



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE PREPARATORIA AGRÍCOLA
ÁREA DE AGRONOMÍA

DETERMINACIÓN DE LA FÓRMULA CLIMÁTICA POR EL SISTEMA DE THORNTHWAITE



Sistemas de Producción Agrícola



Sistemas
de Producción
Agrícola

Elías Jaime Matadamas Ortiz

En el presente documento vamos a describir paso a paso el procedimiento para la obtención de la fórmula climática en el sistema de clasificación de Thornthwaite, tomando como base los cálculos previamente realizados de la **evapotranspiración** y del **balance hídrico** y aplicando las claves correspondientes a este sistema.

Para determinar el **grupo**, **tipo** y **subtipo** de clima y, en consecuencia, obtener la fórmula climática es necesario partir de los datos arrojados por el balance hídrico resultante, a su vez, del cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP) en base a las normales climatológicas del sitio bajo estudio.

Tabla No. 1. Excedentes y déficits del balance hídrico de Chapingo, México.

Mes	Precipitación (mm)	ETP (mm)	EXCEDENTES (mm)	DÉFICITS (mm)
Enero	12.1	40.48	0	13.5
Febrero	7.7	43.84	0	36.14
Marzo	14.5	65.15	0	50.65
Abril	30.3	76.77	0	46.47
Mayo	54.2	87.67	0	33.47
Junio	104.8	82.44	0	0
Julio	125.5	77.15	0	0
Agosto	114.1	74.87	9.94	0
Septiembre	91.5	67.72	23.78	0
Octubre	46.2	60.42	0	0
Noviembre	11.9	47.74	0	0
Diciembre	5.7	40.76	0	0
	618.5	765.01	33.72	180.23

1. Calcular el ÍNDICE HÍDRICO (I_h).

El índice hídrico es la relación en porcentaje entre el excedente anual (suma de excedentes mensuales) y la evapotranspiración potencial anual. Este valor se obtiene con la siguiente fórmula:

$$I_h = \left(\frac{EXC \text{ ANUAL}}{ETP \text{ ANUAL}} \right) \cdot 100$$

I_h = Índice hídrico (%)

EXC ANUAL = Total de excedente anual (mm).

ETP ANUAL= Evapotranspiración potencial anual (mm).

Sustituyendo términos tenemos:

$$I_h = \left(\frac{32.72}{765.01} \right) \cdot 100 = 4.407 \%$$

2. Calcular el ÍNDICE DE ARIDEZ (*Ia*).

El índice de aridez es la relación en porcentaje entre el déficit anual (suma de déficits mensuales) y la evapotranspiración potencial anual. Este valor se obtiene con la siguiente fórmula:

$$I_a = \left(\frac{DEF\ ANUAL}{ETP\ ANUAL} \right) \cdot 100$$

Ia= Índice de aridez (%).

DEF ANUAL= Total de déficit anual (mm).

ETP ANUAL= Evapotranspiración potencial anual (mm).

Para el ejemplo de Chapingo, México, al sustituir los términos en la fórmula tenemos:

$$I_a = \left(\frac{180.23}{765.01} \right) \cdot 100 = 23.559 \%$$

3. Calcular el ÍNDICE DE BALANCE DE HUMEDAD (*IH*).

El índice de balance de humedad o índice de humedad (*IH*) es la diferencia entre el índice hídrico y el índice de aridez. Para obtener este valor solo basta con restar el índice de aridez al índice hídrico. Estos valores pueden ser positivos o negativos.

$$IH = I_h - I_a$$

Para el caso de Chapingo, México tenemos:

$$IH = 4.407 - 23.559 = -19.152$$

4. Calcular el valor de la EFICIENCIA TÉRMICA DEL VERANO (Etv).

La eficiencia térmica del verano (Etv) es la relación en porcentaje entre la evapotranspiración potencial de los días de verano (ETPv) y la evapotranspiración potencial anual (ETP). Para obtener este valor nos auxiliamos de la siguiente ecuación:

$$ETv = \left(\frac{ETPv}{ETP} \right) \cdot 100$$

Etv= Eficiencia térmica del verano (%).

ETPv= Evapotranspiración potencial del verano (mm).

ETP= Evapotranspiración potencial anual (mm).

Para poder sustituir términos y aplicar la fórmula debemos primero determinar el valor de la evapotranspiración potencial del verano (ETPv) y lo cual requiere que recordemos algunos valores:

Tabla No. 2. Valores de evapotranspiración potencial mensual

Mes	ETP (mm)	Días del mes	ETP Promedio diaria (mm)	Días de verano	ETP de los meses de verano (mm)
Enero	40.48	31	1.305	0	0
Febrero	43.84	28	1.565	0	0
Marzo	65.15	31	2.101	0	0
Abril	76.77	30	2.559	0	0
Mayo	87.67	31	2.828	0	0
Junio	82.44	30	2.748	9	24.732
Julio	77.15	31	2.488	31	77.128
Agosto	74.87	31	2.415	31	74.865
Septiembre	67.72	30	2.257	21	47.397
Octubre	60.42	31	1.949	0	0
Noviembre	47.74	30	1.591	0	0
Diciembre	40.76	31	1.314	0	0
	765.01				224.122

Ahora, conociendo ya el valor de la evapotranspiración potencial del verano (EPTv) procedemos a calcular la eficiencia térmica del verano (Etv) sustituyendo en la fórmula ya citada para tal efecto para el ejemplo de Chapingo, México:

$$Etv = \left(\frac{224.122}{765.01} \right) \cdot 100 = 29.296\%$$

En este punto, es conveniente enlistar los valores de las variables necesarias para el uso de las claves del sistema de Thornthwaite:

Tabla No.3. Valores de los índices de Thornthwaite para Chapingo, México.

