

Módulo II. El Clima y la Agricultura

Los climas y la distribución de los cultivos



Sistemas de Producción Agrícola



**Sistemas
de Producción
Agrícola**

Modalidad a distancia

Elías Jaime Matadamas Ortiz

Objetivos

Ficha descriptiva del módulo II El Clima y la Agricultura



- Estudiar los conceptos de tiempo y clima, sus elementos y factores
- Reconocer la importancia del clima en la agricultura
- Identificar los sistemas de clasificación climática más utilizados
- Aprender a determinar grupos y tipos de clima y la distribución de cultivos

Contenidos temáticos	Presentaciones	Fichas temáticas	Lecturas temáticas
El clima sus elementos y factores	El Clima	El Clima	Factores ecológicos de la Agricultura
	Sistemas de clasificación climática	Sistemas de clasificación climática	
Los climas de México y la distribución de cultivos	Modificaciones al sistema de Köppen para las condiciones de la República Mexicana	Modificaciones al sistema de Köppen para las condiciones de la República Mexicana	
	El clima y las especies agrícolas	El clima y las especies agrícolas	

Mapa mental



SISTEMA DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE KÖPPEN MODIFICADO POR ENRIQUETA GARCÍA PARA LAS CONDICIONES DE LA REPÚBLICA MEXICANA

GRUPO	TIPOS
A	Am Clima Cálido-húmedo con lluvias todo el año. <ul style="list-style-type: none"> • Precipitación del mes más seco mayor de 60 mm. • Diferencia entre las temperaturas del mes más cálido y el mes más frío menor de 3°C. • Porcentaje de precipitación invernal con relación a la anual es mayor de 30%.
	Aw Clima Cálido-subhúmedo con lluvias en verano. <ul style="list-style-type: none"> • El mes más frío de la mitad cálido del año presenta por lo menos 10 veces mayor cantidad de lluvia que el mes más frío del año. • La precipitación del mes más seco es menor o igual a 60 mm. • El porcentaje de lluvia invernal con relación a la anual está entre 5 y 10.2%.
	Am Clima Cálido-húmedo con lluvias abundantes en verano con influencia de Monzón. <ul style="list-style-type: none"> • La precipitación del mes más seco es menor o igual a 60 mm. • Es intersección entre Am y Aw, predominando a los primeros en cuanto a la cantidad de lluvia total anual a los segundos en cuanto a su distribución.



MÓDULO II. FICHA TEMÁTICA No. 1. EL CLIMA

La agricultura es un proceso productivo estrechamente ligado a los fenómenos y eventos que suceden en la parte de la atmósfera que alberga la vida. Los cambios meteorológicos abruptos repercuten directa y dramáticamente en la producción agrícola. Es necesario un conocimiento detallado de las variables climáticas a fin de tomar decisiones sobre la producción y manejo técnico de los sistemas de producción agrícola.

La atmósfera es una capa estratificada compuesta de gases, vapor de agua y partículas sólidas. Los seres vivos habitamos la parte baja de un estrato llamado **troposfera** y parte de lo que conocemos como **biosfera** (que también comprende parte de la **litosfera** y de la **hidrosfera**) y está compuesta, en su mayor parte (78.1%), de **nitrógeno molecular** N_2 , un gas inerte, es decir, que no causa ninguna reacción al respirarlo. Luego, el otro compuesto más abundante en esta parte de la atmósfera es el **oxígeno molecular** (O_2 , 20.9%). También encontramos **Argón**, **CO₂**, **vapor de agua**, polvo y varios otros compuestos en mucha menor concentración.

Esta mezcla de gases que siempre nos rodea es muy cambiante en sus propiedades físicas. Cambia de un momento a otro en un mismo lugar, pero a lo largo de un periodo de tiempo puede presentar ciertos patrones de comportamiento medibles.

Todos los eventos y fenómenos extraordinarios que suceden en la atmósfera son llamados **meteoros**, y la ciencia que los estudia es la **meteorología**. Una lluvia, una granizada, una baja extrema de temperatura o helada, una tormenta, tornado, ciclón, etc., son eventos meteorológicos que tienen una vital importancia en la vida cotidiana de los seres humanos, y no se diga en la agricultura. Estudiar la **frecuencia** de su ocurrencia en el pasado, nos puede dar información valiosa sobre las probabilidades matemáticas sobre su ocurrencia en el futuro, es decir, para pronosticar un futuro escenario y tomar medidas de precaución.

Sin embargo, la atmósfera también está cambiando continuamente, aunque no sucedan meteoros que llamen nuestra atención. Estos cambios que segundo a segundo están produciéndose, siguen ciclos diarios, mensuales o a lo largo de un año. La temperatura del ambiente baja en las noches y alcanza su extremo mínimo a las primeras horas de la mañana y sube, alcanzando su extremo máximo durante las primeras horas de la tarde. Este es un ejemplo de un ciclo diario.

En algunos lugares de la Tierra, las mareas suben cuando se cumple un ciclo lunar de aproximadamente un mes debido a la fuerza de atracción de nuestro satélite sobre el planeta. Y, más notoriamente, los cambios en la atmósfera experimentados por efecto del tránsito de las estaciones del año.

Si observamos y registramos esos cambios en las propiedades físicas de la atmósfera en periodos de tiempo cortos decimos que estamos observando **el tiempo** (meteorológico), pero si llevamos un registro de los valores de esas propiedades a lo largo de un año, estaríamos hablando del **estado promedio de la atmósfera**, o del **clima**.

El tiempo cambia de un momento a otro, el clima lo hace de un lugar a otro.

Las propiedades físicas de la atmósfera que podemos registrar, incluso medir, son llamadas **ELEMENTOS DEL TIEMPO Y DEL CLIMA**, y son:

- **Temperatura**
- **Precipitación**
- **Radiación solar**
- **Humedad**
- **Presión**
- **Dirección y velocidad de los vientos**

Los datos de los valores de los elementos del tiempo y del clima son muy valiosos para los especialistas en **meteorología** y **climatología**. Se han inventado dispositivos para hacer su medición, los cuales se encuentran instalados en sitios específicos llamados **Estaciones meteorológicas**, que a su vez reportan esa información a agencias gubernamentales que la concentran y la publican. En México, el organismo encargado de este trabajo es el **Servicio Meteorológico Nacional** dependiente de la **Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)**.

Los dos elementos más importantes para la **Climatología agrícola** y que generalmente se utilizan para la clasificación climática son: **la temperatura** y **la precipitación pluvial**. Aunque esto no significa que no tengamos la necesidad de datos de otros elementos.

La temperatura es una magnitud o medida de energía relacionada directamente con el movimiento cinético de las moléculas de la materia. Si tocamos un cuerpo u objeto y sentimos que está caliente, significa que las moléculas que componen ese objeto están reaccionando a la energía que recibe. A mayor calor, mayor movimiento. Entonces, la temperatura es el grado de calor que experimenta la materia que a su vez está relacionado con el movimiento cinético de sus moléculas.

Podemos medir la temperatura del agua, de un objeto, de un cuerpo y también de la atmósfera. Dependiendo de la estación del año, la temperatura del ambiente a medio día puede variar; en el verano, los días serán más cálidos que los días de invierno. Pero también

la temperatura de la atmósfera cambia constantemente durante el transcurso de un día. Entre las 6:00 y 7:00 A.M., experimentaremos la temperatura más baja del día (**temperatura mínima**) y entre las 15:00 y 16:30 P.M., registramos la temperatura más alta (**temperatura máxima**). El registro de todas las temperaturas del día, cada 5 o 10 minutos, lo podemos graficar y obtenemos la **gráfica de la marcha diaria de la temperatura**. Existen **Estaciones Meteorológicas Automáticas**, que registran y envían, en tiempo real, toda la información meteorológica a servidores para su difusión y uso en internet.

Si promediamos los valores de las temperaturas mínima y máxima diaria, obtendremos el valor de la **temperatura media diaria**. Al promediar los valores de temperatura media diaria de todos los días de un mes, obtenemos la **temperatura media diaria mensual**, que comúnmente denominamos: **temperatura media mensual**. Y al promediar los valores de la temperatura media mensual de todos los meses del año obtenemos el valor de la **temperatura media anual**.

Para su utilización en estudios de climatología, es necesario contar con datos de temperatura de una serie de al menos **30 años o más**.

En el caso de la precipitación pluvial o **lluvia**, su medición y registro se hace en **milímetros (mm)**, y en ocasiones en centímetros. Se trata del **grosor** una lámina teórica de agua sobre una superficie de **1 m²**. **En todo caso, 1 mm de precipitación equivale a 1 litro de agua en 1 m² de área**.

Los dispositivos para medir el agua de lluvia se llaman **pluviómetros** y son parte indispensable en las estaciones meteorológicas.

No siempre está lloviendo, por lo que cada evento de lluvia se registra y se contabiliza para un día determinado. Si se presentan una o más lluvias en un día (24 horas), sus valores se suman y se registran para el día en referencia.

Tampoco todos los días de un mes llueve, así que se suman los valores de lluvia de los días en los que ocurrió y se obtiene **la precipitación mensual**. Al sumar la precipitación mensual de todos los meses del año, obtenemos el valor de la **precipitación total anual (PTA)**.

Los **factores del tiempo y del clima** tienen una influencia determinante en la manifestación de los elementos, y estos son:

- **Latitud**
- **Altitud**
- **Relieve o Topografía**

- **Circulación General de la atmósfera**
- **Distribución de tierras y aguas (Distancia al mar)**
- **Corrientes marinas**

Para comprender mejor la influencia de los factores del clima sobre la expresión de los elementos es necesario tomar en consideración: **los movimientos de rotación y traslación, la inclinación del eje terrestre y la distancia variable de la Tierra y el Sol.**

También es necesario imaginarnos una Tierra dividida en líneas invisibles. La primera es el **ecuador**, que la divide en dos, parecido a las dos mitades de una naranja. Cada mitad es un hemisferio. A partir del ecuador hacia los polos, se establecen líneas paralelas (llamados **paralelos**), que tienen una medida regular. Si nos situamos exactamente en el centro de la Tierra y trazamos dos líneas, una vertical (Polo) y otra horizontal (ecuador), apreciaremos un ángulo de 90° .

