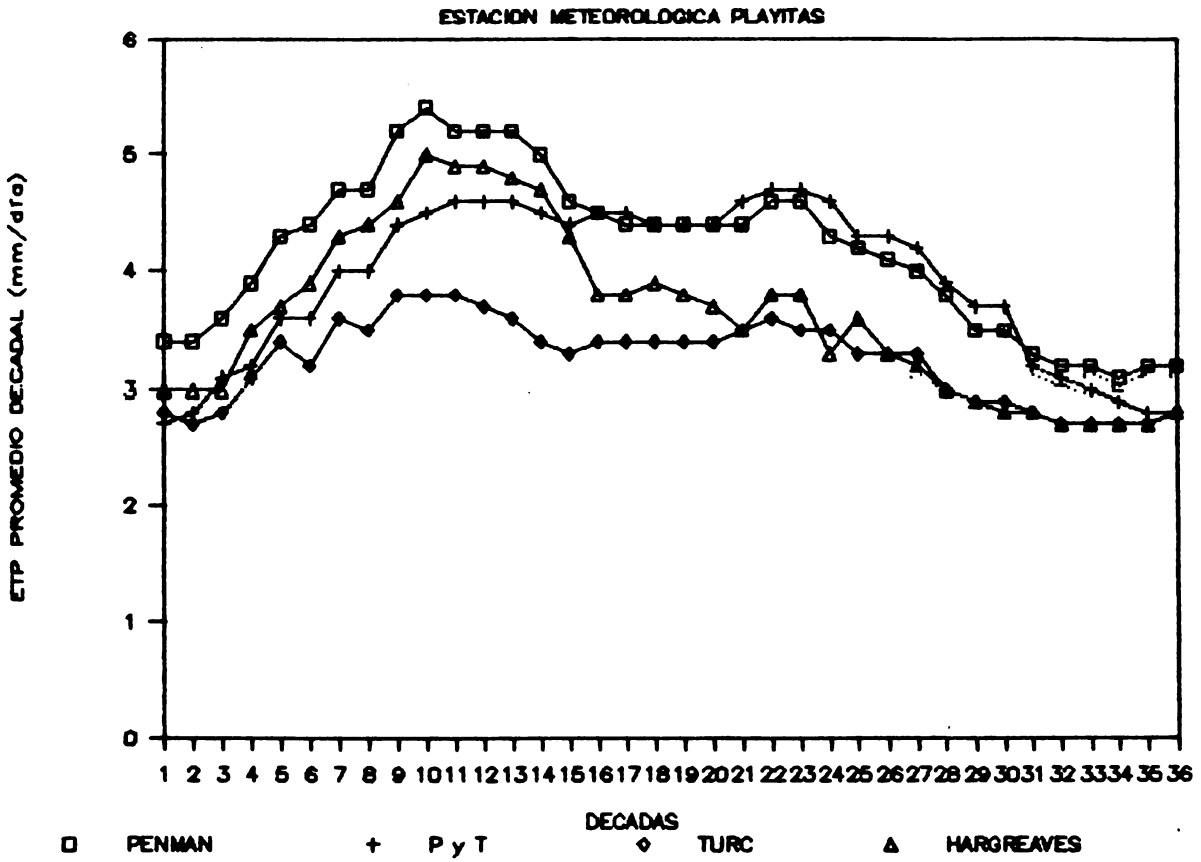


Fig. 2. Distribución decadal de la ETP calculada por diferentes métodos, para la estación meteorológica playitas.

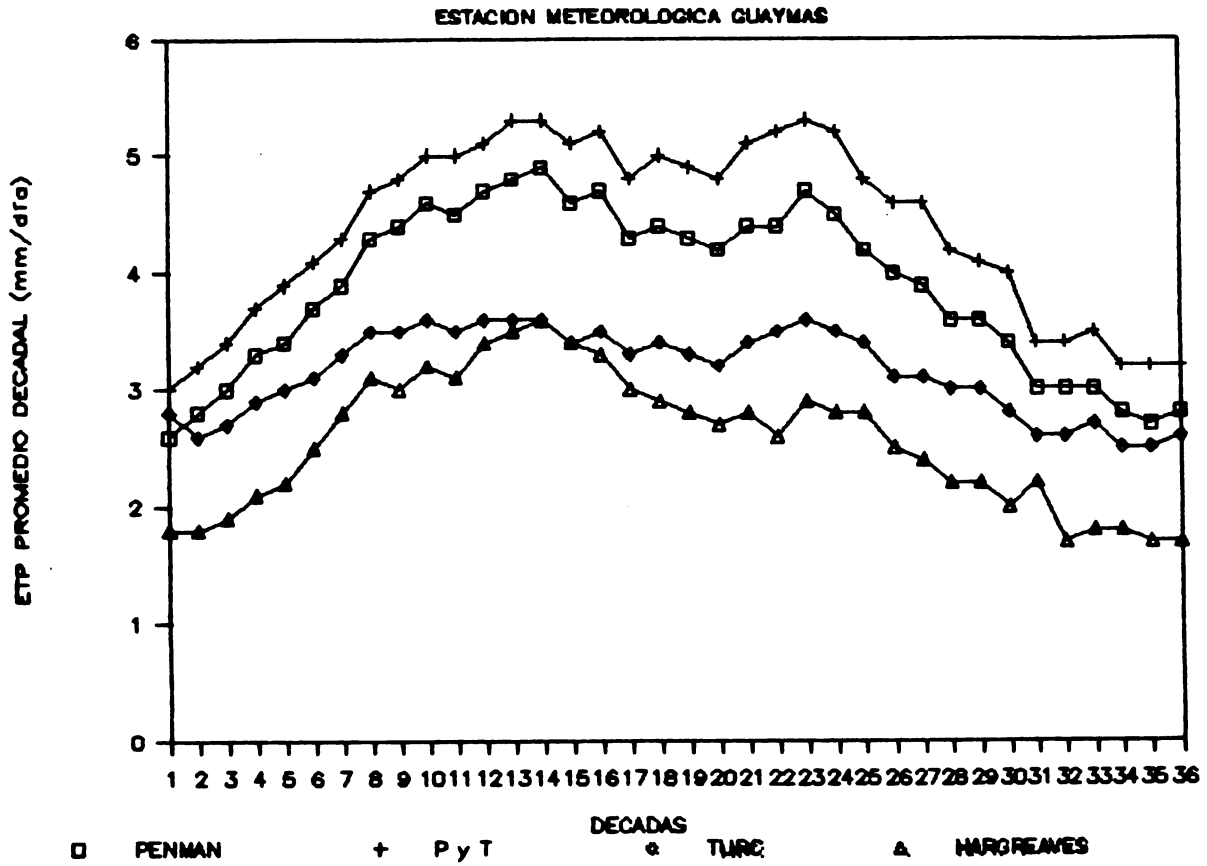


Fig. 3. Distribución decadal de la ETP calculada por diferentes métodos, para la estación meteorológica Guaymas.

Cuadro 16. Ecuaciones de regresión para calcular la ETP -Penman decadal a partir de las fórmulas de Priestley y Taylor, Hargreaves y Turc.

Estación	Priestley y Taylor	Hargreaves	Turc
El Zamorano	$Y=8+0.89X$ $r^2=0.69$	$Y=6+0.96X$ $r^2=0.95$	$Y=-1+1.40X$ $r^2=0.73$
Aer.Toncontin	$Y=8+0.92X$ $r^2=0.86$	$Y=7+X$ $r^2=0.99$	$Y=-15+1.82X$ $r^2=0.97$
Flores	$Y=10+0.83X$ $r^2=0.95$	$Y=7+0.97X$ $r^2=0.90$	$Y=-17+1.86X$ $r^2=0.95$
Playitas	$Y=8+0.85X$ $r^2=0.73$	$Y=7+0.97X$ $r^2=0.93$	$Y=-14+1.73X$ $r^2=0.92$
Siguatopeque	$Y=1.90X$ $r^2=0.92$	$Y=5+1.04X$ $r^2=0.94$	$Y=-13+1.65X$ $r^2=0.96$
La Mesa	$Y=3+0.90X$ $r^2=0.85$	$Y=14+0.94X$ $r^2=0.94$	$Y=-16+1.86X$ $r^2=0.56$
Villa Ahumada	$Y=6+0.94X$ $r^2=0.79$	$Y=9+0.97X$ $r^2=0.97$	$Y=-16+1.84X$ $r^2=0.96$
Choluteca	$Y=45+0.22X$ $r^2=0.04$	$Y=14+X$ $r^2=0.94$	$Y=-18+1.98X$ $r^2=0.67$
Victoria	$Y=3+0.88X$ $r^2=0.90$	$Y=10+0.83X$ $r^2=0.76$	$Y=-11+1.60X$ $r^2=0.94$
Guaymas	$Y=-1+0.91X$ $r^2=0.98$	$Y=1+1.18X$ $r^2=0.91$	$Y=-15+1.71X$ $r^2=0.97$
Tepusteca	$Y=1+0.88X$ $r^2=0.97$	$Y=8+1.13X$ $r^2=0.86$	$Y=-11+1.58X$ $r^2=0.90$
Ceiba	$Y=-6+1.17X$ $r^2=0.98$	$Y=11+1.06X$ $r^2=0.95$	$Y=-18+1.96X$ $r^2=0.76$
Pto.Lempira	$Y=X$ $r^2=0.86$	$Y=13+1.09X$ $r^2=0.92$	$Y=-17+1.90X$ $r^2=0.88$

Y= ETP-Penman. X= ETP-Priestley y Taylor, Hargreaves o Turc
 r^2 = coeficiente de regresión.

Cuadro 17. Valores mensuales de la constante (k) de Priestley y Taylor para las diferentes estaciones principales de Honduras.