ÍNDICE	VALOR
IH (Índice de humedad)	- 19.152
ETP (Evapotranspiración potencial anual)	765.01
Ia (Índice de aridez)	23.55
Ih (Índice hídrico)	4.41
Etv (Eficiencia térmica del verano)	29.3

5. Determinar el GRUPO de clima según la clave de clasificación por ÍNDICE DE HUMEDAD (IH).

Utilizaremos el valor del índice de humedad (IH) para determinar el grupo de clima por humedad con la siguiente clave:

Valor del índice de humedad (IH)	Descripción	Grupo
≥100	Muy húmedo	A
80-99	Húmedo	B ₄
60-79	Húmedo	B ₃
40-59	Húmedo	B ₂
20-39	Húmedo	B ₁
0-19	Subhúmedo	C ₂
-33 a 0	Subhúmedo seco	C ₁
-66 a -32	Semidesértico	D
- 110 a -65	Desértico	E

Por balance de humedad, el grupo de clima de Chapingo, Méx., es C_1 y se describe como, **SUBHÚMEDO SECO** o, dicho en otras palabras, el **más seco de los suhúmedos**.

6. Determinar el GRUPO de clima según la clave de clasificación por la EFICIENCIA TÉRMICA (Temperatura).

El efecto directo de la eficiencia térmica se expresa en la evapotranspiración, por lo que utilizaremos el valor de la **evapotranspiración potencial anual (ETP)** del sitio bajo estudio para determinar el grupo de clima por temperatura con la siguiente clave:

Valor de la evapotranspiración potencial (ETP)	Descripción	Grupo
< 142	Polar	E'
142-285	Tundra	D'
286-427	Microtérnico	C' ₁
428-570	Microtérnico	C' ₂
571-712	Mesotérnico	B' ₁
713-855	Mesotérnico	B' ₂
856-997	Mesotérnico	B' ₃
998-1140	Mesotérnico	B' ₄
> 1140	Megatérnico	A'

Por temperatura, el grupo de clima de Chapingo, México, es B'_2 y se describe como **MESOTÉRMICO**, o el menos frío de los templados.

7. Determinar el TIPO DE CLIMA de acuerdo con los índices de aridez e hídrico.

Para determinar el tipo de clima debemos hacer una diferenciación entre **CLIMAS HÚMEDOS-SUBHÚMEDOS** y los **CLIMAS SECOS**.

Los grupos de climas húmedos-subhúmedos son: A , B_1 , B_2 , B_3 , B_4 y C_2 . Mientras que se consideran grupos de climas secos a C_1 , D y E .

Para determinar el tipo de clima se utiliza el **índice de aridez (Ia)** para los **GRUPOS HÚMEDOS-SUBHÚMEDOS**, en tanto que para los **GRUPOS SECOS** se utiliza el **índice hídrico (Ih)**.

Recurrimos a la siguiente clave:

Grupos de climas HÚMEDOS-SUBHÚMEDOS: A, B ₁ , B ₂ , B ₃ , B ₄ y C ₂		
ÍNDICE DE ARIDEZ (Ia)	Descripción	Tipo de clima
0-16.7	Poco o sin déficit	R
16.7-33.3	Déficit moderado en verano	S
16.7-33.3	Déficit moderado en invierno	W
> 33.3	Déficit grande en verano	s ₂
> 33.3	Déficit grande en invierno	w ₂
Grupos de climas SECOS: C ₁ , D y E		
ÍNDICE HÍDRICO (Ih)	Descripción	Tipo de clima
0-10	Poco o sin superávit	D
10-20	Superávit moderado en invierno	S
10-20	Superávit moderado en verano	W
> 20	Superávit grande en invierno	s ₂
> 20	Superávit grande en verano	w ₂

El tipo de clima de Chapingo, Méx., dado que se trata del grupo C₁ (grupo de clima seco) utilizando el índice hídrico (Ih) es **D**, con poco superávit de humedad durante el año.

8. Determinar el SUBTIPO DE CLIMA.

Para determinar el subtipo de clima utilizaremos el valor de la **Eficiencia térmica de verano (Etv)** y la siguiente clave:

Valor de la Eficiencia térmica del verano (Etv)	SUBTIPO
< 48.0	a'
48.0 – 51.9	b' ₄
51.9 – 56.3	b' ₃
56.3 – 61.6	b' ₂
61.6 – 68.0	b' ₁
68.0 – 76.3	c' ₂
76.3 – 88.0	c' ₁

> 88.0	d'
--------	----

El subtipo de clima de Chapingo, Méx., es **a'** y se describe como un clima con humedad en verano, o con lluvias de verano.

9. Escribir y describir la fórmula climática.

Finalmente, ya estamos en condiciones para escribir la **FÓRMULA CLIMÁTICA** del Sistema de clasificación climática de Thornthwaite para nuestro sitio de trabajo:

C₁ B'₂ D a'

Este clima se describe como el más seco de los subhúmedos, templado poco frío, con poco excedente de humedad y con un régimen de lluvias en el verano. En otras palabras, el clima de Chapingo, Méx., es **TEMPLADO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS DE VERANO**.