**CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA SISTEMA THORNTHWAITE**

1. INTRODUCCION

En 1948, Thornthwaite propuso una clasificación climática cuya principal característica fue la utilización de la evapotranspiración potencial como parámetro fundamental para la delimitación de los distintos tipos climáticos (THORNTHWAITE, 1948).

Al igual que habían hecho anteriormente otros climatólogos, Thornthwaite buscaba una clasificación climática basada en la distribución de las especies vegetales, al considerar que en ellas se conjugan los diversos efectos de los elementos del clima.

Las clasificaciones anteriores empleaban generalmente medidas directas de elementos meteorológicos (fundamentalmente temperatura del aire y precipitación) para establecer una correspondencia entre los valores de estas variables y el tipo de vegetación.

Una ventaja evidente de utilizar dichas variables es que son fácilmente medibles; sin embargo, en opinión de Thornthwaite, el empleo de cifras directas de temperatura y precipitación para definir las fronteras entre tipos climáticos era un procedimiento excesivamente rudimentario, y los valores de temperatura y precipitación observados en los límites de vegetación de una región difícilmente coincidían con los valores correspondientes en regiones distantes. Thornthwaite consideró necesario emplear variables más complejas, que permitieran resumir la acción recíproca entre la vegetación y la atmósfera.

Consideró la evapotranspiración como el proceso principal de intercambio de energía, humedad y momento entre la superficie terrestre y la atmósfera, y su medida como variable fundamental para su clasificación climática (THORNTHWAITE y HARE, 1955).

1. OBJETIVOS

Que el estudiante conozca que es una clasificación climática.

Que el estudiante conozca cuales son las variables que toman en cuenta las clasificaciones climáticas de Thornthwaite.

Que el estudiante aprenda a aplicar los conocimientos de clasificación climática para cualquier región.

1. REVISION BIBLIOGRAFICA
	1. Clasificación de los Climas

El agrupamiento sistemático de los elementos del clima en clases, según sus relaciones comunes, se puede fundamentar en gran número de parámetros; la dificultad reside en establecer criterios generales partiendo de los componentes climáticos que consideramos representativos.

La primera y más generalizada regionalización se debe a los griegos, que dividían la Tierra en tres grandes zonas climáticas, basándose en la distribución de las temperaturas: tropical, templada y polar. Desde entonces pueden observarse dos tendencias principales en la clasificación, clasificaciones **genéticas**, basadas en los factores que generan la diversidad climática (circulación de la atmósfera, masas de aire, tipos de tiempo), y las llamadas **empíricas**, basadas en elementos del clima combinados en índices (grado de aridez y temperaturas).

* 1. Sistema de Thornthwaite

Se basa en el concepto de evapotranspiración potencial y en el balance de vapor de agua, y contiene cuatro criterios básicos:

* Índice global de humedad,
* Variación estacional de la humedad efectiva,
* Índice de eficiencia térmica, y
* Concentración estival de la eficacia térmica.

La evapotranspiración potencial (ETP) se determina a partir de la temperatura media mensual, corregida según la duración del día.

El método de Thornthwaite para el cálculo de evapotranspiración potencial fue desarrollado en los Estados Unidos, en experimentos realizados entre las latitudes 29˚ a 43˚ Norte, en tanques de 4 m2 y nivel freático constante a medio metro de profundidad.