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM.
El Zamorano	1.52	1.54	1.53	1.51	1.59	1.27	1.28	1.25	1.22	1.28	1.35	1.46	1.38
Aerop. Toncoontín	1.60	1.64	1.61	1.57	1.42	1.39	1.36	1.35	1.31	1.39	1.44	1.56	1.46
Flores	1.62	1.50	1.51	1.46	1.34	1.23	1.30	1.26	1.20	1.29	1.36	1.48	1.38
Plejitas	1.49	1.51	1.51	1.47	1.38	1.23	1.23	1.22	1.20	1.21	1.31	1.40	1.35
Siguatepeque	1.28	1.29	1.33	1.34	1.28	1.20	1.21	1.19	1.19	1.18	1.20	1.24	1.24
Victoria	1.26	1.39	1.30	1.31	1.25	1.20	1.15	1.14	1.15	1.13	1.18	1.21	1.22
Ceiba	1.27	1.27	1.32	1.36	1.34	1.32	1.33	1.29	1.28	1.28	1.22	1.23	1.29
La Mesa	1.28	1.29	1.32	1.36	1.36	1.32	1.30	1.31	1.31	1.25	1.21	1.30	1.30
Gusayas	1.11	1.12	1.15	1.14	1.16	1.11	1.10	1.09	1.09	1.08	1.10	1.10	1.11
Tepustecca	1.13	1.15	1.15	1.16	1.17	1.15	1.14	1.18	1.17	1.13	1.17	1.18	1.16
Villa Rhuada	1.52	1.54	1.54	1.51	1.44	1.29	1.29	1.27	1.27	1.29	1.39	1.47	1.40
Choluteca	2.00	1.93	1.72	1.56	1.32	1.24	1.39	1.32	1.19	1.24	1.50	1.68	1.52
Pto. Leampire	1.35	1.39	1.36	1.34	1.29	1.27	1.24	1.17	1.19	1.20	1.24	1.23	1.27
Promedio	1.42	1.42	1.41	1.39	1.32	1.24	1.26	1.23	1.21	1.22	1.28	1.36	1.31

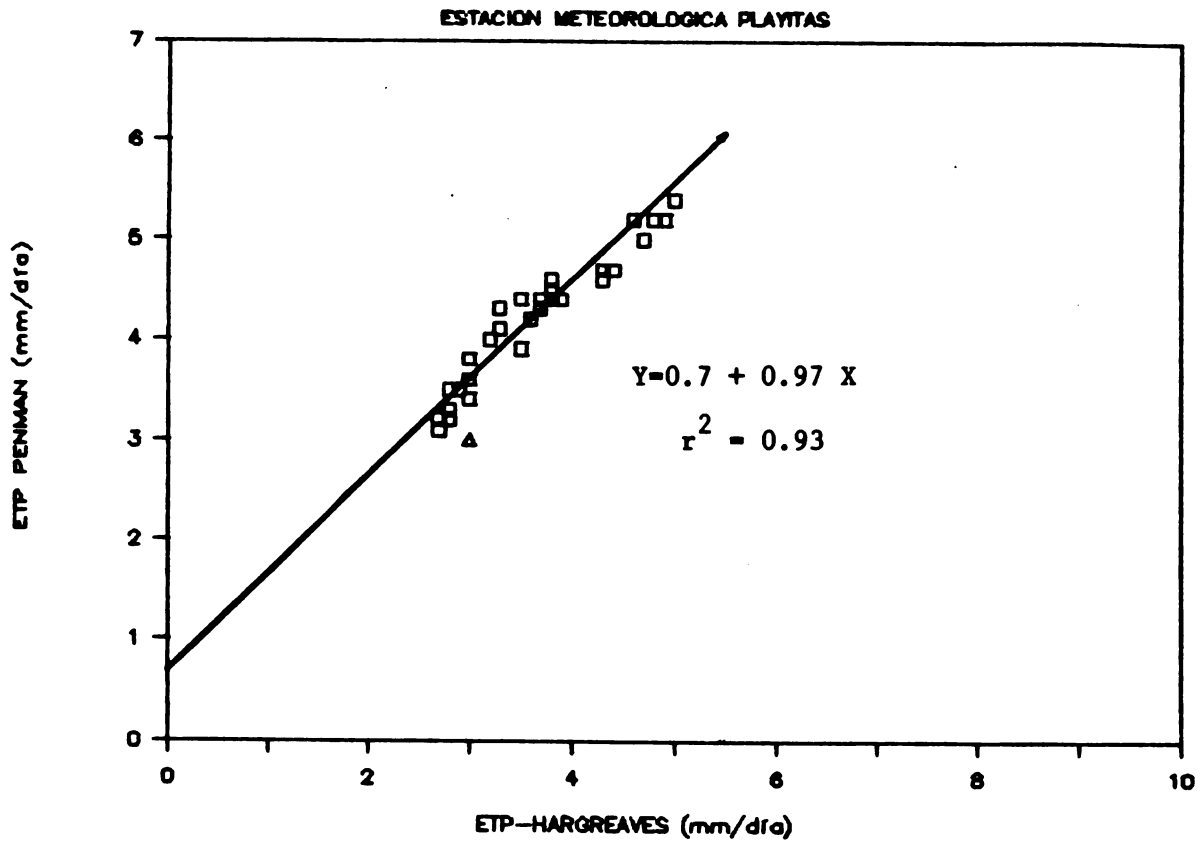


Fig. 4. Relación entre la ETP-Hargreaves y la ETP-Penman
Para la estación meteorológica Playitas.

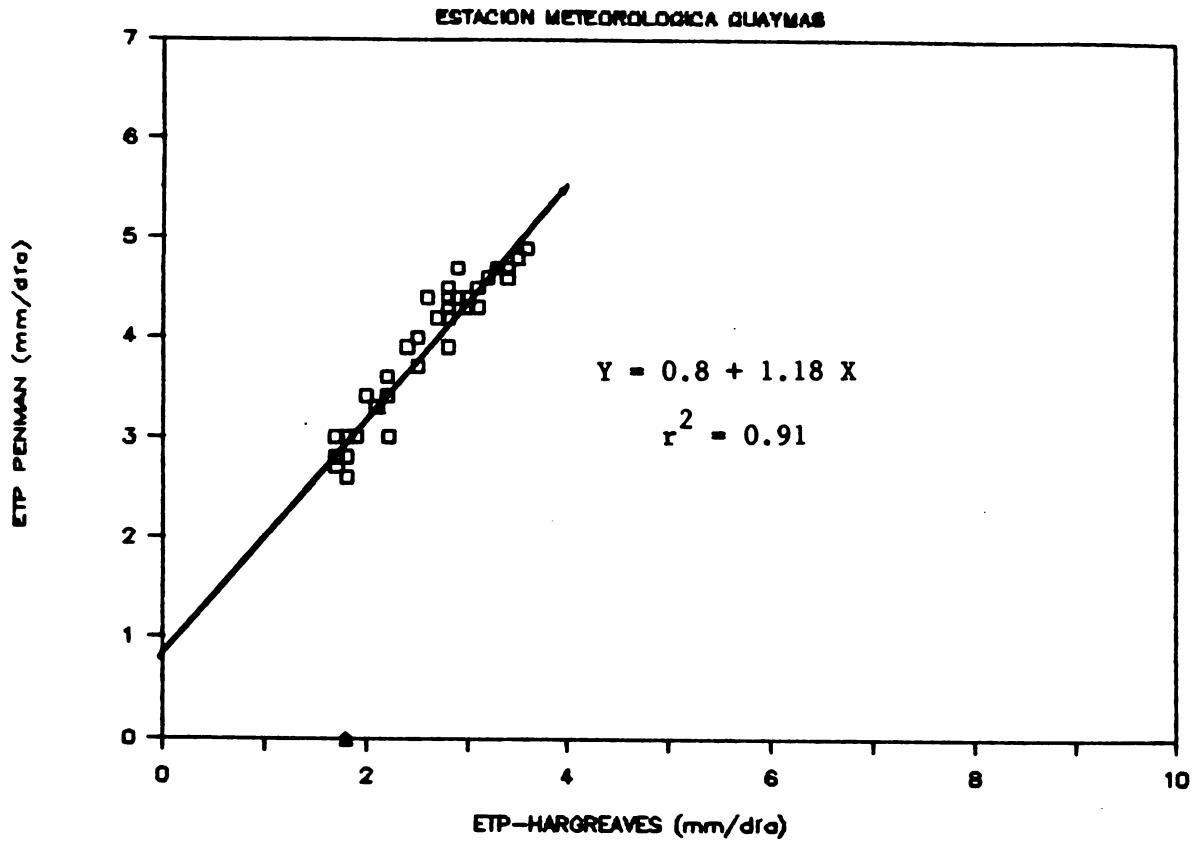


Fig. 5. Relación entre la ETP-Hargreaves y la ETP-Penman para la estación meteorológica Guaymas.

Cuadro 18. Ecuaciones de regresión generales y por épocas para estimar la ETP-Pennan decadal a partir de la ETP-Hargreaves decadal.

Región	Estación	Ecuación de regresión					
		General	Época seca	Época lluviosa			
A	Agua Caliente	$Y=7+1.02X$	$r^2=0.82$	$Y=6+1.06X$	$r^2=0.86$	$Y=12+0.89X$	$r^2=0.67$
A	Santa Clara	$Y=7+1.02X$	$r^2=0.82$	$Y=6+1.06X$	$r^2=0.86$	$Y=12+0.89X$	$r^2=0.67$
A	La Entrada	$Y=7+1.02X$	$r^2=0.82$	$Y=6+1.06X$	$r^2=0.86$	$Y=12+0.89X$	$r^2=0.67$
A	La Gloria	$Y=7+1.02X$	$r^2=0.82$	$Y=6+1.06X$	$r^2=0.86$	$Y=12+0.89X$	$r^2=0.67$
A	La Ermita	$Y=7+1.02X$	$r^2=0.82$	$Y=6+1.06X$	$r^2=0.86$	$Y=12+0.89X$	$r^2=0.67$
A	Marcala	$Y=7+1.02X$	$r^2=0.82$	$Y=6+1.06X$	$r^2=0.86$	$Y=12+0.89X$	$r^2=0.67$
A	Senseti	$Y=7+1.02X$	$r^2=0.82$	$Y=6+1.06X$	$r^2=0.86$	$Y=12+0.89X$	$r^2=0.67$
A	Sta. Rosa Copán	$Y=7+1.02X$	$r^2=0.82$	$Y=6+1.06X$	$r^2=0.86$	$Y=12+0.89X$	$r^2=0.67$
A	El Coyolar	$Y=7+1.02X$	$r^2=0.82$	$Y=6+1.06X$	$r^2=0.86$	$Y=12+0.89X$	$r^2=0.67$
A	Campamento	$Y=7+1.02X$	$r^2=0.82$	$Y=6+1.06X$	$r^2=0.86$	$Y=12+0.89X$	$r^2=0.67$
A	Las Acacias	$Y=7+1.02X$	$r^2=0.82$	$Y=6+1.06X$	$r^2=0.86$	$Y=12+0.89X$	$r^2=0.67$
A	Guayabillas	$Y=7+1.02X$	$r^2=0.82$	$Y=6+1.06X$	$r^2=0.86$	$Y=12+0.89X$	$r^2=0.67$
A	Las Trojes	$Y=7+1.02X$	$r^2=0.82$	$Y=6+1.06X$	$r^2=0.86$	$Y=12+0.89X$	$r^2=0.67$
A	Piromal	$Y=7+1.02X$	$r^2=0.82$	$Y=6+1.06X$	$r^2=0.86$	$Y=12+0.89X$	$r^2=0.67$
A	Nacazone	$Y=7+1.02X$	$r^2=0.82$	$Y=6+1.06X$	$r^2=0.86$	$Y=12+0.89X$	$r^2=0.67$
A	Los Encuentros	$Y=7+1.02X$	$r^2=0.82$	$Y=6+1.06X$	$r^2=0.86$	$Y=12+0.89X$	$r^2=0.67$
A	Pespire	$Y=7+1.02X$	$r^2=0.82$	$Y=6+1.06X$	$r^2=0.86$	$Y=12+0.89X$	$r^2=0.67$
A	La Lujosa	$Y=7+1.02X$	$r^2=0.82$	$Y=6+1.06X$	$r^2=0.86$	$Y=12+0.89X$	$r^2=0.67$
A	El Modelo	$Y=7+1.02X$	$r^2=0.82$	$Y=6+1.06X$	$r^2=0.86$	$Y=12+0.89X$	$r^2=0.67$
A	Chumbagua	$Y=7+1.02X$	$r^2=0.82$	$Y=6+1.06X$	$r^2=0.86$	$Y=12+0.89X$	$r^2=0.67$
A	Macuelizo	$Y=7+1.02X$	$r^2=0.82$	$Y=6+1.06X$	$r^2=0.86$	$Y=12+0.89X$	$r^2=0.67$
A	Quimistán	$Y=7+1.02X$	$r^2=0.82$	$Y=6+1.06X$	$r^2=0.86$	$Y=12+0.89X$	$r^2=0.67$
A	El Porvenir	$Y=7+1.02X$	$r^2=0.82$	$Y=6+1.06X$	$r^2=0.86$	$Y=12+0.89X$	$r^2=0.67$
A	La Venta	$Y=10+1.1X$	$r^2=0.86$	$Y=10+1.1X$	$r^2=0.86$	$Y=10+1.10X$	$r^2=0.86$
B	El Curle	$Y=10+1.1X$	$r^2=0.86$	$Y=10+1.1X$	$r^2=0.86$	$Y=10+1.10X$	$r^2=0.86$
B	San Francisco	$Y=10+1.1X$	$r^2=0.86$	$Y=10+1.1X$	$r^2=0.86$	$Y=10+1.10X$	$r^2=0.86$
B	Morazán	$Y=10+1.1X$	$r^2=0.86$	$Y=10+1.1X$	$r^2=0.86$	$Y=10+1.10X$	$r^2=0.86$
B	Olanchito	$Y=10+1.1X$	$r^2=0.86$	$Y=10+1.1X$	$r^2=0.86$	$Y=10+1.10X$	$r^2=0.86$
B	Las Lomas	$Y=10+1.1X$	$r^2=0.86$	$Y=10+1.1X$	$r^2=0.86$	$Y=10+1.10X$	$r^2=0.86$

Y = ETP-Pennan (mm/década)

X = ETP Hargreaves (mm/década)

r² = coeficiente de regresión

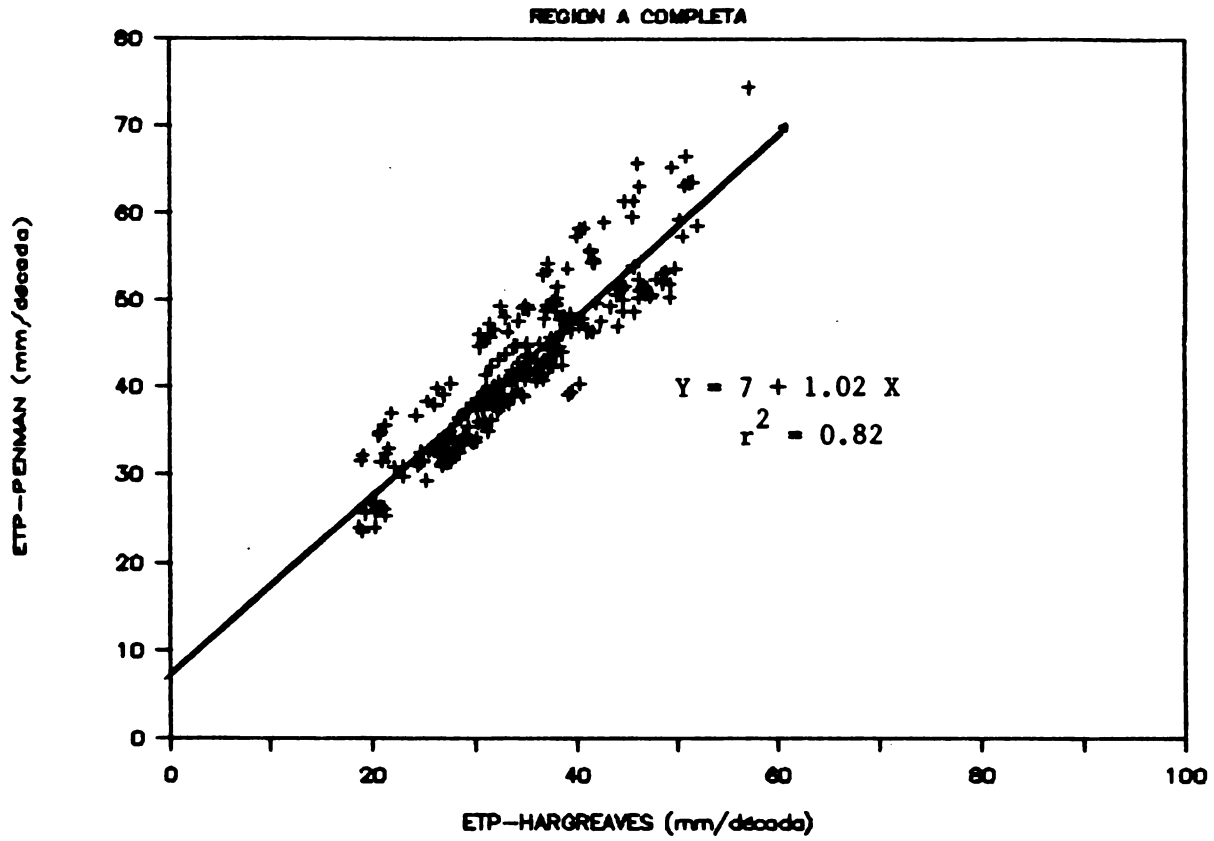


Fig. 6. Relación entre la ETP-Hargreaves y la ETP-Penman en la Región A.

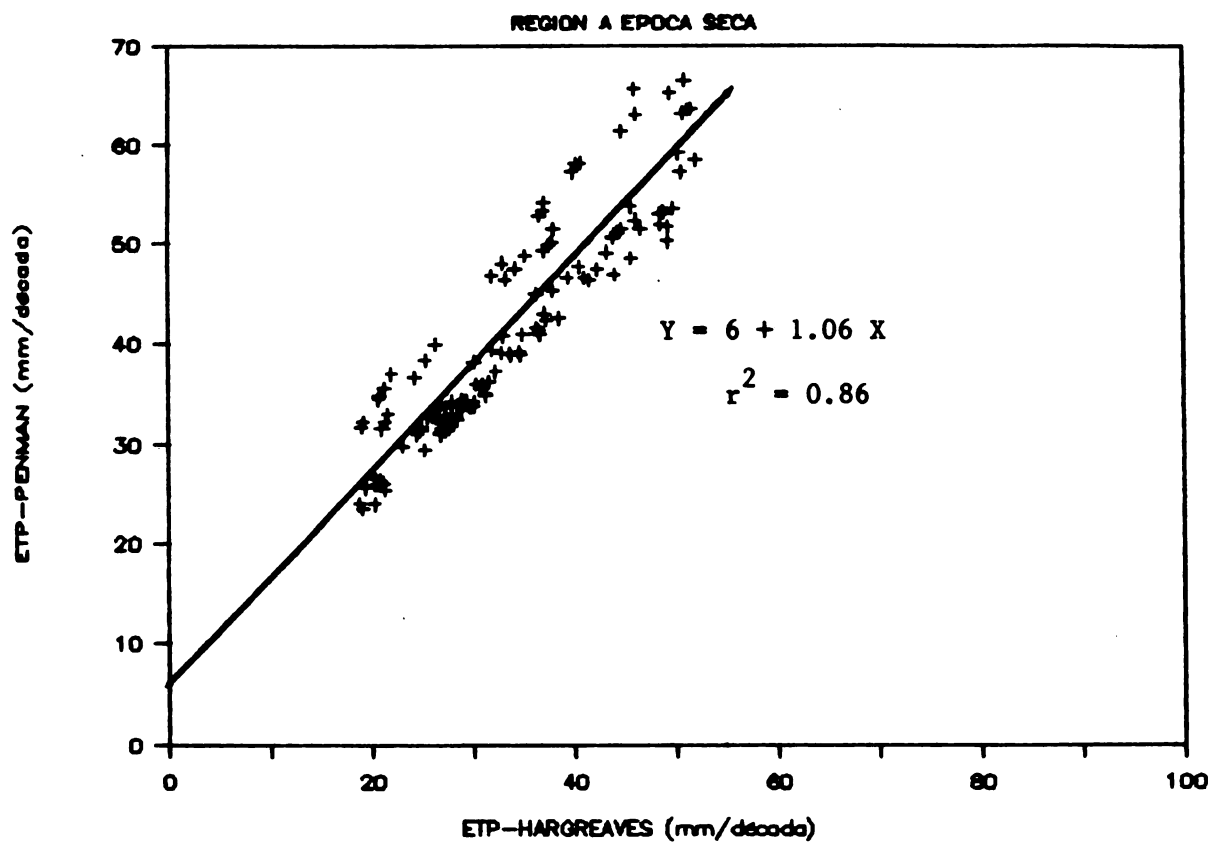


Fig. 7. Relación entre la ETP-Hargreaves y la ETP-Penman en la Región A, época seca.

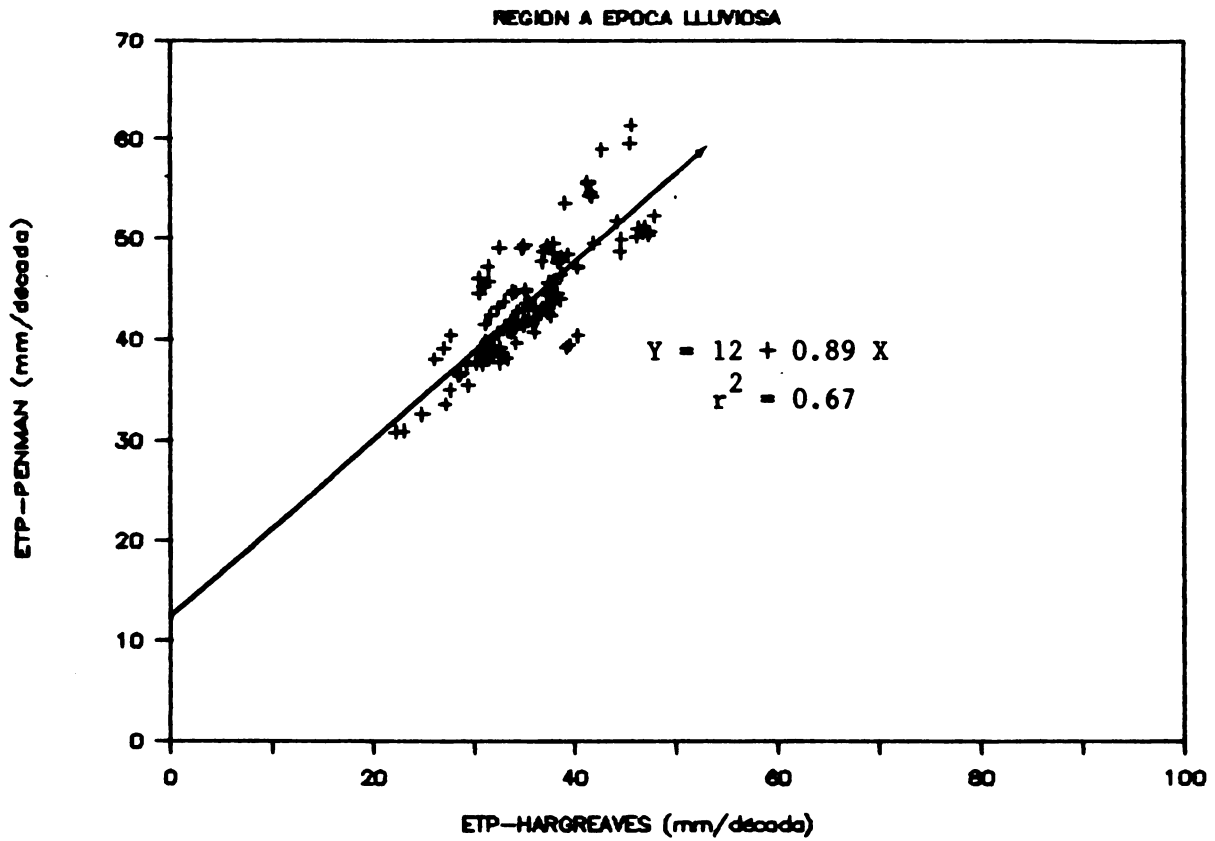


Fig. 8. Relación entre la ETP-Hargreaves y la ETP-Penman en la Región A, época lluviosa.