Entonces, la circunferencia terrestre de un hemisferio se puede dividir en 90° . La línea ecuatorial estará a 0° y el centro de Polo estará a 90° .

La **latitud** es la posición con respecto al ecuador. Nuestro país está localizado en el **hemisferio Norte, y entre los paralelos 14° y 32°** . A medida que los países se localizan más alejados del ecuador (más cercanos a los Polos), el valor de la latitud aumentará.

El clima en toda la franja ecuatorial es cálido y húmedo, y es relativamente estable durante el año, es decir, no varía mucho de una estación del año a otra. Pero a medida que las localizaciones son más alejadas del ecuador, las condiciones climáticas serán más cambiantes de acuerdo con las estaciones del año. Percibiremos diferencias cada vez más marcadas entre las estaciones.

La latitud afecta a la inclinación de los rayos solares incidentes, y por lo tanto a la energía que recibe la superficie del planeta. Si los rayos son perpendiculares a la superficie, se concentrarán en un área menor, pero la energía será mayor, que cuando los rayos son más inclinados, tendrán que atravesar una masa mayor de atmósfera y aunque abarcarán un área mayor, la energía recibida será menor.

Por otro lado, la latitud también determina la duración del día con respecto a la de la noche. En el verano, en el hemisferio Norte, a medida que aumenta la latitud de un lugar, la duración del día se vuelve mayor. Contrariamente, en el invierno, a medida que aumenta latitud, las noches son más largas. Lugares con días con 14 horas luz o más, en ciertas estaciones del año, se considera que poseen un **fotoperiodo largo**.

La **altitud** de un sitio es su ubicación de altura con relación al nivel medio del mar, considerando que las playas se encuentran a 0 metros sobre el nivel de mar (**m.s.n.m.**). Los lugares que tienen valores grandes de altitud serán las elevaciones como volcanes o que se encuentran en complejos montañosos.

Para una misma latitud, por cada 100 metros de elevación se considera que hay una disminución de 0.67°C. De esta manera, los climas varían con la altura o altitud de los lugares.

Las regiones agrícolas a baja altitud presentarán climas más cálidos y las que se localizan a más de 1000 m.s.n.m., se percibirán más templados o frescos.

Derivado de la orografía de nuestro país, su perfil altitudinal expresará la presencia de dos cadenas montañosas: **la Sierra Madre Occidental** y **la Sierra Madre Oriental**, y entre ellas una meseta a gran altura, también llamada **altiplano**, nos arrojan una amplia gama de microclimas donde se cultivan una gran diversidad de especies agrícolas.

Y si, por si fuera poco, se suman al paisaje grandes elevaciones volcánicas que desde su base provocan nichos agroclimáticos muy interesantes desde el punto de vista agrícola.



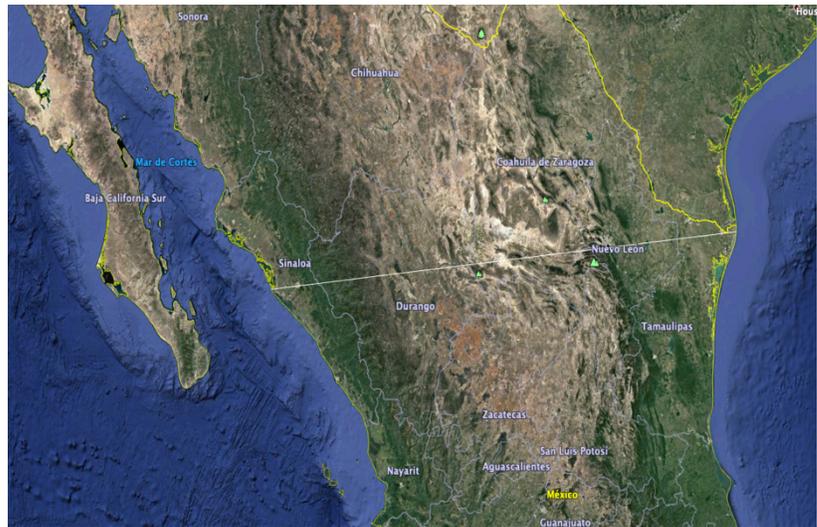
Si trazamos un trayecto desde el Estado de Guerrero hasta las Costas del Golfo de México, pasando por la Ciudad de México, nos encontraremos climas tropicales, subtropicales y templados. Desde las Costas de Guerrero donde se produce limón mexicano, papaya, melón, sandía, café, hasta cañadas a baja altitud donde se producen frutas tropicales. Luego, regiones montañosas para llegar al Valle de

México, donde se producen grandes volúmenes de maíz, frijol, cebada, avena, alfalfa, etc. Pasaremos por lugares de clima templado húmedo como Chignahuapan o Cuetzalan, Puebla, donde observaremos la producción de frutas de clima templado, como manzanas, duraznos, peras, etc. Descenderemos a los planos cálidos de Martínez de la Torre, Veracruz, donde observaremos amplios huertos de naranja, o los lugares de intermontaña de Misantla, Ver.,

donde se producirá café de excelente calidad. Llegaremos al final de nuestro viaje a los humedales de Tecolutla, Veracruz.

Ahora bien, si hacemos otro viaje imaginario al norte de nuestro país con la finalidad de observar el efecto de la altitud y la cercanía al mar sobre los climas, y desde luego en la agricultura, nos percataremos que la altitud es un factor fundamental para la adaptación de las especies vegetales. En esta ocasión nuestro transecto irá a una misma latitud (25°), para descontar su efecto y poder identificar solo el efecto de la altitud y la cercanía a los cuerpos de agua.

Partimos ahora del Estado de Sinaloa y observamos que también existe un marcado perfil de la altura, al igual que en el centro del país. El clima en Culiacán, Sin., se caracteriza por vegetación media y baja caducifolia con abundantes corrientes de agua. Si ascendemos hasta los 1250 m.s.n.m., donde se ubica la ciudad de Torreón, Coahuila, la vegetación ha cambiado a un tipo arbustivo desértico, con poca o nula presencia de árboles. Cuando al fin llegamos a los 2000 metros de altitud, la vegetación se ha vuelto xerófila, predominando las cactáceas y suculentas, propia de los climas secos desérticos o áridos.



La ciudad de Torreón, Coah., se localiza a 478 Km de las costas del Pacífico y a 625 Km del Golfo de México. Saltillo, Coah., se localiza a 385 Km del Golfo de México, y Monterrey, Nuevo León, está a una distancia de 319 Km. Estas tres importantes ciudades presentan climas extremos. La temperatura puede ir en los meses de invierno de valores bajo cero, hasta más de 40°C en la estación seca o en verano. Estas oscilaciones extremas de la temperatura son características de lugares continentales alejados de los grandes cuerpos de agua, como los océanos. Los grandes depósitos de agua ejercen un efecto de estabilidad de los climas en los territorios aledaños y las variaciones de temperatura son más bien leves y amables.

La ciudad de Matamoros, Tamaulipas nos recibe con su clima cálido y húmedo o subhúmedo y con su verde vegetación. En una misma latitud, como producto de la altitud y cercanía o lejanía al mar se puede presentar muchas variaciones climáticas.

Otro fenómeno a destacar es el producido por el sentido de las corrientes de aire ascendentes provenientes del mar y las descendentes en el continente. Esto es más bien característico de la parte oriental de nuestro país, en la vertiente del Golfo de México.

Las corrientes de aire que provienen del Golfo de México cargadas y saturadas de vapor de agua forman grandes masas de nubes que son forzadas a ascender son llamadas **barlovento**, que al llegar a cierta altura alcanzan su temperatura de condensación y decargan una abundante lluvia a alturas entre 600 y 900 metros.

Cuando las corrientes de barlovento alcanzan su máxima altura, ya han perdido su humedad y comienzan a descender. Ahora son consideradas como **sotavento** (o viento descendente). Se trata de aire caliente y seco, que ahora va recogiendo la poca humedad ambiental a su paso, provocando una mayor evaporación de la superficie terrestre y una mayor transpiración por parte de la vegetación.

COMENTARIOS:

MÓDULO II. FICHA TEMÁTICA No.2. SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

Los sistemas de clasificación climática son herramientas muy útiles en muchos ámbitos de la vida humana, siendo en el campo de la agricultura indispensable para tomar decisiones acertadas sobre:

- **Cuando queremos hacer la introducción, con fines de cultivo, de una especie que proviene de otra región del mundo o del mismo país,** pero que representa una buena oportunidad de generar una actividad rentable.
- **Cuando deseamos predecir que problemas deberemos encarar** a la hora de cultivar una especie de nueva introducción.
- **Para hacer la selección de especies y variedades** de las especies agrícolas a cultivar. En una misma especie pueden existir muchas variedades con diferentes requerimientos climáticos.
- **Cuando una zona o región no posee las condiciones climáticas naturales para la producción de cierta especie y variedad,** se dice: **no tiene vocación natural,** es importante conocer nuestro clima para planear las adecuaciones tecnológicas a implementar para garantizar nuestro cultivo.
- **Es de vital importancia conocer nuestras variantes climáticas para determinar y programar la época y las fechas de siembra óptimas.** Aunque parezca banal, pero los cultivos, en cierto clima, deben sembrarse en una época apropiada y en fechas específicas, ya que de otra manera las cosechas pueden verse seriamente comprometidas.
- **Las labores de mantenimiento o labores de cultivo** se realizan de acuerdo con las condiciones climáticas. A nadie se le ocurriría regar cuando está lloviendo abundantemente, o hacer la fertilización cuando no tenemos agua de lluvia o posibilidad de riego.
- **Los mapas de clima nos ayudan a realizar cartografía que definen las zonas óptimas y marginales para un cultivo.** Si una especie se desarrolla en climas que no satisfacen sus requerimientos, produce poco y de mala calidad. Por lo tanto, es necesario conocer bien los requerimientos específicos de la especie y contrastarlos con las

- características climáticas de nuestra zona, de este análisis resultarán cuestiones interesantes para tener éxito en nuestra empresa productiva.
- **Para asegurar nuestras inversiones en el campo es importante conocer las probabilidades de ocurrencia de eventos que pueden causar pérdidas del cultivo.** Si estos eventos son frecuentes en nuestra zona (heladas, granizadas, inundaciones, incendios, ataques de plagas y enfermedades, etc.), las pólizas del seguro agrícola tendrán un alto costo, ya que tal vez nuestra región esta catalogada como de **alta siniestralidad** o que hay muchas probabilidades de que nuestro cultivo sufra pérdidas parciales o totales debido a causas antes citadas.
 - **Para la administración, operación y mantenimiento de los Distritos de riego o de drenaje es importante conocer conceptos derivados de la ciencia de la climatología.**

Los diferentes sistemas de clasificación climática utilizan generalmente datos de **temperatura** y de **precipitación** para generar una serie de categorías como grupo y tipos. Como resultado, tenemos que para caracterizar un clima se hace uso de símbolos literales y signos que denotan sus particularidades. Así tenemos, más que una descripción amplia y detallada de esos grupos, tipos y subtipos, de entrada, solo una línea de literales o **una fórmula climática**.