Se puede aplicar con relativa confianza en regiones de clima similar, es decir, en regiones húmedas. El procedimiento a seguir es el siguiente:

Calcular: $e =16 ×\left(10 × \frac{t}{I}\right)^{a}$

Donde:

a: evapotranspiración potencial mensual, en mm, por mes de 30 dias de 12 horas de duración.

t: Temperatura media mensual, en ˚C, en el mes considerado

 $i =\left( \frac{t}{5}\right)^{1.514}$ Índice térmico mensual

$I =\sum\_{}^{}i$ Índice térmico anual

$a =0.675×I^{3}×10^{-6}-0.771×I^{2}×10^{-4}+0.01792×I+0.49239$ (en centímetros, pasarlo a mm)

$a =0.016 ×I +0.5$ Formula simplificada de Serra

Luego de los cálculos, corregir el valor calculado de e, según el numero real de días del mes considerado y la duración de cada día. Para ello, dicho valor debe multiplicarse por un factor que se obtiene de la tabla siguiente:

FACTORES DE CORRECCION DE e

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| LAT SUR | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
| 5 | 1.04 | 0.95 | 1.04 | 1.00 | 1.02 | 0.99 | 1.02 | 1.03 | 1.00 | 1.05 | 1.03 | 1.06 |
| 10 | 1.08 | 0.97 | 1.05 | 0.99 | 1.01 | 0.96 | 1.00 | 1.01 | 1.00 | 1.06 | 1.05 | 1.10 |
| 15 | 1.12 | 0.98 | 1.05 | 0.98 | 0.98 | 0.94 | 0.97 | 1.00 | 1.00 | 1.07 | 1.07 | 1.12 |
| 20 | 1.14 | 1.00 | 1.05 | 0.97 | 0.96 | 0.91 | 0.95 | 0.99 | 1.00 | 1.08 | 1.09 | 1.15 |
| 25 | 1.17 | 1.01 | 1.05 | 0.96 | 0.94 | 0.88 | 0.93 | 0.98 | 1.00 | 1.10 | 1.11 | 1.18 |
| 30 | 1.20 | 1.03 | 1.06 | 0.95 | 0.92 | 0.85 | 0.90 | 0.96 | 1.00 | 1.12 | 1.14 | 1.21 |
| 35 | 1.23 | 1.04 | 1.06 | 0.94 | 0.89 | 0.82 | 0.87 | 0.94 | 1.00 | 1.13 | 1.17 | 1.25 |
| 40 | 1.27 | 1.06 | 1.07 | 0.93 | 0.86 | 0.78 | 0.84 | 0.92 | 1.00 | 1.15 | 1.20 | 1.29 |
| 45 | 1.31 | 1.10 | 1.07 | 0.91 | 0.81 | 0.71 | 0.78 | 0.90 | 0.99 | 1.17 | 1.26 | 1.36 |
| 50 | 1.37 | 1.12 | 1.08 | 0.89 | 0.77 | 0.67 | 0.74 | 0.88 | 0.99 | 1.19 | 1.29 | 1.41 |

El exceso o déficit se calcula a partir del balance de vapor de agua, considerando la humedad (Im), que junto con la ETP permite definir los tipos de clima, que se subdividen en otros en función del momento del año con exceso o falta de agua y de la concentración estacional de la eficacia térmica.

Thornthwaite establece dos clasificaciones una en función de la humedad, y otra en función de la eficacia térmica:

|  |  |
| --- | --- |
| **En Función de la Humedad** | **En Función de la Eficacia Térmica** |
| **Tipo de Clima** | **Índice de humedad** | **Tipo de Clima** | **ETP en cm** |
| A | Perhúmedo | > 100 | A' | Megatérmico | > 114 |
| B4 | Húmedo | 80 ↔ 100 | B'4 | Mesotérmico | 99.7 ↔ 114 |
| B3 | Húmedo | 60 ↔ 80 | B'3 | Mesotérmico | 88.5 ↔ 99.7 |
| B2 | Húmedo | 40 ↔ 60 | B'2 | Mesotérmico | 71.2 ↔ 88.5 |
| B1 | Húmedo | 20 ↔ 40 | B'1 | Mesotérmico | 57 ↔ 71.2 |
| C2 | Subhúmedo húmedo | 0 ↔ 20 | C'2 | Microtérmico | 42.7 ↔ 57 |
| C1 | Subhúmedo seco | -33 ↔ 0 | C'1 | Microtérmico | 28.5 ↔ 42.7 |
| D | Semiárido | -67 ↔ -33 | D | Tundra | 14.2 ↔ 28.5 |
| E | Árido | -100 ↔ -67 | E | Hielo | < 14.2 |