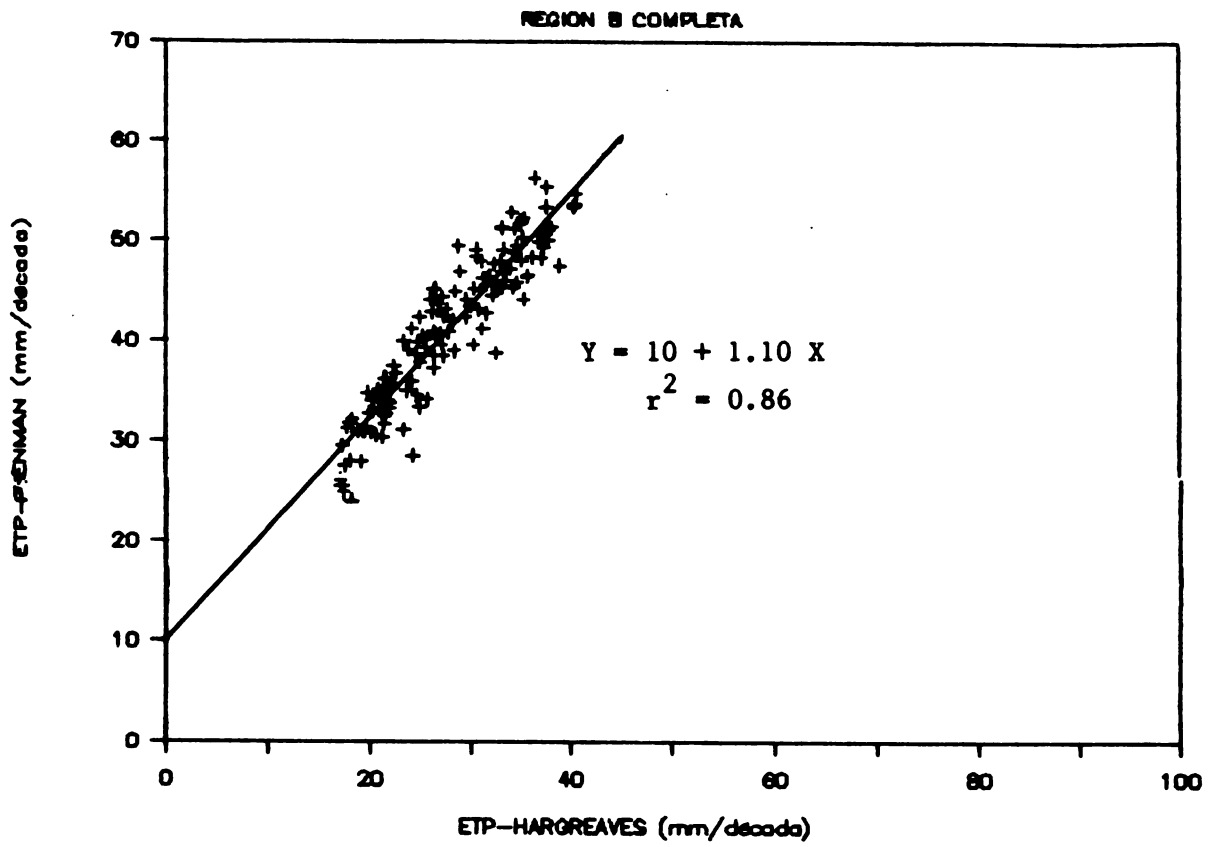


Fig. 9. Relación entre la ETP-Hargreaves y la ETP-Penman en la Región B.

Cuadro 19. Cooperación entre la ETP-Hargreaves y la ETP-Penman estimada a partir de las ecuaciones de regresión del cuadro 18.

MES DÉCADA		ESTACION							
		Agua Caliente		Santa Clara		La Entrada		La Gloria	
		ETP-H	ETP-P	ETP-H	ETP-P	ETP-H	ETP-P	ETP-H	ETP-P
ENE	1	26.9	34.5	24.3	31.8	22.3	29.6	24.2	31.7
ENE	2	27.5	35.2	25.3	32.8	23.9	31.3	25.1	32.6
ENE	3	33.3	41.3	29.2	37.0	27.2	34.8	29.8	37.6
FEB	4	32.0	39.9	30.3	38.1	27.0	34.6	29.6	37.4
FEB	5	34.7	42.8	32.7	40.7	28.2	35.9	32.0	39.9
FEB	6	28.4	36.1	27.6	35.3	24.3	31.8	27.1	34.7
MAR	7	39.2	47.6	37.9	46.2	33.7	41.7	34.7	42.8
MAR	8	43.6	52.2	40.9	49.4	36.6	44.8	38.8	47.1
MAR	9	50.1	59.1	46.7	55.5	43.4	52.0	44.1	52.7
ABR	10	47.8	56.7	46.3	55.1	41.9	50.4	42.5	51.1
ABR	11	46.2	55.0	45.1	53.8	41.8	50.3	41.5	50.0
ABR	12	46.9	55.7	45.8	54.5	44.7	53.4	43.6	52.2
MAY	13	47.7	54.5	45.0	52.1	45.4	52.4	44.5	51.6
MAY	14	46.8	53.7	44.1	51.2	44.2	51.3	43.6	50.8
MAY	15	46.2	53.1	45.0	52.1	45.2	52.2	43.7	50.9
JUN	16	37.2	45.1	37.6	45.5	38.1	45.9	37.2	45.1
JUN	17	39.9	42.2	34.8	43.0	33.8	42.1	33.3	41.6
JUN	18	34.0	42.3	35.5	43.6	34.2	42.4	34.6	42.8
JUL	19	32.9	41.3	33.0	41.4	33.1	41.5	33.8	42.1
JUL	20	33.5	41.8	33.3	41.6	32.7	41.1	32.6	41.0
JUL	21	36.1	44.1	37.1	45.0	35.0	43.2	36.7	44.7
AGO	22	34.5	42.7	34.2	42.4	32.0	40.5	34.4	42.6
AGO	23	34.4	42.6	34.2	42.4	32.9	41.3	34.8	43.0
AGO	24	36.2	44.2	37.7	45.6	34.3	42.5	36.9	44.8
SET	25	33.2	41.5	33.2	41.5	31.8	40.3	32.5	40.9
SET	26	32.8	41.2	31.1	39.7	31.3	39.9	31.8	40.3
SET	27	31.7	40.2	31.2	39.8	29.8	38.5	30.9	39.5
OCT	28	30.8	39.4	29.2	38.0	27.8	36.7	28.1	37.0
OCT	29	29.2	38.0	28.7	37.5	27.3	36.3	28.0	36.9
OCT	30	30.8	39.4	30.0	38.7	29.2	38.0	29.7	38.4
NOV	31	27.2	34.8	26.0	33.6	25.4	32.9	26.1	33.7
NOV	32	25.0	32.5	24.7	32.2	22.7	30.1	25.1	32.6
NOV	33	26.3	33.9	24.4	31.9	23.8	31.2	26.0	33.6
DIC	34	24.7	32.2	22.6	30.0	21.7	29.0	24.6	32.1
DIC	35	24.5	32.0	22.3	29.6	21.0	28.3	23.6	31.0
DIC	36	28.5	36.2	25.5	33.0	24.7	32.2	28.3	36.0
SUMA		1254.7	1544.9	1212.5	1501.3	1152.4	1440.5	1193.8	1482.8
PROMEDIO		34.9	42.9	33.7	41.7	32.0	40.0	33.2	41.2
DESV. EST.		7.4	7.5	7.3	7.5	7.2	7.4	6.3	6.4

ETP-H = ETP-Hargreaves (mm/década calendario)

ETP-P = ETP-Penman (mm/década calendario)

Cuadro 20. Comparación entre la ETP-Hargreaves y la ETP-Pensan estimada a partir de las ecuaciones de regresión del cuadro 18.

		ESTACION							
MES DECADA		La Ermita		Marcala		Senseti		S. Rosa Copán	
		ETP-H	ETP-P	ETP-H	ETP-P	ETP-H	ETP-P	ETP-H	ETP-P
ENE	1	24.4	31.9	20.4	27.6	29.4	30.8	18.0	25.1
ENE	2	25.9	39.5	22.0	29.3	24.5	32.0	18.4	25.5
ENE	3	30.6	38.4	29.9	31.3	29.1	36.8	20.8	28.0
FEB	4	30.4	38.2	29.8	31.2	28.0	35.7	22.5	29.9
FEB	5	33.9	41.9	24.4	31.9	29.5	37.3	23.3	30.7
FEB	6	28.5	36.2	20.7	27.9	25.5	33.0	19.2	26.4
MAR	7	38.9	47.2	27.7	35.4	33.6	41.6	29.5	37.3
MAR	8	42.2	50.7	28.5	36.2	37.0	45.2	30.3	38.1
MAR	9	48.8	57.7	31.3	39.2	42.2	50.7	34.2	42.3
ABR	10	47.2	56.0	31.9	39.8	40.6	49.0	34.7	42.8
ABR	11	45.9	54.7	31.9	39.8	39.8	48.2	35.1	43.2
ABR	12	46.9	55.7	32.2	40.1	40.8	49.2	35.4	43.5
MAY	13	47.1	53.9	31.6	40.1	41.2	48.7	32.8	41.2
MAY	14	47.3	54.1	31.3	39.9	39.7	47.3	32.8	41.2
MAY	15	47.6	54.4	31.4	39.9	38.9	46.6	36.0	44.0
JUN	16	37.0	44.9	28.4	37.3	32.2	40.7	28.8	37.6
JUN	17	34.8	43.0	27.3	36.3	29.9	38.6	28.7	37.5
JUN	18	35.6	43.7	27.4	36.4	30.1	38.8	28.6	37.5
JUL	19	32.3	40.7	27.5	36.5	30.1	38.8	27.2	36.2
JUL	20	33.5	41.8	28.1	37.0	30.9	39.5	27.2	36.2
JUL	21	38.1	45.9	30.4	39.1	35.0	49.2	29.9	38.6
AGO	22	35.7	43.8	27.8	36.7	32.6	41.0	28.5	37.4
AGO	23	36.6	44.6	27.6	36.6	31.7	40.2	28.4	37.3
AGO	24	38.6	46.4	29.0	37.8	28.6	37.5	31.0	39.6
SET	25	34.9	43.1	25.6	34.8	30.0	38.7	26.0	35.1
SET	26	32.7	41.1	24.8	34.1	27.6	36.6	25.6	34.8
SET	27	32.3	40.7	24.2	33.5	27.4	36.4	25.1	34.3
OCT	28	30.4	39.1	23.5	32.9	27.1	36.1	22.2	31.8
OCT	29	29.3	38.1	22.7	32.2	26.1	35.2	21.5	31.1
OCT	30	29.8	38.5	24.3	33.6	27.7	36.7	22.9	32.4
NOV	31	26.4	34.0	22.2	29.5	24.3	31.8	18.8	25.9
NOV	32	25.4	32.9	20.9	28.2	23.8	31.2	18.3	25.4
NOV	33	26.0	33.6	20.5	27.7	24.7	32.2	17.5	24.6
DIC	34	23.7	31.1	19.3	26.5	22.3	29.6	16.8	23.8
DIC	35	23.6	31.0	19.8	27.0	22.3	29.6	16.6	23.6
DIC	36	27.0	34.6	26.6	34.2	18.3	25.4	18.3	25.4
SUMA		1249.3	1537.1	940.9	1237.6	1096.5	1389.9	930.9	1225.2
PROMEDIO		34.7	42.7	26.1	34.4	30.5	38.6	25.9	34.0
DESV. EST.		7.6	7.8	3.9	4.3	6.2	6.3	6.0	6.4

ETP-H = ETP-Hargreaves (mm/década calendario)
 ETP-P = ETP-Pensan (mm/década calendario)

Cuadro 21. Cooperación entre la ETP-Hargreaves y la ETP-Pensen estimada a partir de las ecuaciones de regresión del cuadro 18.