Para determinar que clima es el que presenta nuestra localidad, zona o región, partimos de una serie de datos. Para la temperatura, se deben obtener una serie histórica de al menos 30 años, de la **temperatura media mensual** y de la **temperatura media anual**. En el cuadro de datos de temperatura y precipitación de Chapingo, Estado de México que se presenta en la diapositiva, cada dato es un promedio de un periodo comprendido de los años de 1951 a 2010.

Estos datos se originan en las estaciones meteorológicas ubicadas en muchos lugares del país. Pero como México es un país muy grande, no todas las localidades tienen su propia estación. En ese caso, **buscamos una localidad cercana a la nuestra** para obtener los datos y así conocer, de manera aproximada, las características de nuestro clima.

Uno de los sistemas de clasificación más utilizados en agronomía y que mejores atributos técnicos posee es el **Sistema de clasificación climática de Thornthwaite (1948)**. Este científico introduce una interrelación entre la temperatura y la precipitación y sus manifestaciones en el sistema **agua-suelo-planta-atmósfera**. Este enfoque resulta muy útil no solo para la clasificación de climas, sino también para estudiar los diferentes aspectos del crecimiento y desarrollo de un cultivo y sus relaciones hídricas con el suelo y la atmósfera.

Thornthwaite toma en consideración a la **Evapotranspiración (ET)**, que es la pérdida de agua en forma de vapor, en el sistema por concepto de la **evaporación** de la superficie del suelo y la **transpiración** que se produce en las superficies foliares de las plantas. La suma de la evaporación y la transpiración nos da un valor de evapotranspiración por unidad de área. Estos dos fenómenos son directamente producidos por la temperatura del ambiente. A mayor temperatura es mayor la evapotranspiración.

Sin embargo, la tasa de evapotranspiración está también determinada por la cantidad de agua en el suelo. La máxima tasa de evapotranspiración se produce cuando tenemos una buena reserva de agua en el suelo y una cobertura de vegetación completa. Cuando el agua se agota en el suelo, aunque exista una alta temperatura ambiental, la tasa de evapotranspiración cae.

La **evapotranspiración potencial (ETP)** es la condición teórica cuando se alcanza la máxima tasa de evapotranspiración en una superficie completamente cubierta de vegetación en crecimiento activo y en todo momento hay una reserva suficiente de agua en el suelo para su uso por las plantas (agua de constitución, para la fotosíntesis y para la transpiración).

Entonces, para empezar a clasificar el clima de nuestra localidad por el sistema de Thornthwaite, es necesario determinar los valores mensuales de la **Evapotranspiración potencial (ETP)** a partir de nuestra serie de datos normales de temperatura y precipitación.

Utilizando las fórmulas que aparecen en la presentación podemos seguir los siguientes pasos para calcular la ETP mensual y anual:

- 1) Calcular el valor del índice de calor para cada mes (i).
- 2) Sumar los valores de i para obtener el valor del índice de calor anual, (I).
- 3) Calcular el coeficiente experimental (a).
- 4) Calcular la evapotranspiración potencial sin ajustar (ETP_{sa}).
- 5) Investigar la latitud exacta de nuestro sitio (en Google Earth).
- 6) Obtener de tablas (en internet), los valores de (N), es decir, los valores de duración máxima del día determinada por la latitud.
- 7) Los valores de duración máxima del día para una latitud dada generalmente vienen en intervalos de 5 grados. Ejemplo, si nuestra localidad se localiza a 23°N, pero las tablas nos brindan datos solo para 20°N y 25°N, entonces es necesario hacer una interpolación haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$y = y_0 + \left(\frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} \right) (x - x_0)$$

Donde: $y=$ es el dato buscado

$Y_0=$ Es el valor de duración a 20°N (X_0)

$Y_1=$ Es el valor de duración a 25°N (X_1)

$X= 23^{\circ}\text{N}$.

- 8) Dividir N entre el número de meses del año: 12.
- 9) Dividir el número de los días que tiene cada mes entre 30.
- 10) Multiplicar: (ETPsa) (N/12) (d/30) para obtener la ETP para cada mes.
- 11) Sumar los valores de la ETP de todos los meses del año para obtener la ETP anual.
- 12) Hacer la gráfica de ETP mensual contra Precipitación mensual.

Una vez que ya calculamos la ETP, lo que sigue es realizar un análisis de **Balance hídrico en el sistema** con el fin de determinar los **déficits** y **excedentes** y la **evapotranspiración real (ETR)**.

Para realizar este balance hídrico se sugiere seguir escrupulosamente las instrucciones presentadas en la diapositiva correspondiente.

Con los valores de **ETP**, **excedentes (EXC)** y **déficits (DEF)**, se procede a determinar cuatro variables indispensables para la determinación del clima bajo el sistema de Thornthwaite:

1. El Índice hídrico (Ih).
2. El Índice de aridez (Ia).
3. El Índice de humedad (IH).
4. El índice de eficiencia térmica del verano.

Son **4** aspectos climáticos fundamentales para determinar el clima de acuerdo con el sistema de clasificación climática de Thornthwaite:

- El Índice de humedad (IH)
- El Índice de eficiencia térmica (ETP).
- Según sea el caso: El índice de aridez (Ia) o el índice hídrico (Ih).
- Índice de la eficiencia térmica del verano (Etv).

Teniendo los valores calculados de estos índices se busca en la tabla de categorías del sistema y se determinan las literales y la fórmula climática.

Para la localidad de Chapingo, México el clima resultante es:

C₁ B'₂ D a'

El cual se describe como un clima: **El más seco del los subhúmedos, mesotérmico, con poco o nulo superávit de humedad y con una eficiencia térmica pequeña del verano.**

Otro sistema de clasificación climática muy utilizado es el de Köppen, el cual nos describe la existencia en el mundo de seis grupos climáticos principales y 14 tipos.

La científica mexicana **Dra. Enriqueta García de Miranda** de la UNAM hizo las modificaciones necesarias para la aplicación del sistema de Köppen a las condiciones de México. Su trabajo está resumido en su estudio titulado: **Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para las condiciones de la República Mexicana.**

COMENTARIOS:

FICHA TEMÁTICA No. 3. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE KÖPPEN MODIFICADO POR ENRIQUETA GARCÍA PARA LAS CONDICIONES DE LA REPÚBLICA MEXICANA



Enriqueta García Amaro de Miranda (1928 – 1999) fue una muy brillante y talentosa científica mexicana. Se graduó de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) como ingeniera topógrafa y también como hidróloga. Fue la primera mujer ingeniera mexicana que sentó las bases de la **Climatología aplicada** en nuestro país y contribuyó al conocimiento de su riqueza natural y climática. Hizo una revisión exhaustiva del sistema de clasificación climática propuesto por Köppen – Geiger y observó que resultaba un tanto rígido y le faltaba cierta precisión en los detalles, debido a la gran diversidad que presenta el territorio nacional. Descubrió que aquí se presenta la mayoría de los climas del mundo, a excepción de los fríos y polares. El nivel de detalle que carecía este sistema de clasificación lo aportó con enorme aplomo y acierto la Dra. Enriqueta García. Para los ingenieros del presente y del futuro es imprescindible hacer una revisión de los aportes de esta destacada mujer y científica mexicana.

Interpretación de la clave para determinar grupos y tipos de clima para México.

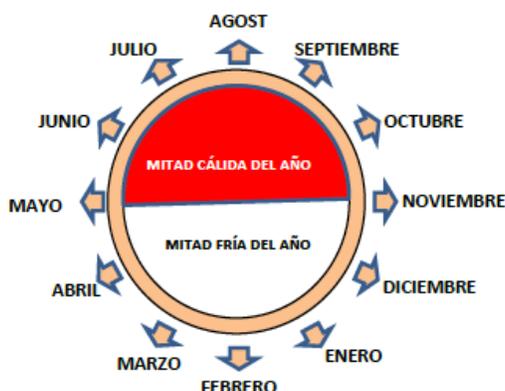
Los climas del grupo A (Climas Cálido-húmedos).

La temperatura del mes más frío de los climas del grupo A es mayor de **18°C** y su precipitación total anual (**PTA**) debe ser igual o mayor de los **1000 mm**. De entrada, estos son los requisitos, si no se cumplieran, entonces este clima no pertenece a este grupo.