La fórmula utilizada para caracterizar un clima, según Thornthwaite, está compuesta por cuatro letras y unos subíndices:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| D | s | A' | b'4 |

Las dos primeras letras mayúsculas, se refieren al “Índice de humedad” y a la “Eficacia térmica” de la zona (posición 1 y 3). Las letras minúsculas (posición 2 y 4), corresponden a la “Variación estacional de la humedad” y a la “Concentración térmica en verano”.

El proceso de clasificación permite desarrollar modelos que presenten objetos en un esquema ordenado.

El objetivo general de la clasificación es desarrollar inventarios y diagnósticos de objeto de clasificación. Por medio de la clasificación se pude organizar el conocimiento y recordar sus propiedades, determinadas relaciones y principios.

En el caso de la clasificación climática se pretende agrupar a los climas de acuerdo a factores que puedan ser cuantificados y registrados, y que tengan una relación directa con la vegetación.

Luego de varios años de investigación se a establecido que los factores mas importantes para el desarrollo vegetal son el calor (medido por la temperatura) la precipitación y la humedad. En función de estos factores se han desarrollado diferentes clasificaciones, algunas más funcionales que otras, y con mayor aplicabilidad para determinadas regiones.

1. MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS

MATERIALES

* Datos de precipitación y evapotranspiración.
* Calculadora o computadora.
* Materiales de escritorio

PROCEDIMIENTOS

La clasificación de Thornthwaite esta desarrollada para cuatro dígitos o índices que en su conjunto expresan las características del clima de un lugar.

TABLA 1. Calculo del índice de humedad

|  |
| --- |
| **CLIMAS HUMEDOS** |
| Símbolos | Tipo de Clima | Índice Hídrico |
| A | Súper húmedo | Mayor de 100 |
| B4 | Muy húmedo | 80 a 100 |
| B3 | Húmedo | 60 a 80 |
| B2 | Moderadamente húmedo | 40 a 60 |
| B1 | Ligeramente húmedo | 20 a 40 |
| C2 | Sub húmedo húmedo | 0 a 20 |
| **CLIMAS SECOS** |
| C1 | Sub húmedo seco | 0 a -20 |
| D | Semiárido seco | -20 a -40 |
| E | Árido | -40 a -60 |

**Paso 1. CALCULO DEL RÉGIMEN DE HUMEDAD:**

Es el primer dígito de la clasificación de Thornthwaite, está representado por una letra mayúscula y expresa el grado de humead de un lugar (Im) viene dado por la siguiente fórmula:

Im = (100 E – 60 P)/ETP

Donde tras realizar el balance hídrico:

E = exceso de humedad en el año

D = deficiencia de humedad en el año

ETP = evapotranspiración potencial anual

En la formula se le otorga mayor importancia al excedente que al déficit puesto que se supone que los excesos pueden aportar humedad a posteriores períodos sin lluvia.

Una vez calculado el Im podemos escoger entre nueve tipos o categorías climáticas que tomen el grado de humedad del lugar. Estas 9 categorías se dividen en 6 para climas húmedos y 3 para climas secos. Ver Tabla 1.

**Paso 2. VARIACION ESTACIONAL DE LA HUMEDAD:**

Una vez conocido el grado de humedad (primer digito) procedemos a determinar el segundo dígito. Esta representado por una letra minúscula que indica como es la variación estacional de la humedad en el lugar que se esta clasificando.

Si dicho lugar presenta un clima húmedo se emplea la formula de Índice de Aridez (Ia), ya que nos interesa caracterizar la magnitud y distribución de los períodos secos en el lugar estudiado.