		ESTACION							
MES DECADA		La Lujosa		Los Encuentros		Nacaone		Pespire	
		ETP-H	ETP-P	ETP-H	ETP-P	ETP-H	ETP-P	ETP-H	ETP-P
ENE	1	29.2	37.0	39.6	48.0	36.9	45.1	41.3	49.8
ENE	2	30.5	38.3	42.3	50.8	38.6	46.9	42.2	50.7
ENE	3	34.7	42.8	47.6	56.5	43.1	51.7	46.9	55.7
FEB	4	34.9	43.0	44.2	52.9	41.5	50.0	45.9	54.7
FEB	5	39.8	48.2	46.1	54.9	42.5	51.1	47.2	56.0
FEB	6	29.9	37.7	39.0	47.3	36.0	44.2	38.9	47.2
MAR	7	38.0	46.3	50.2	59.2	45.9	54.7	49.5	58.5
MAR	8	37.4	45.6	50.4	59.4	46.9	55.7	52.3	61.4
MAR	9	40.3	48.7	58.7	68.2	53.7	62.9	58.4	67.9
ABR	10	40.0	48.4	55.2	64.5	48.6	57.5	55.8	65.1
ABR	11	38.6	46.9	52.7	61.9	46.4	55.2	54.6	63.9
ABR	12	37.5	45.8	52.2	61.3	42.8	51.4	35.4	43.5
MAY	13	38.3	46.1	49.2	55.8	41.2	48.7	47.3	54.1
MAY	14	38.4	46.2	44.5	51.6	41.9	49.3	48.5	55.2
MAY	15	35.3	43.4	43.9	51.1	36.4	44.4	43.5	50.7
JUN	16	31.8	40.3	39.2	46.9	29.9	38.6	37.6	45.5
JUN	17	33.5	41.8	39.3	47.0	33.9	42.2	40.2	47.8
JUN	18	32.7	41.1	42.2	49.6	36.5	44.5	42.4	49.7
JUL	19	32.7	41.1	42.7	50.0	37.3	45.2	43.2	50.4
JUL	20	37.2	45.1	43.8	51.0	36.7	44.7	42.3	49.6
JUL	21	34.8	43.0	48.9	55.5	41.3	48.8	47.0	53.8
AGO	22	36.3	44.3	42.7	50.0	38.3	46.1	43.5	50.7
AGO	23	38.8	46.5	41.2	48.7	36.5	44.5	42.3	49.6
AGO	24	37.9	45.7	44.5	51.6	38.0	45.8	43.1	50.4
SET	25	30.4	39.1	36.8	44.8	32.0	40.5	35.8	43.9
SET	26	32.0	40.5	36.5	44.5	27.8	36.7	33.5	41.8
SET	27	28.4	37.3	33.4	41.7	27.1	36.1	32.7	41.1
OCT	28	30.4	39.1	35.7	43.8	27.2	36.2	32.8	41.2
OCT	29	30.5	39.1	39.3	47.0	28.6	37.5	31.8	40.3
OCT	30	31.7	40.2	40.2	47.8	30.9	39.5	35.4	43.5
NOV	31	28.9	36.6	37.7	46.0	30.0	37.8	34.8	42.9
NOV	32	32.8	40.8	39.6	48.0	33.1	41.1	35.7	43.8
NOV	33	31.4	39.3	38.1	46.4	32.4	40.3	36.0	44.2
DIC	34	31.2	39.1	38.2	46.5	32.7	40.7	36.6	44.8
DIC	35	29.8	37.6	39.4	47.8	34.2	42.3	37.8	46.1
DIC	36	32.3	40.2	43.7	52.3	38.2	46.5	40.9	49.4
SUMA		1228.3	1522.1	1558.9	1850.0	1345.0	1644.0	1513.1	1805.0
PROMEDIO		34.1	42.3	43.3	51.4	37.4	45.7	42.0	50.1
DESV. EST.		3.6	3.6	5.8	6.1	6.3	6.4	6.7	6.9

ETP-H = ETP-Hargreaves (aa/década calendario)

ETP-P = ETP-Pensen (aa/década calendario)

Cuadro 22. Comparación entre la ETP-Hargreaves y la ETP-Pensen
estimada a partir de las ecuaciones de regresión
del cuadro 18.

MES DÉCADA		ESTACION					
		El Porvenir		La Venta		Coyolar	
		ETP-H	ETP-P	ETP-H	ETP-P	ETP-H	ETP-P
ENE	1	24.7	35.7	26.3	33.9	28.4	36.1
ENE	2	26.1	37.1	31.0	38.9	30.2	38.0
ENE	3	29.3	40.1	31.0	38.9	35.1	43.2
FEB	4	29.6	40.4	31.4	39.3	35.0	43.1
FEB	5	31.6	42.3	33.1	41.1	37.4	45.6
FEB	6	26.6	37.5	28.3	36.0	31.9	39.8
MAR	7	35.5	46.1	37.7	46.0	42.3	50.8
MAR	8	38.4	48.9	40.6	49.0	45.9	54.7
MAR	9	43.7	54.0	48.3	57.2	51.9	61.0
ABR	10	41.6	51.9	46.1	54.9	49.6	58.6
ABR	11	42.6	52.9	46.4	55.2	47.3	56.1
ABR	12	43.3	53.6	47.3	56.1	48.0	56.9
MAY	13	43.5	53.8	47.1	53.9	47.8	54.5
MAY	14	40.7	50.1	45.9	52.9	47.4	54.2
MAY	15	40.3	50.7	46.1	53.0	46.4	53.3
JUN	16	33.2	43.9	37.7	45.6	37.9	45.7
JUN	17	29.5	40.3	34.4	42.6	36.3	44.3
JUN	18	30.7	41.5	35.1	43.2	40.0	47.6
JUL	19	27.7	38.6	34.0	42.3	41.0	48.5
JUL	20	26.7	37.6	33.8	42.1	41.4	48.8
JUL	21	29.9	40.7	36.2	44.2	45.5	52.5
AGO	22	30.9	41.7	34.5	42.7	41.4	48.8
AGO	23	31.0	41.8	35.1	43.2	40.4	48.0
AGO	24	34.9	45.5	37.7	45.6	41.9	49.3
SET	25	29.7	40.5	33.7	42.0	36.8	44.8
SET	26	28.3	39.2	31.6	40.1	33.5	41.8
SET	27	27.2	38.1	30.5	39.1	31.0	39.6
OCT	28	26.3	37.2	29.0	37.8	30.7	39.3
OCT	29	25.9	26.9	28.5	37.4	31.4	39.9
OCT	30	25.8	36.8	29.7	38.4	31.0	39.6
NOV	31	23.2	34.3	25.9	33.5	28.1	35.8
NOV	32	23.9	34.9	25.2	32.7	27.7	35.4
NOV	33	23.0	34.1	25.2	32.7	28.3	36.0
DIC	34	22.2	33.3	22.8	30.2	26.5	34.1
DIC	35	22.3	33.4	23.0	30.4	27.4	35.0
DIC	36	23.8	34.8	26.4	34.0	30.8	38.6
SUMA		1113.6	1490.2	1236.6	1525.9	1353.6	1639.5
PROMEDIO		30.9	41.4	34.4	42.4	37.6	45.5
DESV. EST.		6.6	8.0	7.5	7.5	7.4	7.5

ETP-H = ETP Hargreaves (mm/década calendario)

ETP-P = ETP-Pensen (mm/década calendario)

Cuadro 23. Comparación entre la ETP-Margreaves y la ETP-Penman estimada a partir de las ecuaciones de regresión del cuadro 18.

MES DECADA		ESTACION									
		Las Acacias		Campanero		Guayabillas		Las Trojes		Pinonal	
		ETP-H	ETP-P	ETP-H	ETP-P	ETP-H	ETP-P	ETP-H	ETP-P	ETP-H	ETP-P
ENE	1	24.3	31.0	23.9	31.3	25.2	32.7	20.1	27.3	23.3	30.7
ENE	2	26.7	34.3	24.5	32.0	26.5	34.1	20.1	27.3	25.1	32.6
ENE	3	30.7	36.5	26.4	36.1	31.6	39.5	20.8	26.0	30.8	36.6
FEB	4	29.6	37.4	26.7	34.3	30.6	36.6	21.6	29.1	30.9	36.8
FEB	5	33.1	41.1	28.2	35.9	33.9	41.9	22.4	29.7	34.1	42.1
FEB	6	26.0	36.7	25.2	32.7	26.7	36.4	20.2	27.4	27.9	36.6
MAR	7	37.3	45.5	32.3	40.2	36.2	46.5	30.1	37.9	36.1	46.4
MAR	8	40.6	49.0	36.6	44.8	42.1	50.6	33.1	41.1	39.5	47.9
MAR	9	46.2	57.1	40.8	49.2	50.4	59.4	39.2	47.6	47.2	56.0
ABR	10	46.1	54.9	38.5	46.8	46.8	55.6	35.1	43.2	44.3	53.0
ABR	11	46.4	54.1	37.9	46.2	49.0	57.9	34.9	43.0	46.2	53.9
ABR	12	47.8	56.7	39.3	47.7	49.0	57.9	37.3	45.5	46.5	55.3
MAY	13	47.1	53.9	39.5	47.2	49.6	56.1	37.1	45.0	46.1	53.0
MAY	14	44.6	51.7	40.0	47.6	46.3	55.0	34.1	42.3	46.5	53.4
MAY	15	50.1	56.6	42.3	49.6	49.9	56.4	36.7	44.7	46.3	53.2
JUN	16	40.7	46.2	33.0	41.4	40.5	40.0	29.2	36.0	36.9	44.8
JUN	17	34.9	43.1	30.6	39.4	34.5	42.7	25.2	34.4	31.7	40.2
JUN	18	33.0	41.4	29.6	36.3	33.9	42.2	27.2	36.2	30.6	39.2
JUL	19	31.5	46.0	30.5	39.1	30.4	39.1	24.6	34.1	26.9	37.7
JUL	20	26.7	37.5	31.0	40.3	29.8	36.5	24.4	33.7	27.3	36.3
JUL	21	31.5	40.0	33.8	42.1	32.0	40.5	26.5	35.6	29.8	36.6
AGO	22	29.8	36.5	31.0	39.6	30.1	36.8	24.9	34.2	27.7	36.7
AGO	23	30.9	39.5	32.3	40.7	30.1	36.8	26.1	34.3	26.6	37.5
AGO	24	31.5	40.0	36.1	44.1	31.7	40.2	26.6	35.7	30.2	36.9
SET	25	29.5	36.3	31.8	40.3	30.0	36.7	25.3	34.5	29.1	37.9
SET	26	29.9	36.6	30.6	39.2	29.4	36.2	23.7	33.1	26.7	37.5
SET	27	30.8	39.4	30.0	36.7	29.0	37.8	22.9	32.4	26.8	37.7
OCT	28	29.4	36.2	29.2	36.0	26.7	37.5	22.9	32.4	27.1	36.1
OCT	29	26.1	37.0	27.8	36.7	29.4	36.2	23.4	32.8	27.6	36.7
OCT	30	29.0	37.8	30.3	39.0	30.9	39.5	25.7	34.9	29.7	36.4
NOV	31	27.5	36.2	26.1	33.7	27.4	36.0	22.9	30.3	26.3	33.9
NOV	32	24.4	31.9	26.5	33.0	26.7	34.3	20.7	27.9	25.3	32.8
NOV	33	24.0	31.4	24.9	32.4	25.0	32.5	20.3	27.5	25.4	32.9
DIC	34	22.7	30.1	24.2	31.7	23.4	30.8	17.5	24.6	22.8	30.2
DIC	35	23.2	30.6	24.2	31.7	23.3	30.7	18.5	25.6	22.8	30.2
DIC	36	25.4	32.9	26.3	32.8	26.9	34.5	20.2	27.4	26.2	33.8
SUMA		1196.0	1487.9	1122.9	1413.9	1223.1	1515.4	940.9	1238.8	1163.7	1458.6
PROMEDIO		33.2	41.3	31.2	39.3	34.0	42.1	26.1	34.4	32.3	40.5
DESV. EST.		7.9	8.0	5.3	5.5	6.4	6.4	6.0	6.2	7.7	7.7

ETP-H = ETP-Margreaves (cm/década calendario)

ETP-P = ETP-Penman (cm/década calendario)

Cuadro 24. Comparación entre la ETP-Hargreaves y la ETP-Penman estimada a partir de las ecuaciones de regresión del cuadro 18.

		ESTACION							
MES DÉCADA		El Modelo		Chumbagua		Macuelizo		Quimistán	
		ETP-H	ETP-P	ETP-H	ETP-P	ETP-H	ETP-P	ETP-H	ETP-P
ENE	1	22.9	30.9	20.2	27.4	20.8	28.0	29.4	30.8
ENE	2	25.2	32.7	21.0	28.3	21.6	28.9	29.7	31.1
ENE	3	27.5	35.2	25.1	32.6	26.1	33.7	27.7	35.4
FEB	4	28.5	36.2	24.5	32.0	24.7	32.2	27.2	34.8
FEB	5	31.7	39.6	26.9	34.5	26.9	34.5	28.9	36.6
FEB	6	26.0	33.6	22.0	29.3	22.0	29.3	25.2	32.7
MAR	7	33.4	41.4	29.1	36.8	29.7	37.5	33.5	41.5
MAR	8	36.4	44.6	32.7	40.7	35.4	43.5	36.5	44.7
MAR	9	39.5	47.9	38.3	46.6	38.4	46.7	42.4	50.9
ABR	10	39.4	47.8	37.3	45.5	37.5	45.8	40.6	49.0
ABR	11	40.0	48.4	37.0	45.2	36.7	44.9	40.9	49.4
ABR	12	44.9	53.6	39.6	48.0	39.2	47.6	43.7	52.3
MAY	13	46.5	53.4	40.9	48.4	40.8	48.3	44.9	52.0
MAY	14	43.2	50.4	39.7	47.3	41.0	48.5	43.4	50.6
MAY	15	41.3	48.8	42.6	49.9	44.5	51.6	46.6	53.5
JUN	16	45.3	52.3	36.9	44.8	39.0	46.7	41.3	48.8
JUN	17	38.3	46.1	33.6	41.9	35.1	43.2	36.4	44.4
JUN	18	39.5	47.2	39.1	41.5	32.1	40.6	37.3	45.2
JUL	19	35.1	43.2	32.3	40.7	31.3	39.9	35.9	44.0
JUL	20	34.1	42.3	31.1	39.7	30.0	38.7	35.6	43.7
JUL	21	34.9	43.1	34.1	42.3	33.8	42.1	38.9	46.6
AGO	22	36.4	44.4	31.7	40.2	29.8	38.5	36.0	44.0
AGO	23	34.8	43.0	31.3	39.9	31.4	39.9	35.4	43.5
AGO	24	36.9	44.8	34.1	42.3	31.9	40.4	38.1	45.9
SET	25	35.7	43.8	32.5	40.9	31.4	39.9	33.6	41.9
SET	26	33.5	41.8	29.3	38.1	29.8	38.5	32.4	40.8
SET	27	32.8	41.2	29.0	37.8	28.5	37.4	32.2	40.7
OCT	28	30.2	38.9	26.1	35.2	26.2	35.3	30.0	38.7
OCT	29	27.0	36.0	33.0	41.4	26.0	35.1	28.9	37.7
OCT	30	31.8	40.3	24.5	33.8	26.0	35.1	29.9	38.6
NOV	31	26.2	33.8	21.3	28.6	24.9	32.4	26.0	33.6
NOV	32	24.1	31.5	20.1	27.3	21.4	28.7	24.4	31.9
NOV	33	22.8	30.2	19.6	26.8	21.0	28.3	24.8	32.3
DIC	34	23.1	30.5	19.8	27.0	20.9	28.2	22.7	30.1
DIC	35	23.1	30.5	19.2	26.4	20.0	27.2	22.0	29.3
DIC	36	28.3	36.0	21.4	28.7	23.0	30.4	26.0	33.6
SUMA		1200.3	1484.6	1070.9	1357.9	1078.8	1367.5	1196.4	1480.5
PROMEDIO		39.3	41.2	29.7	37.7	30.0	38.0	39.2	41.1
DESV. EST.		6.8	6.9	6.9	7.1	6.7	6.8	7.0	7.1

ETP-H = ETP-Hargreaves (mm/década calendario)
 ETP-P = ETP-Penman (mm/década calendario)

Cuadro 25. Comparación entre la ETP-Hargreaves y la ETP-Penman calculada a partir de las ecuaciones de regresión del cuadro 18.

		ESTACION									
MES DECADA		El Curia		Olanchito		Las Linas		San Francisco		Morazán	
		ETP-H	ETP-P	ETP-H	ETP-P	ETP-H	ETP-P	ETP-H	ETP-P	ETP-H	ETP-P
ENE	1	19.7	31.7	22.5	34.8	23.0	35.3	18.8	30.7	23.3	35.6
ENE	2	19.9	31.9	23.7	36.1	25.1	37.6	18.8	30.7	24.3	36.7
ENE	3	21.0	33.1	28.0	40.8	29.1	42.0	22.2	34.4	28.1	40.9
FEB	4	23.7	36.1	27.9	40.7	26.3	38.9	26.6	39.3	27.6	40.4
FEB	5	24.5	37.0	29.6	42.6	30.0	43.0	22.9	35.2	29.3	42.2
FEB	6	20.4	32.4	26.4	39.0	25.3	37.8	19.9	31.9	24.2	36.6
MAR	7	26.8	39.5	34.7	48.2	32.2	45.4	25.2	37.7	32.6	45.9
MAR	8	29.1	42.0	33.8	47.2	33.3	46.6	28.7	41.6	36.9	50.6
MAR	9	32.7	46.0	43.4	57.7	42.4	56.6	31.5	44.7	43.5	57.9
ABR	10	31.4	44.5	43.4	57.7	38.8	52.7	31.1	44.2	40.8	54.9
ABR	11	30.7	43.8	42.7	57.0	39.5	53.5	30.6	43.7	40.5	54.6
ABR	12	35.8	49.4	41.9	59.4	41.7	55.9	32.6	45.9	42.5	56.8
MAY	13	34.4	47.8	46.8	61.5	41.3	55.4	33.2	46.5	43.9	58.3
MAY	14	34.5	48.0	46.9	61.6	42.7	57.0	33.5	46.9	42.9	57.2
MAY	15	37.5	51.3	48.6	63.5	46.0	60.6	36.3	49.9	45.4	59.9
JUN	16	36.3	49.9	41.5	55.7	39.8	53.8	33.3	46.6	39.7	53.7
JUN	17	31.6	44.8	35.4	48.9	36.3	49.9	30.3	43.3	35.8	49.4
JUN	18	33.2	46.5	33.5	46.9	32.6	45.9	32.0	45.2	36.0	49.6
JUL	19	31.5	44.7	33.2	46.5	33.7	47.1	29.7	42.7	34.1	47.5
JUL	20	30.9	44.0	32.7	46.0	34.0	47.4	29.9	42.9	33.6	47.0
JUL	21	30.1	43.1	34.5	40.0	38.1	51.9	31.7	44.9	36.9	50.6
AGO	22	30.4	43.4	32.5	45.8	34.4	47.8	29.0	41.9	34.5	48.0
AGO	23	30.7	43.8	33.9	47.3	33.9	47.3	28.5	41.4	34.0	47.4
AGO	24	26.7	39.4	36.0	49.6	38.8	52.7	28.6	41.5	36.3	49.9
SET	25	27.9	40.7	34.8	48.3	34.4	47.8	27.2	39.9	33.6	47.0
SET	26	28.3	41.1	32.4	45.6	32.7	46.0	26.9	39.6	31.6	44.8
SET	27	26.9	39.6	30.9	44.0	32.4	45.6	27.1	39.8	30.5	43.6
OCT	28	23.9	36.3	28.6	41.5	28.6	41.5	23.5	35.9	28.8	41.7
OCT	29	22.5	34.8	28.0	40.8	28.0	40.8	23.5	35.9	28.0	40.8
OCT	30	18.9	30.8	29.6	42.6	28.7	41.6	23.0	35.3	28.8	41.7
NOV	31	23.2	35.5	24.9	37.4	23.9	36.3	21.6	33.8	24.3	36.7
NOV	32	20.2	32.2	23.5	35.9	23.8	36.2	20.5	32.6	23.5	35.9
NOV	33	19.7	31.7	23.6	36.0	24.0	36.4	22.1	34.3	24.9	37.4
DIC	34	19.3	31.2	22.8	35.1	23.0	35.3	18.8	30.7	22.8	35.1
DIC	35	19.4	31.3	21.6	33.8	22.5	34.8	18.9	30.8	22.0	34.2
DIC	36	19.9	31.9	25.2	37.7	26.0	38.6	21.6	33.8	25.8	38.4
SUMA		973.6	1431.0	1182.4	1660.6	1166.3	1642.9	959.6	1415.6	1171.3	1648.4
PRONEDIO		27.0	39.7	32.8	46.1	32.4	45.6	26.7	39.3	32.5	45.8
DESV. EST.		5.7	6.3	7.6	8.4	6.6	7.2	5.0	5.5	6.8	7.5

ETP-H = ETP-Hargreaves (mm/década calendario)

ETP-P = ETP-Penman (mm/década calendario)



Bibliografía

Aboukhaled, A. et al. 1986. Los lisímetros. Roma, FAO, Estudio riego y drenaje n 39. 60 p.