El grupo A presenta tres tipos: **Af, Cálido-húmedo con lluvias todo el año, Am, Cálido-húmedo con lluvias concentradas en verano y Cw, Cálido-subhúmedo.**

Af, Cálido-húmedo con lluvias repartidas todo el año. En primer lugar, debemos hacer un examen del comportamiento de las lluvias a lo largo del año. Si observamos que no hay mucha variación en la cantidad de precipitación en los meses de invierno y en los meses de verano, entonces podemos asegurar que se trata de un **régimen de lluvias uniforme**. El dato decisivo es que **el mes que menos llueve (mes más seco) debe registrar una precipitación mayor de 60 mm.**

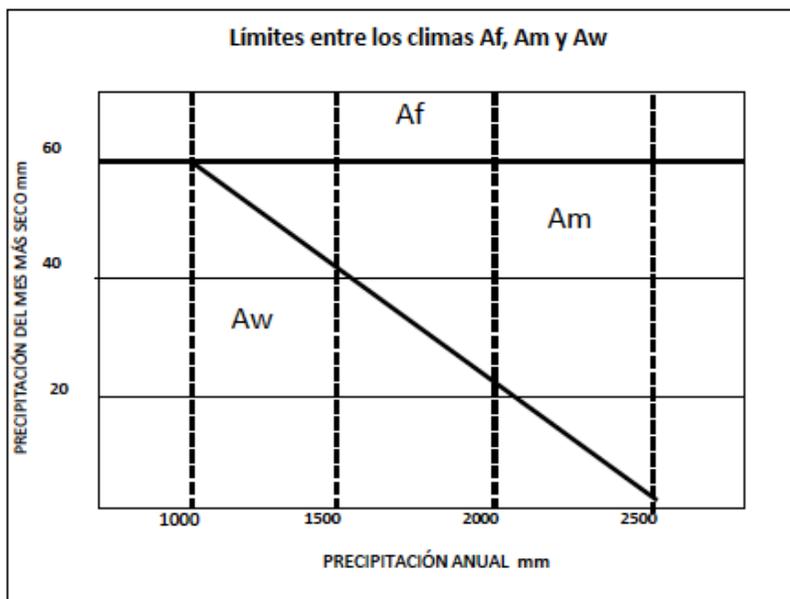
Am, Cálido-húmedo con lluvias concentradas en el verano. El mes en el que llueve más (mes más lluvioso) se encuentra en la mitad cálida del año. Podemos, para fines prácticos hacer una división del año en una parte cálida y otra "fría" (o, menos cálida).



Los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre estaría constituyendo a la **mitad cálida del año**, y los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril, conformarían la **mitad fría del año**. Así, en los climas de este tipo el mes lluvioso se encontraría entre los meses de **mayo a octubre**. La precipitación total anual (PTA) que presenta este tipo puede llegar a ser similar a la que presenta un Af. La precipitación del mes más seco (en el que llueve menos) debe ser menor o igual a 60 mm.

Aw, Cálido sub-húmedo con lluvias en verano. La precipitación total anual es menor que la de los tipos Af y Am, por eso se considera subhúmedo, pero se parece al tipo Am, ya que tiene su época lluviosa en el verano. **La precipitación del mes más seco debe ser menor o igual a 60 mm.**

Para distinguir entre los tipos Am y Aw se debe tomar en consideración una relación entre la precipitación del mes más seco (PMS) y la precipitación total anual (PTA), debido a que estos



dos tipos tienen el mismo umbral de precipitación para el mes mas seco (menor o igual a 60 mm). Cuando se nos presente la anterior duda hacemos uso de una gráfica que visualmente nos ayuda a hacer la diferenciación. Si, por ejemplo, tenemos un clima que en el mes más seco registró una precipitación de 40 mm (cumple con el umbral para ser un tipo Am o Aw, ya que la precipitación de ambos en el mes más seco es menor de 60 mm), nos ubicamos en el eje de las

ordenadas (eje y, o eje vertical) y ubicamos el punto sobre la diagonal. En este punto, veremos que el valor umbral de la PTA, cuyos valores se grafican en el eje de las abscisas (eje x, o eje

horizontal), debería ser mayor de 1500 mm para considerarse un tipo Am, y en caso de ser menor caería en el campo del tipo Aw.

Con el fin de hacer más práctica esta diferenciación, desarrollamos una fórmula que se presenta a continuación:

$$UPMS^+ = -0.04 (PTA) + 100$$

Donde: $UPMS^+$ es el valor umbral de precipitación (mm) del mes más seco que se calcula tomando en consideración la precipitación total anual del un sitio. Sí el valor de la precipitación del mes más seco observada **es mayor que el $UPMS^+$, entonces se trata de un tipo Am, pero si es menor, es un tipo Aw**. Para el ejemplo que hemos planteado anteriormente, supongamos que la PTA observada es de 1770 mm:

$$UPMS^+ = -0.04 (1770) + 100 = 29.2 \text{ mm}$$

Como $40 \text{ mm} > 29.2 \text{ mm}$, luego entonces se trata de un tipo Am.

Los climas del grupo B (Climas secos).

En estos climas la precipitación es mínima comparada con la evaporación, así que no hay reservas de humedad. Para determinar si un clima cae en este grupo lo primero que tenemos que hacer es un análisis de **la distribución anual de la precipitación (DP)**, y debemos identificar **el régimen de humedad (RH)**. Pueden existir tres regímenes de humedad:

- **Régimen de lluvias de verano.** Los meses más lluviosos son, junio, julio, agosto y septiembre.
- **Régimen de lluvias repartidas uniformemente en todo el año.** No hay mucha diferencia entre la lluvia de la mitad cálida del año y la mitad fría.
- **Régimen de lluvias de invierno.** La mayor parte de la precipitación total anual se concentran en los meses de, diciembre, enero, febrero y marzo.

Una vez que determinamos el régimen de humedad, procedemos a calcular el valor del umbral de humedad del grupo climático (**rh**) con el valor de (**t**), que es la temperatura media anual en °C, utilizando la fórmula correspondiente.

Valores de PTA mayores que rh nos indican que este clima NO ES B (SECO). SOLO CUANDO LA PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL ES MENOR DE rh , ENTONCES LO PODEMOS CONSIDERAR COMO DEL GRUPO B.

En el caso de que el primer análisis nos da la pauta para considerar al clima en estudio como del grupo B, hacemos el cálculo del umbral de humedad del tipo climático (re). Para esto, sustituimos en la fórmula correspondiente del régimen de lluvias el valor de (t), que es la temperatura media anual en °C.

Valores de PTA mayores que (re), nos indican que se trata de un tipo Bs (Semiárido o estepario), pero si la PTA es menor que (re) entonces se trata del tipo Bw (Árido o desértico). Es necesario hacer estos cálculos considerando a la PTA en cm. (Sólo para este grupo).

Los climas del grupo C (Templados).

La temperatura del mes más frío es menor a los 18°C. Este grupo tiene cuatro tipos:

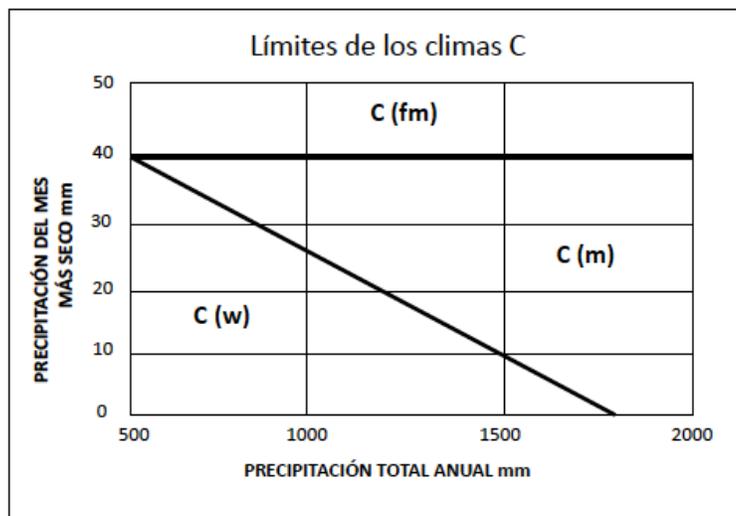
Cf, Templado húmedo con lluvias repartidas uniformemente durante todo el año. Generalmente no se puede reconocer una época de lluvias bien definida. La precipitación del mes más seco debe ser mayor de los 40 mm.

Cm, Templado húmedo con lluvias en verano. La época de lluvias se presenta en los meses de la mitad cálida del año. La precipitación del mes más seco debe ser menor o igual a los 40 mm.

Cw, Templado Sub-húmedo con lluvias en verano. La época de lluvias se presenta en los meses de la mitad cálida del año. La precipitación del mes más seco debe ser menor o igual a los 40 mm. (* En la diapositiva hay un error).

Cs, Clima Templado Sub-húmedo con lluvias en invierno o Mediterráneo. El con mayor precipitación se presenta en un mes de la mitad fría del año, y el porcentaje de lluvia invernal alcanza más del 36%.

Cuando se presenta el caso de definir entre los tipos, Am y Aw que comparten el mismo criterio de precipitación, se hace uso de esta gráfica. Si el mes más seco presenta una precipitación mayor de 40 mm, en la gráfica podemos ver que cae dentro del dominio de los climas Cf. Por otra parte, si en el mes más seco se reporta una precipitación menor o igual a los 40 mm, entonces se toma en consideración a la precipitación total anual (PTA). Para mayor facilidad de cálculo, hemos desarrollado una fórmula que a continuación se presenta:



$$UPMS^+ = -0.03 (PTA) + 55$$

Donde: UPMS⁺ es el umbral de precipitación del mes más seco (mm). Si la precipitación del mes más seco observada es mayor que el UPMS⁺, entonces se trata de un tipo Am. Por el contrario, si la precipitación del mes más seco observada es menor que el UPMS⁺, el tipo de climas es Cw.

Los climas del grupo E (Climas fríos) (* En la diapositiva hay un error).

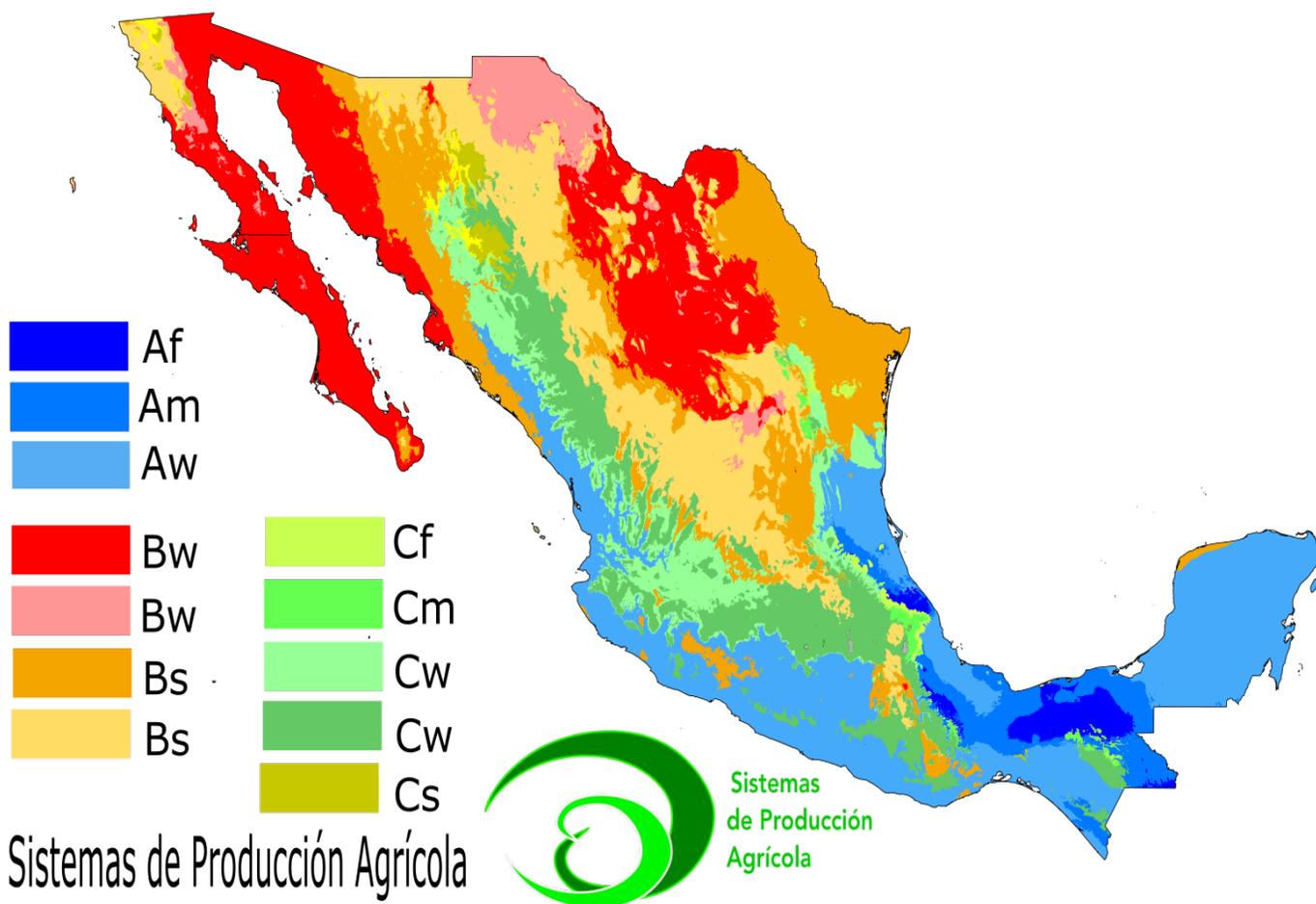
Este grupo de climas se presentan solamente a altas latitudes, y en nuestro país a grandes alturas del orden de los 4, 000 m.s.n.m. No son importantes desde el punto de vista agrícola.

Distribución de los grupos de climas en México

El grupo A y tipos, Af y Am se distribuyen principalmente en el Estado de Tabasco, Norte de Chiapas, Norte y Noreste de Oaxaca y Centro-Sur de Veracruz. La vegetación predominante es la de selva media y alta perennifolia.

El clima Aw, es predominante en casi totalidad del territorio de la Península de Yucatán, la vertiente del Golfo de México y la vertiente del Océano Pacífico. Corriendo por las estribaciones montañosas, desde el Sur de Chiapas, hasta Sinaloa. Adentrándose en las partes a baja altitud de los Estados de Guerrero y Michoacán, también llamas "Tierra Caliente". Y por el Oriente, abarcando la Región de las Huastecas en los Estados de Hidalgo, Veracruz y San Luis Potosí.

Los climas secos abarcan la mayor parte del territorio nacional, y aparecen en la región Mixteca en los Estados de Oaxaca, Puebla y Guerrero, para luego extenderse en Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí, Zacatecas, Durango, Sinaloa, Chihuahua, Coahuila, Sonora y toda la Baja California.



COMENTARIOS:

FICHA TEMÁTICA No. 4. MÓDULO II. LOS CLIMAS Y LOS CULTIVOS

La producción agrícola mundial está ligada a las condiciones climáticas. Existen regiones en el mundo con una **alta vocación climática** para ciertos cultivos y por lo tanto serán las grandes regiones exportadoras de productos agrícolas. Algunos países, como México, tienen una posición geográfica privilegiada por la que, prácticamente, es posible producir todos los cultivos del mundo. Nuestra riqueza climática y en biodiversidad nos permite aprovechar muchos micronichos ecológicos y tener a disposición una enorme variedad de productos agrícolas.

En esta ocasión vamos a intentar relacionar los principales grupos y tipos de clima que presenta nuestro país con algunos cultivos representativos.

Climas Cálido húmedos, Af y Am.

- Vainilla.
- Cacao
- Café
- Árbol del hule
- Chicozapote
- Caña de azúcar
- Arroz
- Plátano
- Pastos para el ganado
- Guanabana
- Maracuyá
- Palma de aceite

Las regiones que poseen estos tipos de clima no necesitan de riego para poder producir y los rendimientos de los cultivos generalmente son altos.

Climas Cálidos Subhúmedos, Aw

- Piña
- Mango
- Naranja
- Jamaica
- Añil
- Cocotero

- Papaya
- Limón mexicano
- Melón
- Sandía
- Ciruela mexicana

En algunas zonas con este clima, los cultivos necesitan de riego para producir comercialmente, por ejemplo, Caña de azúcar. Las frutas tropicales producen muy bien en este tipo de clima, ya que si los establecemos en zonas muy húmedas pueden ser atacadas por varias enfermedades (cítricos).

Climas Templados, Cf, Cm y Cw

- Tejocote
- Capulín
- Manzana
- Durazno
- Nogal pecanero
- Alfalfa
- Avena
- Haba
- Ciruela
- Zorzamora
- Papa
- Zanahoria

En el tipo Cw, que un clima muy extendido es necesario la aplicación de riego.

Climas semidesérticos y desérticos, Bs y Bw

- Maguey espadín
- Nopal tunero
- Palma datilera
- Candelilla
- Guayule
- Pitahaya
- Pitaya
- Jiotilla
- Palma de pita

- Xoconostle
- Cebada
- Guayaba

Cuando los climas no son extremosos; la incorporación al riego de estos territorios los convierte en verdaderos vergeles y graneros. De hecho, la mayor parte de la superficie agrícola de riego de nuestro país tiene climas semidesérticos.



El Valle del Mezquital, que es un valle desértico del Estado de Hidalgo se riega con aguas residuales de la zona conurbada de la Ciudad de México y tiene los más altos rendimientos en el cultivo de maíz, alfalfa y algunas hortalizas. Suelos pobres y muy calcáreos son neutralizados y enriquecidos por la materia orgánica de estas aguas y hacen este lugar muy productivo e importante desde el punto de vista agrícola.



Cultivos como el maíz y el frijol puede adaptarse a una gran diversidad de climas y suelo en nuestro país. Los encontramos en todas las regiones agrícolas de México, por lo que podemos decir que tienen una gran **plasticidad adaptativa**.

Con la tecnología apropiada, es posible producir jitomate, chiles o pepinos en zonas con climas templados, con la ventaja que es posible controlar el ataque de malezas, plagas y enfermedades con mayor eficiencia, obteniéndose muy altos rendimientos y buena calidad. En estos casos, es necesario considerar los aspectos técnicos y económicos que conlleva la utilización de nueva tecnología y adicionales insumos. En cualquier caso, representa una alternativa en cultivos con mucha demanda y rentables.



El municipio de Ezequiel Montes en el Estado de Querétaro posee un clima **Seco, Bs**, pero con posibilidades de riego y desde hace algunos años se ha desarrollado como una zona productora de uvas y vinos de excelente calidad, al igual que los Valles de Calafia y Guadalupe en Baja California, que juntas

ambas zonas representan las rutas tradicionales del vino en nuestro país.

El Valle de Iguala, Guerrero se encuentra en una Cuenca a baja altitud, es una zona productora de okra, que es una hortaliza de exportación y debido a que su centro de domesticación fue África solo prospera en climas muy cálidos y secos. Este clima lo encontramos en este lugar. La totalidad de la producción se envía a los Estados Unidos donde los Afroamericanos son los mayores consumidores.



El cultivo de la guayaba requiere de suelos calcáreos o de tepetate y un clima cálido y seco con temperaturas suaves que no oscilen mucho para producir fruta de buena calidad. Suelos fértiles y ácidos aunados a un clima muy húmedo, aumentarán los problemas fitosanitarios y las guayabas no madurarán adecuadamente con poca vida de anaquel y serán de pésima calidad.

COMENTARIOS:

Factores ecológicos de la Producción Agrícola

Elías Jaime Matadamas Ortiz

1. EL CLIMA.

La atmósfera es una capa gaseosa que envuelve a la Tierra, tanto a los continentes como a los mares. Es precisamente entre la zona de contacto de la atmósfera con las partes sólida y líquida de la Tierra donde se encuentra la mayoría de los seres vivos. El hombre habita sobre la parte sólida de la Tierra y dentro de la parte inferior de la atmósfera, por lo que los cambios que se efectúan en esta envoltura gaseosa lo afectan directamente. Las plantas superiores, por su parte, se desarrollan tanto en la fase sólida (suelo), como en la fase gaseosa (atmósfera). Es esta zona que es denominada BIÓSFERA.

La Agricultura tiene lugar entonces en la biósfera y la dinámica de la atmósfera en general afectará al mundo inanimado mineral como a los entes vivos. Dicho de otra manera, todo lo que suceda en la atmósfera afectará a los procesos de crecimiento y desarrollo de las comunidades y poblaciones de seres vivos. Por otra parte, cada individuo llevará una marca distinguible del efecto del ambiente.

1.1. CONCEPTO DE CLIMA.

El clima es el resultado de la interacción dinámica del conjunto de propiedades físicas de la atmósfera en un periodo de tiempo largo y en una parte de la Tierra. Estas propiedades físicas de la atmósfera son conocidas como los elementos del tiempo y del clima y son: **temperatura, precipitación pluvial y humedad, dirección y fuerza del viento y la presión atmosférica**. Cada uno de estos elementos interaccionan unos con otros de manera permanente, y su expresión puede medirse cuantitativamente y registrarse.

Por lo anterior, podemos agregar que el clima es el estado medio de la atmósfera a lo largo del año en un lugar geográfico determinado, o el estado más frecuente de la atmósfera en ese sitio.

1.1.1. LOS ELEMENTOS DEL TIEMPO Y DEL CLIMA.

En un momento dado podemos detectar la suma total de la manifestación de las propiedades físicas de la atmósfera, y es lo que llamamos "tiempo", desde el punto de vista climático. Por lo que tiempo climático se define como el estado de la atmósfera en un periodo de tiempo corto, o el estado momentáneo de la atmósfera. Se dice por tanto que el tiempo varía de un día al otro, y por su parte el clima varía de un lugar a otro.

1.1.1.1. TEMPERATURA.

Nuestra primera noción de temperatura la tenemos de la sensación de frío o caliente de un cuerpo o materia, que es el resultado del procesamiento mental de nuestro sentido del tacto y del proceso físico de transmisión del calor. Si un objeto tocado se siente frío es que el calor se transmite de la mano al objeto; si se siente caliente, el calor va del objeto a la mano.

El calor es una forma de energía que hace que los cuerpos se dilaten, que los sólidos se fundan y que los líquidos se evaporen. El calor resulta del estado de agitación de las moléculas de las cuales está compuesta la materia. A mayor agitación, mayor es la temperatura de un cuerpo.

La temperatura es por lo tanto la medida de agitación o de velocidad del movimiento cinético de las moléculas que componen la materia.

El calor en el planeta se transmite de un punto a otro de tres maneras diferentes: conducción, convección y radiación. La conducción se efectúa al poner en contacto dos cuerpos con diferente temperatura, de manera que el más caliente se enfría mientras que el más frío se calienta. La convección se efectúa sólo en los fluidos en virtud del movimiento de las porciones del fluido que se desplazan de la parte que está más caliente hacia las partes más frías como resultado de la diferente densidad adquirida por las porciones del mismo en contacto directo con la fuente de calor.

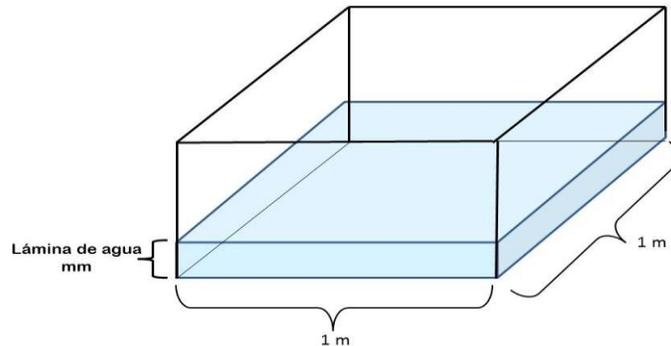
El calentamiento por radiación se efectúa por medio de ondas electromagnéticas. Las radiaciones se distinguen principalmente por su longitud de onda. El calentamiento de la atmósfera se da por las tres formas, pero la fuente de calor original que llega a la Tierra proviene de la radiación electromagnética del sol.

1.1.1.2. PRECIPITACIÓN PLUVIAL Y HUMEDAD ATMÓSFERICA.

La precipitación pluvial, o comúnmente llamada lluvia es una de las manifestaciones del ciclo hidrológico, es decir del ciclo natural del agua. El agua del mar se evapora por efecto de la energía calorífica de la radiación del sol, este vapor es acarreado por los vientos hacia los continentes, al llegar ahí se condensa o sublima y cae en forma de precipitación. Parte de esa agua en su trayecto a la superficie terrestre vuelve a evaporarse y regresa al mar por los vientos que soplan de la tierra al mar; la otra parte llega a la superficie y escurre sobre ella formando las aguas de escurrimiento que llena ríos y lagos para llegar nuevamente al mar, otra parte se infiltra y alimenta los mantos freáticos subterráneos. De esta manera se establece un circuito de agua que va del mar al continente, y del continente al mar, a este circuito cerrado se le llama ciclo hidrológico.

La lluvia que se precipita a una zona geográfica se cuantifica en milímetros (mm) por unidad de superficie. Esta medida se refiere al grosor de una lámina de agua de lluvia en una

superficie teóricamente impermeable y delimitada. El instrumento para detectar y medir la precipitación pluvial se llama pluviómetro.



Así, si en un evento de lluvia se precipitan 10 mm de lámina en 1 m^2 entonces tendremos que por metro cuadrado cayeron 10 litros. No obstante, no toda la precipitación pluvial que se contabiliza en un terreno agrícola se infiltra, todo depende de la capacidad de captación de agua del suelo y de su pendiente.

Todas las plantas necesitan de agua para desarrollarse. En algunos casos los cultivos sólo satisfacen sus requerimientos de agua con la precipitación pluvial; entonces se dice que se trata de una agricultura de temporal. En otros casos, a los cultivos se les proporciona agua de una fuente que puede ser una presa, río, lago o del bombeo del agua subterránea. En tal situación se dice que es una agricultura de riego.

Pero no toda la precipitación se produce en forma líquida; existen varias formas de precipitación, además de la lluvia: nieve, cellisca y escarcha y granizo.

Menos del 2% de la composición de la biósfera es vapor de agua, pero esta pequeña proporción tiene gran importancia en los fenómenos de la atmósfera. Cuanto mayor es la cantidad de vapor de agua en el aire, mayor es la capacidad de la atmósfera para producir precipitaciones y también el vapor de agua absorbe selectivamente ciertas longitudes de onda de la radiación del sol, lo que juega un papel importante en el calentamiento y enfriamiento del ambiente.

La mayor o menor capacidad del aire para contener el vapor de agua depende de su mayor o menor temperatura. Se dice que un determinado volumen de aire está saturado cuando contiene todo el vapor de agua que es capaz de contener.

1.1.1.3. PRESIÓN ATMOSFÉRICA.

La presión atmosférica se define como la fuerza ejercida sobre una unidad de área. La presión se ejerce uniformemente en todas direcciones. Si la fuerza de gravedad de la tierra es

igual a g y la masa total de la atmósfera es M , se tiene que el peso de la atmósfera es $F = M g$; si A es el área de la superficie de la tierra se tiene que la presión es:

$$P = \frac{M \cdot g}{A}$$

La presión atmosférica es debida al peso de la columna de aire de base igual a la unidad de área y de altura igual a la de la atmósfera.

Existe una relación entre temperatura y presión atmosférica. La densidad y por consiguiente, el peso de una columna de aire varían con su temperatura; cuando el aire se calienta se expande y es menos denso, de manera que una columna de aire caliente y poco denso pesa menos que una columna de la misma altura y sección constituida de aire frío y denso.

Como resultado de las diferencias de presión en el seno del aire debidas a cambios de temperatura, se originan movimientos verticales y horizontales dentro de la atmósfera.

1.1.1.4. VIENTOS.

El viento es el movimiento horizontal del aire, es decir paralelamente a la superficie terrestre. El viento se debe a diferencias horizontales y representa el movimiento del aire como respuesta a las desigualdades de presión.

La disminución de la presión atmosférica por unidad de distancia, en la dirección en que la presión disminuye más rápidamente, es el gradiente de presión o pendiente barométrica. El aire se mueve siempre de zonas de mayor a zonas de menor presión. La velocidad del viento depende del gradiente barométrico reinante en una región dada; cuanto más grande sea éste gradiente mayor será la velocidad.

1.1.2. FACTORES DEL CLIMA.

Las causas que hacen variar a los elementos del clima de un lugar a otro y de una estación a otra, son conocidas como factores climáticos, y son: **latitud, altitud, relieve, distribución de tierras y aguas y corrientes marinas.**

1.1.2.1. LATITUD.

La latitud es la distancia angular con relación al ecuador. A mayor latitud los rayos solares llegan más inclinados, y el ecuador siempre llegan en forma directa. La República Mexicana está situada en el extremo de la América del Norte, en el Hemisferio Norte y se extiende desde el paralelo 14° 30' N, hasta 32° 43' N. El Trópico de Cáncer la atraviesa en su parte central de manera que una parte se encuentra dentro de la zona intertropical y la otra en la subtropical.

1.1.2.2. ALTITUD.

La altitud de un punto geográfico es su posición en altura con respecto al nivel del mar. Comúnmente se determina tomando como que el nivel del mar se encuentra a 0 metros.

Las altitudes de la geografía mexicana están relacionadas con el hecho de que la República Mexicana está limitada al Este por el Golfo de México y el mar de las Antillas, al Oeste y Sur por el Océano Pacífico. Estas zonas costeras de baja altitud son interrumpidas por dos cadenas montañosas. La Sierra Madre Oriental donde sus montañas pueden alcanzar altitudes hasta de 2800 m.s.n.m., y sirve como una barrera de los vientos que provienen del Golfo de México. Por otra parte, la Sierra Madre Occidental, que corre por la vertiente del Pacífico, cuya altitud es de 2600 m.s.n.m. La parte central del país, también conocida como la Mesa Central, es una meseta con una altitud promedio de 2200 metros. Este Altiplano se extiende hasta el Estado de San Luis Potosí. Además de Este a Oeste, el país es atravesado por el eje neovolcánico con elevaciones que van desde los 4400 m.s.n.m., (La Malinche, en Puebla) hasta los 5636 m.s.n.m., (Pico de Orizaba, Veracruz).

Los cambios esenciales de clima no son debidos solamente a la latitud sino también a las grandes variaciones en altitud que crean condiciones muy especiales en los cambios y distribución de los elementos climáticos. Por su latitud una gran parte del país se encuentra dentro de la zona intertropical, pero, a pesar de ello, las temperaturas de gran parte de esta región no son tan elevadas como se podrían esperar gracias a la altitud. A mayor altitud, las temperaturas son menos elevadas.

1.1.2.3. RELIEVE.

El país tiene un relieve muy complicado, destacándose como rasgo fisiográfico más importante una enorme meseta, la Altiplanicie Mexicana, que es la continuación hacia el Sur de las mesetas intermontanas del Oeste de los Estados Unidos. Esta meseta está limitada al Oeste por la Sierra Madre Occidental, que se extiende de Noroeste a Sureste desde la frontera Norte del país hasta las intermediciones del paralelo 20°N, y se inclina hacia las llanuras costeras del Golfo de California y del Océano Pacífico. En el extremo Sur de la Altiplanicie se encuentran numerosos volcanes que se extienden de Este a Oeste en una zona comprendida entre los paralelos 19° y 20°N, a cuyo conjunto se le ha designado como Sierra Volcánica Transversal o Eje Volcánico. Al Este termina la Altiplanicie en una serie de montañas y declives montañosos que se inclinan hacia la llanura costera del Golfo de México, esta zona es conocida por algunos autores como Sierra Madre Oriental, la cual continua hacia el Sur hasta el Istmo de Tehuantepec. La Altiplanicie Mexicana está dividida en dos partes, la parte Norte o Mesa del Norte y la parte Sur o Mesa Central, por un conjunto de montañas mal definidas que se extienden de Noroeste a Sureste desde el paralelo 24°N hasta el 20°N llamadas a veces Sierras de Zacatecas o Sierras de Guanajuato.

Entre la Sierra Madre del Sur y el Eje Volcánico se extiende de Este a Oeste una región baja ocupada en su mayor parte por la cuenca del río Balsas; al Este de esta región entre la Sierra Madre del Sur y el extremo de los declives montañosos que se inclinan hacia el Golfo de México se encuentra una zona alta de relieve muy complicado surcada profundamente por numerosos ríos (región de las cuencas de los ríos Verde, Mixteco, Tlapaneco, Papaloapan y Tehuantepec).

La Baja California, situada en la porción Noroeste del país es una península larga y angosta que se extiende de Noroeste a Sureste, está separada del continente por el Golfo de California y la recorre en toda su extensión una serie de sierras, todas orientadas paralelamente al litoral interior de la propia Península.

Al Este del Istmo de Tehuantepec se encuentra la región del Sureste en cuyo extremo Noreste está la Península de Yucatán que es casi plana, ya que sus mayores elevaciones no llegan a 300 metros. Bordeando la costa del Océano Pacífico se encuentra la Sierra Madre de Chiapas, al Norte de ella y con la misma dirección una zona baja de 600 a 900 metros de altitud: la Depresión Central de Chiapas; al Norte la Meseta Central Chiapas que alcanza altitudes de más de 2 000 metros, bordeada en su parte boreal por las montañas del Norte de Chiapas, éstas se inclinan hacia la llanura costera del Golfo de México conocida aquí como Llanura Tabasqueña.



1.1.2.4. DISTRIBUCIÓN DE TIERRAS Y AGUAS

El Golfo de México, el Mar de las Antillas o Mar Caribe, el Océano Pacífico y el Golfo de California ejercen importante influencia en la distribución de las características de los climas; la temperatura de estos mares influye en la de los lugares costeros sobre todo en la Península de Baja California que experimenta en la costa occidental temperaturas más bajas que en los lugares situados en la costa interior, gracias a la corriente fría marina de California, la cual también influye en la estabilidad del aire e impide la precipitación en verano; la corriente marina del Golfo de México influye en las temperaturas del Este del país, y en la Península de Yucatán, que son más altas que las del Oeste. Exceptuando el Mar de Cortés, el efecto más notable de los mares está en la precipitación, en ese aspecto el Golfo de México es una fuente de humedad: los vientos que vienen del mar, al verse obligados a ascender por las laderas montañosas que se inclinan hacia él, producen abundante precipitación y aún queda suficiente humedad que pasa a los valles y montañas interiores, produciendo precipitaciones más o menos abundantes en regiones donde el clima de otro modo sería seco.

1.1.2.5. CORRIENTES MARINAS

Las corrientes marinas son desplazamientos de masas de agua, de anchura y profundidad variables, que se trasladan de una a otra parte del océano, por lo que también se les conoce con el nombre de ríos oceánicos. Su existencia se atribuye a diferencias de temperatura y de salinidad entre las masas de agua, a la rotación del planeta y a los vientos.

La importancia que tienen estas corrientes, radica en el efecto que llegan a causar en el clima de las tierras continentales próximas.

Los climas de México están influenciados por varias corrientes marinas. La corriente del Golfo es una corriente oceánica que desplaza una importante masa de agua cálida procedente de una corriente subsidiaria conocida como Corriente Ecuatorial que se eleva hacia el Golfo de México y se nutre de agua cálida para luego dirigirse al Atlántico Norte. La Corriente del Golfo alcanza una anchura aproximada de 1000 metros en gran parte de su trayectoria. Se desplaza a 1.8 metros por segundo y su caudal es enorme; unos 80 millones de metros cúbicos por segundo.

En el Océano Pacífico, la Corriente de California que se desplaza en dirección Noroeste a Sureste sobre la costa de las Californias aporta aguas frías y provoca lluvias de invierno e impide que llueva en verano, como en el resto del país. En la vertiente del Pacífico, la Corriente de Humbolt, aunque muy alejada de la costa, llega a afectar levemente el clima de la República Mexicana.

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE KÖPPEN MODIFICADA POR ENRIQUETA GARCÍA PARA LAS CONDICIONES DE LA REPÚBLICA MEXICANA

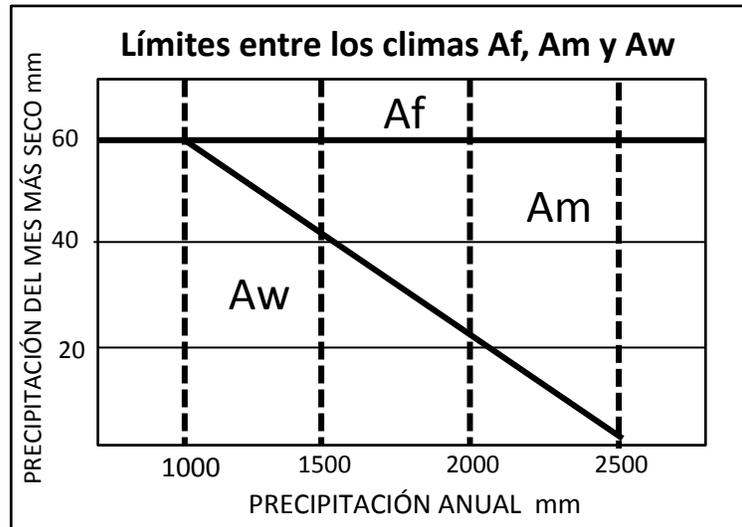
GRUPO A: Climas Cálido-húmedos.- Son climas con una temperatura del mes más frío mayor de 18°C y una temperatura media anual igual o mayor de 22°C.

TIPOS: Af: Climas Cálido-húmedos con lluvias todo el año.- La precipitación del mes más seco es superior a 60 mm. En este tipo de clima la oscilación anual de las temperaturas medias mensuales, es decir la diferencia entre el mes con mayor temperatura y el mes más frío; es en general menor de 5°C. Tanto la precipitación como la temperatura permanecen altas durante todo el año. El porcentaje de precipitación invernal con respecto a la anual es mayor del 18%.

Aw: Climas Cálido subhúmedo con lluvias en verano.- Como en todos los climas A, la temperatura media del mes más frío es superior a 18°C. La denominación de "lluvias en verano" se le adjudica a los que poseen por lo menos 10 veces mayor cantidad de lluvia en el mes más lluvioso de la mitad caliente del año, que en el mes menos lluvioso. La precipitación del mes más seco es igual o menor de 60 mm, y un porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2% con respecto a la precipitación anual.

Am: Climas Cálido-húmedos con lluvias abundantes en verano con influencia de monzón.- Tiene una estación seca corta en la mitad fría del año, pero posee una cantidad total de lluvia suficiente para mantener el suelo húmedo durante todo el año. Es intermedio entre Af y Aw, pareciéndose al primero en cuanto a la cantidad total de lluvia y al segundo en cuanto a su distribución.

El que sea Am o Aw depende de la cantidad total de lluvia al año y de la cantidad de lluvia en el mes más seco. Para encontrar el límite entre ellos se utiliza la siguiente gráfica:



GRUPO B: Son los climas Secos, en los que la evaporación excede a la precipitación, por lo que ésta no es suficiente para alimentar corrientes de agua permanentes. Las fórmulas de Köppen para separar los climas secos B de los húmedos consideran tanto la temperatura media anual como el régimen de lluvias.

Existen dos subgrupos principales de los climas B: los climas **Bw** son áridos o desérticos y los climas **Bs** son los climas semiáridos o esteparios. Las fórmulas para separar a los climas B de los húmedos y a los desérticos de los esteparios se expresan en función de los siguientes términos:

(rh) Es la cantidad total de lluvia mínima, en cm, necesaria para que el clima sea húmedo (con menos de esa cantidad el clima es desértico y con más es húmedo).

(re) Es la cantidad total anual mínima de lluvia, en cm, necesaria para que el clima sea estepario (con menos de esa cantidad el clima es desértico y con más es estepario).

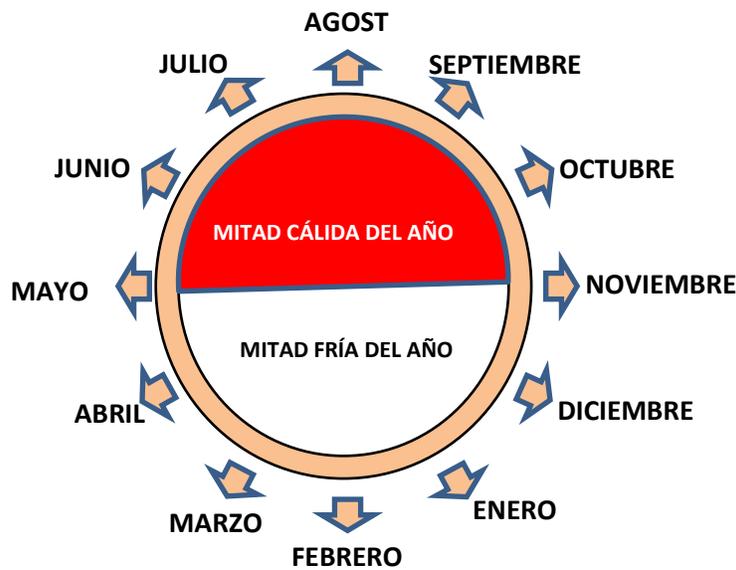
(t) Es la temperatura media anual del sitio cuyo clima se va a determinar.

Además, hay que considerar el régimen de lluvias el cual se divide en tres: lluvias uniformemente repartidas, lluvias en verano y lluvias en invierno.

DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN	LÍMITE ENTRE LOS CLIMAS SECOS B Y LOS HÚMEDOS	LÍMITE ENTRE LOS CLIMAS Bs (semiáridos) Y LOS Bw (áridos)
Régimen de lluvias de verano (la precipitación del mes más lluvioso de la mitad cálida del año es mayor de 10 veces que la del mes más seco)	$rh = 2t + 28$	$re = 2t + 28/2$
Régimen de lluvias uniformemente repartidas (intermedio entre los climas	$rh = 2t + 14$	$re = 2t + 14/2$

con lluvia en verano y los de lluvia en invierno).		
Régimen de lluvias de invierno (la precipitación del mes más lluvioso de la mitad fría del año por lo menos es 3 veces mayor que la del mes más seco del verano).	$rh = 2t$	$re = 2t/2$

Se considera como la mitad cálida del año a la temporada de MAYO a OCTUBRE, y se considera como la mitad fría del año a la temporada de NOVIEMBRE a ABRIL.



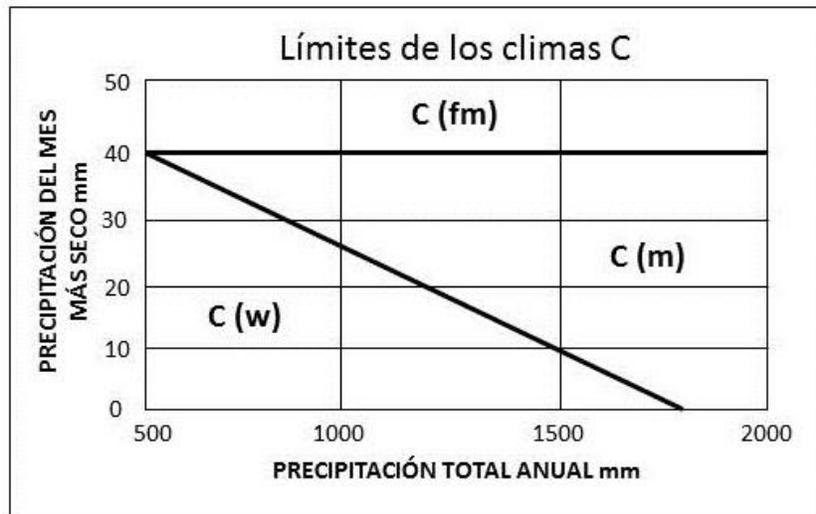
GRUPO C: Climas Templados. La temperatura media del mes más frío es inferior de 18°C pero superior de -3°C . La temperatura media del mes más cálido es mayor de 10°C . Existen en este grupo 3 regímenes pluviométricos diferentes que dan origen a los tres tipos principales de clima que son:

Cf Clima Templado húmedo con lluvias repartidas uniformemente o sin estación seca definida. La precipitación del mes más seco es mayor de 40 mm. En el sistema de Köppen a este tipo se le denomina Cf.

Cm Clima Templado húmedo con lluvias en verano. La cantidad de lluvia en el mes más húmedo de la mitad cálida del año es por lo menos 10 veces superior que la del mes más seco. La precipitación del mes más seco es menor de 40 mm.

Cw Clima Templado subhúmedo con lluvias en verano. La cantidad de precipitación del mes más lluvioso se presenta en la mitad cálida del año, y es por lo menos 10 veces la del mes más seco. La precipitación del mes más seco es menor de 40 mm.

Para diferenciar los tipos Templado húmedo del Templado subhúmedo se recurre a la siguiente gráfica que toma en consideración la precipitación del mes más seco y de la precipitación total.



Cs Clima Mediterráneo o Templado húmedo con lluvias en invierno. La cantidad de lluvia del mes más húmedo se presenta en la mitad fría del año, y es al menos 3 veces mayor a la precipitación del mes más seco. El porcentaje de lluvia invernal con respecto a la anual es mayor de 36%.

GRUPO E: Climas Fríos. La temperatura media del mes más cálido es menor de 6.5°C. Se localizan a alturas mayores de 4000 m.s.n.m., y no son importantes agrícolamente hablando.

LOS CLIMAS PREDOMINANTES EN LA REPÚBLICA MEXICANA

En nuestro país existen todos los tipos de clima descritos en las modificaciones al sistema de Köppen. A continuación haremos una breve descripción de la localización de estos tipos de climas.

Climas Af. Se encuentran al Sur del paralelo 20° de latitud Norte, a lo largo del declive Este de la Sierra Madre Oriental y a lo largo del pie septentrional de las montañas del Norte de Chiapas. Abarcan porciones importantes del territorio de los estados de Veracruz, Norte y Noreste de Oaxaca (Regiones del Papaloapan y de Los Chimalapas), casi todo Tabasco, el Norte de Chiapas y una franja al Sur de este estado en el Soconusco.

Climas Am. Es muy característico de los lugares húmedos situados al Sur del Trópico de Cáncer. Bajo el paralelo 24° se distribuyen irregularmente siguiendo más bien un patrón altitudinal. Se localiza en la llanura tabasqueña, en la base del declive Este de la Sierra Madre Oriental, al Sur del paralelo 22° y en el declive del Pacífico de la porción Sureste de la Sierra Madre de Chiapas.

Climas Aw. En México las regiones con climas Aw se extienden a lo largo de la vertiente del Pacífico desde el paralelo 24° hacia el Sur y abarcan desde el nivel del mar hasta una altitud de 800 a 100 metros. En el Noroeste de nuestro país pueden internarse hasta los 26° hacia la base de la Sierra Madre Occidental. Por el lado del Golfo de México, se les encuentra debajo del paralelo 23° abarcando el Sur de Tamaulipas y el Norte de Veracruz. Una porción importante de este clima se localiza al Suroeste de Veracruz. Casi la totalidad de la Península de Yucatán posee este tipo de clima, a excepción de una región costera del Noroeste. En el interior del país se le encuentra en la Cuenca del Río Balsas y la Depresión Central de Chiapas.

Climas Bw. Se localizan en la parte Norte de la Altiplanicie mexicana a altitudes menores de 1500 metros, así como en la porción de la llanura costera del Pacífico al Norte del paralelo 25°, la mitad occidental del estado de Sonora y en las zonas litorales y al interior de la Península de Baja California, exceptuando el extremo Noroeste en donde el clima que predomina es Bs. En la región Centro-Norte de nuestro país este tipo de clima se presenta en una importante región abarcando el Norte y Oriente de Coahuila, el Noroeste y Suroeste de Chihuahua y el Norte de Zacatecas y San Luis Potosí.

Climas Bs. Se encuentra bordeando a los anteriores en la parte Norte de la Altiplanicie, así como en los declives de la Sierra Madre Occidental que se elevan de la llanura costera del Golfo de California y al Noroeste de la Península de California. Ocupan una región importante del estado de Sinaloa y la mitad Oriental de Sonora. Por debajo del paralelo 30° descienden por el Centro-Norte del país abarcando los estados de Coahuila, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Hidalgo y Tlaxcala. Al noreste abarcan parte de Chihuahua y Nuevo León, así como una franja central de Tamaulipas. En el Sur del país se localizan en una franja entre los estados de Guerrero y Michoacán en las estribaciones de la Sierra Madre del Sur. Entre los estados de Puebla y Oaxaca, en la llamada región Mixteca, y entre Tehuacán y Teotitlán del Camino, estos climas son predominantes. La región de la Sierra Sur o Sierra de Sola de Vega se presenta también este tipo de clima y en el Noroeste de la Península de Yucatán.

Climas C. Templados. Existen en México amplias zonas con climas C que se localizan en las áreas montañosas o mesetas de altitud superior a 800 o 1000 m.s.n.m.

MÓDULO II. GUÍA DE ACTIVIDADES DE INTEGRACIÓN No.1

1. Investigar y obtener una serie de datos de normales de temperatura y precipitación de su lugar de origen, o una localidad cercana que cuente con registros en el Sistema Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) de al menos 30 años.
2. Elaborar una tabla donde se observen los cálculos de la **Evapotranspiración potencial (ETP)**.
3. Con los datos de evapotranspiración potencial (ETP) mensual calculados y la Precipitación (P) elaborar un climograma de Thornthwaite.
4. **Solo para los enamorados de la Agronomía y es un punto OPCIONAL**, hacer el BALANCE HÍDRICO. (Puntos adicionales).

GUÍA DE ACTIVIDADES DE INTEGRACIÓN No. 2. MODULO II.

1. Con la serie histórica de datos de temperatura y precipitación, haz la caracterización climática de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García. Obtener Grupo y Tipo de clima. Argumenta tu caracterización.
2. Investigar los nombres científicos y los centros de origen de las especies de plantas cultivadas que se mencionan en la ficha temática 4.