Por el contrario, si el lugar tiene un clima seco, utilizamos el Índice e Humedad (Ih), para saber como esta distribuida la posible humedad que exista en el lugar y que importancia tiene esta estación húmeda. Ver Tabla 2.

Tabla 2. Índices de variación estacional de la humedad. Los términos verano e invierno se refieren a las estaciones astronómicas de cada hemisferio.

|  |
| --- |
| **PARA CLIMAS HUMEDOS: Índice de Aridez (Ia)** |
| Símbolos | Tipo de Variación | Índice de variación |
| r | Nula o pequeña deficiencia de agua | 0 a 16.7 |
| s | Moderada deficiencia en verano | 16.7 a 33.3 |
| w | Moderada deficiencia en invierno | 16.7 a 33.3 |
| s2 | Gran deficiencia en verano | Mas de 33.3 |
| w2 | Gran deficiencia en invierno | Mas de 33.3 |
| **PARA CLIMAS SECOS: Índice de Humedad (Ih)** |
| d | Nulo o pequeño exceso de agua | 0 a 10 |
| s | Moderado exceso en verano | 10 a 20 |
| w | Moderado exceso en invierno | 10 a 20 |
| s2 | Gran exceso en verano | Mas de 20 |
| w2 | Gran exceso en invierno | Mas de 20 |

**ÍNDICE DE ARIDEZ**

Ia = (100 D) / ETP

**ÍNDICE DE HUMEDAD**

Ih = (100 E) / ETP

Donde:

D = deficiencia en el año y E =excedente en el año

Como se puede observar los índices nos dicen a que porcentaje de la ETP anual corresponden el déficit o el exceso. En un lugar muy árido el déficit puede llegar a igualarse con la ETP, ser igual al 100% de la ETP.

**Paso 3. TIPOS DE CLIMA SEGÚN EL ÍNDICE DE EFICIENCIA TÉRMICA**

El tercer dígito lo constituye una letra mayúscula con apóstrofe que indica la eficiencia térmica, del lugar considerado. Este se determina entrando directamente con el valor de la ETP anual en mm. Ver Tabla 3.

Thornthwaite utiliza el valor de la ETP como índice de la eficiencia térmica, ya que considera que ETP es función de la temperatura y la duración del día. Los tipos de clima según el índice de eficiencia térmica son:

 Tabla 3. Eficiencia térmica.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Símbolos | Región Térmica | ETP (mm) |
| A' | Megatérmica o cálida | 1140 y mas |
| B'4 | Mesotérmica semi cálida | 997 a 1140 |
| B'3 | Mesotérmica templada cálida | 855 a 997 |
| B'2 | Mesotérmica templada fría | 712 a 855 |
| B'1 | Mesotérmica semi fría | 570 a 712 |
| C'2 | Microtérmica fría moderada | 427 a 570 |
| C'1 | Microtérmica fría acentuada | 285 a 427 |
| D' | Tundra | 142 a 285 |
| E' | Helado o Glacial | Menos de 142 |

**Paso 4. TIPOS DE CLIMA SEGÚN LA CONCENTRACIÓN DE LA EFICIENCIA TÉRMICA EN VERANO**

El índice de la concentración de la eficiencia térmica en verano es el cuarto y ultimo digito de la clasificación de Thornthwaite. Se expresa con una letra minúscula con apostrofe e indica como es el régimen térmico durante el verano en relación al resto del año, o lo que es similar, cual es el nivel de concentración de las temperaturas altas durante esa época del año.

Dicho índice se determina sumando los valores de ETP de los tres meses de verano:

Junio, julio y agosto para el hemisferio norte; enero, febrero y marzo para el hemisferio sur. En el ejemplo suma ETP verano y primavera para el hemisferio norte (de abril a setiembre).

Y relacionándolos luego con la sumatoria de la ETP anual (12 meses)

Eficiencia térmica = (ETP meses de verano / ETP anual) \* 100

Obteniendo el valor en porcentaje se busca entre que límites se encuentra y que letra le corresponde.