American Society of Agriculture Engineers. 1985. Advances in Evapotranspiration. Chicago, ASAE. Proceedings of the national conference on advances in evapotranspiration. 453 p.

Brutsaert, W. 1985. Evaluation of some practical methods of estimating evapotranspiration in arid climates at low latitudes. Water Resources Research 1: 187-191.

Cruff, R.W. y Thompson, T.H. 1967. A comparison of estimating potential evapotranspiration from climatological data in arid and subhumids environment. Geological Survey Water Supply Paper. Washington. 28 p.

Dilley, A.C. y Helmond, I. 1973. The estimation of net radiation and potential evapotranspiration using atmometer measurements. Agricultural Meteorology 12: 1-11.

Doorenbos, J. y Kassan, A.H. 1979. Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Roma, FAO. Estudio Riego y Drenaje n 33. 212 p.

Doorenbos, J. y Pruitt, W.O. 1984. Crop water requirements. Roma, FAO. Irrigation and Drainage Paper n 24. 144 p.

Food and Agriculture Organization. 1986. Early agrometeorological crop yield assessment. Rome, FAO. Plant production and Protection Paper n 73. 150 p.

Frére, M. et al. 1975. Estudio agroclimatológico de la zona andina. Roma, FAO, UNESCO, OMM. 375 p.

Hargreaves, G. 1977. Water requirements manual for irrigated crops and rainfed agriculture. Utah, Utah State University. 41 p.

Hillel, D. 1980. Applications of soil physics. New York, Academic Press. p. 209-213.

Hounan, C.E. 1971. Problems of evaporation assessment in the water balance. Geneva, Switzerland, World Meteorological Organization. Report n 13. 80 p.

Legarda, L. y Forsythe, W. 1972. Estudio comparativo ente la evapotranspiración calculada por varias fórmulas y la evapotranspiración de tanques medida en tres lugares tropicales. Turrialba (C.R) 22: 282-292.

- Lhomme, J.P. 1988. Extension of Penman's formulae to multi-layer models. *Boundary Layer Meteorology* 42: 281-291.
- Lhomme, J.P. 1984. Elementos de Agroclimatología. San José, Costa Rica, IICA-ORSTOM. 92 p.
- Linacre, E.T. 1963. Determining evapotranspiration rates. *Jornal Australian Institute Agriculture Science* 29: 165-177.
- Linacre, E.T. 1977. A simple formula for estimating evaporation rates in various climates, using temperature data alone. *Agricultural Meteorology* 18: 409-424.
- Mendez, J.L. y Rojas, E. 1973. Los métodos más adecuados para estimar la evapotranspiración potencial en Venezuela. *Agronomía Tropical (Ven)* 23: 435-448.
- Monteith, J.L. 1980. The development and extension of Penman's evaporation formula. In Hillel, D. *Applications of soil physics*. P. 247-253.
- Monteith, J.L. 1973. *Principles of environmental physics*. London, Arnold. 241 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1985. Datos agroclimáticos de América Latina y el Caribe. Roma, Colección FAO: Producción y protección vegetal n.24.
- Penman, H.L. 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proceedings Royal Society of London. A* 193: 120-145.
- Penman, H.L. 1956. Evaporation: an introduction survey. *Netherland Journal Agriculture Science*. 4: 9-29.
- Penman, H.L. 1967. Evaporation from forests: a comparison of theory and observation. In Sopper, W. y Lull, H. *International Symposium of Forest Hidrology*. Oxford, Pergamon Press. p. 373-380.
- Perrier, A. 1985. Updated evapotranspiration and crop water requirement definitions. In *Les besoins en eau des cultures, conférence internationale*. París, INRA, 1985. p.885-887.
- Priestley, C.H. y Taylor, R.J. 1972. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Monthly Weather Review* 100: 81-92.

Sharna, M.L. (ed). 1984. Evapotranspiration from plant communities. Agricultural water management 8 (1-3):349 p.

Turc, L. 1961. Evaluation des besoins en eau d'irrigation, évapotranspiration potentielle. Annales Agronomiques 12: 13-49.

World Meteorological Organization. 1966. Measurement and estimation of evaporation and evapotranspiration. Geneva, Switzerland, WMO. Technical note n 83. 130 p.

Apéndice 1

Detalle de la prueba de t

Esta prueba se realizó para establecer, preliminarmente zonas homogéneas y reducir así la cantidad de modelos de regresión lineal. La misma se efectuó para los parámetros b (variable independiente) de los modelos de regresión lineal, que relacionaban la ETP-Penman y la ETP-Hargreaves, esto es $ETP-P = a + b ETP-H$, de las estaciones principales. Así se obtuvieron 78 posibles combinaciones de parejas de estaciones.

La hipótesis nula en todos los casos fue que no había diferencias estadísticamente significativas entre los parámetros b de los modelos de regresión de las parejas de estaciones que se estaban comparando. Para probar esta significancia, se creó la variable $\hat{b} = \hat{b}_i - \hat{b}_j$, siendo \hat{b} el estimador de la diferencia entre los estimadores \hat{b}_i y \hat{b}_j ; \hat{b}_i el estimador del parámetro b_i de la regresión correspondiente a la estación i y \hat{b}_j el estimador del parámetro b_j de la regresión correspondiente a la estación j.

Dado que $\hat{b}/S(\hat{b})$ sigue una ley de Student con $(n_i+n_j)-2$ grados de libertad, al nivel 95% de probabilidad se tiene como regla de decisión para aceptar la hipótesis nula que: si $\hat{b}/S(\hat{b})$ es menor que el valor de t tabular, se acepta la hipótesis nula.

$S(\hat{b})$ es el error estándar de la diferencia de los estimadores de b_i y b_j de la pareja de estaciones que se estaba comparando. Por lo tanto:

$$S(\hat{b}) = \left[[n_i(\hat{S}b_i)^2 + n_j(\hat{S}b_j)^2] / (n_i+n_j) \right]^{1/2}$$

n_i = número de observaciones en la estación i (36)

n_j = número de observaciones en la estación j (36)

$S(\hat{b}_i)$ = error estándar del estimador \hat{b}_i .

$S(\hat{b}_j)$ = error estándar del estimador \hat{b}_j .

Así por ejemplo, en la comparación de las estaciones Flores-Playitas se obtuvo que $\hat{b}_i - \hat{b}_j = 0.0016$ y $t = 0.1030$, por lo tanto se acepta la hipótesis nula propuesta.

Apéndice 2

Cálculo del valor de F

El valor calculado de F se obtuvo mediante la relación entre el cuadrado medio del error cero (CMEo) y el cuadrado medio del error uno (CME₁), los cuales se calculan de la manera siguiente:

$$CMEo = [SCEo - (SCE_1 + SCE_2)] / (p-m)$$

$$CME_1 = (SCE_1 + SCE_2) / (n-p) \quad \text{donde}$$

CME = cuadrado medio del error de la regresión

SCEo = suma de cuadrados del error de la regresión en la población.

SCE₁ = suma de cuadrados del error de la regresión en la muestra 1.

SCE₂ = suma de cuadrados del error de la regresión en la muestra 2.

n = número de observaciones

p = número de parámetros de las regresiones

m = número de muestras

En este estudio las poblaciones y muestras fueron las siguientes: en el primer caso la población fue la Región A más la Región B y las muestras fueron la Región A y la Región B. En la segunda comparación la población fue la Región A y las muestras la época seca y la época lluviosa. En el tercer caso la población fue la Región B y las muestras la época seca y la época lluviosa.

Las hipótesis nulas fueron que no había diferencias significativas entre los modelos lineales propuestos para ajustar las muestras que se estaban comparando. La regla de decisión fue que si el valor de F calculado (Fc) era mayor que el valor de F tabular (Ft) se rechazaba la hipótesis nula. En el cuadro siguiente se presentan los principales valores de las pruebas antes mencionadas.

Cuadro A1.1 Prueba de F para la comparación de los parámetros de las ecuaciones de regresión de las regiones y épocas del año.

	CMEo	CME ₁	Fc	Ft(0.05)
R.A.-R.B.	1264.60	11.90	104.40*	3.00
R.A.E.S.-R.A.E.LL.	41.00	13.60	3.02*	3.00
R.B.E.S.-R.B.E.LL.	3.20	8.00	0.40 ^{ns}	3.00

R.A. = Región A

R.B. = Región B

E.S. = Estación seca

E.LL. = Estación lluviosa

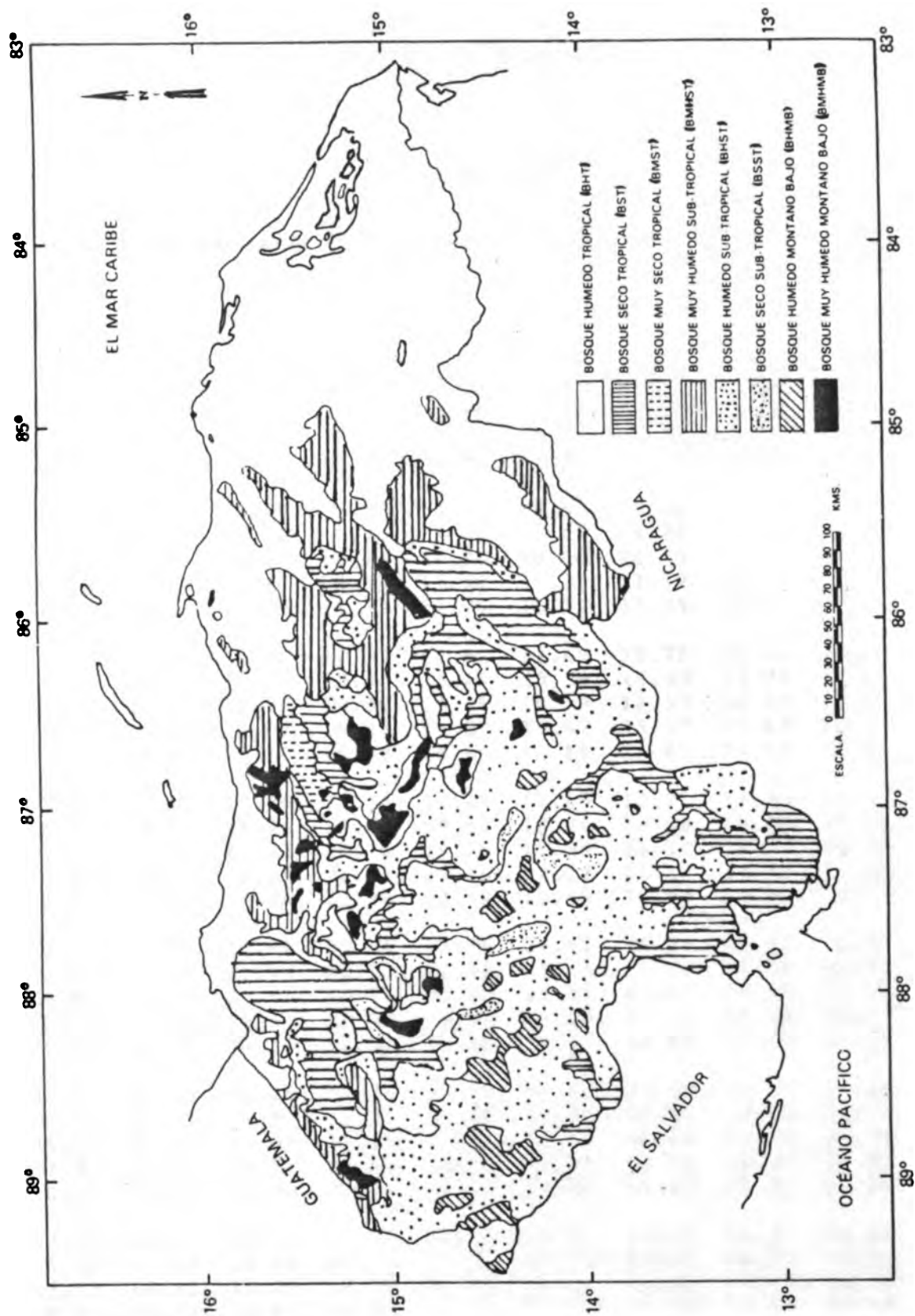


Fig. 1A. Mapa ecológico de Honduras, basado en las zonas de vida de Holdridge.

Cuadro A1

Presión de vapor saturante (e_g) en milibares como una función de la temperatura (°C)

T.	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	6.11	6.15	6.20	6.24	6.29	6.33	6.38	6.43	6.47	6.52
1	6.57	6.61	6.66	6.71	6.76	6.81	6.86	6.90	6.95	7.00
2	7.05	7.11	7.16	7.21	7.26	7.31	7.36	7.42	7.47	7.52
3	7.58	7.63	7.68	7.74	7.79	7.85	7.90	7.96	8.02	8.07
4	8.13	8.19	8.24	8.30	8.36	8.42	8.48	8.54	8.60	8.66
5	8.72	8.78	8.84	8.90	8.97	9.03	9.09	9.15	9.22	9.28
6	9.35	9.41	9.48	9.54	9.61	9.67	9.74	9.81	9.88	9.94
7	10.01	10.08	10.15	10.22	10.29	10.36	10.43	10.51	10.58	10.65
8	10.72	10.80	10.87	10.94	11.02	11.09	11.17	11.24	11.32	11.40
9	11.47	11.55	11.63	11.71	11.79	11.87	11.95	12.03	12.11	12.19
10	12.27	12.36	12.44	12.52	12.61	12.69	12.78	12.86	12.95	13.03
11	13.12	13.21	13.30	13.38	13.47	13.56	13.65	13.74	13.83	13.93
12	14.02	14.11	14.20	14.30	14.39	14.49	14.58	14.68	14.77	14.87
13	14.97	15.07	15.17	15.27	15.37	15.47	15.57	15.67	15.77	15.87
14	15.98	16.08	16.19	16.29	16.40	16.50	16.61	16.72	16.83	16.94
15	17.04	17.15	17.26	17.38	17.49	17.60	17.71	17.83	17.94	18.06
16	18.17	18.29	18.41	18.53	18.64	18.76	18.88	19.00	19.12	19.25
17	19.37	19.49	19.61	19.74	19.86	19.99	20.12	20.24	20.37	20.50
18	20.63	20.76	20.89	21.02	21.16	21.29	21.42	21.56	21.69	21.83
19	21.96	22.10	22.24	22.38	22.52	22.66	22.80	22.94	23.09	23.23
20	23.37	23.52	23.66	23.81	23.96	24.11	24.26	24.41	24.56	24.71
21	24.86	25.01	25.17	25.32	25.48	25.64	25.79	25.95	26.11	26.27
22	26.43	26.59	26.75	26.92	27.08	27.25	27.41	27.58	27.75	27.92
23	28.09	28.26	28.42	28.60	28.77	28.95	29.12	29.30	29.48	29.65
24	29.83	30.01	30.19	30.37	30.56	30.74	30.92	31.11	31.30	31.48
25	31.67	31.86	32.05	32.24	32.43	32.63	32.82	33.02	33.21	33.41
26	33.61	33.81	34.01	34.21	34.41	34.62	34.82	35.03	35.23	35.44
27	35.65	35.86	36.07	36.28	36.50	36.71	36.92	37.14	37.36	37.58
28	37.80	38.02	38.24	38.46	38.69	38.91	39.14	39.37	39.59	39.82
29	40.06	40.29	40.52	40.76	40.99	41.23	41.47	41.71	41.95	42.19
30	42.43	42.67	42.92	43.17	43.41	43.66	43.91	44.17	44.42	44.67
31	44.93	45.18	45.44	45.70	45.96	46.22	46.49	46.75	47.02	47.28
32	47.55	47.82	48.09	48.36	48.64	48.91	49.19	49.47	49.75	50.03
33	50.31	50.59	50.87	51.16	51.45	51.74	52.03	52.32	52.61	52.90
34	53.20	53.50	53.80	54.10	54.40	54.70	55.00	55.31	55.62	55.93
35	56.24	56.55	56.86	57.18	57.49	57.81	58.13	58.45	58.77	59.10
36	59.42	59.75	60.08	60.41	60.74	61.07	61.41	61.74	62.08	62.42
37	62.76	63.11	63.45	63.80	64.14	64.49	64.84	65.20	65.55	65.91
38	66.26	66.62	66.99	67.35	67.71	68.08	68.45	68.82	69.19	69.56
39	69.93	70.31	70.69	71.07	71.45	71.83	72.22	72.61	72.99	73.39

CUADRO A2

N

Promedio mensual diario de la duración del brillo solar astronómicamente posible, en horas y décimas.

Lat. Norte	<u>J</u>	<u>F</u>	<u>M</u>	<u>A</u>	<u>M</u>	<u>J</u>	<u>J</u>	<u>A</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>
20°	11.0	11.5	12.0	12.6	13.1	13.3	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9
19°	11.1	11.5	12.0	12.6	13.0	13.3	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	11.0
18°	11.2	11.5	12.0	12.6	13.0	13.2	13.1	12.7	12.3	11.7	11.3	11.1
17°	11.2	11.5	12.0	12.5	12.9	13.1	13.0	12.7	12.2	11.7	11.3	11.1
16°	11.3	11.6	12.0	12.5	12.9	13.1	13.0	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2
15°	11.3	11.6	12.0	12.5	12.8	13.0	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2
14°	11.4	11.6	12.0	12.4	12.8	12.9	12.8	12.6	12.2	11.8	11.5	11.3
13°	11.4	11.7	12.0	12.4	12.7	12.9	12.8	12.5	12.2	11.8	11.5	11.4
12°	11.5	11.7	12.0	12.4	12.7	12.8	12.7	12.5	12.1	11.8	11.6	11.4
11°	11.5	11.8	12.0	12.3	12.6	12.7	12.6	12.5	12.1	11.8	11.6	11.5
10°	11.6	11.8	12.0	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5
9°	11.6	11.8	12.0	12.3	12.5	12.6	12.5	12.4	12.1	11.8	11.7	11.6
8°	11.7	11.8	12.0	12.3	12.5	12.5	12.4	12.4	12.1	11.9	11.7	11.6
7°	11.7	11.9	12.0	12.2	12.4	12.5	12.4	12.3	12.1	11.9	11.8	11.7
6°	11.8	11.9	12.0	12.2	12.4	12.4	12.3	12.3	12.1	12.0	11.8	11.7
5°	11.8	11.9	12.0	12.2	12.3	12.4	12.3	12.3	12.1	12.0	11.9	11.8
4°	11.9	11.9	12.0	12.2	12.3	12.3	12.3	12.2	12.1	12.0	11.9	11.8
3°	11.9	12.0	12.0	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.1	12.1	12.0	11.9
2°	11.9	12.0	12.1	12.1	12.2	12.2	12.2	12.2	12.1	12.1	12.0	11.9
1°	12.0	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.0
0°	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
Lat. Sur	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J

CUADRO A3

Ra

Radiación solar sobre una superficie horizontal al límite de la atmósfera expresada como mm de agua evaporable para una constante solar = 2 cal./cm². min.

<u>Lat.</u>	<u>J</u>	<u>F</u>	<u>M</u>	<u>A</u>	<u>M</u>	<u>J</u>	<u>J</u>	<u>A</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>
20°N	11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.8	14.8	13.3	11.6	10.7
19°N	11.4	12.9	14.5	15.6	16.2	16.2	16.2	15.8	14.9	13.4	11.8	10.9
18°N	11.6	13.0	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12.0	11.1
17°N	11.8	13.2	14.6	15.6	16.0	16.0	16.0	15.7	15.0	13.7	12.2	11.3
16°N	12.0	13.3	14.7	15.6	16.0	15.9	15.9	15.7	15.0	13.8	12.4	11.6
15°N	12.2	13.5	14.8	15.6	15.9	15.8	15.8	15.7	15.1	14.0	12.6	11.8
14°N	12.4	13.6	14.9	15.6	15.8	15.7	15.7	15.6	15.1	14.1	12.8	12.0
13°N	12.6	13.8	15.0	15.6	15.7	15.6	15.6	15.6	15.2	14.2	13.0	12.2
12°N	12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.6	15.2	14.4	13.2	12.5
11°N	13.0	14.1	15.2	15.7	15.6	15.4	15.4	15.5	15.3	14.5	13.4	12.7
10°N	13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.6	12.9
9°N	13.4	14.4	15.3	15.6	15.4	15.1	15.2	15.4	15.3	14.7	13.7	13.1
8°N	13.6	14.5	15.3	15.6	15.3	15.0	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3
7°N	13.8	14.6	15.4	15.5	15.2	14.8	15.0	15.3	15.3	14.9	14.0	13.5
6°N	13.9	14.8	15.4	15.5	15.1	14.7	14.8	15.2	15.3	15.0	14.2	13.7
5°N	14.1	14.9	15.5	15.5	15.0	14.6	14.7	15.1	15.3	15.0	14.3	13.9
4°N	14.3	15.0	15.5	15.5	14.8	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.0
3°N	14.5	15.1	15.5	15.4	14.7	14.3	14.5	15.0	15.3	15.2	14.6	14.2
2°N	14.6	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4
1°N	14.8	15.4	15.6	15.3	14.5	14.0	14.2	14.8	15.3	15.3	14.9	14.6
0°Eq.	15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.7	15.3	15.4	15.1	14.8
1°S	15.1	15.6	15.7	15.1	14.2	13.7	13.9	14.7	15.3	15.5	15.2	15.0
2°S	15.3	15.7	15.6	15.0	14.1	13.5	13.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1
3°S	15.4	15.7	15.6	14.9	13.9	13.3	13.6	14.4	15.2	15.5	15.4	15.3
4°S	15.5	15.8	15.6	14.8	13.8	13.1	13.4	14.2	15.1	15.6	15.5	15.4
5°S	15.7	15.9	15.6	14.7	13.6	13.0	13.2	14.1	15.1	15.6	15.6	15.5
6°S	15.8	16.0	15.6	14.6	13.4	12.8	13.0	14.0	15.0	15.7	15.7	15.7
7°S	15.9	16.0	15.6	14.5	13.3	12.6	12.9	13.9	15.0	15.7	15.9	15.8
8°S	16.1	16.1	15.5	14.4	13.1	12.4	12.7	13.7	14.9	15.8	16.0	16.0
9°S	16.2	16.2	15.5	14.3	13.0	12.2	12.5	13.6	14.9	15.8	16.1	16.1
10°S	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12.0	12.4	13.5	14.8	15.8	16.2	16.3