Tabla 4. Concentración de la eficiencia térmica en verano.

|  |  |
| --- | --- |
| Tipo de clima | % verano/año |
| a' | Menos de 48 |
| b'4 | 48 a 51.9 |
| b'3 | 51.9 a 56.3 |
| b'2 | 56.3 a 61.6 |
| b'1 | 61.6 a 68.0 |
| c'2 | 68.0 a 76.3 |
| c'1 | 76.3 a 88.0 |
| d' | Mas de 88% |

**Ejemplo**

Determine la clasificación climática, con base en los datos climatológicos siguientes:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| MES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | Total |
| Precipitación efectiva (mm) | 1.72 | 1.27 | 4.85 | 30.47 | 83.28 | 178.42 | 100.98 | 120.76 | 144.15 | 83.60 | 16.67 | 2.00 | 768.17 |
| Evapotranspiración (mm) | 114.75 | 142.80 | 145.35 | 147.90 | 119.85 | 96.90 | 104.55 | 99.40 | 102.00 | 96.90 | 89.25 | 86.70 | 1346.35 |
| Exceso (mm) |  |  |  |  |  | 81.52 |  | 21.36 | 42.15 |  |  |  | 145.03 |
| Deficiencia (mm) | 113.03 | 141.53 | 140.50 | 117.43 | 36.57 |  | 3.57 |  |  | 13.30 | 72.58 | 84.70 | 723.21 |

**Paso 1. Calculo del Régimen de humedad:**

Im = (100 E – 60 D)/ETP

Im = (100\*145.03 – 60\*723.21) / 1346.40

Im = -21.46 (Ver Tabla 1)

**D Semiárido o seco -20 a -40**

**Paso 2. Variación estacional de la humedad**

Como el lugar tiene un clima seco, utilizamos el Índice de Humedad (Ih), para saber como esta distribuida la posible humedad que exista en el lugar y que importancia tiene esta estación húmeda.

**Índice de Humedad**

Ih = (100 E) / ETP

Ih = (100 \* 145.03)/1346.35

Ih = 10.77 (Ver Tabla 2)

**s  Moderado exceso en verano 10 a 20**

**Paso 3. Tipos de clima según el índice de eficiencia térmica.**

Con el valor de ETP anual = 1346.35 mm, diríjase a la Tabla 1.

**A´ Megatérmica o cálida 1140 y mas**

**Paso 4. Tipos de clima según la concentración de la eficiencia térmica en verano**

Eficiencia térmica = (ETP meses de verano / ETP anual ) \* 100

Eficiencia térmica = (669.77 / 1346.35) \* 100

Eficiencia Térmica = 49.74 diríjase a la Tabla 4

**NOTA:** Para este ejercicio se tomo como meses de verano en el hemisferio norte desde abril a setiembre (para el hemisferio sur seria verano desde octubre a marzo). Verifique los resultados y si es correcto tomar seis meses

**b´4  48 a 51.9**

Clasificación del clima:

**DsA´b´4**

Semiárido o seco, con moderado exceso de humedad en verano, megatérmico o cálido, con 49.74% de verano al año.

**REALICE EL SIGUIENTE TRABAJO:**

Determine la clasificación climática de Matucana (Hemisferio Sur) con las siguientes características de clima:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| MES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | Total |
| Precipitación efectiva (mm) | 3.50 | 3.80 | 4.00 | 12.70 | 76.40 | 208.40 | 163.70 | 109.30 | 242.90 | 108.60 | 83.60 | 32.00 |   |
| Evapotranspiración (mm) | 72.00 | 77.00 | 74.00 | 79.00 | 70.00 | 65.00 | 62.00 | 65.00 | 67.00 | 74.00 | 72.00 | 82.00 |   |
| Exceso (mm) |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Deficiencia (mm) |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |