

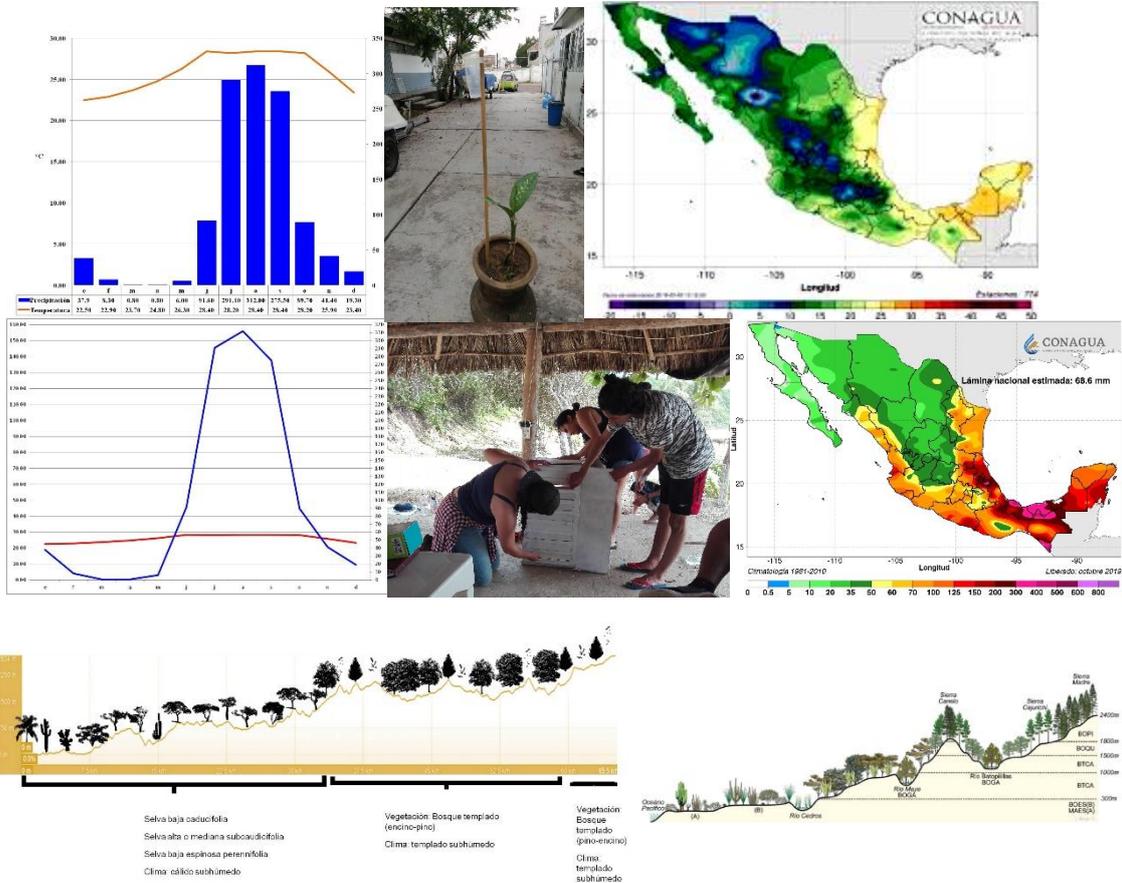


UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO



FACULTAD DE BIOLOGÍA

MANUAL DE PRÁCTICAS DE CLIMATOLOGÍA



**JOSÉ GERARDO ALEJANDRO CEBALLOS CORONA
RUBÉN HERNÁNDEZ MORALES
LAURA ALFONSINA CHANG MARTÍNEZ**

Morelia, Michoacán

julio 2025

CONTENIDO

	Páginas
Práctica 1. LA PRECIPITACIÓN Y EL PLUVIÓMETRO DE CAMPO	1
Práctica 2. CICLOS DIALES DE VARIABLES METEOROLÓGICAS	7
PRÁCTICA 3. LAS ISOTERMAS E ISOYETAS DE LA REPÚBLICA MEXICANA Y MICHOACÁN	18
Práctica 4 LOS CLIMOGRAMAS Y LAS OMBROTÉRMICAS	27
Práctica 5 OBTENCIÓN DE LAS FÓRMULAS CLIMÁTICAS DE DIFERENTES LOCALIDADES EN UN TRANSECTO ALTITUDINAL DEL ESTADO DE MICHOACÁN	45
Práctica 6 LOS PISOS BIOCLIMÁTICOS	57
BIBLIOGRAFÍA	71

PRÁCTICA 1. LA PRECIPITACIÓN Y EL PLUVIÓMETRO DE CAMPO

1. INTRODUCCIÓN

La precipitación, se presenta cuando el agua contenida en las nubes cae por gravedad al ocurrir la coalescencia y/o barrido, es decir, la reunión de gotitas o diminutos cristales de hielo a una gota o cristal más grande, capaz de vencer la resistencia del aire y caer.

El término precipitación se aplica a todas las formas del agua líquidas y sólidas, solo la lluvia y la nieve contribuyen de manera significativa a los totales de precipitación. El término lluvia puede emplearse como sinónimo de precipitación, y en efecto así ocurre, ya que cuando se hace mención de la lluvia en términos de la clasificación climática, ésta se señala como PRECIPITACIÓN.

Para que ocurra la precipitación, es indispensable la presencia de aire húmedo, si el aire es demasiado seco, la precipitación puede desprenderse de una nube, pero nunca llegará a la tierra, este fenómeno es conocido como "VIRGA".

Un pluviómetro es un instrumento con el que los meteorólogos miden la cantidad de lluvia en un lugar y durante un periodo de tiempo determinado. Con esto, se puede determinar cuántos milímetros de lluvia han caído. Una botella de PET se puede reutilizar para construir un pluviómetro casero con el que se logra obtener el volumen de lluvia acumulada durante un tiempo de precipitación en un lugar dado.

2. OBJETIVOS

- Construir un pluviómetro rústico.
- Realizar lecturas de precipitación, durante un ciclo dial para analizar su comportamiento y explicar sus efectos microclimáticos.

3. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

3.1. Materiales y Equipo

- 1 envase de plástico transparente de un litro de capacidad con base lisa (Fig. 1)
- 1 botella de PET de refresco de 3 litros (Fig. 1)
- 1 Probeta de 100 ml
- 1 jeringa de 10 ml
- 1 Cúter y tijeras
- 1 Regla de plástico de 20 cm
- 1 bastón de madera de 120 cm (de escoba o trapeador)
- 1 marcador de tinta permanente (contra el agua)
- Cinta masking tape ancha (2 pulgadas) (Fig 2)



Figura 1. Envases para pluviómetro PET de 3 litros y vaso cilíndrico de un litro.

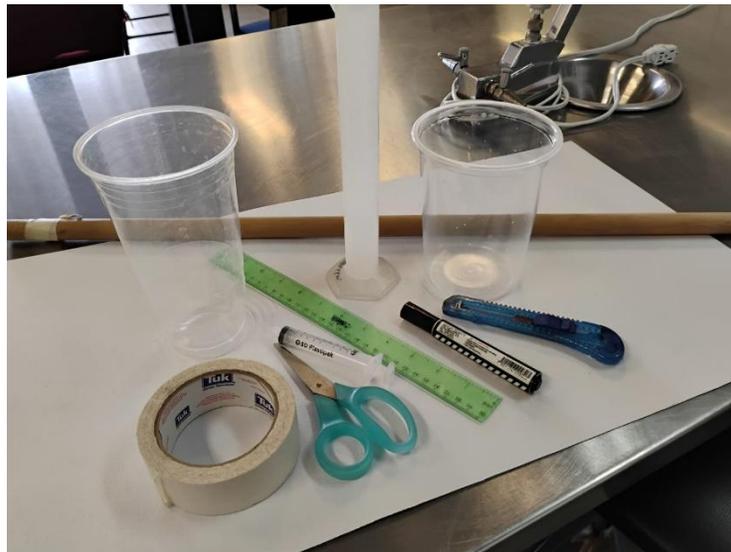


Figura 2. Materiales y equipo para elaborar un pluviómetro rústico

3.2. Construcción del Pluviómetro

a) Utilice un envase de PET para refresco, recortar la parte superior de la botella, haciendo un corte de tal forma que quede la parte superior como un embudo (Fig. 3)



Figura 3. Recorte del embudo y su acomodo en el frasco.

b) Colocar el embudo sobre la boca del frasco de un litro y sellarlo con masking tape, el embudo es necesario para disminuir la evaporación del agua que se vaya acumulando.

c) El pluviómetro deberá de colocarse en un bastón de madera y en un lugar alejado de la vegetación arbustiva o arbórea y construcciones, aproximadamente entre 15 y 20 m a la redonda no debe haber árboles y construcciones, sin embargo, si la idea es saber cuánta lluvia llega al suelo en una zona boscosa, entonces colocar otro pluviómetro en un área con esas características (Fig. 4)



Figura 4. Pluviómetro montado en un bastón de madera.

d) Para que las lecturas se ajusten a los estándares es necesario calibrar el pluviómetro. Primeramente, debemos medir el diámetro de la abertura del pluviómetro para poder obtener la superficie sobre la que cayó la lluvia (Fig. 5)



Figura 5. Diámetro de la boca del pluviómetro de campo.

e) Debemos de tomar en consideración la siguiente información:

- El fundamento para el cálculo de la cantidad de lluvia se basa en el hecho de que se mide en litros por metro cuadrado, es decir, corresponde a los litros que han caído sobre una superficie cuadrada que tiene un metro de lado.
- Por ejemplo, suponiendo que hayan caído 10.0 l/m^2 . Entonces, si estos 10.0 litros de agua se vaciaran a un recipiente con forma de cubo de 1 m de lado, la altura que alcanzaría el agua sería de 10 mm . Por este motivo, la cantidad de lluvia se expresa mm (Fig. 6)

"Decir que la precipitación ha sido de 10.0 l/m^2 , es equivalente a decir que es de 10 mm "

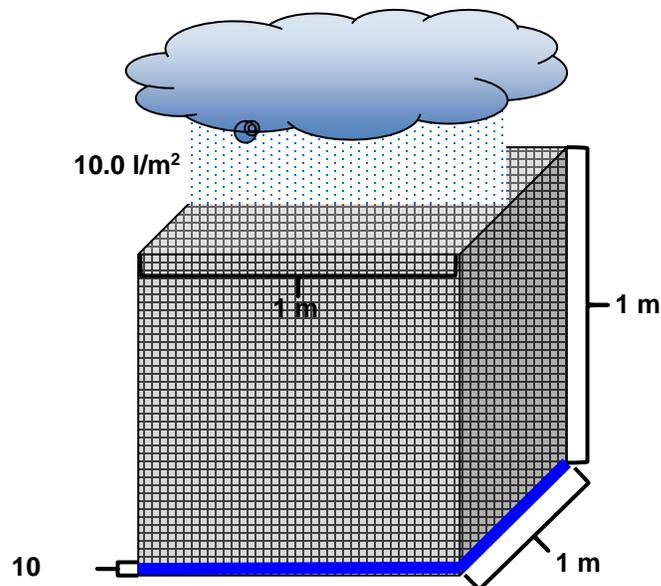


Figura 6. Cantidad de lluvia caída en una superficie de un metro cuadrado.

f) Entonces suponiendo que en el pluviómetro se acumularon 5 ml de agua, nuestra pregunta sería: ¿A cuántos litros por metro cuadrado equivaldrían?

- Primeramente, debemos calcular el área sobre la que cayó la lluvia, para eso medimos el diámetro de la abertura, que para este caso es de 8.5 cm (Fig. 5), este dato lo utilizaremos en la fórmula para determinar el área o superficie de una circunferencia.

Fórmula para el cálculo de una superficie o área circular

$$A = \pi r^2$$

- Sustituyendo los datos:

$$A = 3.1416 \times 4.25^2$$

$$A = 56.74 \text{ cm}^2$$

- Por lo tanto, cayeron 5 ml de agua en una superficie de 56.74 cm², lo cual equivaldría a

$$\text{Precipitación} = \frac{5 \text{ ml}}{56.74 \text{ cm}^2}$$

∴

$$\text{Precipitación} = 0.0881 \text{ ml/cm}^2$$

- Expresándolo en l/m², quedaría de la siguiente manera:

$$0.0881 \text{ ml/cm}^2 = 0.0881 \frac{\text{ml}}{\text{cm}^2} \times \frac{1 \text{ l}}{1000 \text{ ml}} \times \frac{10\,000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} = 0.881 \text{ l/m}^2$$

- Y si tuviéramos 5 ml de lluvia depositada en el pluviómetro, esto equivaldría a 0.881 l/m², en términos meteorológicos serían 0.881 mm. Si precipitara el doble, 10 ml, entonces tendríamos 1.762 mm, si fueran 15 ml se tendría entonces el triple, 2.643 mm y así sucesivamente hasta alcanzar el máximo reportado para el área de estudio.

g) La precipitación se mide una sola vez al día y se aproxima a décimas de milímetro. Una precipitación inferior a 0.1 mm, se registra como inapreciable.

h) El total de precipitación registrado en un día no es indicativo si ésta ocurrió en dos aguaceros o como una fina llovizna de todo el día. Eso sólo puede determinarse si la medida de la precipitación se realiza en aparatos llamados pluviógrafos, de registro continuo.

i) Con estos datos podemos realizar una tabla que nos relacione la lectura del pluviómetro con la cantidad de precipitación en milímetros (mm).

j) Los cálculos para los diferentes índices de precipitación son los siguientes:

Precipitación total mensual, es la suma del total de precipitaciones diarias de un mes.

Precipitación total anual, es la suma de las precipitaciones totales mensuales de un año, y constituye la precipitación total anual de ese año.

Precipitación media de un mes determinado (a dos o más años), se suman todas las precipitaciones totales del mes en cuestión del periodo considerado y se dividen entre el número de años incluidos.

Así obtendremos las precipitaciones medias mensuales del periodo, y la suma de las precipitaciones medias mensuales será la precipitación media anual.

A la precipitación media anual de un periodo se acostumbra a denominarla precipitación total anual de un periodo, para subrayar el hecho de que el dato de precipitación se deriva siempre de sumas o totales, a diferencia del dato de temperatura media, que en todos los casos es siempre un promedio.

PRÁCTICA 2. CICLOS DIALES DE VARIABLES METEOROLÓGICAS

1. INTRODUCCIÓN

El clima es el resultado de numerosos factores que actúan conjuntamente. Los accidentes geográficos, como montañas y mares, influyen decisivamente en sus características.

Para determinar estas características podemos considerar como esenciales un reducido grupo de elementos: la temperatura, la humedad y la presión del aire. Sus combinaciones definen tanto el tiempo meteorológico de un momento concreto como el clima de una zona de la Tierra.

LA RADIACIÓN SOLAR, es una importante variable meteorológica que sirve para conocer la cantidad de “calor” que recibiremos del sol en la superficie terrestre. Esta cantidad está siendo alterada por el cambio climático y la retención de gases de efecto invernadero. Es entonces la energía transferida por el Sol a la Tierra y la conocemos como energía radiante.

- **Calor latente**, es la energía requerida por una cantidad de sustancia para cambiar de fase, de sólido a líquido (calor de fusión) o de líquido a gaseoso (calor de vaporización). Se debe tener en cuenta que esta energía en forma de calor se invierte para el cambio de fase y no para un aumento de la temperatura; por tanto al cambiar de gaseoso a líquido y de líquido a sólido se libera la misma cantidad de energía.
- **Calor sensible**, cantidad de calor que absorbe o libera un cuerpo sin que en el ocurran cambios en su estado físico (cambio de fase). Cuando a un cuerpo se le suministra calor sensible en este aumenta la temperatura.

LA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA, es el indicador de la cantidad de energía calorífica acumulada en el aire. Depende de diversos factores, por ejemplo, la inclinación de los rayos solares. También depende del tipo de sustratos (la roca absorbe energía, el hielo la refleja), la dirección y fuerza del viento, la latitud, la altura sobre el nivel del mar, la proximidad de masas de agua, etc.

Sin embargo, hay que distinguir entre temperatura y sensación térmica. Aunque el termómetro marque la misma temperatura, la sensación que percibimos depende de factores como la humedad del aire y la fuerza del viento. Por ejemplo, se puede estar a 15 °C en manga corta en un lugar soleado y sin viento. Sin embargo, a esta misma temperatura a la sombra o con un viento de 80 km/h, sentimos una sensación de frío intenso.

LA HUMEDAD, indica la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Depende, en parte, de la temperatura, ya que el aire caliente contiene más humedad que el frío. La humedad relativa se expresa en porcentaje (%) de agua en el aire, mientras que la humedad absoluta se refiere a la cantidad de vapor de agua presente en una unidad de volumen de aire y se expresa en gramos por centímetro cúbico (gr/cm^3)

La saturación de humedad es el punto a partir del cual una cantidad de vapor de agua no puede seguir creciendo y mantenerse en estado gaseoso, sino que se convierte en líquido y se precipita.

LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA, no es uniforme ya que hay lugares de presión más elevada que otros. Por regla general se dice que la presión normal, es decir, que no es ni alta ni baja, es de 1.013 mb o 0.7501 mmhg, cuando la presión está por encima de esta cantidad nos indicaría condiciones anticiclónicas, es decir, altas presiones y esto suele ser síntoma de tiempo estable (sol, vientos en calma, nieblas, inversiones térmicas, mar de nubes, etc.)

En cambio, cuando la presión está por debajo nos mostraría condiciones de Borrasca o baja presión que es síntoma de tiempo inestable (posibilidad de lluvias, tormentas, vientos fuertes, etc.). Lo más importante es la velocidad de las variaciones. Si el barómetro cae de forma brusca (varios grados en un solo día o en pocas horas), tendremos fuertes tormentas, chubascos y viento fuerte (marejada en el mar) en un corto periodo de tiempo, en cambio, si lo hace poco a poco tendremos lluvias continuas durante unos días. Si el barómetro permanece varios días sin movimiento es señal de buen tiempo.

Las diferencias de presión atmosférica entre distintos puntos de la superficie terrestre hacen que el aire se desplace de un lugar a otro, originando los vientos. En los mapas del tiempo, los distintos puntos con presiones similares se unen formando las isobaras.

Varias veces por día, a horas fijas, los datos procedentes de cada estación meteorológica, de los barcos y de los satélites llegan a los servicios regionales encargados de centralizarlos, analizarlos y explotarlos, para establecer previsiones sobre el tiempo clave que hará en los próximos días. Como las observaciones se repiten cada 3 horas (según el horario sinóptico mundial) la sucesión de los mapas y diagramas permite apreciar la evolución sinóptica: se ve cómo las perturbaciones se forman o se resuelven, si están subiendo o bajando la presión y la temperatura, si aumenta o disminuye la fuerza del viento o si cambia éste de dirección, si las masas de aire que se dirigen hacia tal región son húmedas o secas, frías o cálidas, etc.

LA CASETA METEOROLÓGICA, también llamada garita meteorológica o abrigo meteorológico, la misma se utiliza para contener instrumentos de medición que pueden ser afectados por la radiación solar directa o el viento prevaleciente. Dentro de esta caseta se ubican los termómetros de máximas y mínimas (psicrómetro), así como aquellos aparatos que grafican como el termógrafo y el hidrógrafo.

Las estaciones meteorológicas no deberán distar entre sí más de 150 km. (Se exceptúan aquellos casos en que la diferencia de elevación entre dos estaciones es de 1 000 m o menos, en cuyo caso no son aplicables los criterios de distancia horizontal mínima)

Las observaciones sinópticas deben ser normalmente representativas de una zona de hasta 100 km de radio, en torno a la estación para definir la mesoescala y las escalas mayores. En las aplicaciones de pequeña escala o locales, la zona puede tener dimensiones de 10 km o menos.

Para la instalación de una estación, deberá tomarse en cuenta la aplicación que se dará a los datos, asimismo dotarla del instrumental indispensable y buscar el sitio que permita su correcta ubicación, para lo cual deben tomarse en cuenta los criterios del reglamento técnico de la Organización Meteorológica Mundial (WMO No. 49) y de la norma mexicana (NMX-AA-166/1-SCFI-2013 y NMX-AA-166/2-SCFI-2015)

2. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

2.1. Objetivo

- Realizar lecturas de variables meteorológicas, para analizar su comportamiento y explicar sus efectos microclimáticos locales.

2.2. Materiales y Equipo

- | | |
|---|---|
| - 2 termómetros (de preferencia de mercurio, con intervalo de -30 °C a + 60 °C y precisión de ± 0.1 °C) | - 1 tabla para humedad relativa |
| - 2 soportes universal con 2 juegos de pinzas dobles | - 1 tabla de la escala de Beaufort para estado del tiempo |
| - Termómetros edáficos | - 1 tabla de tipos de nubes |
| - 1 ventilador manual de pilas | - 1 tabla para registro de datos |
| - 1 frasquito para agua | - 3 pilas de 9v |
| - 1 estación meteorológica digital portátil | - 1 bloc de hojas de papel milimétrico |
| - 1 Radiómetro solar o luxómetro digital | - 1 lápiz N° 2 (MIRADO) |
| - 1 anemómetro digital | - 1 caja de lápices de colores |
| - 1 GPS | - 1 lámpara de pilas |
| - 1 altímetro | - 1 gaza de algodón |
| - 1 brújula | - 4 ligas pequeñas |
| - 1 tubo de PVC de 20 cm de longitud y 10 cm de diámetro | - 1 celular con cámara |
| | - 1 regla de 30 cm |
| | - 1 palita de jardinero |
| | - 1 litro de agua destilada o purificada |

2.3. Desarrollo de la Práctica

Elaborar un psicrómetro para medir la humedad relativa utilizando el soporte universal, las pinzas, los termómetros de mercurio, el ventilador de pilas, el recipiente con agua, las ligas pequeñas y la gaza, ambos termómetros deben quedar al mismo nivel (Fig. 7)



Figura 7. Psicrómetro rústico.

Todos los instrumentos deberán de colocarse en una caseta o abrigo meteorológico de acuerdo con la norma mexicana (NMX-AA-166/2-SCFI-2015). Las variables meteorológicas para determinar durante un ciclo dial son: radiación solar, temperatura del aire y del suelo, presión atmosférica, humedad relativa, nubosidad y tipos de nubes, velocidad y dirección del viento.

Organizarse en equipos para la lectura de datos continuos cada 15 minutos durante un ciclo de 24 horas.

a) Monte la caseta meteorológica tomando en cuenta las instrucciones de la norma mexicana para el caso ((NMX-AA-166/2-SCFI-2015), y coloque los instrumentos dentro de la misma.

b) Usando la pala de jardinero y una regla, excave un pozo de 10 cm de diámetro y 20 cm de fondo o hasta encontrar sustrato húmedo y coloque el tubo de PVC.

c) Mediante el GPS determine las coordenadas y altitud del sitio a trabajar, la altitud también se puede obtener con el altímetro.

d) Con el anemómetro (Fig. 8) y la brújula mida la velocidad y dirección del viento, anote también la temperatura y compare los datos anteriores con la tabla de la escala de Beaufort para estado del tiempo (Cuadro 1).



Figura 8. Anemómetro digital con veleta.

Cuadro 1. Escala de Beaufort para el estado del tiempo.

Número de Beaufort	Velocidad del viento (km/h)	Nudos (millas náuticas/h)	Denominación	Aspecto del mar	Efectos en tierra
0	0 a 1	< 1	Calma	Despejado	Calma, el humo asciende verticalmente
1	2 a 5	1 a 3	Ventolina	Pequeñas olas, pero sin espuma	El humo indica la dirección del viento
2	6 a 11	4 a 6	Flojito (Brisa muy débil)	Crestas de apariencia vítrea, sin romper	Se caen las hojas de los árboles, empiezan a moverse los molinos de los campos
3	12 a 19	7 a 10	Flojo (Brisa Ligera)	Pequeñas olas, crestas rompientes.	Se agitan las hojas, ondulan las banderas
4	20 a 28	11 a 16	Bonancible (Brisa moderada)	Borreguillos numerosos, olas cada vez más largas	Se levanta polvo y papeles, se agitan las copas de los árboles
5	29 a 38	17 a 21	Fresquito (Brisa fresca)	Olas medianas y alargadas, borreguillos muy abundantes	Pequeños movimientos de los árboles, superficie de los lagos ondulada
6	39 a 49	22 a 27	Fresco (Brisa fuerte)	Comienzan a formarse olas grandes, crestas rompientes, espuma	Se mueven las ramas de los árboles, dificultad para mantener abierto el paraguas
7	50 a 61	28 a 33	Frescachón (Viento fuerte)	Mar gruesa, con espuma arrastrada en dirección del viento	Se mueven los árboles grandes, dificultad para caminar contra el viento
8	62 a 74	34 a 40	Temporal (Viento duro)	Grandes olas rompientes, franjas de espuma	Se quiebran las copas de los árboles, circulación de personas muy difícil, los vehículos se mueven por sí mismos.
9	75 a 88	41 a 47	Temporal fuerte (Muy duro)	Olas muy grandes, rompientes. Visibilidad mermada	Daños en árboles, imposible caminar con normalidad. Se empiezan a dañar las construcciones. Arrastre de vehículos.
10	89 a 102	48 a 55	Temporal duro (Temporal)	Olas muy gruesas con crestas empenachadas. Superficie del mar blanca.	Árboles arrancados, daños en la estructura de las construcciones. Daños mayores en objetos a la intemperie.
11	103 a 117	56 a 63	Temporal muy duro (Borrasca)	Olas excepcionalmente grandes, mar completamente blanca, visibilidad muy reducida	Destrucción en todas partes, lluvias muy intensas, inundaciones muy altas. Voladura de personas y de otros muchos objetos.
12	+ 118	+64	Temporal huracanado (Huracán)	Olas excepcionalmente grandes, mar blanca, visibilidad nula	Voladura de vehículos, árboles, casas, techos y personas. Puede generar un huracán o tifón

e) Determine la cobertura de nubosidad en porcentaje y mediante la tabla de tipo de nubes (Cuadro 2), establezca las nubes dominantes (también establezca la nubosidad si esta es visible por la noche).

Cuadro 2. Tipos de nubes por su altura

NUBES ALTAS (Ch)

			
Ch = 1 FILAMENTOS DE CIRRUS, AISLADOS, CUYA CANTIDAD NO AUMENTA		Ch = 2 CIRRUS DENSOS EN BANCOS O EN FORMA DE GANCHOS, CUYA CANTIDAD GENERALMENTE NO AUMENTA.	
			
Ch = 3 CIRRUS PROVENIENTES DE LA PARTE SUPERIOR DE UN CUMULONIMBUS	Ch = 4 CIRRUS, A MENUDO EN FORMA DE GANCHO, EXTENDIENDOSE GRADUALMENTE SOBRE EL CIELO	Ch = 5 CIRRUS Y CIRROSTRATUS (A MENUDO EN BANDAS CONVERGENTES HACIA EL HORIZONTE)	Ch = 6 CIRRUS Y CIRROSTRATUS (A MENUDO EN BANDAS CONVERGENTES A MAS DE 45° SOBRE EL HORIZONTE)
			
Ch = 7 CIRROSTRATUS CUBRIENDO TODO EL CIELO	Ch = 8 CIRROSTRATUS QUE NO AUMENTAN Y NO CUBREN TODO EL CIELO	Ch = 9 CIRROCUMULUS PREDOMINANTES, CON O SIN ALGUNOS CIRRUS O CIRROSTRATUS	Ch = 9 CIRROCUMULUS PREDOMINANTES, CON O SIN ALGUNOS CIRRUS O CIRROSTRATUS

NUBES MEDIAS (Cm)

			
Cm = 1 ALTOSTRATUS DELGADOS	Cm = 2 ALTOSTRATUS ESPESOS (SOL Y LUNA INVISIBLES)	Cm = 3 ALTOCUMULUS DELGADOS A UN MISMO NIVEL	Cm = 4 ALTOCUMULOS DELGADOS EN BANCOS AISLADOS EN VARIOS NIVELES EN FORMA DE ALMENDRAS
			
Cm = 4 ALTOCUMULOS DELGADOS EN BANCOS AISLADOS EN VARIOS NIVELES EN FORMA DE ALMENDRAS	CM = 5 ALTOCUMULUS DELGADOS GENERALMENTE ESPESANDOSE	CM = 6 ALTOCUMULUS FORMADOS POR LA EXTENCION DE CUMULUS	CM = 7 ALTOSTRATUS Y ALTOCUMULUS EN SIMULTANEO EN UN MISMO NIVEL
			
Cm = 7 ALTOSTRATUS Y ALTOCUMULUS EN SIMULTANEO	Cm = 8 ALTOCUMULUS CON TORRECILLAS EN FORMA DE MECHONES	Cm = 8 ALTOCUMULUS CON TORRECILLAS EN FORMA DE MECHONES	Cm = 9 ALTOCUMULUS A VARIOS NIVELES

Cuadro 2. Tipos de nubes por su altura (continuación)



f) Utilizando el radiómetro o el luxómetro, mida la radiación solar durante las horas luz.

g) Con el termómetro edáfico determine la temperatura del suelo en el pozo cavado durante el ciclo de 24 h.

h) Para el caso de la humedad relativa (HR) se utilizarán los siguientes aparatos:

- Psicrómetro rústico (Fig. 7), al termómetro de bulbo húmedo colocarle una gaza de algodón sujeta con una liga y humedecerla con agua destilada o purificada, enseguida encender el ventilador colocándolo frente a ambos termómetros (bulbo seco y bulbo húmedo), durante dos a tres minutos para que se sature la gaza, tomar los datos de ambos termómetros y determinar la humedad relativa mediante el cuadro psicrométrico (Cuadro 3)

i) Finalmente utilizando la estación meteorológica digital (Fig. 10), determine las siguientes variables:

- Dirección y velocidad del viento (convertir la velocidad de km/h a m/s)
- Temperatura del aire (convertir de °F a °C)
- Humedad relativa (HR) externa.
- Presión atmosférica (convierta las unidades inHg a mmhg)
- Precipitación y lluvia acumulada (convertir de in/h a mm)



Figura 10. Estación meteorológica digital.

Los datos obtenidos deberán de registrarse en un cuadro para variables ambientales (Cuadro 4). El registro de datos será supervisado por un encargado, y en el momento que se registren errores se tendrá que reiniciar el ciclo dial, se hacen las copias necesarias para un ciclo dial.

En una hoja de papel milimétrico graficar las variables de temperatura del aire y suelo, presión atmosférica y radiación solar, utilizar dos ejes "Y".

En otra hoja de papel milimétrico registrar la cobertura de nubosidad, humedad relativa, temperatura del aire y suelo y los posibles datos de lluvia acumulada, también utilizar dos ejes "Y".

En otra hoja de papel milimétrico deberás de registrar los datos del anemómetro, considerando la velocidad del viento en m/s y la variación en la presión atmosférica en mmHg.

Deberá de realizarse una interpretación escrita de los resultados obtenidos, para ello es necesario que se reúnan en equipo y discutan las posibles conclusiones.

PRÁCTICA 3. LAS ISOTERMAS E ISOYETAS DE LA REPÚBLICA MEXICANA Y MICHOACÁN

1. INTRODUCCIÓN

Las isolíneas son curvas de nivel que unen puntos con valores de variables meteorológicas iguales sobre una superficie y pueden ser rectas o curvas, para trazarlas deben obtenerse datos de mediciones específicas en las casetas meteorológicas o de estaciones automatizadas, sin embargo, esos datos no serían suficientes para poder delinearlas, por lo cual se utilizan las interpolaciones, actividad que se lleva a cabo para determinar valores no conocidos, considerando datos de valores conocidos, es decir, de registros obtenidos en casetas meteorológicas cercanas.

Contar con un mapa de isolíneas nos permite inferir propiedades de la distribución de la variable meteorológica utilizada, nos puede dar idea de la presencia o no de gradientes altitudinales con respecto a la misma variable, y con ello poder establecer posibles pisos bioclimáticos donde se interrelacionan más de una variable meteorológica como la temperatura y la precipitación.

Cuando la variable a utilizar es la temperatura, entonces las isolíneas reciben el nombre de isotermas, que serían líneas curvas que unen puntos de igual temperatura, si dichas líneas unen puntos de igual precipitación, entonces reciben el nombre de isoyetas.

Si queremos utilizar datos de temperatura y precipitación para estudios climáticos, se requiere calcular las medias mensuales y anuales, o sea los promedios de 30 o más años de registros. Una vez obtenidas estas variables las podemos vaciar a un mapa y a partir de esos puntos generar las líneas suaves que unan los puntos ya sea de igual temperatura o de igual precipitación, es decir, las isotermas o las isoyetas.

Para las isotermas se utilizan los datos de temperaturas medias anuales, es común utilizar el criterio de que a mayor altura menor temperatura y viceversa, por lo cual debemos sobreponer la información en una imagen de satélite que muestre el relieve o en una carta topográfica, ya que su trazado resulta aproximadamente paralelo a las curvas de nivel, lo que da como resultado líneas suaves más o menos paralelas entre sí que no se cortan o cruzan y cuya distancia entre sí generalmente tienen una variación cada 2.0 °C, lo que equivale a mencionar que hay una isoterma cada 300 o 400 m de altitud. Es importante considerar que los gradientes térmicos están influenciados por diversos fenómenos como las capas de aire frío, preservación de más o menos la misma temperatura durante varios cientos de metros, calentamiento desigual de laderas norte o sur, entre otros.

En el caso de las isoyetas, su precisión depende, en cierta manera, de la densidad de estaciones meteorológicas que reportan datos. Los datos que se utilizan para trazar las isoyetas corresponden a la precipitación total anual que se reportan en las estaciones meteorológicas, entre una y otra isoyeta existen todos los valores intermedios que podamos obtener mediante interpolaciones. Para la delineación de las isoyetas no

debemos olvidar los factores que ocasionan las lluvias, el tipo de lluvias y el paso del trópico de Cáncer por nuestro país.

Para el trazo de las isoyetas también se debe considerar la utilización de imágenes de satélite que muestren el relieve o cartas topográficas, en embargo, a diferencia de las isotermas, las isoyetas no siguen el mismo criterio con la altitud, pero el factor orográfico si juega un papel importante en su distribución, es el caso del efecto Foehn (Föhn) o lluvias orográficas que se presentan en las cordilleras de nuestro país Sierra Madre Occidental, Sierra Madre del Sur, Eje Neovolcánico y Sierra Madre Oriental.

Otras condicionantes en la distribución de las lluvias en la República Mexicana son las lluvias convectivas, las lluvias frontales o “nortes”, así como las lluvias ciclónicas y el monzón mexicano que suele ser lluvias torrenciales y de corta duración que afectan la zona noroeste de México provocando una variación drástica en condiciones normales de lluvia y temperatura, hacia el noroeste atenúa la sequía, mientras que en el noreste la produce al absorber la humedad del golfo de México.

2. OBJETIVO

Generar mapas de isotermas e isoyetas considerando el gradiente altitudinal y analizar la influencia de la altitud en la temperatura y precipitación.

3. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

3.1. Materiales y Equipo

- 2 hojas de papel bond cuadrulado (rotafolio) 70 x 95 cm.
- Cinta masking tape.
- Reglas de plástico de 30 cm.
- Pantógrafo.
- Calculadora.
- Lápices y/o marcadores de colores.
- Mapa del estado de Michoacán con coordenadas y curvas de nivel.
- Datos de temperatura y precipitación de estaciones meteorológicas del estado de Michoacán.

3.2. Elaboración del mapa de Isotermas

a) Mediante el pantógrafo elaborar un mapa del estado de Michoacán a la mayor escala posible en una hoja de papel bond cuadrulado (rotafolio) 70 x 95 cm, dibujar también las principales curvas de nivel, isohipsas, y colocar las coordenadas extremas que aparezcan en la imagen utilizada.

b) Utilizando los datos de temperatura media anual de las estaciones meteorológicas para el estado de Michoacán, marcar mediante las coordenadas cada estación con un punto y el dato de temperatura media anual redondeado.

c) Considerando los valores de los puntos marcados, obtener las temperaturas medias anuales interpoladas. mediante el método de interpolación lineal, recordar que las isotermas no se deben entrecruzar ya que cada una de ellas representa un dato específico y por lo tanto no pueden existir dos datos distintos en la misma isoterma.

d) También para el trazado de las isotermas se deben considerar las curvas de nivel, isohipsas, ya que son importantes en la distribución altitudinal de las mismas o en la posibilidad de un gradiente térmico.

e) Una vez ubicados todos los puntos de temperatura media anual, se procederá a unir los de igual valor mediante líneas suaves. La mayoría de las isotermas se llegan a cerrar, aunque no siempre ocurre esto, ya que algunas de ellas pueden prolongarse a los estados vecinos.

f) Tomar en cuenta que la proximidad o alejamiento de las isotermas nos está indicando la variación entre las mismas con relación a su distancia, entre más cerca estén la variación de temperatura es muy rápida y viceversa, por lo tanto, podemos considerar la formación de gradientes térmicos.

AHORA DIBUJA LAS ISOTERMAS PARA EL VERANO Y LAS DEL INVIERNO

3.3. Elaboración del mapa de Isoyetas

a) Mediante el pantógrafo elaborar un mapa del estado de Michoacán a la mayor escala posible en una hoja de papel bond cuadriculado (rotafolio) 70 x 95 cm, dibujar también las principales curvas de nivel, isohipsas, y colocar las coordenadas extremas que aparezcan en la imagen utilizada.

b) Utilizando los datos de precipitación anual de las estaciones meteorológicas para el estado de Michoacán, marcar mediante las coordenadas cada estación con un punto y el dato de precipitación anual redondeado.

c) Considerando los valores de los puntos marcados, obtener las precipitaciones anuales interpoladas. mediante el método de interpolación lineal, recordar que las isoyetas no se deben entrecruzar ya que cada una de ellas representa un dato específico y por lo tanto no pueden existir dos datos distintos en la misma isoyeta.

d) También para el trazado de las isoyetas se deben considerar las curvas de nivel, isohipsas, ya que son importantes en la distribución altitudinal de las mismas o en la posibilidad de un gradiente de precipitación y la sombra pluviométrica.

e) Una vez ubicados todos los puntos de precipitación anual, se procederá a unir los de igual valor mediante líneas suaves. La mayoría de las isoyetas se llegan a cerrar, aunque no siempre ocurre esto, ya que algunas de ellas pueden prolongarse a los estados vecinos.

PRÁCTICA 4. LOS CLIMOGRAMAS Y LAS OMBROTÉRMICAS

1. INTRODUCCIÓN

Los climogramas son gráficos en los que se representan las precipitaciones y temperaturas medias mensuales, de preferencia con datos mayores a 30 años de registros de las estaciones meteorológicas.

La información que podemos obtener de manera rápida y confiable a partir del análisis de un climograma, está relacionada con las precipitaciones totales, distribución de las precipitaciones a lo largo del año, indicando el mes de máximas y el de mínimas precipitaciones, y si hay o no máximos o mínimos secundarios y cuándo se dan, así como la posible sequía intraestival y con respecto a las temperaturas, temperatura media, oscilación térmica anual, distribución de las temperaturas a lo largo del año, indicando el mes más cálido (posible canícula), el más frío, y si hay máximos y mínimos secundarios.

Teniendo en cuenta todo esto se puede reconocer el clima al que pertenece el climograma, ya que cada clima tiene unas características propias con relación a la temperatura y la precipitación (=lluvia)

Para la elaboración de los climogramas se utiliza un sistema de coordenadas con dos ejes "Y", el eje "Y₁", correspondiente al lado izquierdo del gráfico, se utiliza para las temperaturas medias anuales, mientras que el "Y₂", ubicado a la derecha del gráfico, se usa para las precipitaciones medias mensuales, y en el eje "X" se ubican los meses del año escritos sólo con la inicial del mes y en minúsculas.

Por acuerdos internacionales, la precipitación se representa en barras (histogramas) de color azul y la temperatura mediante una línea de color rojo o naranja (Fig. 11)

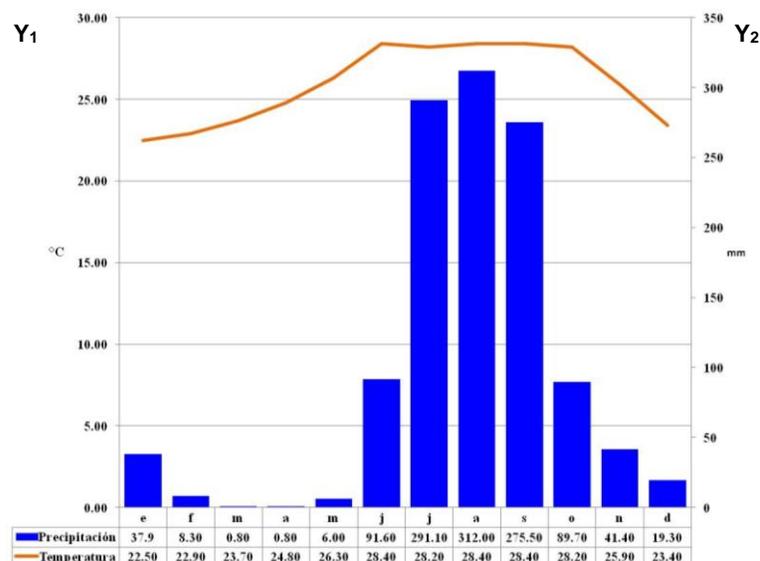


Figura 11. Climograma de Mexcaltitlán, Nayarit.

Para la elaboración de los diagramas ombrotérmicos o umbrotérmicos, de "*Umbros*" lluvia y "*Termos*" temperatura. También se utiliza un sistema de coordenadas con dos ejes "Y", el eje "Y₁", correspondiente al lado izquierdo del gráfico para la temperatura, y el "Y₂", ubicado a la derecha del gráfico, que se usa para la precipitación, mientras que en el eje "X" se ubican los meses del año escritos sólo con la inicial del mes y en minúsculas. A diferencia de los climogramas en los gráficos ombrotérmicos ambas variables se representan con líneas curvas.

La base de la elaboración de este tipo de gráficos está en el método de clasificación bioclimática de Gaussen, representada por el Índice de Aridez, quien establece que la distribución de la temperatura y la precipitación durante un ciclo anual representa mayor importancia que las medias anuales, ya que dicha distribución nos representa los tipos de precipitación de acuerdo a las épocas del año, lo cual se ve reflejado en los períodos que le sean favorables o no a la vegetación, expresados en períodos húmedo, seco, cálido y frío.

En este sentido, Gaussen estima que un mes es ecológicamente seco, si la precipitación total anual (mm) es igual o inferior a dos veces el valor de la temperatura media mensual (°C), por lo tanto, el diagrama ombrotérmico nos permite identificar el período seco como una aproximación a la sequedad estacional considerando $2 \cdot T_m$ como una aproximación de la evapotranspiración, lo cual queda expresado en la siguiente ecuación:

$$P \leq 2T$$

Donde:

P = precipitación en mm

T = temperatura en °C

En la estación seca, con muy poca precipitación, la evaporación y transpiración (evapotranspiración en las plantas) varían grandemente con la temperatura. El balance de agua es desfavorable para la vegetación durante los meses ecológicamente secos (donde la curva de la temperatura se encuentre por encima de la curva de la precipitación)

Por lo anteriormente señalado, en el gráfico ombrotérmico la escala de la precipitación en mm (Y₂) debe expresarse como el doble de la escala de la temperatura en °C (Y₁), (Fig. 12)

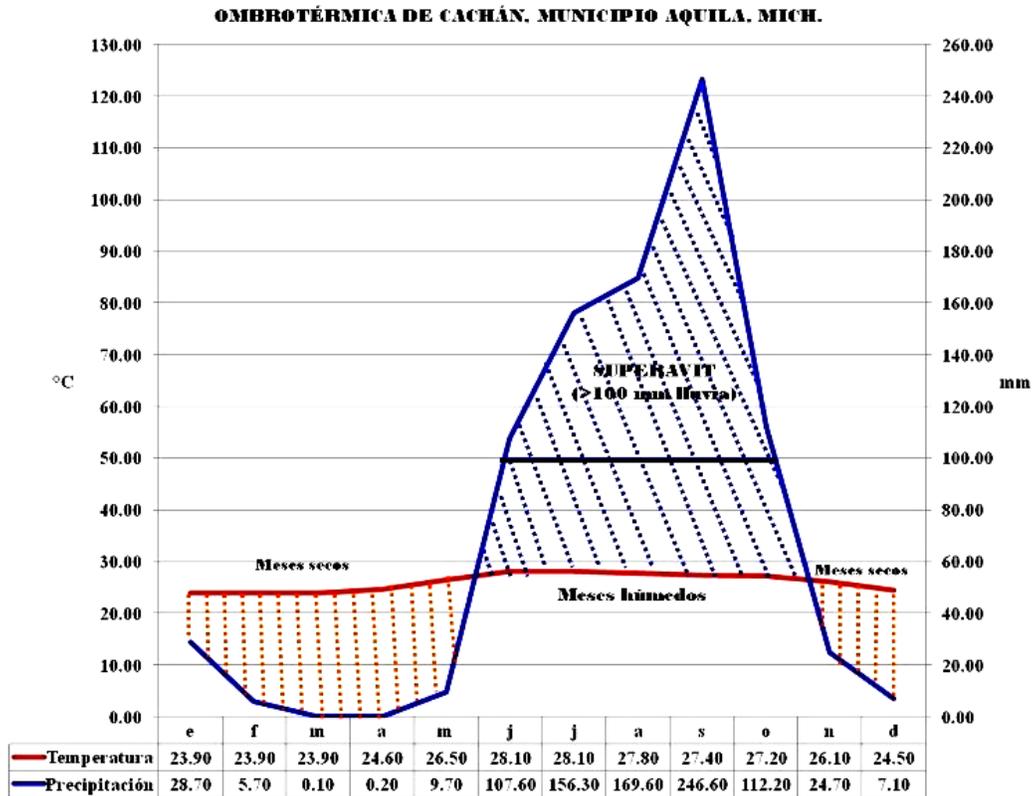


Figura 12. Ombrotérmica de Cachán, municipio de Aquila, Michoacán.

2. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

2.1. Objetivos

- Elaborar climogramas y ombrotérmicas de regiones predeterminadas para México y Michoacán.

2.2. Materiales y Equipo

Un block de papel milimétrico
Un lápiz número 2 "Mirado"
Una goma de migajón

Una regla de plástico de 30 cm
Una caja chica de lápices de colores
Una Lap Top con excel

La elaboración de climogramas y ombrotérmicas, se realizará mediante dos métodos, uno manual y el otro mediante Excel, ambas técnicas se aplicaran en la práctica.

2.3. Método Manual para Elaborar un Climograma

a) En una hoja de papel milimétrico, en sentido horizontal, marcar los ejes Y_1 , Y_2 y X , abarcando toda la hoja, elige la escala máxima de temperatura del eje Y_1 , procurando que la curva sobrepase los histogramas de precipitación (hietogramas), en el eje Y_2

marca la máxima precipitación intentando que los histogramas queden por debajo de la curva de temperatura (Fig. 13)

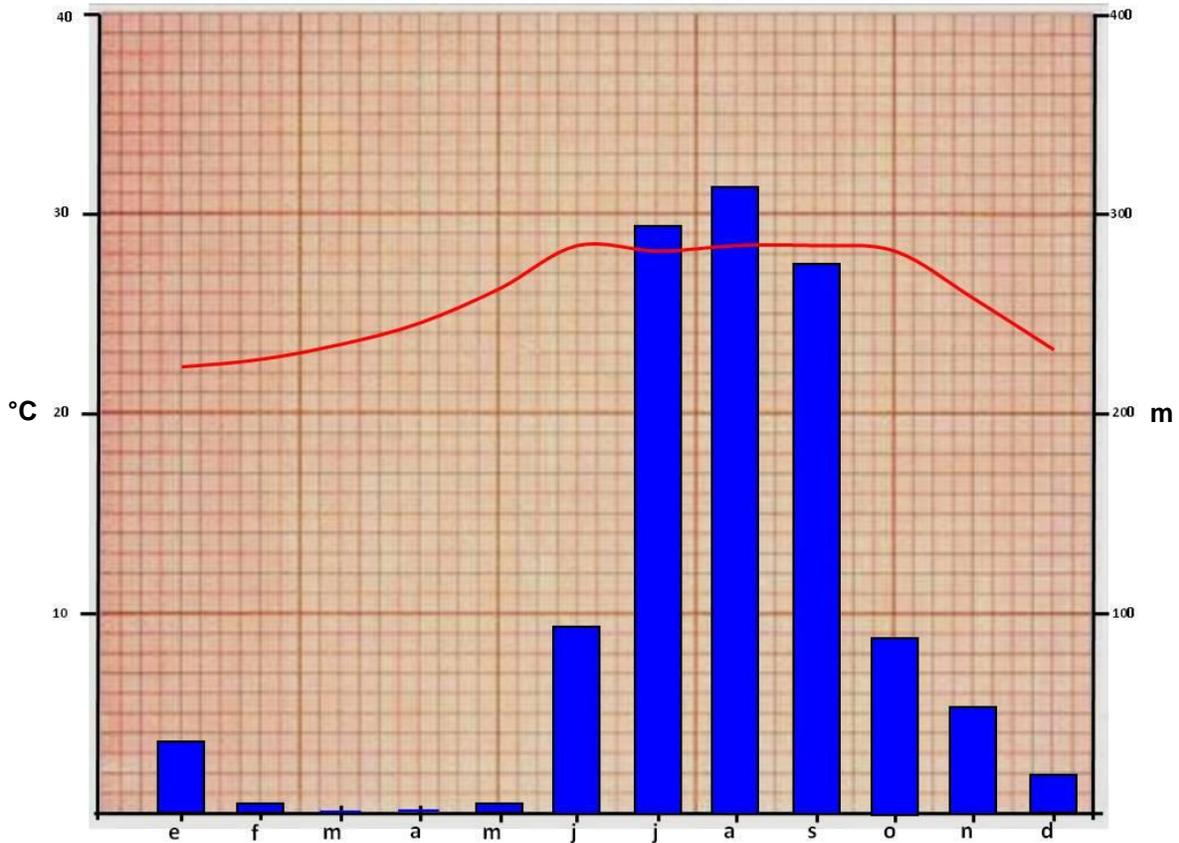


Figura 13. Ejemplo de climograma realizado a mano.

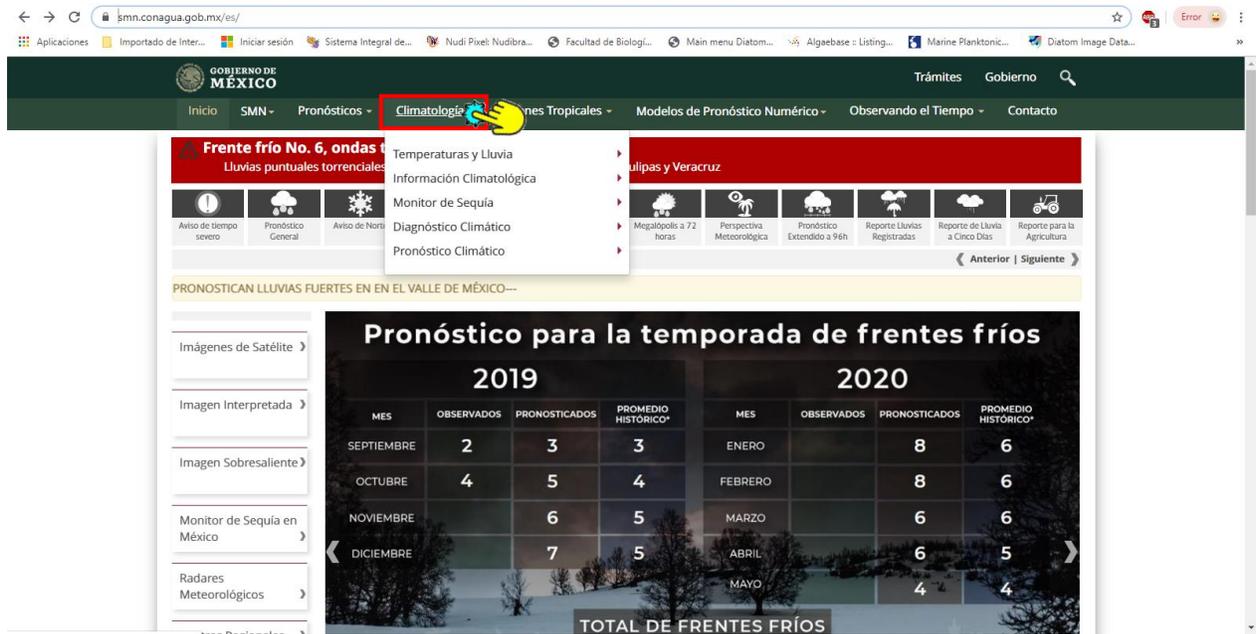
2.4. Método en Excel para Elaborar un Climograma

Los datos para la construcción del climograma en Excel deberán de obtenerse del siguiente link

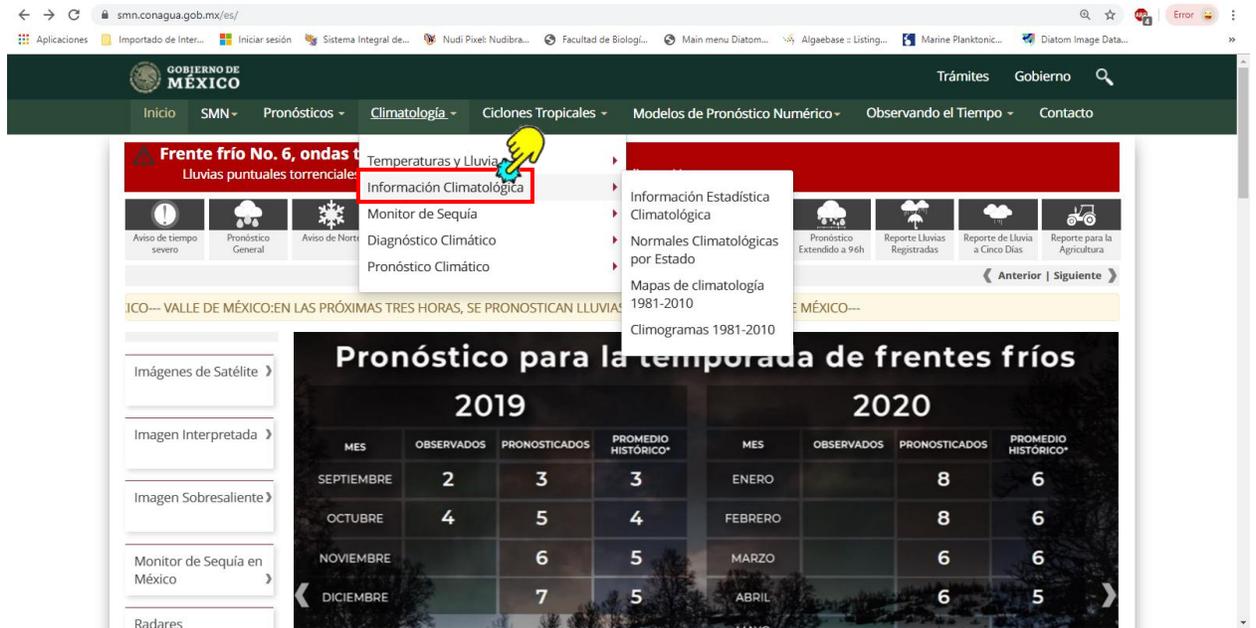
<https://smn.conagua.gob.mx/es/>

Para su elaboración se tendrán que tomar en cuenta los siguientes pasos:

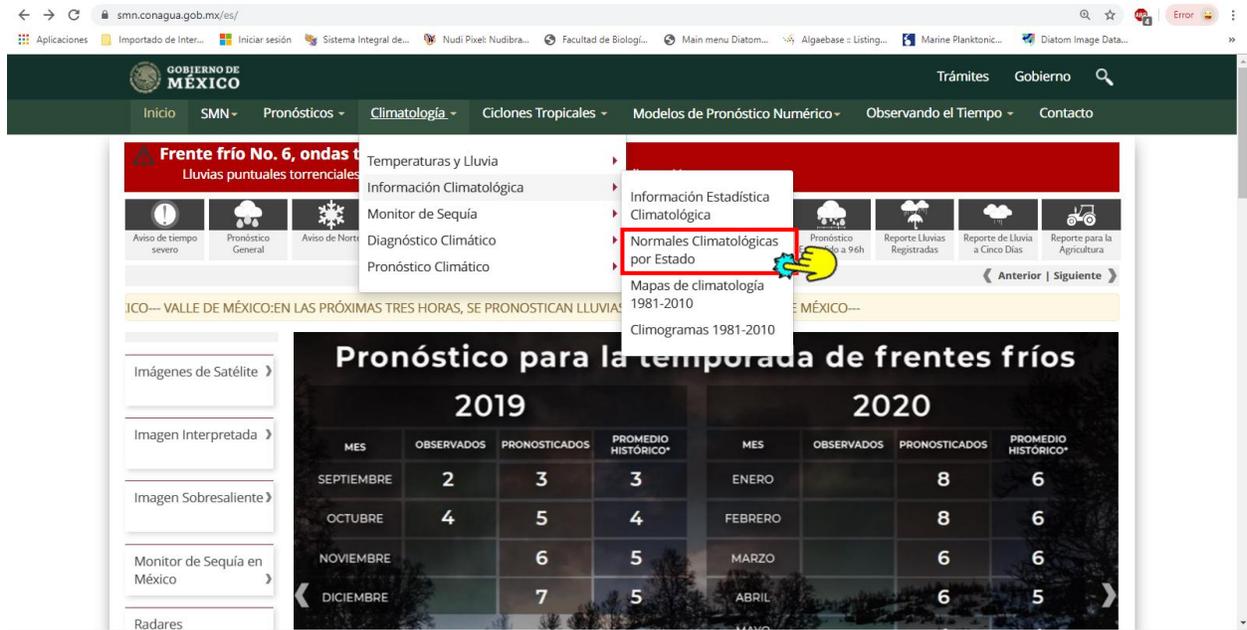
a) Abrir el link y seleccionar la casilla de Climatología.



b) Seleccionar la casilla de Información Climatológica



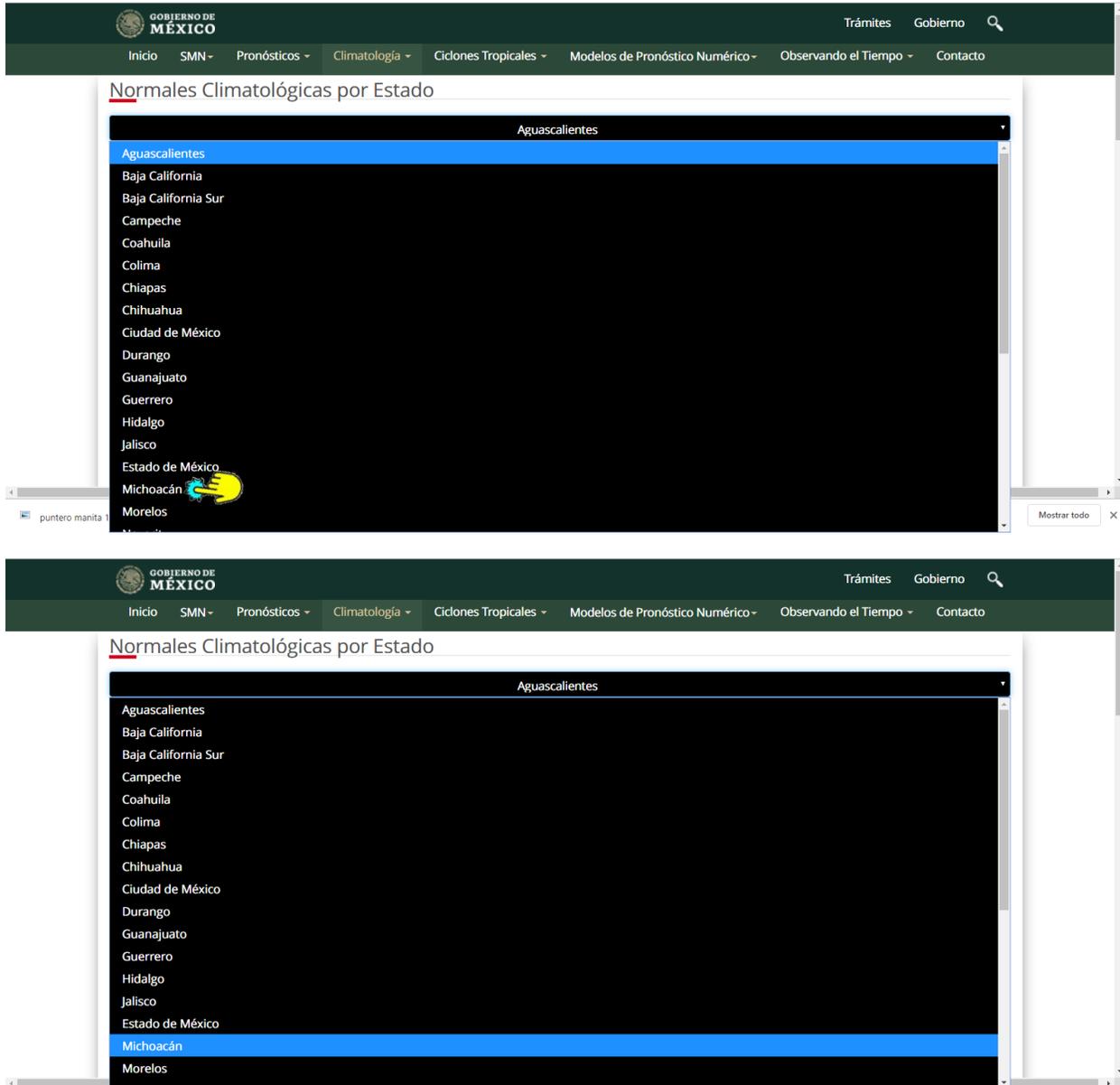
c) Elegir Normales Climatológicas por Estado.



d) De la ventana desplegada, aparece automáticamente seleccionado el estado de Aguascalientes, al final de la derecha de la barra negra darle clic para elegir el estado que se desee trabajar.



e) En la siguiente ventana desplegada se podrá elegir el estado que se desee trabajar, por ejemplo: Michoacán.



f) De la ventana que se despliega debemos elegir la estación meteorológica de interés para nuestro estudio. Ojo debemos dar preferencia a las estaciones que tengan registros de más de 30 años, lo cual haremos en la columna de Normales, donde podemos observar tres periodos: 1951-2010, 1971-2000 y 1981-2010, elegimos el de mayor número de registros. Alternativamente podemos también hacer uso de datos de estaciones meteorológicas suspendidas, siempre y cuando cumplan con el requisito de más de 30 años de registros.

Michoacán

NOMBRE	MUNICIPIO	CLAVE	SITUACIÓN	NORMALES			EXCEDES	VALORES MENSUALES
				1951-2010	1971-2000	1981-2010		
ACUTIZO DEL CANE	ACUTIZO	16001	OPERANDO	NORM 51-10	NORM 71-00	NORM 81-10	MAX-EXTR	MED-EXT-MES
AGUILILLA	AGUILILLA	16003	SUSPENDIDA	NORM 51-10			MAX-EXTR	MED-EXT-MES
CHILA	AGUILILLA	16157	SUSPENDIDA	NORM 51-10	NORM 71-00		MAX-EXTR	MED-EXT-MES
EL JOVERO	AGUILILLA	16236	SUSPENDIDA					MED-EXT-MES
ALVARO OBREGON (DGE)	ALVARO OBREGON	16091	OPERANDO	NORM 51-10	NORM 71-00	NORM 81-10	MAX-EXTR	MED-EXT-MES
ALVARO OBREGON (SMN)	ALVARO OBREGON	16004	SUSPENDIDA	NORM 51-10	NORM 71-00		MAX-EXTR	MED-EXT-MES
CARRILLO PUERTO	ALVARO OBREGON	16016	OPERANDO	NORM 51-10	NORM 71-00	NORM 81-10	MAX-EXTR	MED-EXT-MES
ANGAMACUTIRO	ANGAMACUTIRO	16005	SUSPENDIDA	NORM 51-10			MAX-EXTR	MED-EXT-MES
EL ROSARIO	ANGAMACUTIRO	16159	OPERANDO	NORM 51-10	NORM 71-00	NORM 81-10	MAX-EXTR	MED-EXT-MES
ACAHUATO	APATZINGAN	16228	OPERANDO	NORM 51-10	NORM 71-00	NORM 81-10	MAX-EXTR	MED-EXT-MES
APATZINGAN (CFE)	APATZINGAN	16150	SUSPENDIDA					MED-EXT-MES
APATZINGAN (DGE)	APATZINGAN	16149	SUSPENDIDA	NORM 51-10	NORM 71-00		MAX-EXTR	MED-EXT-MES
APATZINGAN (SMN)	APATZINGAN	16007	OPERANDO	NORM 51-10	NORM 71-00	NORM 81-10	MAX-EXTR	MED-EXT-MES
AQUILA	AQUILA	16008	SUSPENDIDA	NORM 51-10			MAX-EXTR	MED-EXT-MES
CACHAN	AQUILA	16208	OPERANDO	NORM 51-10	NORM 71-00	NORM 81-10	MAX-EXTR	MED-EXT-MES
PUNTA SAN TELMO	AQUILA	16102	SUSPENDIDA	NORM 51-10	NORM 71-00		MAX-EXTR	MED-EXT-MES
SAN JUAN DE ALIMA	AQUILA	16112	OPERANDO	NORM 51-10	NORM 71-00		MAX-EXTR	MED-EXT-MES
ARIO DE ROSALES	ARIO	16168	SUSPENDIDA	NORM 51-10	NORM 71-00		MAX-EXTR	MED-EXT-MES
LA SANDIA	ARIO	16515	OPERANDO	NORM 51-10	NORM 71-00	NORM 81-10	MAX-EXTR	MED-EXT-MES
ARTEAGA	ARTEAGA	16009	SUSPENDIDA	NORM 51-10	NORM 71-00		MAX-EXTR	MED-EXT-MES
ARTEAGA (CFE)	ARTEAGA	16151	SUSPENDIDA	NORM 51-10	NORM 71-00	NORM 81-10	MAX-EXTR	MED-EXT-MES
EL VASO INFERNILLO (CFE)	ARTEAGA	16046	SUSPENDIDA	NORM 51-10	NORM 71-00	NORM 81-10	MAX-EXTR	MED-EXT-MES
LA GARITA (CFE)	ARTEAGA	16169	SUSPENDIDA	NORM 51-10			MAX-EXTR	MED-EXT-MES
LOS POZOS	ARTEAGA	16076	SUSPENDIDA	NORM 51-10	NORM 71-00		MAX-EXTR	MED-EXT-MES
CUIMATO	BISEÑAS	16030	SUSPENDIDA	NORM 51-10	NORM 71-00	NORM 81-10	MAX-EXTR	MED-EXT-MES
BUENAVISTA I	BUENAVISTA	16011	SUSPENDIDA	NORM 51-10			MAX-EXTR	MED-EXT-MES

g) Una vez elegida la estación meteorológica y la celda correspondiente al mayor periodo de registros se desplegará una segunda ventana donde aparecerán los datos de la estación (número, nombre, municipio, altitud, coordenadas geográficas) además de los registros meteorológicos de las variables relacionadas con la temperatura y la precipitación, así como evaporación, niebla, granizo y tormentas eléctricas.

Información Climatológica por Estado

Michoacán

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL
NORMALES CLIMATOLÓGICAS

ESTADO DE: MICHOACAN DE OCAMPO
PERIODO: 1951-2010

ESTACION: 00016208 CACHAN
ALTURA: 79.0 MSNM.

LATITUD: 18°16'48" N. LONGITUD: 103°13'24" W.

ELEMENTOS DIC ANUAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
TEMPERATURA MAXIMA NORMAL	30.8	30.8	30.9	31.3	32.3	32.9	32.6	32.4	31.9	32.0	31.5
30.7											
MAXIMA MENSUAL	33.9	34.3	33.5	34.0	34.8	34.6	35.2	35.8	35.0	34.2	33.0
31.8											
AÑO DE MAXIMA 1988	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	1996	2009	2009
MAXIMA DIARIA	36.0	37.0	35.5	36.0	39.0	39.0	37.5	38.0	39.0	36.0	39.5
FECHA MAXIMA DIARIA 17/1987	17/2009	02/2009	11/1991	10/2007	20/2009	01/1992	15/2009	07/2009	15/1989	01/2006	08/2010
AÑOS CON DATOS 18	28	27	27	25	20	29	28	30	30	31	25
TEMPERATURA MEDIA NORMAL	23.9	23.9	23.9	24.6	26.5	28.1	28.1	27.8	27.4	27.2	26.1
24.5											
AÑOS CON DATOS 18	28	27	27	25	20	29	28	30	30	31	25
TEMPERATURA MINIMA NORMAL	17.0	17.0	16.9	18.0	20.8	23.3	23.5	23.2	23.0	22.4	20.6
18.3											
MINIMA MENSUAL	13.1	15.1	14.8	16.1	18.3	21.9	22.3	22.0	21.6	20.3	19.1
13.4											
AÑO DE MINIMA 1999	1997	1992	2008	1984	1993	1997	1985	1984	1985	1996	1985
MINIMA DIARIA	11.0	13.0	10.0	11.5	14.0	15.0	20.0	20.0	20.0	17.0	11.0
FECHA MINIMA DIARIA 23/1999	12/1997	22/1990	08/2008	12/1981	04/1981	15/2006	06/1993	12/1982	17/1991	26/1986	27/1981
AÑOS CON DATOS 18	28	27	27	26	20	29	28	30	30	31	25
PRECIPITACION NORMAL	28.7	5.7	0.1	0.2	9.7	107.6	156.3	169.6	246.6	112.2	24.7
7.1											
MAXIMA MENSUAL	515.4	89.0	1.5	6.0	116.4	287.2	348.5	494.4	557.6	446.1	228.1
44.5											

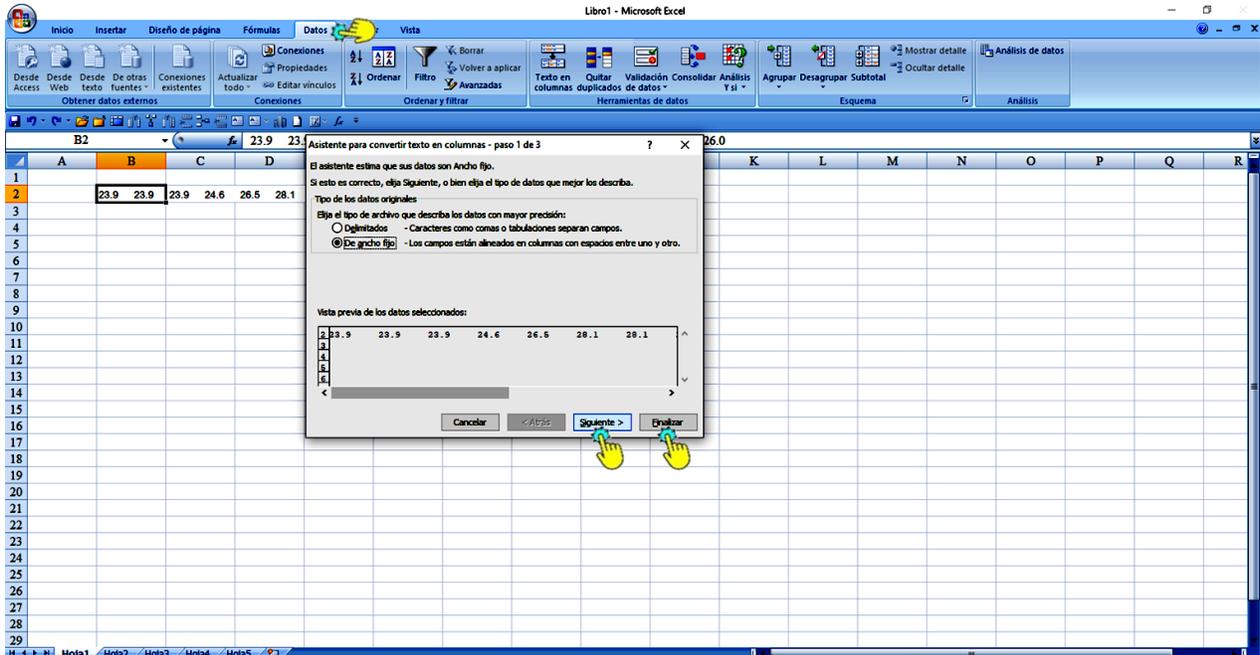
h) De la tabla de datos meteorológicos desplegada, seleccionaremos primero los correspondientes a la **TEMPERATURA MEDIA NORMAL**, es posible que el número de años de registros por media mensual no coincida con el periodo elegido, aún así debemos de seleccionar los datos y los copiamos.

GOBIERNO DE MÉXICO											
Trámites Gobierno											
TEMPERATURA MAXIMA											
NORMAL	30.8	30.8	30.9	31.3	32.3	32.9	32.6	32.4	31.9	32.0	31.5
30.7 31.7											
MAXIMA MENSUAL	33.9	34.3	33.5	34.0	34.8	34.6	35.2	35.8	35.0	34.2	33.0
31.8											
AÑO DE MAXIMA	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	1996	2009	2009
1980											
MAXIMA DIARIA	36.0	37.0	35.5	36.0	39.0	39.0	37.5	38.0	39.0	36.0	39.5
34.0											
FECHA MAXIMA DIARIA	17/2009	02/2009	11/1991	10/2007	20/2009	01/1992	15/2009	07/2009	15/1989	01/2006	08/2010
17/1987											
AÑOS CON DATOS	28	27	27	25	20	29	28	30	30	31	25
18											
TEMPERATURA MEDIA											
NORMAL	23.9	23.9	23.9	24.6	26.5	28.1	28.1	27.8	27.4	27.2	26.1
24.5 26.0											
AÑOS CON DATOS	28	27	27	25	20	29	28	30			
18											
TEMPERATURA MINIMA											
NORMAL	17.0	17.0	16.9	18.0	20.8	23.3	23.5	23.2	23.0	22.4	20.6
18.3 20.3											
MINIMA MENSUAL	13.1	15.1	14.8	16.1	18.3	21.9	22.3	22.0	21.6	20.3	19.1
13.4											
AÑO DE MINIMA	1997	1992	2008	1984	1993	1997	1985	1984	1985	1996	1985
1999											
MINIMA DIARIA	11.0	13.0	10.0	11.5	14.0	15.0	20.0	20.0	20.0	17.0	11.0
10.0											
FECHA MINIMA DIARIA	12/1997	22/1990	08/2008	12/1981	04/1981	15/2006	06/1993	12/1982	17/1991	26/1986	27/1981
22/1999											

i) Abrimos una hoja de Excel y en la celda B2 pegamos los datos copiados.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1																		
2		23.9 23.9	23.9	24.6	26.5	28.1	28.1	27.8	27.4	27.2	26.1	24.5	26.0					
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		
26																		
27																		
28																		
29																		

j) A continuación seleccionamos la celda de Datos y de ésta damos clic a Texto en columnas, en la ventana desplegada elegimos siguiente y finalizar.



k) Ahora repetimos la operación, pero seleccionando los datos de precipitación normal. Una vez teniendo nuestras variables en la hoja de Excel, debemos colocar las etiquetas correspondientes a cada mes y a las unidades en que se reportan las variables. OJO los últimos datos de cada fila corresponden a la temperatura media anual y a la precipitación anual respectivamente.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1		e	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	
2	°C	23.90	23.90	23.90	24.60	26.50	28.10	28.10	27.80	27.40	27.20	26.10	24.50	
3	mm	28.70	5.70	0.10	0.20	9.70	107.60	156.30	169.60	246.60	112.20	24.70	7.10	
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														

l) A partir de aquí solamente tendremos que seleccionar nuestros datos y aplicamos nuestros conocimientos de Excel para elaborar un climograma (Fig. 14). Debemos recordar que:

- ❖ Se elige la escala máxima de temperatura del eje Y₁, procurando que la curva sobrepase los histogramas de precipitación (hietogramas).

❖ En el eje Y₂ marca la máxima precipitación intentando que los histogramas queden por debajo de la curva de temperatura.

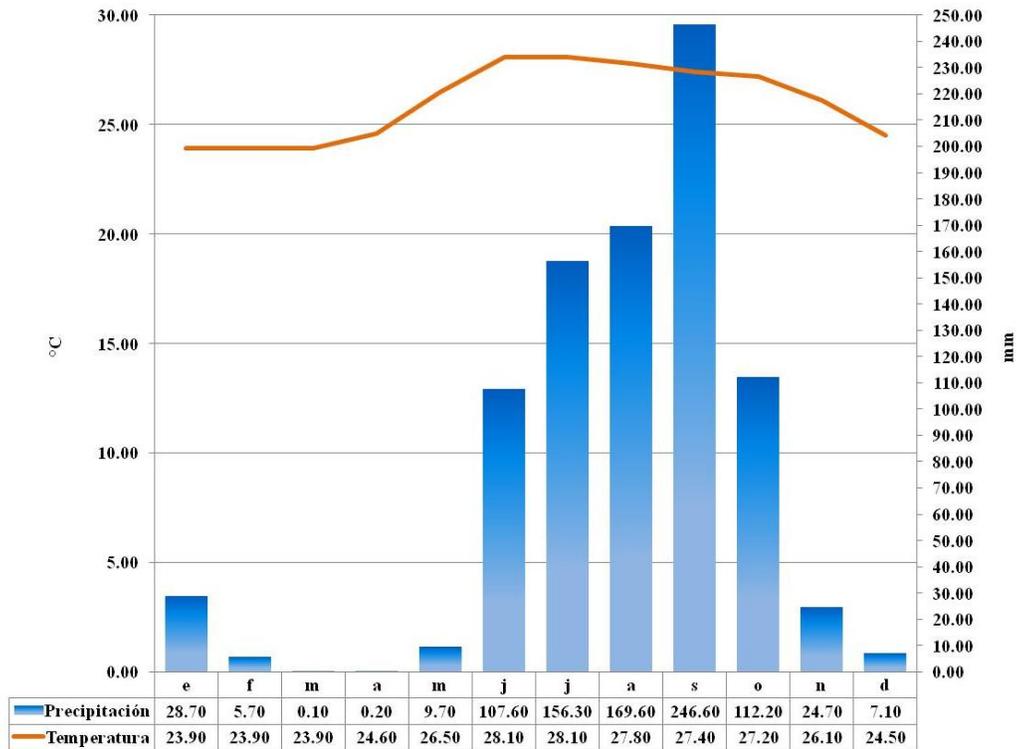


Figura 14. Ejemplo de climograma realizado con Excel.

2.5. Método Manual para Elaborar una Ombrotérmica

a) En una hoja de papel milimétrico, en sentido vertical, marcar los ejes Y₁, Y₂ y X, abarcando toda la hoja, elige la escala máxima de precipitación del eje Y₂, procurando que los datos marcados lleven una escala de 10 en 10 mm, en el eje Y₁ marca la máxima precipitación como la mitad de la escala máxima de precipitación, para este eje la escala de las marcas de los datos también debe ser de 10 en 10 pero en °C (Fig. 15)

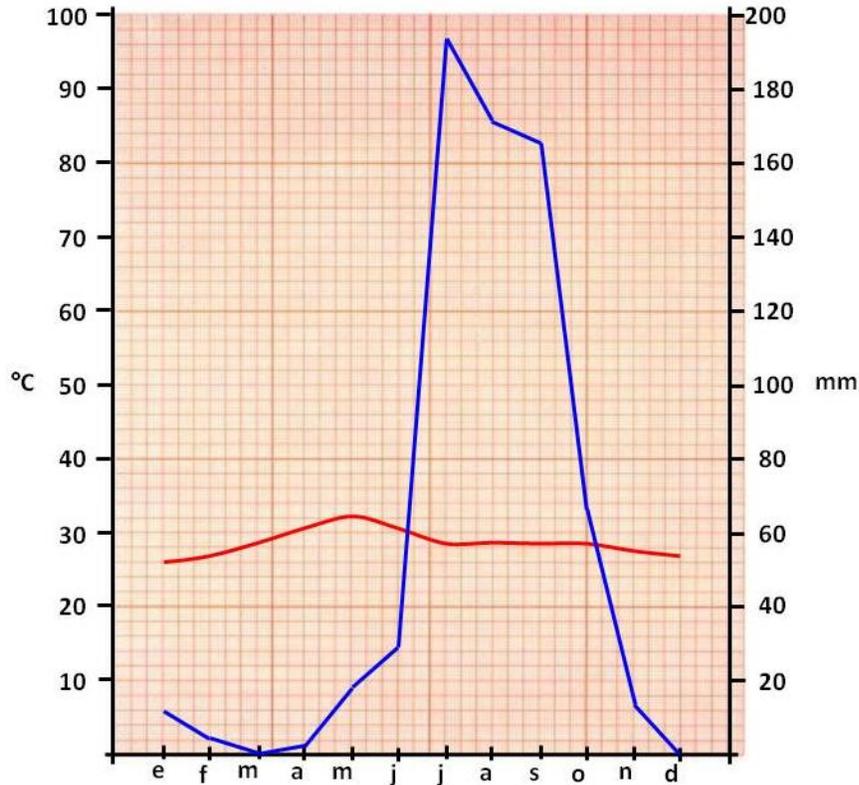


Figura 15. Ejemplo de ombrotérmica realizada a mano.

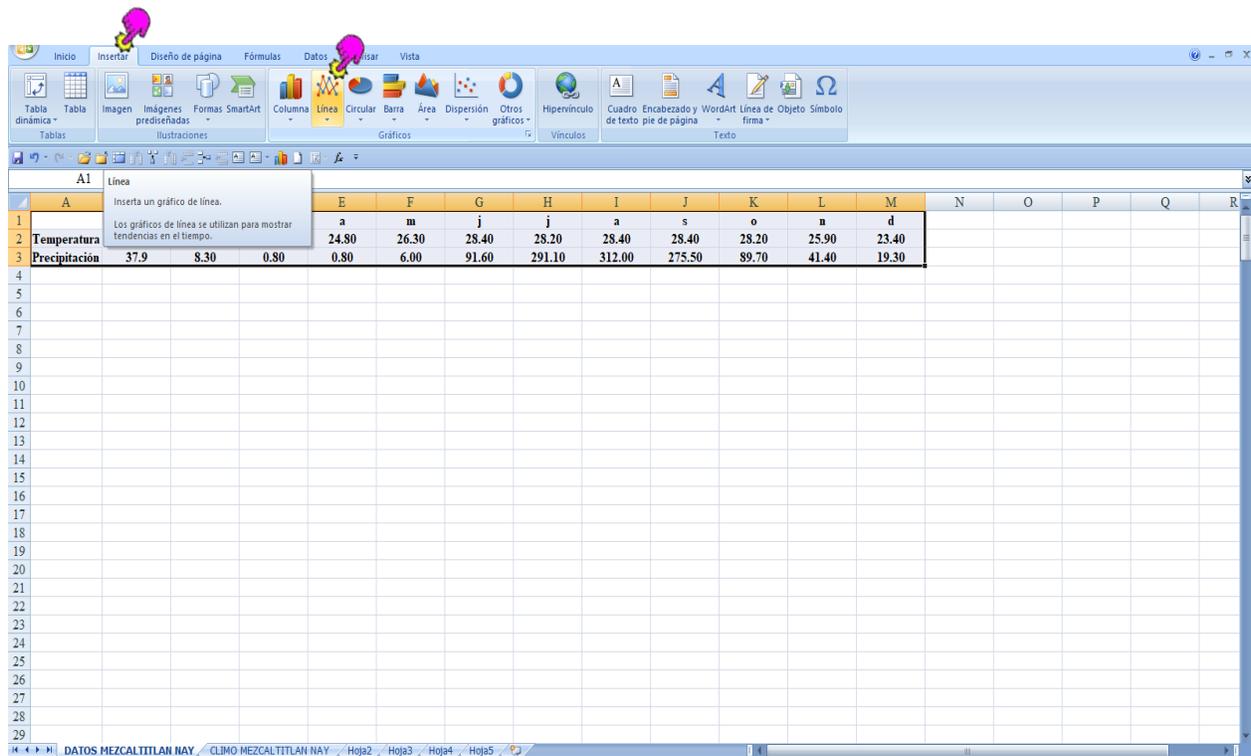
2.6. Método en Excel para Elaborar una Ombrotérmica

a) Los datos para la realización de la gráfica Ombrotérmica en Excel, deberán de obtenerse del siguiente link

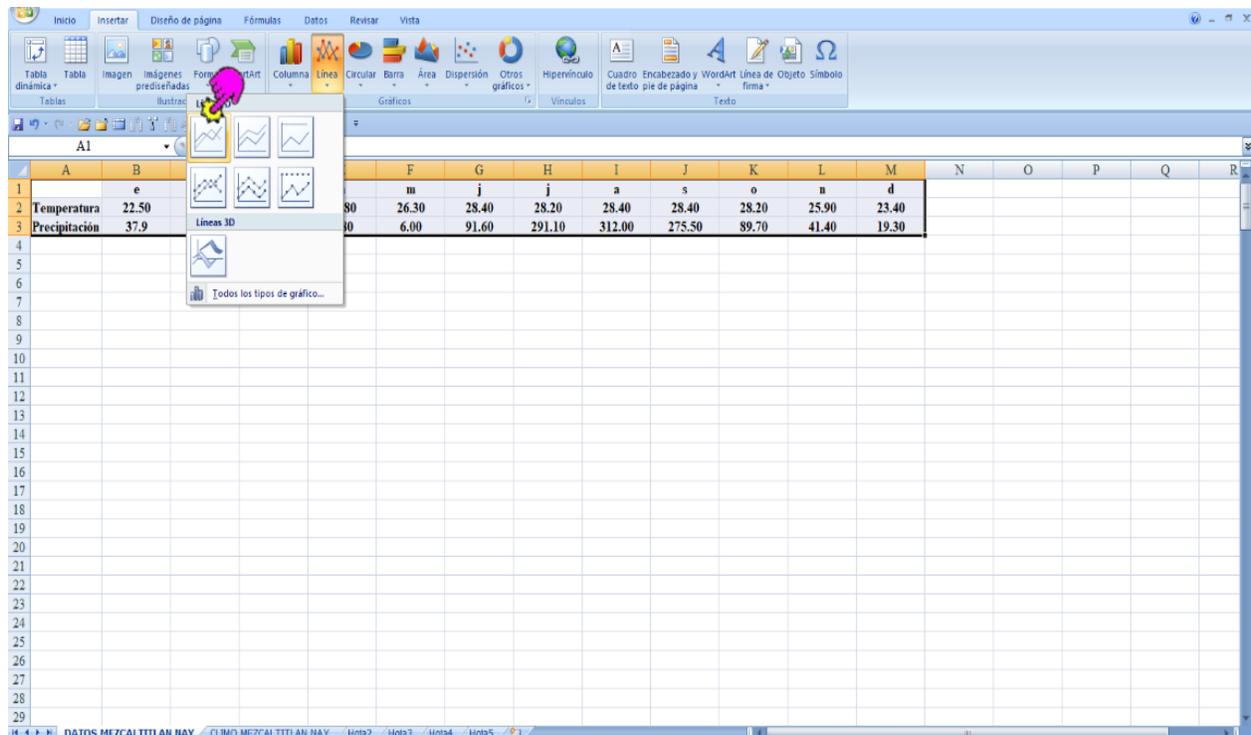
<https://smn.conagua.gob.mx/es/>

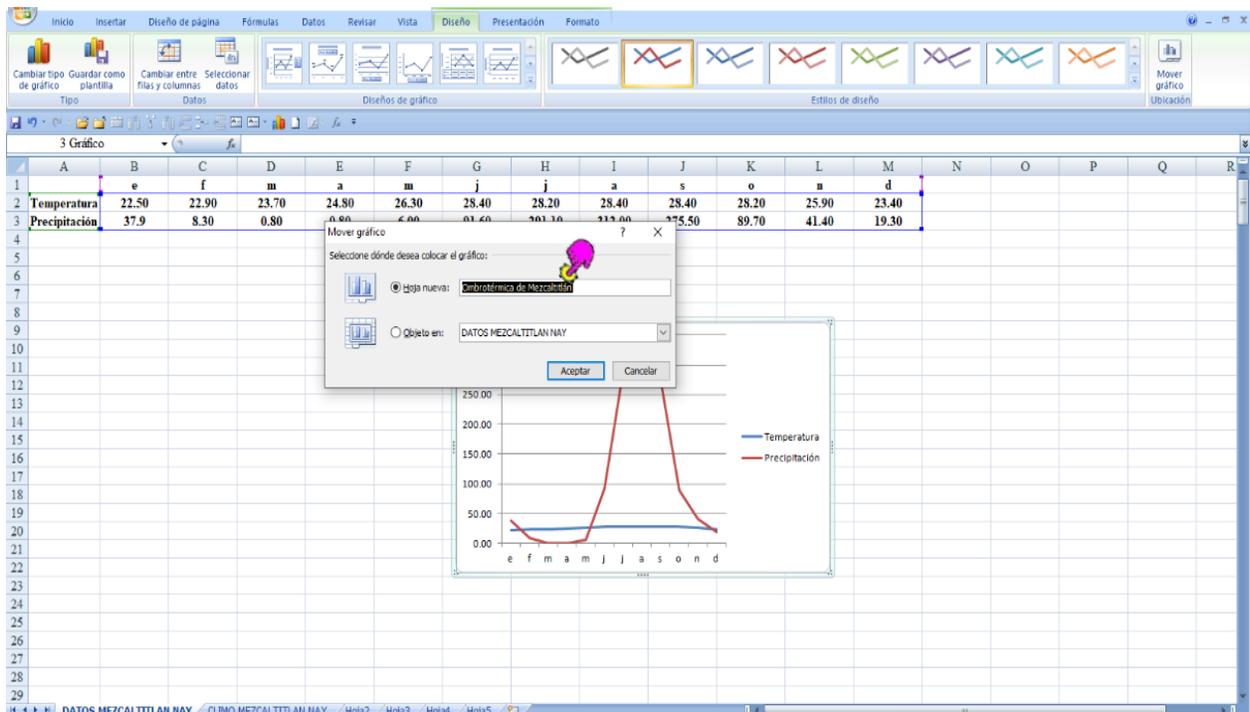
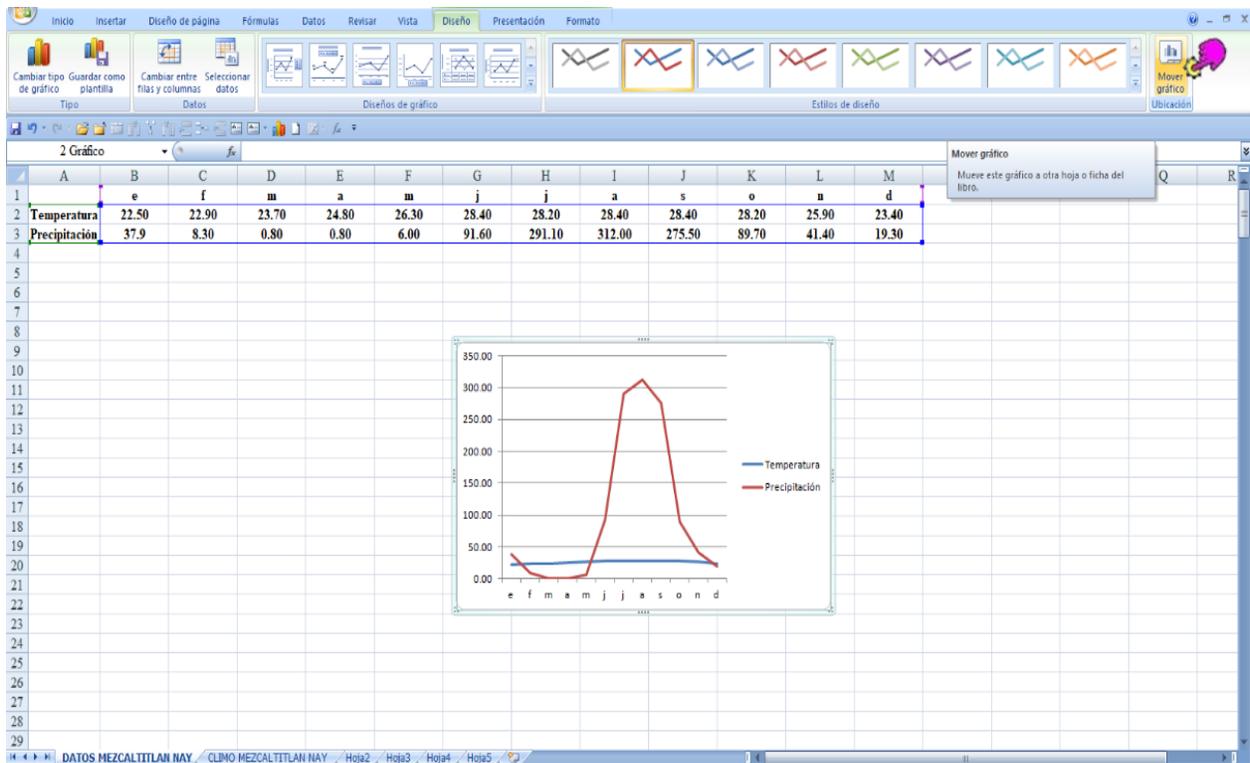
b) Una vez capturados los datos en una hoja de Excel deberán de seguirse los mismos pasos para la elaboración de un climograma, únicamente se deberán de tener en cuenta los cambios que hay que llevar a cabo para establecer las escalas (Pmm el doble de la T°C), además de considerar que ambas variables se esquematizan con líneas curvas, roja para la temperatura (T°C) y azul para la precipitación (Pmm)

c) En la hoja de Excel elegir Insertar y luego Línea.

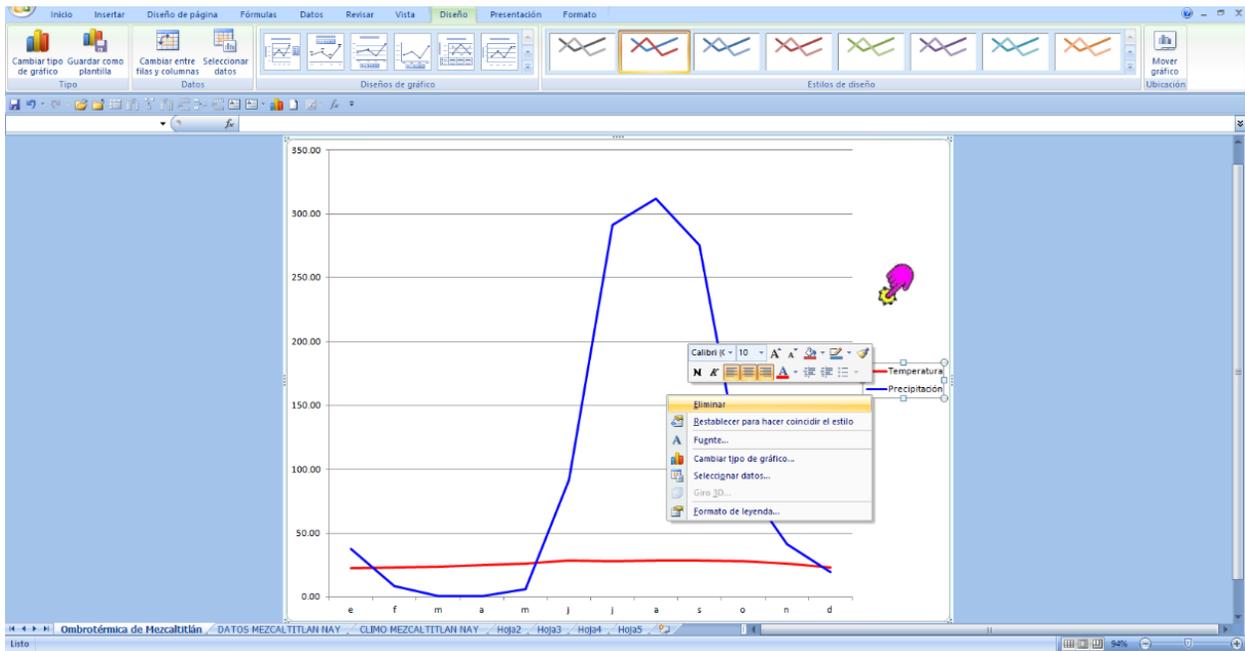


d) De la casilla de Línea, elegir el primer formato. Pasar el gráfico a una nueva hoja dándole el nombre de Ombrotérmica del lugar elegido.

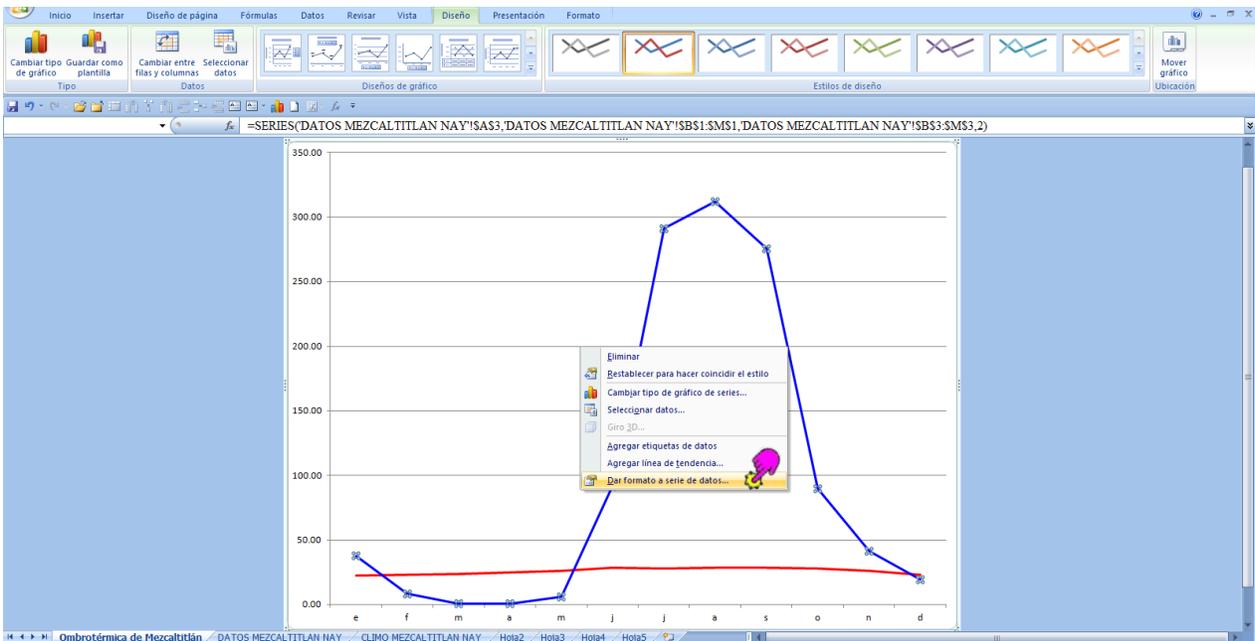


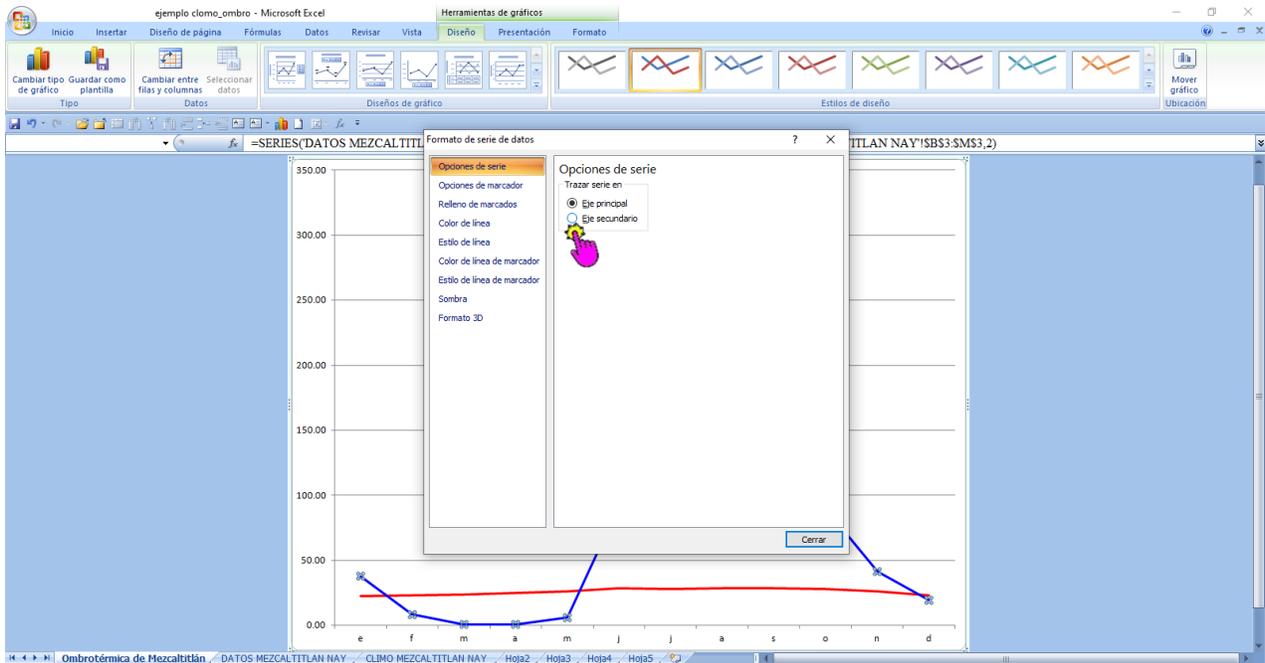


e) Una vez pasado el gráfico a una hoja nueva, deberemos de cambiar los colores de las líneas, rojo temperatura y azul precipitación, y eliminamos la leyenda.

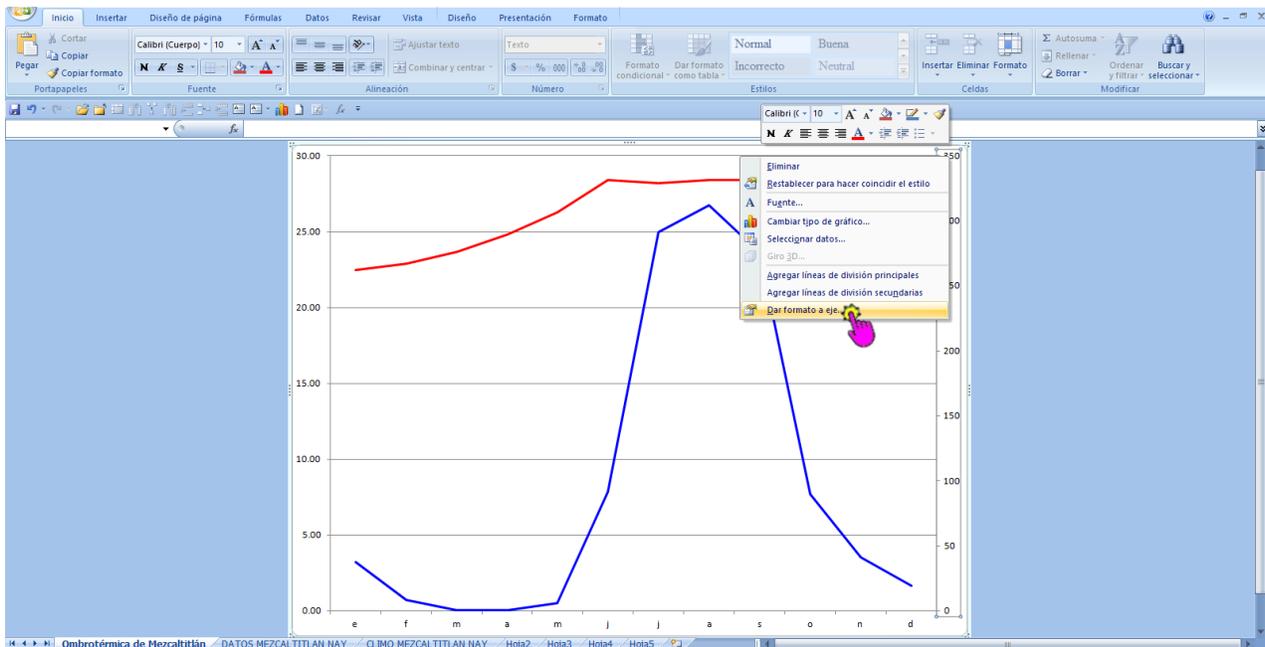


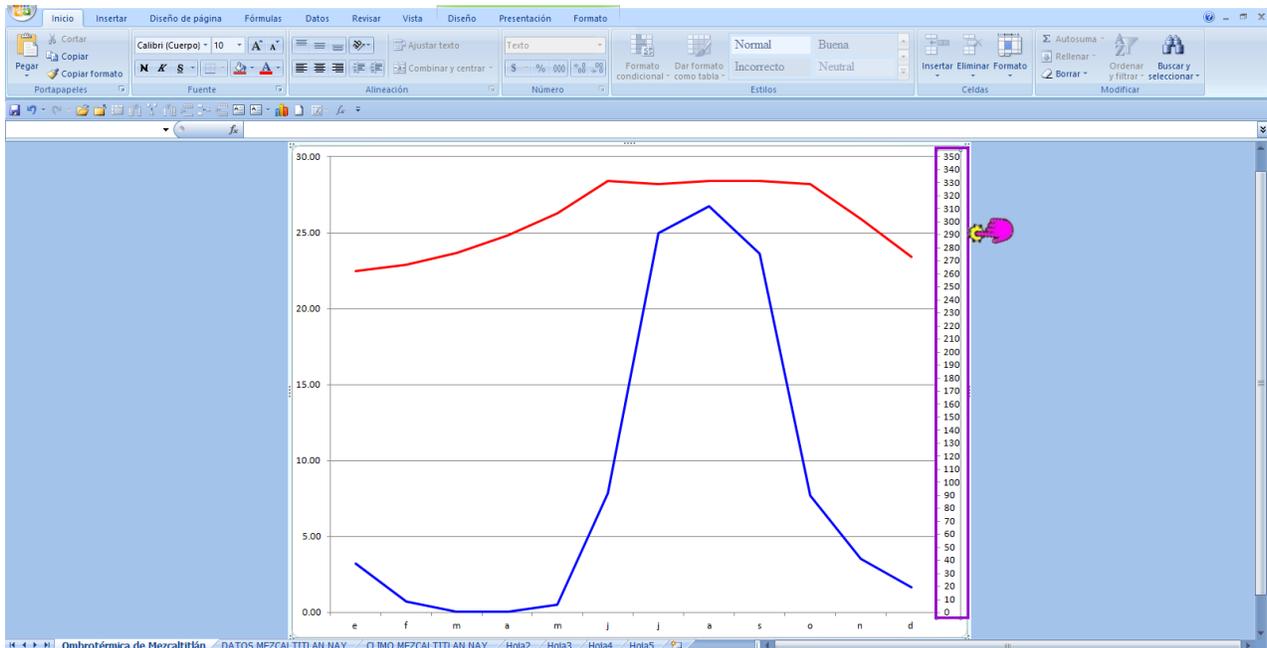
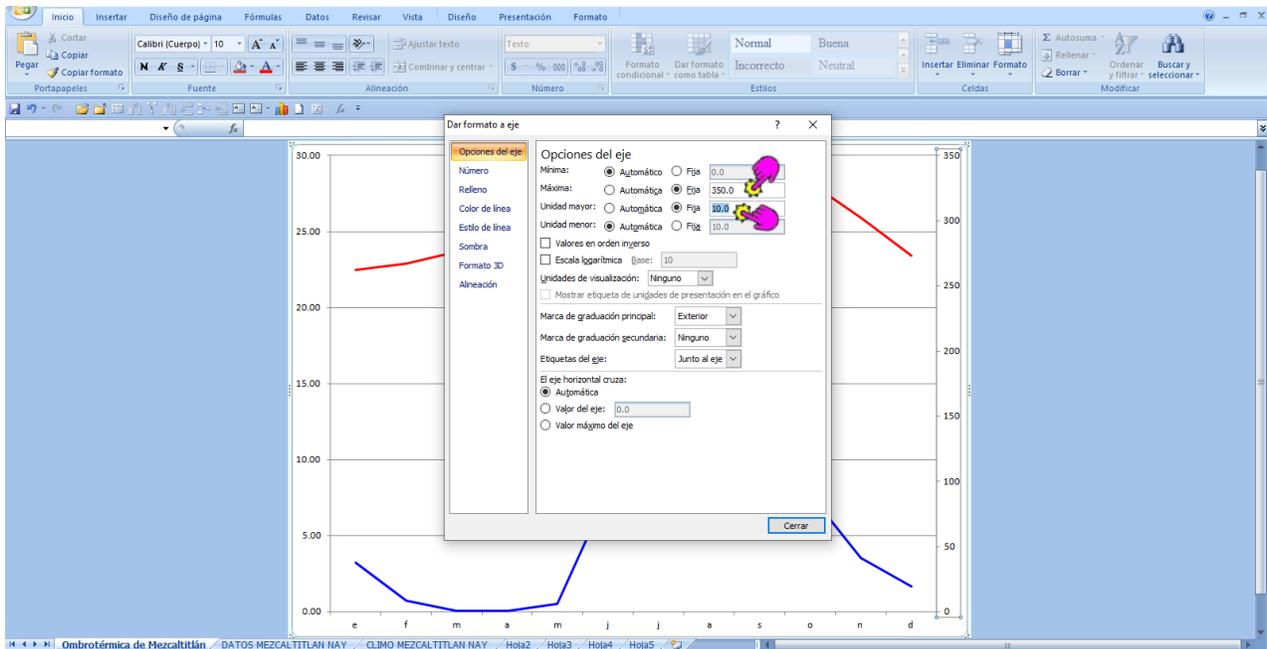
f) Elegimos la línea de precipitación (azul) y con el botón derecho le damos clic en Dar formato a serie de datos y elegimos Opciones de serie y Eje secundario.



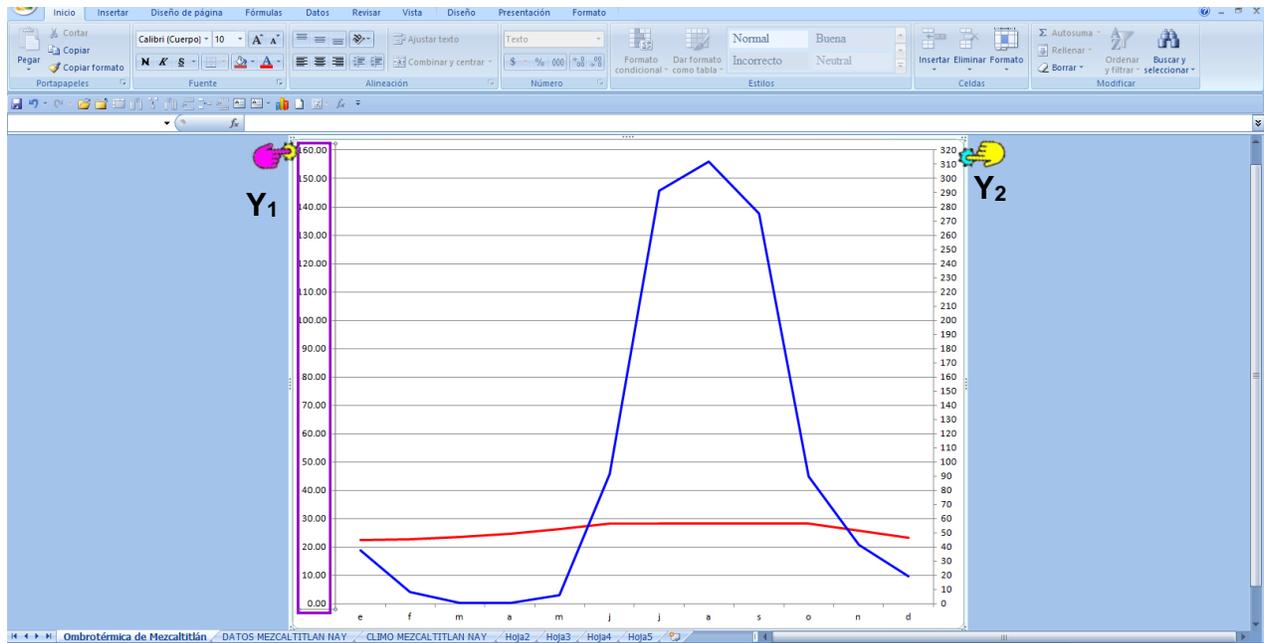


g) Ahora seleccionamos con el botón derecho el eje Y₂ y elegimos Dar formato a eje, enseguida escogemos Opciones de serie y checamos que la máxima escala este por arriba del valor máximo de precipitación y que la Unidad mayor sea en valores de 10 en 10. OJO debemos tener cuidado de que los valores de precipitación si queden incluidos en la máxima escala que elijamos.





h) Ahora Seleccionamos el eje Y₁ con el botón derecho, y elegimos Dar formato a eje, enseguida escogemos Opciones de serie y checamos que la máxima escala sea la mitad de la máxima escala de la precipitación, por ejemplo si la máxima escala de precipitación es 320 entonces la máxima escala de la temperatura será de 160, OJO debemos tener cuidado de que los valores de temperatura si queden incluidos en la máxima escala que elijamos, a continuación checamos que la Unidad mayor sea en valores de 10 en 10.



¡LISTO TENEMOS NUESTRA OMBROTÉRMICA!

PRÁCTICA 5. OBTENCIÓN DE LAS FÓRMULAS CLIMÁTICAS DE DIFERENTES LOCALIDADES EN UN TRANSECTO ALTITUDINAL DEL ESTADO DE MICHOACÁN

1. INTRODUCCIÓN

Los mapas de la República Mexicana y del Estado, generalmente tienen fórmulas climáticas incompletas, o solo referidas al sistema de clasificación climática de Köppen. Sin embargo, sabemos que la Dra. Enriqueta García (1973) hizo modificaciones a dicho sistema, para aplicarlas a las condiciones de nuestro país. Con estas modificaciones se puede llegar a las fórmulas climáticas de cualquier lugar donde se tenga registros de estaciones meteorológicas, con la ayuda de una clave dicotómica. Los datos que podemos obtener ayudan para la elaboración de la fórmula climática de algún lugar en específico.

2. OBJETIVO

- Determinar la fórmula climática de diferentes localidades de la República Mexicana y del Estado de Michoacán con ayuda de la clave dicotómica.

3. MATERIAL

Datos de diferentes estaciones meteorológicas del estado de Michoacán

Calculadora

Hoja para captura de datos meteorológicos

Block de papel milimétrico

Lápiz "Mirado" n° 2

Regla y de ser posible computadora

Clave dicotómica para determinación de la fórmula climática

4. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

a) Las referencias de las estaciones meteorológicas del estado de Michoacán se deben obtener de los datos del servicio meteorológico <https://smn.conagua.gob.mx/es/>, con los cuales llene las hojas de datos meteorológicos que se le solicitan (CUADRO ANEXO)

b) Elabore los gráficos necesarios para la interpretación de los datos meteorológicos.

c) Con ayuda de la clave dicotómica construya la fórmula climática para cada sitio elegido.

d) Interprete la fórmula obtenida para cada sitio elegido.

DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA FÓRMULA CLIMÁTICA

LOCALIDAD: _____ ALTITUD: _____

COORDENADAS: LAT N: _____ LONG O: _____

	e	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	
T°C													
Pmm													

VARIABLE		DATOS
Temperatura Media Anual		
Temperatura del mes más cálido		
Temperatura del mes más frío		
Mes más caliente		
Mitad Caliente del Año		
Oscilación Térmica		
Precipitación Anual		
Precipitación anual en cm		
t=temperatura media anual	2t+14=	
	2t+7=	
	2t=	
	t+7	
	t+10.5	
	t+14	
Precipitación del mes más seco		
Precipitación del mes más húmedo (lluvioso)		
Régimen de lluvias		
Promedio de precipitación de los meses húmedos		
% de lluvia invernal		
Coeficiente P/T		
Fórmula climática		
FÓRMULA ARREGLADA:		
DESCRIPCIÓN DE LA FÓRMULA:		
TIPOS DE VEGETACIÓN:		

CLAVE PARA DETERMINAR LA FORMULA CLIMÁTICA (Basada en García 1988)

1. Temperatura media del mes más caliente menor de 10°C	2
1'. Temperatura media del mes más caliente mayor de 10°C	4
2. Temperatura media anual entre 5°C y -2°C; temperatura media del mes más caliente entre 0°C y 0.5°C	3
2'. Temperatura media anual menor de -2°C; temperatura media del mes más caliente menor de 0°C	EFH
3. Temperatura media del mes más frío igual o mayor de 0°C	E(T)HC
3'. Temperatura media del mes más frío menor de 0°C	E(T)H
4. Régimen de lluvias de verano	5
4'. Régimen de lluvias no de verano	6
5. La precipitación anual, expresada en cm, menor de $2t+14$	43
5'. La precipitación anual, expresada en cm, igual o mayor de $2t+14$	9
6. Régimen de lluvias intermedio	7
6'. Régimen de lluvias de invierno	8
7. La precipitación anual, expresada en cm, menor de $2t+7$	43
7'. La precipitación anual, expresada en cm, igual o mayor de $2t+7$	9
8. La precipitación anual, expresada en cm, menor de $2t$	43
8'. La precipitación anual, expresada en cm, igual o mayor de $2t$	9
9. Temperatura media del mes más frío igual o mayor de 18°C	10
9'. Temperatura media del mes más frío entre -3°C y 18°C	11
10. Temperatura media anual igual o mayor de 22°C	A 12
10'. Temperatura media anual entre 18°C y 22°C	(A)C 12
11. Temperatura media anual igual o mayor de 18°C	A(C) 12
11'. Temperatura media anual entre 5°C y 18°C	C 26
12. Precipitación del mes más seco del año, mayor de 60 mm	13
12'. Precipitación del mes más seco del año, menor de 60 mm	14
13. Lluvia invernal mayor de 18 % de la anual	(f) 66
13'. Lluvia invernal menor de 18 % de la anual	f(m) 41
14. Precipitación anual igual o mayor de 2500 mm	16
14'. Precipitación anual menor de 2500 mm	15
15. En el diagrama N° 1 ubicar la precipitación total anual y la precipitación del mes más seco del año; si la intersección cae en el tipo m, pase al número	16
15'. Si la intersección cae en el tipo w, pase al número	18
16. Lluvia invernal mayor de 10.2 % de la total anual	m(f) 41
16'. Lluvia invernal menor de 10.2 % de la total anual	17
17. Lluvia invernal mayor de 5 % de la anual	m 41
17'. Lluvia invernal menor de 5 % de la anual	m(w) 41
18. Coeficiente P/T igual o mayor de 55.3	19
18'. Coeficiente P/T menor de 55.3	21
19. Lluvia invernal mayor de 10.2 % de la anual	(w ₂) (x') 41
19'. Lluvia invernal menor de 10.2 % de la anual	20

20. Lluvia invernal mayor de 5 % de la anual	(w ₂)	41
20'. Lluvia invernal menor de 5 % de la anual	(w ₂) (w)	41
21. Coeficiente P/T entre 55.3 y 43.2		22
21'. Coeficiente P/T menor de 43.2		24
22. Lluvia invernal mayor de 10.2 % de la anual	(w ₁) (x')	41
22'. Lluvia invernal menor de 10.2 % de la anual		23
23. Lluvia invernal mayor de 5 % de la anual	(w ₁)	41
23'. Lluvia invernal menor de 5 % de la anual	(w ₁) (w)	41
24. Lluvia invernal mayor de 10.2 % de la anual	(w ₀) (x')	41
24'. Lluvia invernal menor de 10.2 % de la anual		25
25. Lluvia invernal mayor de 5 % de la anual	(w ₀)	41
25'. Lluvia invernal menor de 5 % de la anual	(w ₀) (w)	41
26. Precipitación del mes más seco del año, mayor de 40 mm		27
26'. Precipitación del mes más seco del año, menor de 40 mm		28
27. Lluvia invernal mayor de 18 % de la anual	(f)	66
27'. Lluvia invernal menor de 18 % de la anual	(fm)	41
28. Régimen de lluvias de verano		29
28'. Régimen de lluvias de invierno		40
29. Precipitación total anual igual o mayor de 1740 mm		31
29'. Precipitación total anual menor de 1740 mm		30
30. En el diagrama N° 2 ubicar la precipitación total anual y la precipitación del mes más seco; si el cruce cae en el tipo m pase al número		31
30'. Si cae en el tipo w pase al número		32
31. Lluvia invernal entre 5 % y 10.2 % de la anual	(m)	41
31'. Lluvia invernal menor de 5 % de la anual	(m) (w)	41
32. Coeficiente P/T mayor de 55.0		33
32'. Coeficiente P/T menor de 55.0		35
33. Lluvia invernal mayor de 10.2 % de la anual	(w ₂) (x')	41
33'. Lluvia invernal menor de 10.2 % de la anual		34
34. Lluvia invernal mayor de 5 % de la anual	(w ₂)	41
34'. Lluvia invernal menor de 5 % de la anual	(w ₂) (w)	41
35. Coeficiente P/T entre 55.0 y 43.2		36
35'. Coeficiente P/T menor de 43.2		38
36. Lluvia invernal mayor de 10.2 % de la anual	(w ₁) (x')	41
36'. Lluvia invernal menor de 10.2 % de la anual		37
37. Lluvia invernal mayor de 5 % de la anual	(w ₁)	41
37'. Lluvia invernal menor de 5 % de la anual	(w ₁) (w)	41
38. Lluvia invernal mayor de 10.2 % de la anual	(w ₀) (x')	41
38'. Lluvia invernal menor de 10.2 % de la anual		39
39. Lluvia invernal mayor de 5 % de la anual	(w ₀)	41
39'. Lluvia invernal menor de 5 % de la anual	(w ₀) (w)	41
40. Lluvia invernal mayor de 36 % de la anual	(s)	66
40'. Lluvia invernal menor de 36 % de la anual	(s) (x')	66
41. Con sequía intraestival colocar dos apóstrofes en la w del subtipo, ejemplos: (w ₂ "'), (w ₁ "'), (w ₀ "'); si no hay w, entonces agregar w"		66
41'. Sin sequía intraestival		42

42. Lluvias desplazadas al otoño, colocar un apóstrofo en la w del subtipo, ejemplos: (w ₂ '), (w ₁ ') o (w ₀ '); si no hay w entonces agregar w'	66
42'. Lluvias de verano o de verano y otoño, no agregar más símbolos	66
43. Régimen de lluvias de verano	44
43'. Régimen de lluvias no de verano	52
44. Lluvia invernal mayor de 10.2 % de la anual	45
44'. Lluvia invernal menor de 10.2 % de la anual	47
45. Precipitación anual expresada en cm, igual o mayor de t+10.5	46
45'. Precipitación anual expresada en cm, menor de t+10.5	BW w(x') 64
46. Coeficiente P/T mayor de 22.9	BS₁ w(x') 64
46'. Coeficiente P/T menor de 22.9	BS₀ w(x') 64
47. Precipitación anual expresada en cm, igual o mayor de t+14	48
47'. Precipitación anual expresada en cm, menor de t+14	51
48. Lluvia invernal mayor de 5 % de la anual	49
48'. Lluvia invernal menor de 5 % de la anual	50
49. Coeficiente P/T mayor de 22.9	BS₁ w 64
49'. Coeficiente P/T menor de 22.9	BS₀ w 64
50. Coeficiente P/T mayor de 22.9	BS₁ w(w) 64
50'. Coeficiente P/T menor de 22.9	BS₀ w(w) 64
51. Lluvia invernal mayor de 5 % de la anual	BW w 64
51'. Lluvia invernal menor de 5 % de la anual	BW w(w) 64
52. Régimen de lluvias intermedio	53
52'. Régimen de lluvias de invierno	61
53. Precipitación anual expresada en cm, mayor de t+7	54
53'. Precipitación anual expresada en cm, menor de t+7	59
54. Coeficiente P/T mayor de 22.9	55
54'. Coeficiente P/T menor de 22.9	57
55. Precipitación invernal mayor de 18 % de la anual	BS₁ x'(s) 69
55'. Precipitación invernal menor de 18 % de la anual	56
56. Precipitación invernal mayor de 10.2 % de la anual	BS₁ x' 60
56'. Precipitación invernal menor de 10.2 % de la anual	BS₁ x'(w) 69
57. Precipitación invernal mayor de 18 % de la anual	BS₀ x'(s) 69
57'. Precipitación invernal menor de 18 % de la anual	58
58. Precipitación invernal mayor de 10.2 % de la anual	BS₀ x' 69
58'. Precipitación invernal menor de 10.2 % de la anual	BS₀ x'(w) 69
59. Precipitación invernal mayor de 18 % de la anual	BW x'(s) 69
59'. Precipitación invernal menor de 18 % de la anual	60
60. Precipitación invernal mayor de 10.2 % de la anual	BW x' 69
60'. Precipitación invernal menor de 10.2 % de la anual	BW x'(w) 69
61. Precipitación anual expresada en cm, mayor que t	62
61'. Precipitación anual expresada en cm, menor que t	63
62. Precipitación invernal menor de 36 % de la anual	BS s(x') 69
62'. Precipitación invernal mayor de 36 % de la anual	BS s 69
63. Precipitación invernal menor de 36 % de la anual	BW s(x') 69
63'. Precipitación invernal mayor de 36 % de la anual	BW s 69

64. Con sequía intraestival colocar dos apóstrofes en la w que no tiene paréntesis: w", w"(x') o w"(w)	69
64'. Sin sequía intraestival	65
65. Lluvias desplazadas al otoño, colocar un apóstrofo en la w que no tiene paréntesis: w', w'(x') o w'(w)	69
65'. Lluvias en verano o en verano y otoño, no poner ningún símbolo	69
66. Temperatura media anual igual o mayor de 12°C	67
66'. Temperatura media anual menor de 12°C	68
67. Temperatura media del mes más caliente igual o mayor de 22°C	a 75
67'. Temperatura media del mes más caliente entre 6.5 y 22°C	b 75
68. Cuatro o más meses con temperatura media mayor de 10°C	(b') 75
68'. Menos de cuatro meses con temperatura media mayor de 10°C	c 75
69. Temperatura media anual igual o mayor de 22°C	70
69'. Temperatura media anual menor de 22°C	71
70. Temperatura media del mes más frío igual o mayor de 18°C	(h') 75
70'. Temperatura media del mes más frío menor de 18°C	(h') h 75
71. Temperatura media anual entre 18° y 22°C	72
71'. Temperatura media anual menor de 18°C	73
72. Temperatura media del mes más frío igual o mayor de 18°C	h' (h) 75
72'. Temperatura media del mes más frío menor de 18°C	h 75
73. Temperatura media anual entre 12° y 18°C	74
73'. Temperatura media anual entre 5° y 12°C	(k'') 75
74. Temperatura media del mes más caliente igual o mayor de 18°C	k 75
74'. Temperatura media del mes más caliente menor de 18°C	k' 75
75. Diferencia entre la temperatura del mes más caliente y de la del mes más frío, menor de 5°C	i 78
75'. Diferencia mayor de 5°C	76
76. Diferencia entre 5° y 7°C	(i') 78
76'. Diferencia mayor de 7°C	77
77. Diferencia entre 7° y 14°C	(e) 78
77'. Diferencia mayor de 14°C	(e') 78
78. Si el mes más caliente ocurre antes del solsticio de verano, agregue una g a la fórmula obtenida	79
78'. Si el mes más caliente ocurre en el solsticio de verano o después del solsticio de verano no agregar más letras	79
79. En los climas secos y muy secos (BS y BW) los símbolos referentes a las características térmicas deben colocarse entre los que indican el subtipo y los que indican la distribución de la precipitación; ejemplo: debe escribirse BS ₁ h'(h) w(w) y no BS ₁ w(w) h'(h).	

DIAGRAMA 1. PARA CLIMAS A

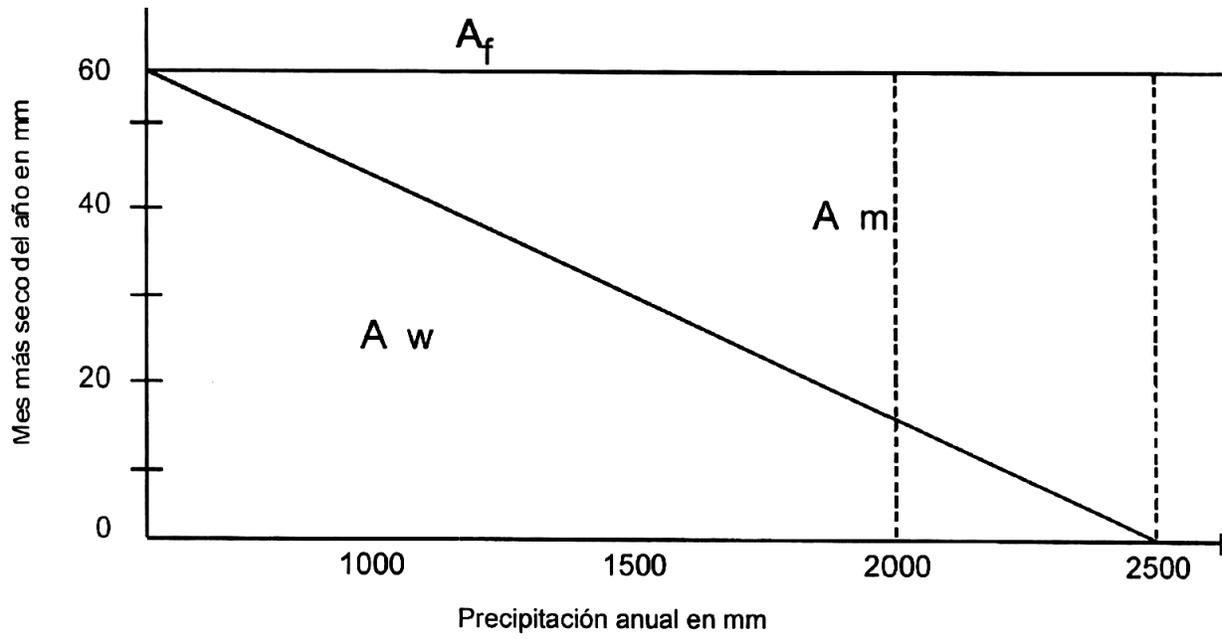
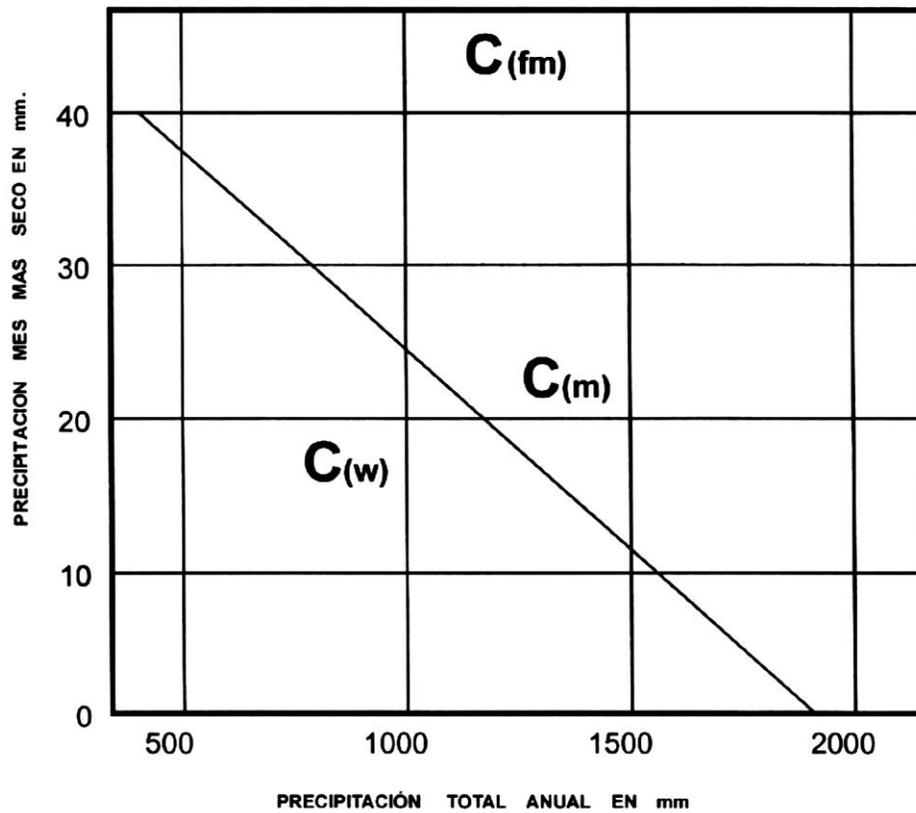


DIAGRAMA 2. PARA CLIMAS C



TERMINOLOGÍA UTILIZADA PARA LA DETERMINACIÓN CLIMÁTICA

t: temperatura media anual.

SEQUÍA INTRAESTIVAL: período de precipitación bajo, que se presenta entre dos máximos, puede evidenciarse mediante el climograma. Para mejores corroboraciones se utiliza la precipitación media anual y precipitación media de los meses húmedos.

MESES HÚMEDOS: son considerados aquellos en los que el volumen de lluvia es igual o mayor que el promedio anual.

Así la sequía intraestival se considera cuando exista un descenso de la precipitación en la mitad caliente del año, cuando el volumen de lluvia mensual que de por debajo del promedio de los meses húmedos y además, esté ubicado en medio de dos máximos de precipitación con valor por arriba del promedio de los meses húmedos.

MITAD CALIENTE DEL AÑO o MESES CALIENTES: todos aquellos meses que tengan una temperatura igual o mayor de la media anual.

MITAD FRÍA DEL AÑO: ésta corresponde a los meses de enero, febrero y marzo.

OSCILACIÓN TÉRMICA: diferencia entre la temperatura del mes más cálido y el mes más frío.

RÉGIMEN DE LLUVIAS: es el sistema de lluvias característico de una región climática, se utiliza siempre y cuando la precipitación del mes más seco sea mayor a 2.0 mm y de no serlo así entonces recurrir al climograma para ubicar los meses de máxima precipitación. Pudiéndose detectar los siguientes regímenes de lluvias o pluviométricos:

❖ **RÉGIMEN DE VERANO:** la cantidad de lluvias del mes más húmedo de la mitad caliente del año debe ser por lo menos diez veces mayor que la cantidad de lluvias del mes más seco del año, siempre y cuando éste último tenga una precipitación superior a 2.0 mm.

❖ **RÉGIMEN DE INVIERNO:** la cantidad de lluvias del mes más seco de la mitad fría del año debe ser por lo menos tres veces mayor que la cantidad de lluvias del mes más seco del año, siempre y cuando éste tenga una precipitación superior a 2.0 mm.

❖ **RÉGIMEN INTERMEDIO:** la cantidad de lluvias del mes más húmedo de la mitad caliente del año **no es** diez veces mayor que la del mes más seco, y la cantidad de lluvias del mes más húmedo de la mitad fría del año **no es** tres veces mayor que la del mes más seco, siempre y cuando éste tenga una precipitación superior a 2.0 mm.

COEFICIENTE P/T: se obtiene de dividir el valor de la precipitación total anual entre el de la temperatura media anual.

LLUVIA INVERNAL: es la suma de los valores de lluvia de enero, febrero y marzo y calculando la proporción (%) que representa con respecto de la lluvia total anual.

SÍMBOLOS REFERENTES A TIPOS SUBTIPOS Y SUBDIVISIONES CLIMÁTICAS

Af: clima cálido húmedo, con lluvias todo el año, precipitación del mes más seco mayor de 60 mm y más de 18 % de lluvia invernal con respecto a la precipitación total anual.

Af (m): clima cálido húmedo, con lluvias todo el año, precipitación del mes más seco mayor de 60 mm, lluvia invernal menor de 18 % con respecto a la precipitación total anual.

Am (f): clima cálido húmedo, con lluvias de verano, precipitación del mes más seco menor a 60.0 mm, lluvia invernal con respecto de la anual de mayor de 10.2 %.

Am: clima cálido húmedo, con lluvias de verano, precipitación del mes más seco menor de 60 mm, lluvia invernal con respecto de la anual entre 5 % y 10.2 %.

Am (w): clima cálido húmedo, con lluvias de verano, precipitación del mes más seco menor de 60 mm, lluvia invernal menor del 5 % con respecto de la anual.

A (w₂): clima subhúmedo, el más húmedo de los subhúmedos, con lluvias en verano, coeficiente P/T mayor de 55.3; lluvia invernal con respecto de la anual entre 5 % y 10.2 %.

A (w₁): clima cálido subhúmedo, intermedio entre los subhúmedos, con lluvias de verano, coeficiente P/T entre 55.3 y 43.2, lluvia invernal con respecto de la anual entre 5 % y 10.2 %.

A (w₀): clima cálido subhúmedo, el más seco de los subhúmedos, con lluvias en verano, coeficiente P/T menor de 43.2, lluvia invernal con respecto de la anual entre 5 % y 10.2 %.

(x'): a continuación de la (w) que marca el subtipo, indica una proporción de lluvia invernal con respecto de la anual, mayor de 10.2 %. **Ejemplos: A (w₂) (x'), A (w₁) (x')**.

(w): a continuación de la (w) que marca el subtipo, indica una proporción de lluvia invernal con respecto de la anual menor de 5 %. **Ejemplos: A (w₂)(w), A (w₁)(w)**.

A(C): clima semicálido, se subdivide en los mismos subtipos y subdivisiones climáticas que los cálidos (grupos A), y se emplea la misma simbología y descripción, sólo se sustituye a A por A(C), y el nombre cálido por semicálido.

(A)C: clima semicálido, se subdivide en los mismos subtipos y subdivisiones climáticas que los templados (grupos C), y se emplea la misma simbología y descripción, sólo se sustituye a C por (A)C, y el nombre templado por semicálido.

C(f): clima templado húmedo con lluvias todo el año, precipitación del mes más seco mayor de 40 mm y más de 18 % de lluvia invernal con respecto de la anual.

C (fm): clima templado húmedo con lluvias todo el año, precipitación del mes más seco mayor de 40 mm, lluvia invernal menor de 18 % con respecto de la anual.

C (m): clima templado húmedo con lluvias de verano, precipitación del mes más seco menor de 40 mm, lluvia invernal mayor de 5 % con respecto de la anual.

C (m) (w): clima templado húmedo con lluvias de verano, precipitación del mes más seco menor de 40 mm, lluvia invernal menor de 5 % con respecto de la anual.

C (w₂): clima templado subhúmedo, el más húmedo de los subhúmedos, con lluvias de verano, coeficiente P/T entre 55.0, lluvia invernal entre 5 % y 10.2 % de la precipitación total anual.

C (w₁): clima templado subhúmedo, intermedio entre los subhúmedos, con lluvias de verano, coeficiente P/T mayor de 55.0 y 43.2, lluvia invernal entre 5 % y 10.2 % de la precipitación total anual.

C (w₀): clima templado subhúmedo, el más seco de los subhúmedos, con lluvias de verano, coeficiente P/T menor de 43.2, lluvia invernal entre 5 % y 10.2 % de la precipitación total anual.

(x'): a continuación de la (w) que marca el subtipo, indica una proporción de lluvia invernal con respecto de la anual mayor de 10.2 %. **Ejemplos: C (w₂)(x'), C (w₁)(x')**

(w): a continuación de la (w) que marca el subtipo, indica una proporción de lluvia invernal con respecto de la anual menor de 5 %. **Ejemplos: C (w₂)(w), C (w₁)(w)**

Cs: clima templado húmedo, con lluvias en invierno, lluvia invernal mayor de 36 % con respecto a la precipitación total anual.

Cs (x'): clima templado húmedo, con lluvias en invierno, lluvia invernal menor de 36 % con respecto a la precipitación total anual.

C (x'): clima templado subhúmedo, con lluvias todo el año, si el máximo de precipitación es en invierno no debe llegar a ser 3 veces mayor que la precipitación del mes más seco y si cae en verano no debe llegar a ser 10 veces mayor que la precipitación del mes más seco.

BW: clima muy seco.

BS₁: clima seco, el menos seco de los BS

BS₀: clima seco, el más seco de los BS.

E (T) HC: clima frío, con temperatura media anual entre -2 °C y 5 °C, temperatura del mes más frío superior a 0 °C y la del mes más caliente entre 0 °C y 6.5 °C.

E (T) H: clima frío, con temperatura media anual entre -2 °C y 5 °C, temperatura del mes más caliente entre 0 °C y 6.5 °C.

EF: clima frío, con temperatura media anual menor a -2 °C y temperatura del mes más caliente inferior a 0 °C .

SÍMBOLOS USADOS EN LOS CLIMAS AC Y C (se refieren a las condiciones térmicas del verano)

a: verano cálido, temperatura media del mes más caliente superior a 22 °C .

b: verano fresco y largo, temperatura media del mes más caliente inferior a 22 °C .

SÍMBOLOS USADOS EN LOS CLIMAS C Y QUE MODIFICAN EL NOMBRE DADO POR LA TEMPERATURA MEDIA ANUAL

(b'): semifrío, con verano fresco y largo, temperatura del mes más caliente entre 6.5 °C y 22 °C , temperatura media anual entre 5 °C y 12 °C .

c: semifrío con verano fresco y corto, temperatura media anual entre 5 °C y 12 °C , temperatura del mes más caliente entre 6.5 °C y 22 °C y menos de cuatro meses con temperatura mayor a 10 °C .

SÍMBOLOS USADOS EN LOS CLIMAS B (se refieren a las condiciones térmicas de todo el año)

(h'): muy cálido, temperatura media anual mayor de 22 °C y la del mes más frío superior a 18 °C .

(h') h: cálido, temperatura media anual superior a 22 °C y la del mes más frío inferior a 18 °C .

h' (h): semicálido, temperatura media anual entre 18 °C y 22 °C y la del mes más frío superior a 18 °C .

h: semicálido, con verano fresco, temperatura media anual entre 18 °C y 22 °C y la del mes más frío inferior a 18 °C .

k: templado con verano cálido, temperatura media anual entre 12 °C y 18 °C , temperatura del mes más frío entre -3 °C y 18 °C y la del mes más caliente superior a 18 °C .

(k'): templado con verano fresco, temperatura media anual entre 12 °C y 18 °C , temperatura del mes más frío entre -3 °C y 18 °C y la del mes más caliente inferior a 18 °C .

(k''): semifrío, temperatura media anual entre 5 °C y 12 °C , la temperatura del mes más frío entre -3 °C y 18 °C y la del mes más caliente menor de 18 °C .

**SÍMBOLOS REFERENTES A LA OSCILACIÓN TÉRMICA ANUAL DE LAS
TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES Y QUE SE USAN PARA TODOS LOS
CLIMAS**

i: isotermal, oscilación térmica menor de 5 °C.

(i'): con poca oscilación térmica, entre 5 °C y 7 °C.

(e): extremoso, oscilación térmica entre 7 °C y 14 °C.

(e'): muy extremoso, oscilación térmica superior a 14 °C.

**SÍMBOLOS REFERENTES A LA MARCHA TÉRMICA ANUAL (MARCHA ANUAL DE
LA TEMPERATURA), PARA TODOS LOS CLIMAS**

g: marcha anual de la temperatura tipo Ganges, mes más caliente antes del solsticio de verano.

g': marcha anual de la temperatura típica, si el mes más caliente ocurre el solsticio de verano (21 al 22 de junio) o después de junio.

**SÍMBOLOS REFERENTES A LA MARCHA DE LA PRECIPITACIÓN SÓLO PARA LOS
CLIMAS SUBHÚMEDOS, SECOS Y MUY SECOS, CON RÉGIMEN PLUVIAL DE
VERANO**

w: mes más lluvioso en verano, régimen de lluvias de verano o de verano-otoño, mitad caliente del año.

w': mes más lluvioso muy desplazado hacia el otoño.

w'': sequía intraestival, dos estaciones de sequía, una larga en el invierno y una corta durante el verano en medio de los meses de alta precipitación.

NOTA: en esta simbología, los apóstrofes, se colocan en el signo correspondiente al subtipo en los climas subhúmedos. En otros climas se coloca el símbolo completo después de los signos correspondientes a las características térmicas del verano.

PRÁCTICA 6. LOS PISOS BIOCLIMÁTICOS

1. INTRODUCCIÓN

Una de las herramientas más utilizada por los biólogos es la observación en campo, permite al investigador obtener datos nuevos o simplemente corroborar observaciones realizadas ya sea en fotografía de satélite o en fotografías aéreas.

Cuando un estudiante de biología inicia sus propias observaciones es conveniente que lo hagan directamente en contacto con la naturaleza, lo que le permite obtener habilidades que directamente estarán relacionadas con su carrera y en un momento dado con la elaboración de su tesis.

Un aspecto importante para entender el porqué de la distribución de la vegetación y el suelo, incluyendo a todos los organismos relacionados con estos factores, lo representa el clima, el mismo juega un papel modificador sobre los primeros, desde este punto de vista los cambios que se den en los elementos climáticos se manifestarán en las modificaciones en la biodiversidad y esta a su vez en los climas.

Si bien, en el salón de clases podemos obtener teóricamente los tipos de climas, suelos y vegetación, sus relaciones quedan más claras con el trabajo en campo y el alumno junto con el profesor podrán experimentar la satisfacción de despertar o aumentar la capacidad de observación, aunada a la aplicación de ciertas técnicas que permitan definir el porqué de la diferenciación climática, los cambios de vegetación y la respuesta de ésta a los diferentes tipos de suelos, así como el papel que juegan factores como: altitud, latitud, orografía, etc., que permiten entender el trinomio CLIMA-SUELO-VEGETACIÓN.

La bioclimatología se considera como un factor básico para clasificar y delimitar los ecosistemas de la Tierra de una forma estandarizada, robusta, predictiva y práctica a escalas adecuadas para su manejo. Además, se ha aplicado en programas de estudio y conservación de la biodiversidad y de los hábitats, en el pronóstico para la obtención de recursos agrícolas y forestales, y en la determinación de futuros escenarios climáticos y de vegetación.

Las clasificaciones bioclimáticas intentan aclarar las relaciones entre los valores registrados de temperatura y precipitación y la distribución biogeográfica, en particular de las plantas y las fitocenosis.

La bioclimatología, que también podría denominarse Fitoclimatología, es una ciencia ecológica que estudia la relación entre el clima y la distribución de los seres vivos y sus comunidades en la Tierra. Esta disciplina comenzó a tomar forma cuando se vinculó con los valores medios climáticos de temperatura y precipitación y con los valores en áreas ocupadas por plantas y formaciones vegetales. En las últimas décadas ha incorporado información sobre la biocenosis y el conocimiento obtenido de fitosociología dinámica concatenada, a saber, el sigmetum, geosigmetum y geopermasigmetum (serie de vegetación, geoserie y geopermaseries), (Rivas *et al.* 2011)

Los gradientes altitudinales, las alternancias de sustrato y la historia geológica y paleobiogeográfica son responsables de la disposición de corredores y barreras biológicas, que hacen del país, y en particular de Michoacán, un escenario ideal para la investigación vegetacional (Fig. 16), bioclimática y florística (Medina 2016)

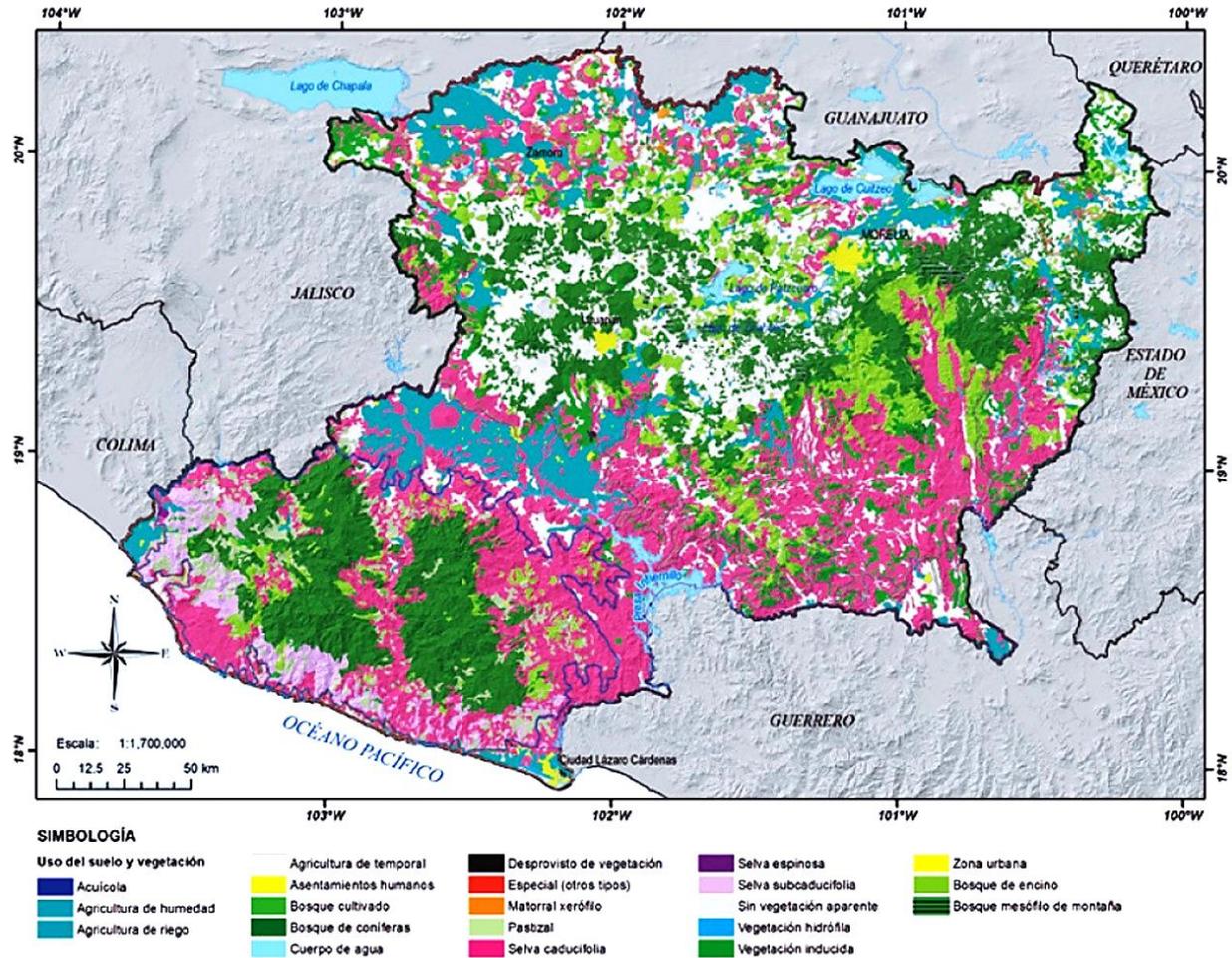


FIGURA 1. Uso del suelo y vegetación. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI s/a.

Figura 16. Tipos de vegetación de Michoacán de acuerdo con Ihl y Bautista (2019)

Por lo tanto, de acuerdo con Rivas (2010), (Fig. 17) ... "Los pisos bioclimáticos son cada uno de los tipos de condiciones climáticas que se suceden en una cliserie altitudinal o latitudinal. Se delimitan en función de los factores termoclimáticos (It, Itc, Tp) y ombroclimáticos (Io). Cada piso bioclimático posee unas determinadas formaciones y comunidades vegetales: los pisos de vegetación. Aunque el fenómeno de la zonación tiene jurisdicción universal y los valores umbrales ombroclimáticos (Io) son equivalentes, los termoclimáticos (It, Itc, Tp) difieren algo en la mayoría de los macrobioclimas." ...

Es importante también definir qué tipos de suelos se pueden presentar en los diferentes pisos bioclimáticos, en particular los relacionados con las áreas donde se realizarán los perfiles de vegetación y clima del estado de Michoacán.

MACROBIOCLIMAS	BIOCLIMAS	ABREVIACIONES
Tropical (Tr)	Tr. pluvial	trpl
	Tr. pluviestacional	trps
	Tr. xérico	trxe
	Tr. desértico	trde
	Tr. hiperdesértico	trhd
Mediterráneo (Me)	Me. pluviestacional oceánico	mepo
	Me. pluviestacional continental	mepc
	Me. xérico oceánico	mexo
	Me. xérico continental	medc
	Me. desértico oceánico	medo
	Me. desértico continental	medc
	Me. hiperdesértico oceánico	meho
Me. hiperdesértico continental	mehc	
Templado (Te)	Te. hiperoceánico	teho
	Te. oceánico	teoc
	Te. continental	teco
	Te. xérico	texe
Borel (Bo)	Bo. hiperoceánico	boho
	Bo. oceánico	booc
	Bo. subcontinental	bosc
	Bo. continental	boco
	Bo. hipercontinental	boh
Polar (Po)	Po. xérico	boxe
	Po. hiperoceánico	poho
	Po. oceánico	poo
	Po. continental	poco
	Po. xérico	poxe
	Po. pergélido	pope

Figura 17. Pisos bioclimáticos de acuerdo a Rivas (2010)

TIPOS DE SUELOS EN EL ESTADO DE MICHOACÁN (Fig. 18)

Los andosoles son suelos jóvenes (predominantes en la subprovincia fisiográfica Neovolcánica-Tarasca y en la zona de transición hacia la depresión del Tepalcatepec)

Los vertisoles, suelos profundos a someros, de color negro, con un alto contenido de arcilla, favorecida por la presencia de humedad (dominan en llanuras de las subprovincias Depresión del Tepalcatepec, Sierras y Bajíos Michoacanos y Chapala)

Los luvisoles son suelos profundos de textura arcillosa (se distribuyen asociados principalmente a las subprovincias fisiográficas Cordillera Costera del Sur, Costas del Sur y Escarpa Limítrofe del Sur donde en ocasiones se relacionan con ciertos bosques de pino-encino)

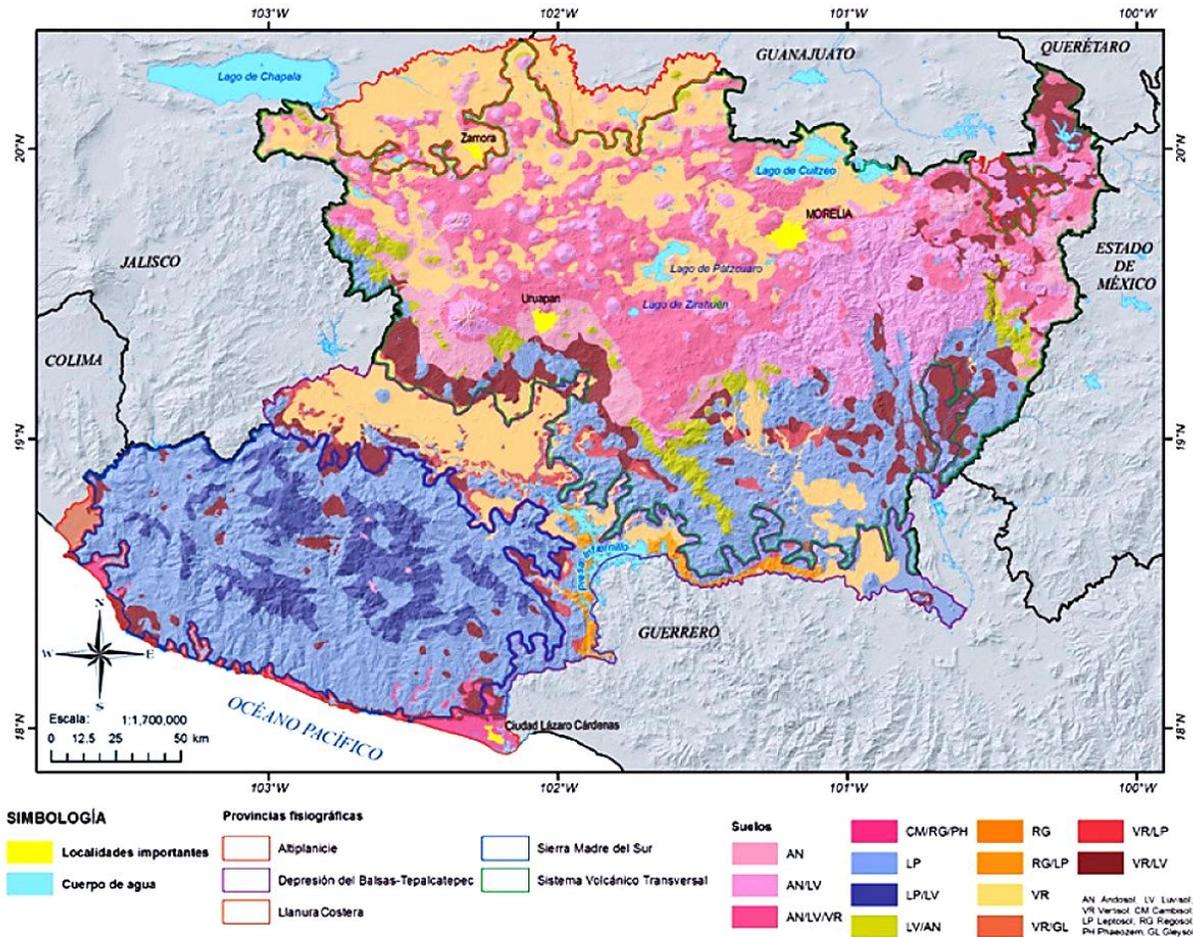


FIGURA 4. Suelos. Fuente: elaboración propia con datos de la Serie I y II de INEGI 2000, 2002.

Figura 18. Tipos de suelos de Michoacán (Bedolla-Ochoa *et al.* 2019)

Los leptosoles y los regosoles son suelos someros, jóvenes, de grises a negros y pobres en materia orgánica; en el primer caso se desarrollan bien sobre rocas duras o sobre depósitos de gravas o piedras; los segundos lo hacen sobre materiales no consolidados, alterados y de textura fina (ambos se localizan en áreas escarpadas y zonas de aluviones de los sistemas montañosos del sur de la Sierra Madre del Sur)

Los feozems están caracterizados por poseer una marcada acumulación de materia orgánica (se localizan en la parte meridional preferentemente en zonas de barranca con abundante vegetación)

2. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

2.1. Objetivos

- Realizar observaciones en campo de los tipos de vegetación y suelos, para elaborar un perfil bioclimático.

- Determinar las variables de altitud, temperatura del aire, presión atmosférica y humedad relativa, que permitan al alumno establecer la circulación local y sus efectos microclimáticos.

- Llevar a cabo mediciones de presión atmosférica, temperatura del aire y humedad relativa, para que, junto con los datos de clima, suelo y vegetación realicen una gráfica de un perfil altitudinal.

2.2. Materiales y Equipo

Termómetro
Barómetro y altímetro
Higrómetro
GPS

a) Recorridos:

➤ PROVINCIA EJE NEOVOLCÁNICO: SUBPROVINCIA MIL CUMBRES (RH12 LERMA-CHAPALA-SANTIAGO: 12G PÁTZCUARO-CUITZEO. RH18 BALSAS: 18G RÍO CUTZAMALA, 18J RÍO TACÁMBARO) Morelia>Sierra de Oztumatlán (Laguna Larga)

➤ PROVINCIA SIERRA MADRE DEL SUR: SUBRPOVINCIA COSTAS DEL SUR, DEPRESIÓN DEL BALSAS, DEPRESIÓN DEL TEPALCATEPEC, ESCARPA LÍMITROFE DEL SUR, NEOVOLCÁNICA TARASCA (RH17 COSTA DE MICHOACÁN: 17B RÍO CACHÁN O COALCOMÁN. RH18 BALSAS: 17J RÍO TEPALCATEPEC, 18I RÍO CUPATITZIO. RH12 LERMA-CHAPALA-SANTIAGO: 12G PÁTZCUARO-CUITZEO) Costa>Sierra Madre del Sur>Depresión del Balsas>. PROVINCIA EJE NEOVOLCÁNICO: SUBPROVINCIA MIL CUMBRES (RH12 LERMA-CHAPALA-SANTIAGO: 12G PÁTZCUARO-CUITZEO.

b) En cada parada de observación se dará una plática sobre los tipos de suelos, dominantes fisionómicas de la vegetación y el posible clima.

c) En cada una de las estaciones de observación se determinarán los siguientes parámetros:

- Localidad y coordenadas
- Altitud
- Temperatura del aire
- Humedad relativa
- Presión atmosférica
- Vegetación
- Suelos
- Clima

d) Elaborar un cuadro comparativo de todas las localidades.

e) Hacer un perfil bioclimático (Fig. 19), considerando clima-suelo-vegetación del trayecto recorrido, coloca en eje de las “X” las localidades a las distancias determinadas y en el de las “Y” las altitudes.

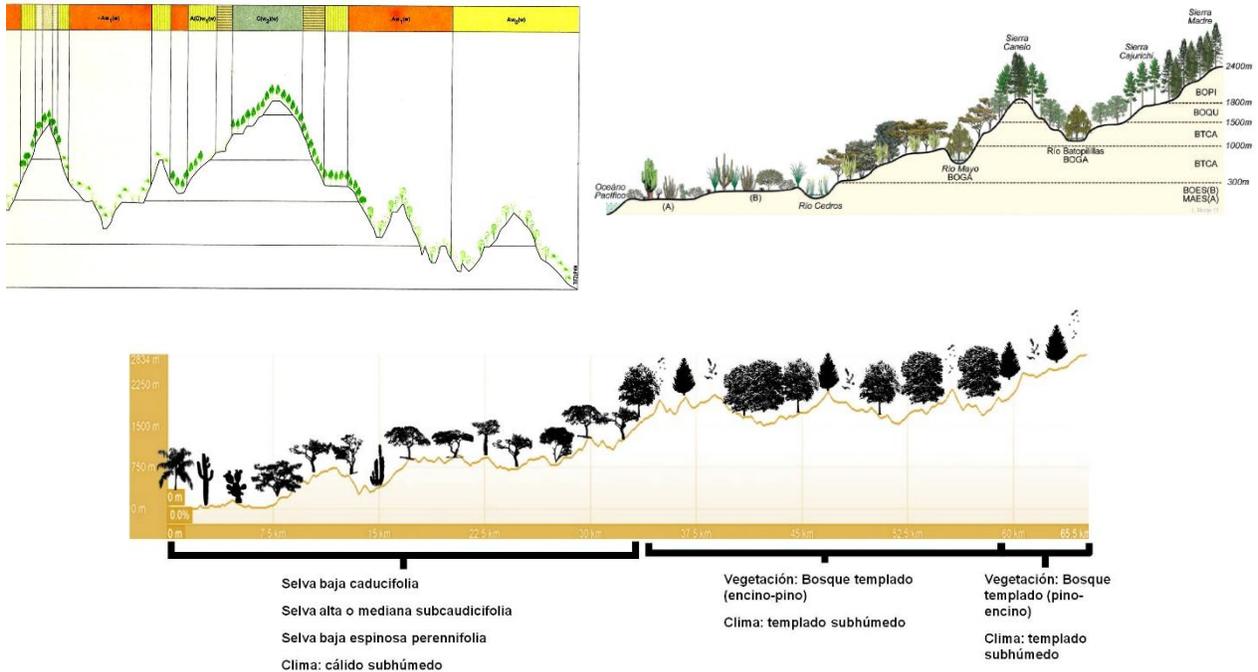
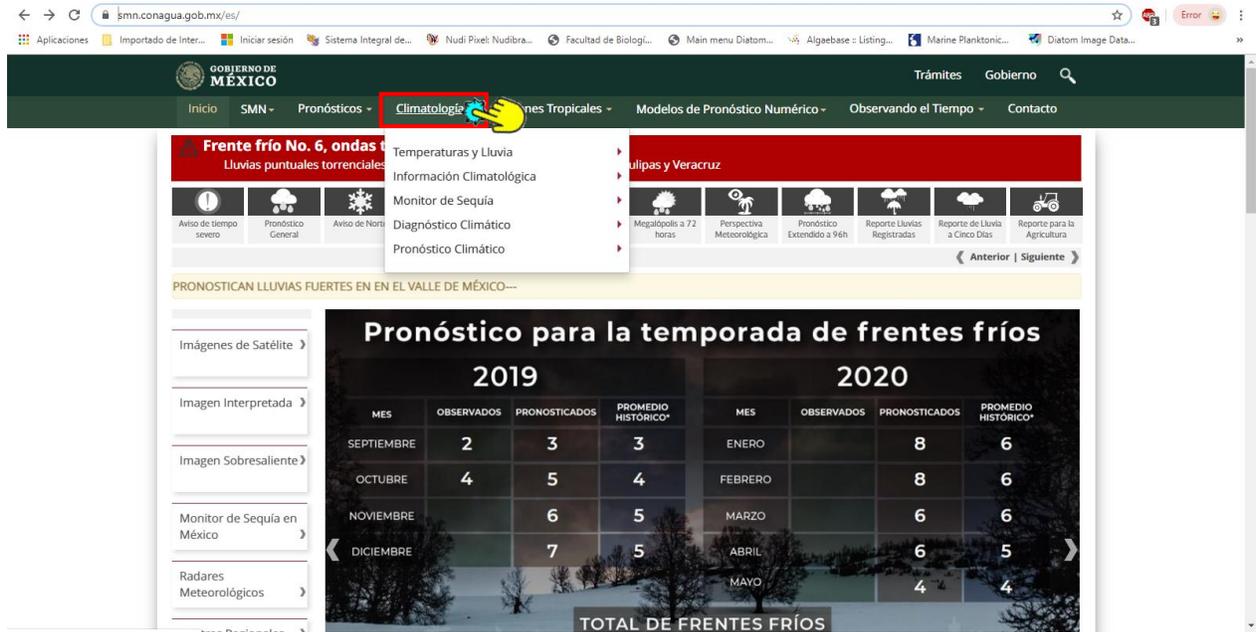


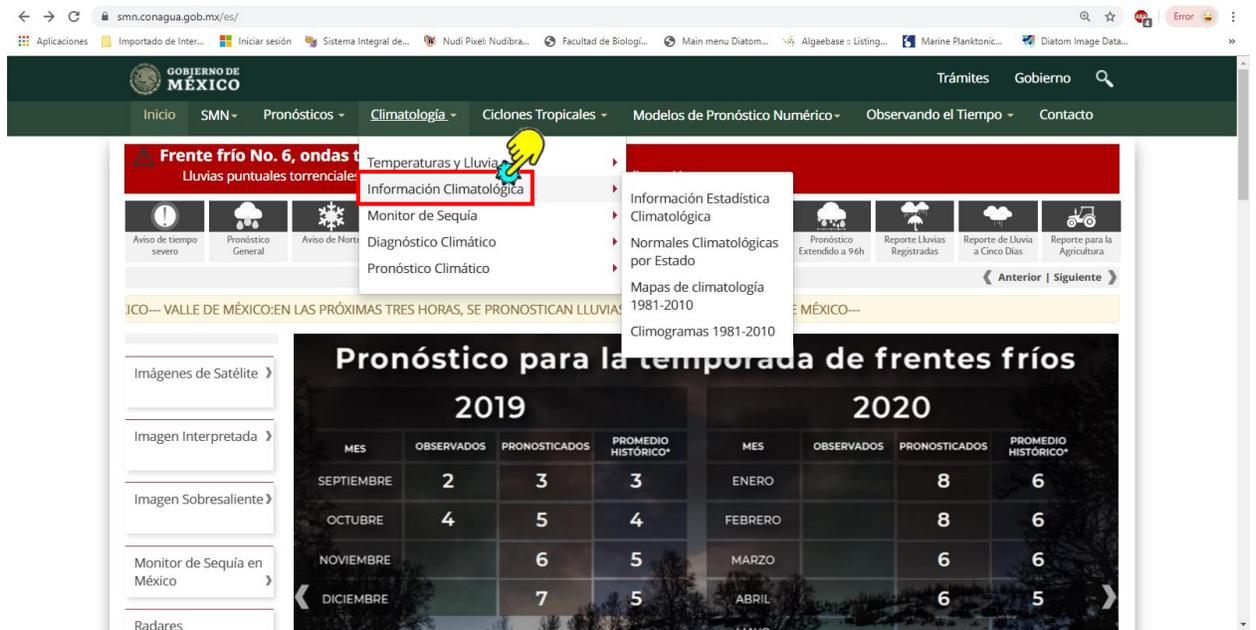
Figura 19. Ejemplos de perfiles altitudinales y pisos bioclimáticos.

Podemos aprovechar la herramienta de Google Earth Pro, para poder trazar un perfil de acuerdo a los recorridos que se realicen en la práctica de campo. Para realizarlo debemos utilizar los siguientes pasos:

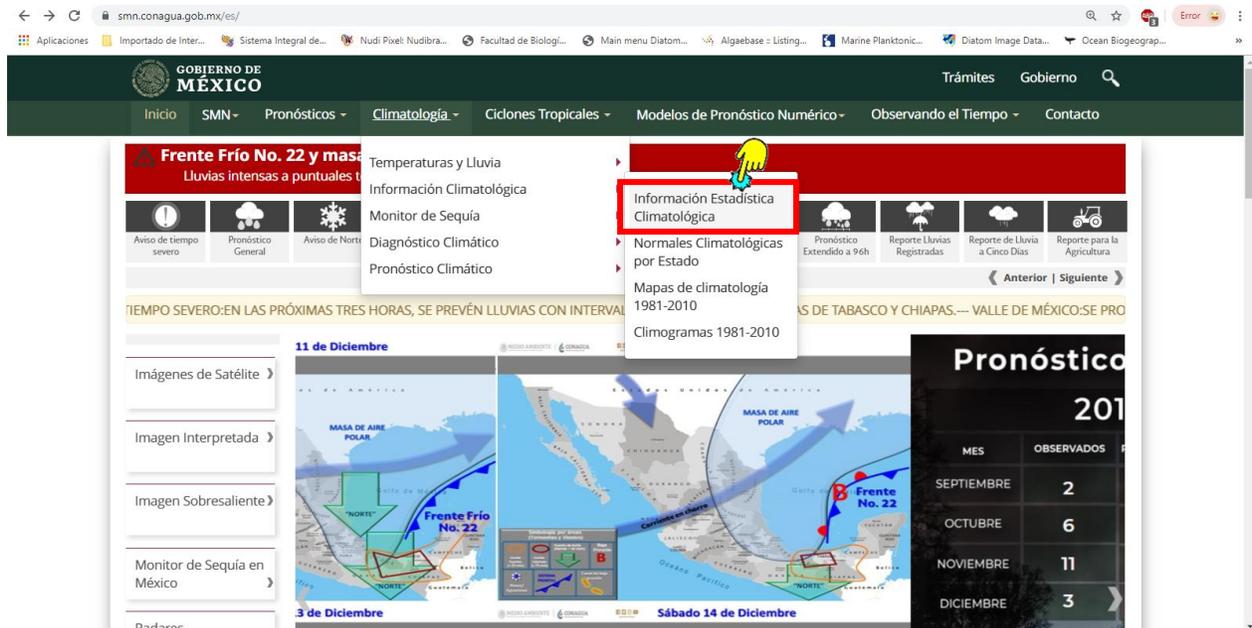
- Accesar a la página del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) (<https://smn.conagua.gob.mx/es/>)
- Abrir el link y seleccionar la casilla de Climatología



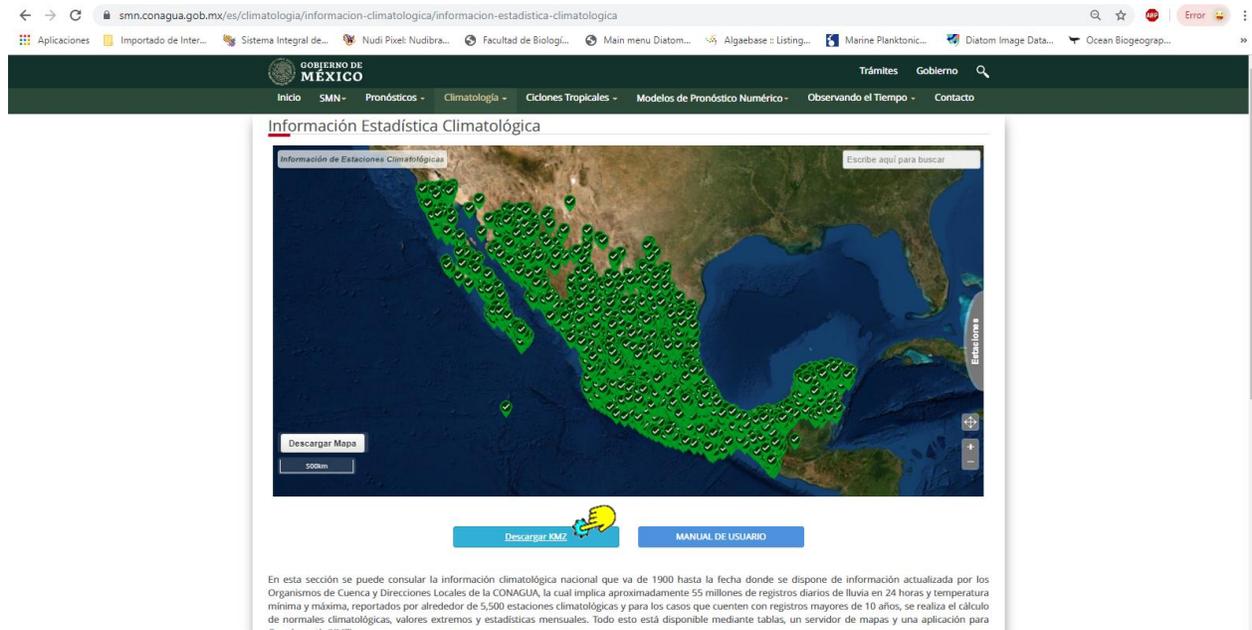
c) Seleccionar la casilla de Información Climatológica

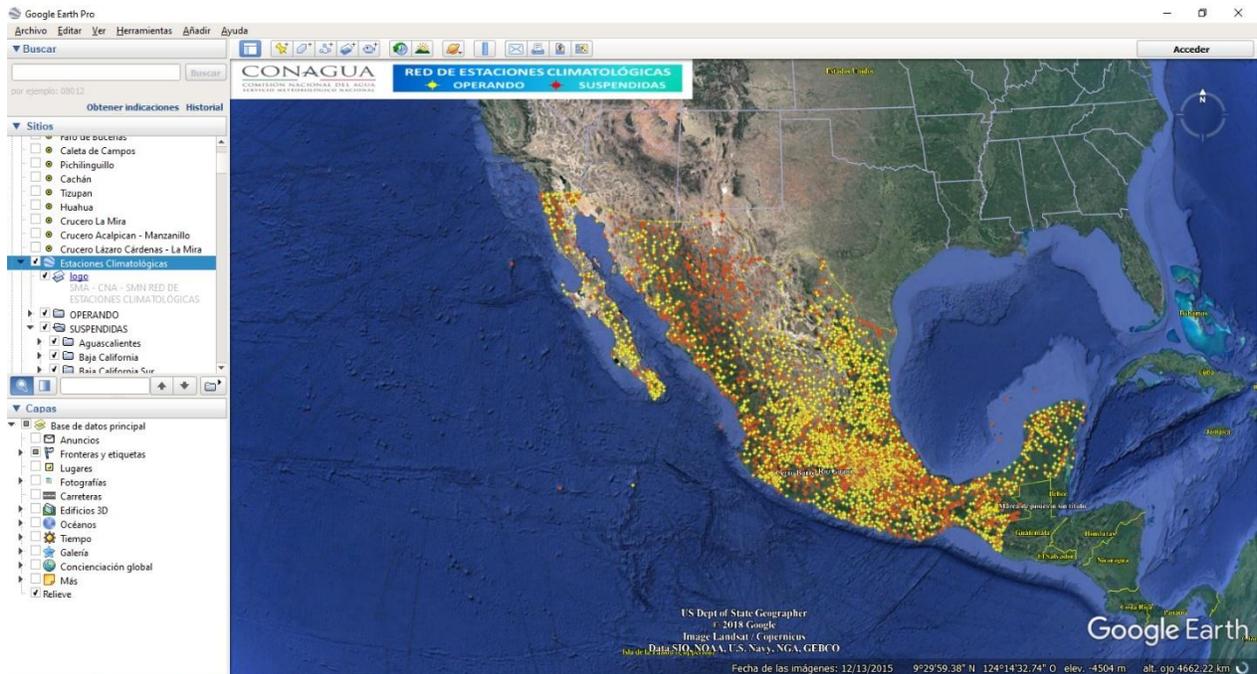


d) Seleccionar la casilla de Información Estadística Climatológica

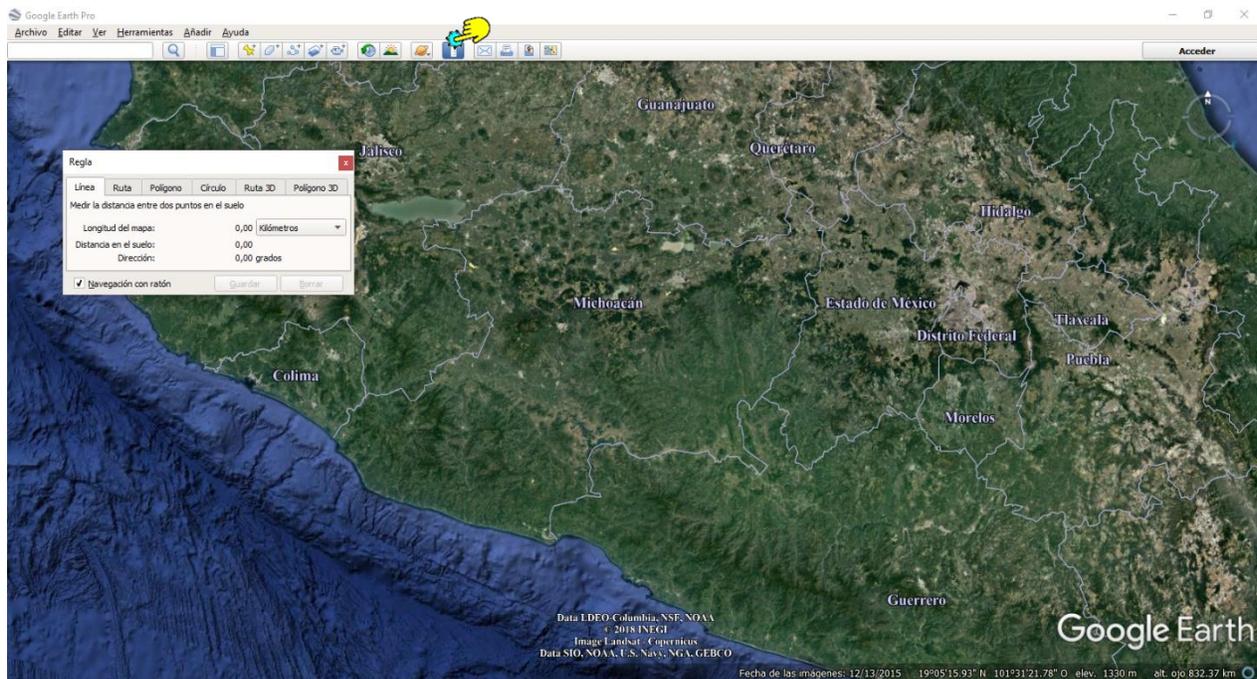


f) Esperar a que aparezca la imagen de la República Mexicana con las estaciones meteorológicas, y después elegir Descargar KMZ para darlas de alta en Google Earth Pro (Fig. 42), donde aparecerán de manera automática.

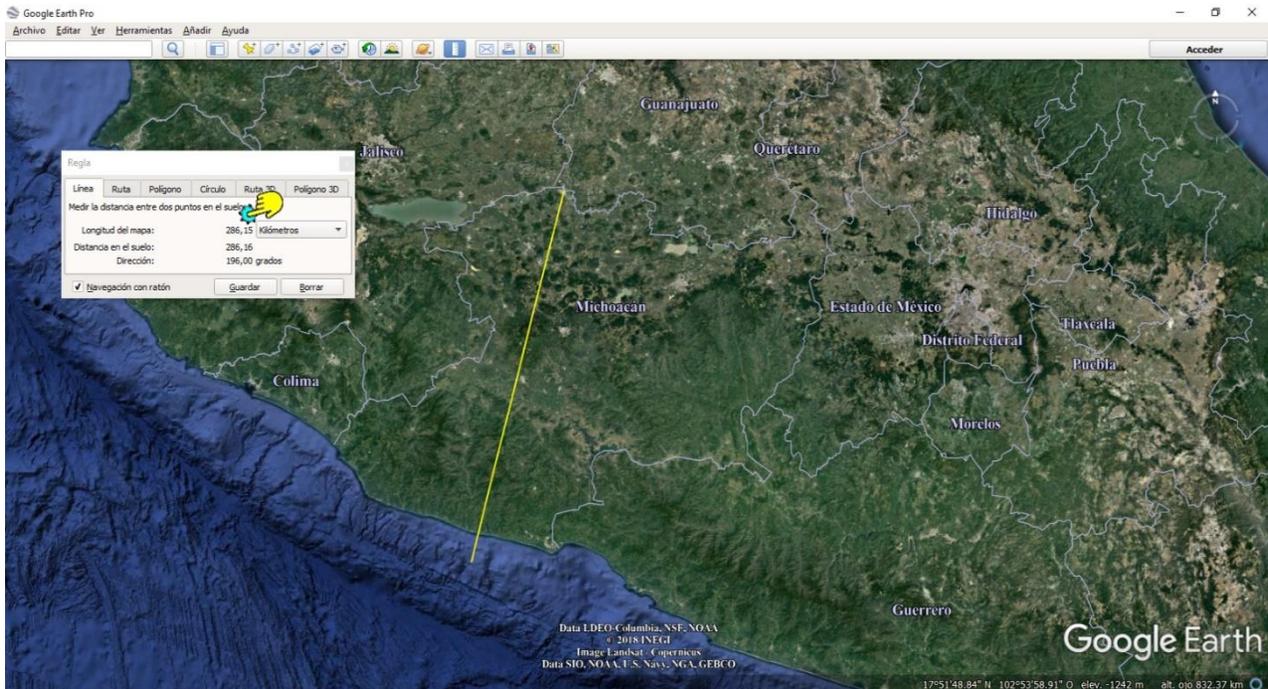




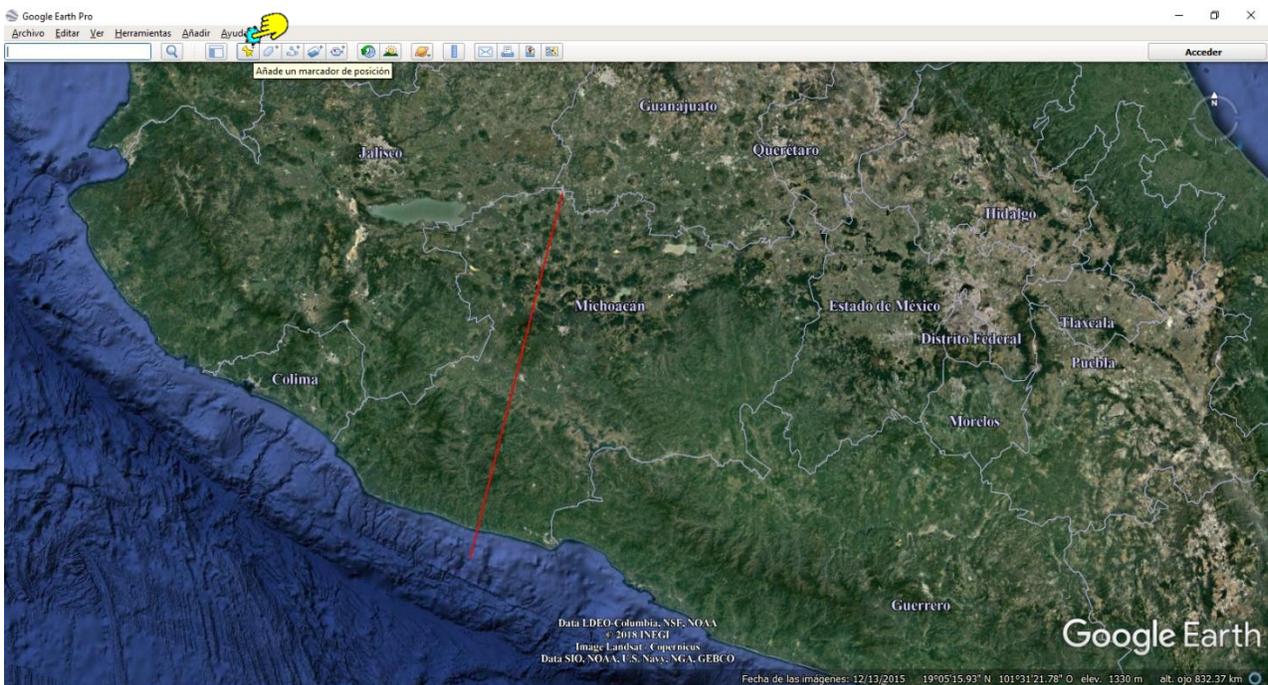
g) Una vez dadas de alta las estaciones se procederá a trazar el perfil elegido, para lo cual se utilizará la herramienta de Mostrar Regla.



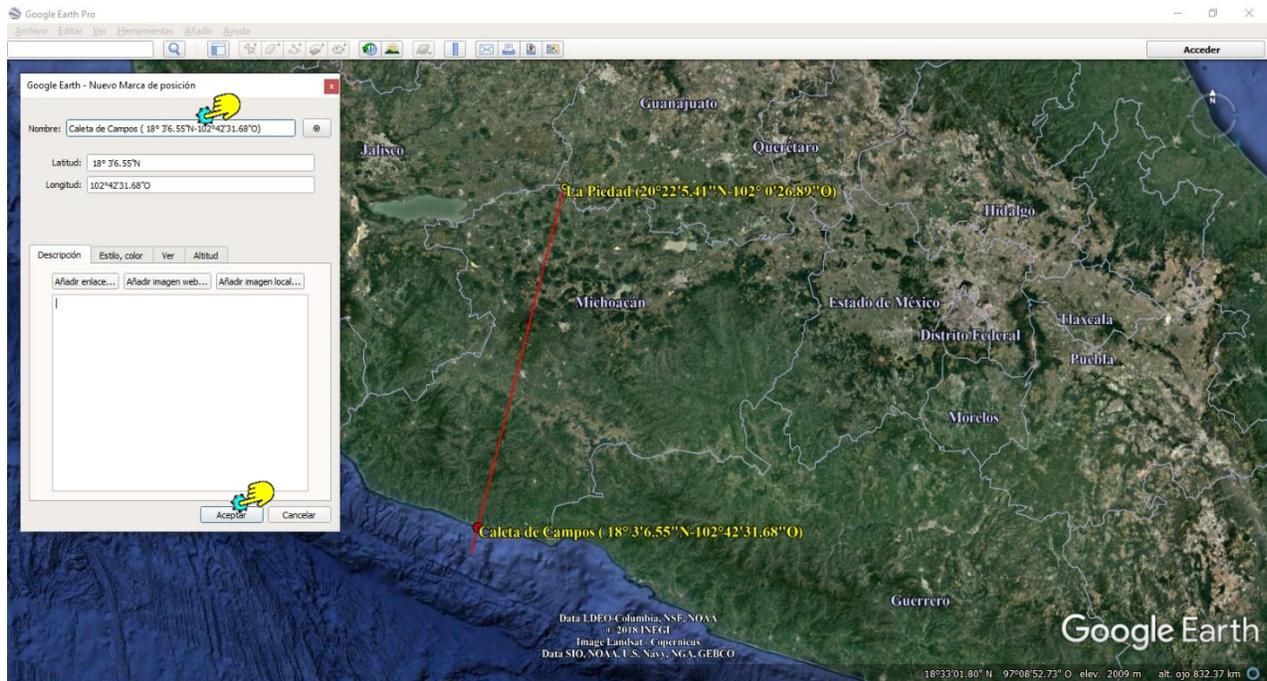
h) Con esta herramienta trazamos el transecto elegido, el cual debe abarcar como mínimo 200 km y deberá de atravesar el estado en dirección noreste-suroeste, para que queden representados varios tipos, subtipos y subdivisiones climáticas y tipos de vegetación, también es conveniente que, si el transecto elegido llega a la zona costera, éste quede unos 25 km mar adentro, para que nos quede en el perfil la zona de playa.



i) A continuación se deberán de marcar las coordenadas extremas del transecto para el cual se debe utilizar la herramienta de Añadir un marcador de posición.

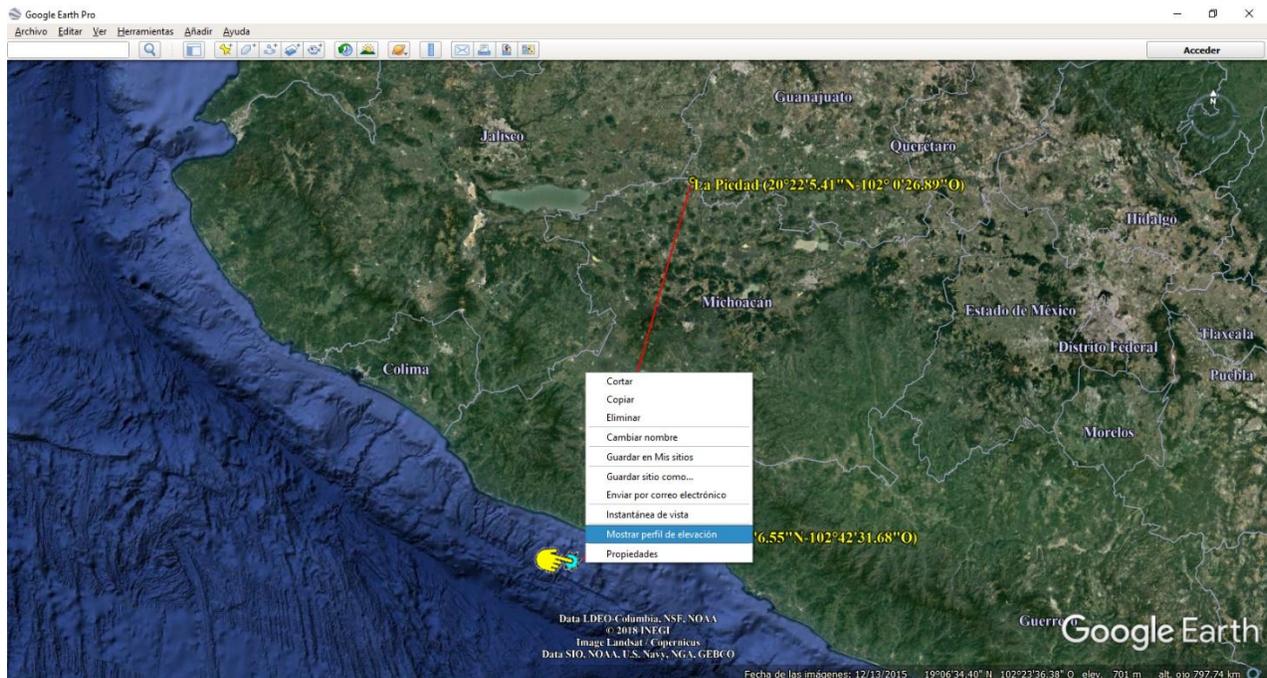


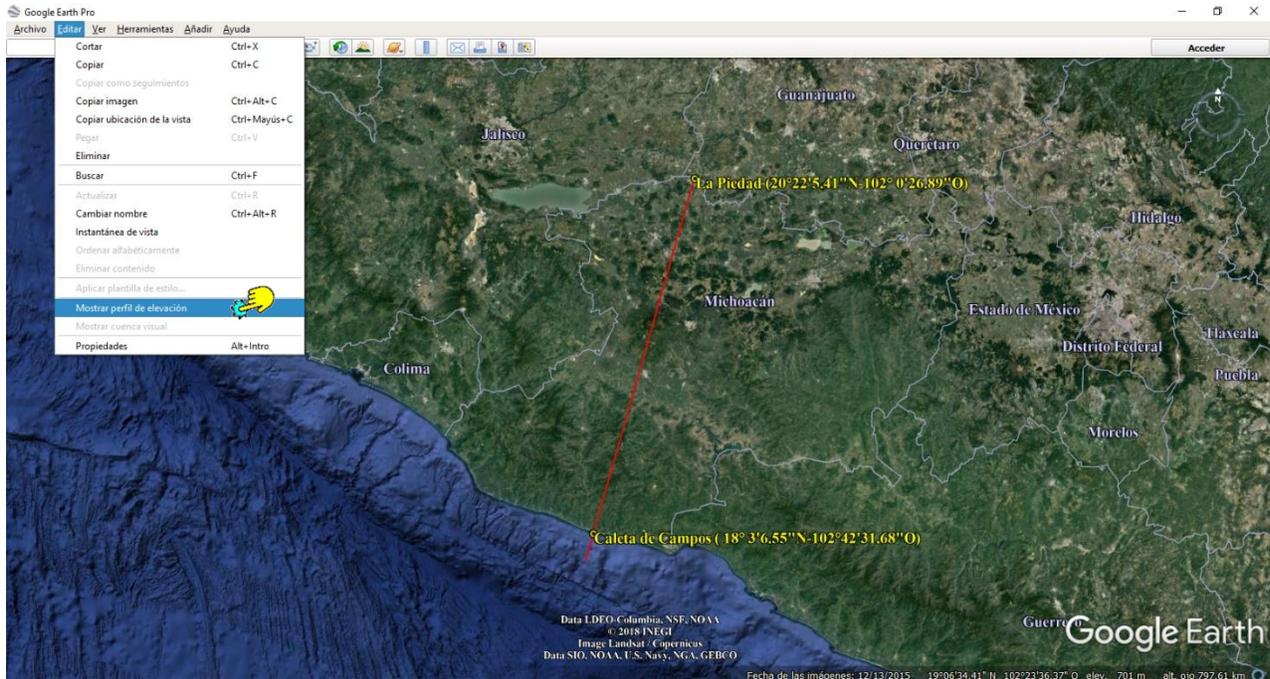
j) Las coordenadas de los extremos elegidos se presentan dentro del recuadro de añadir un marcador de posición, solamente hay que copiarlas y pegarlas en el Nombre y elegir aceptar.



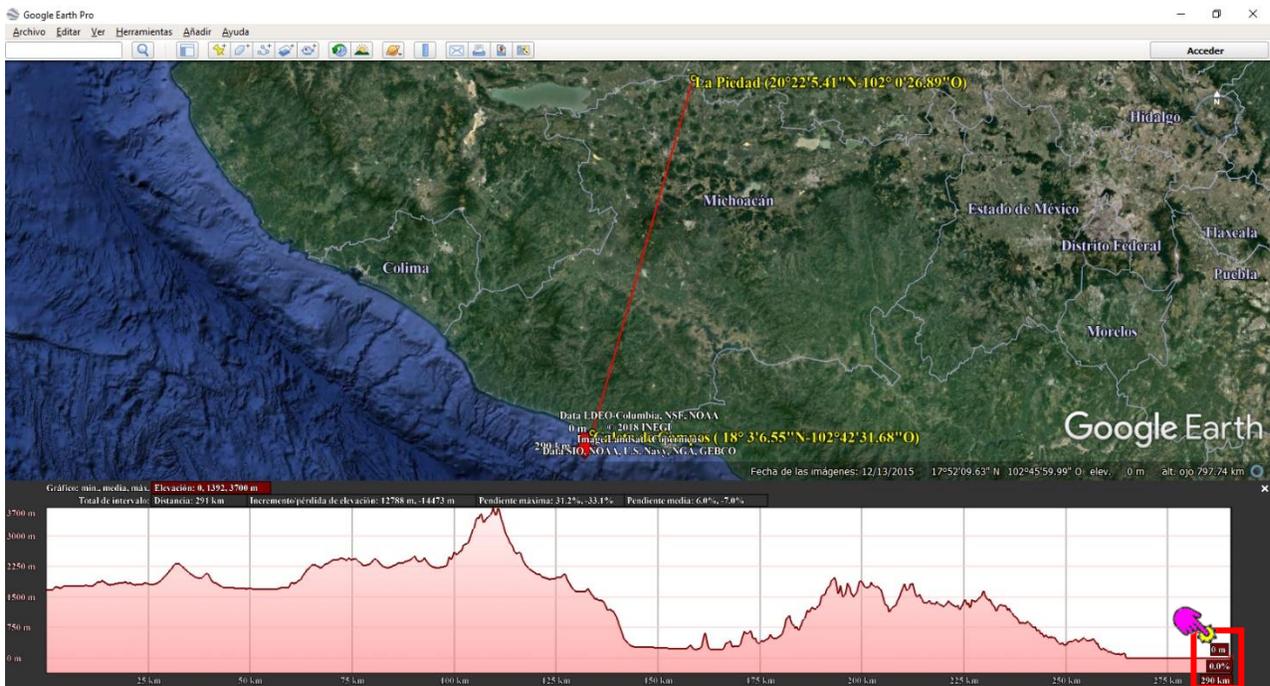
k) Trazado el transecto se procede a utilizar la herramienta Mostrar perfil de elevación, lo cual se puede realizar de tres maneras:

- Colocando el puntero sobre el extremo suroeste del transecto y darle "clic" derecho para elegir la opción "Mostrar perfil de elevación" y listo automáticamente aparece nuestro perfil.

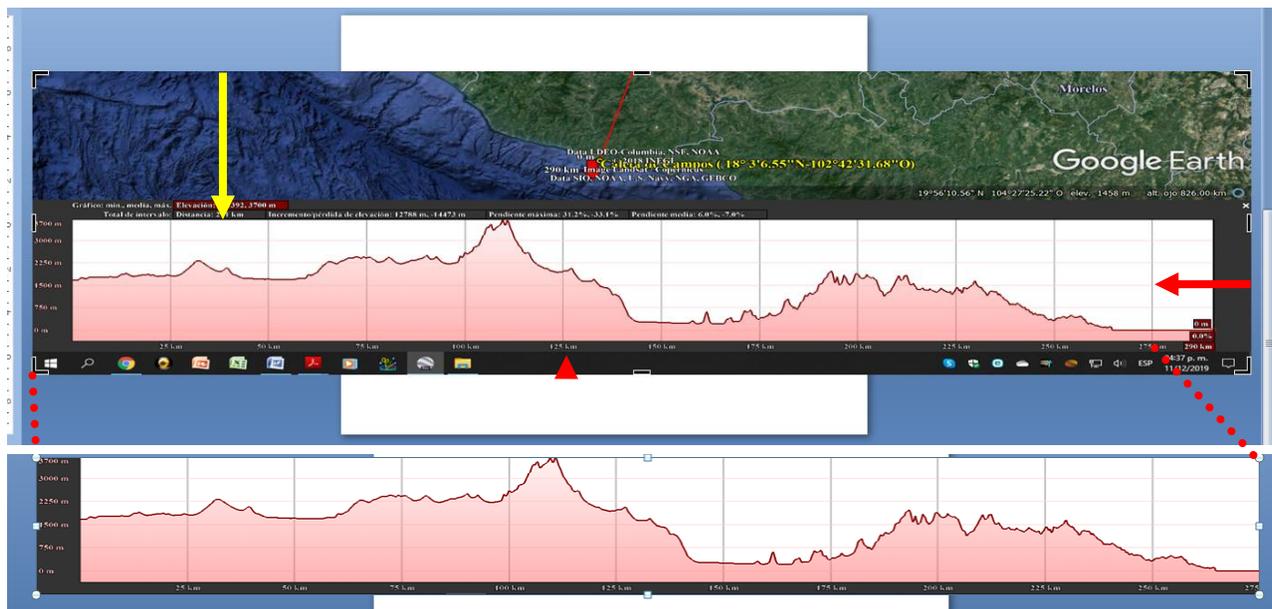
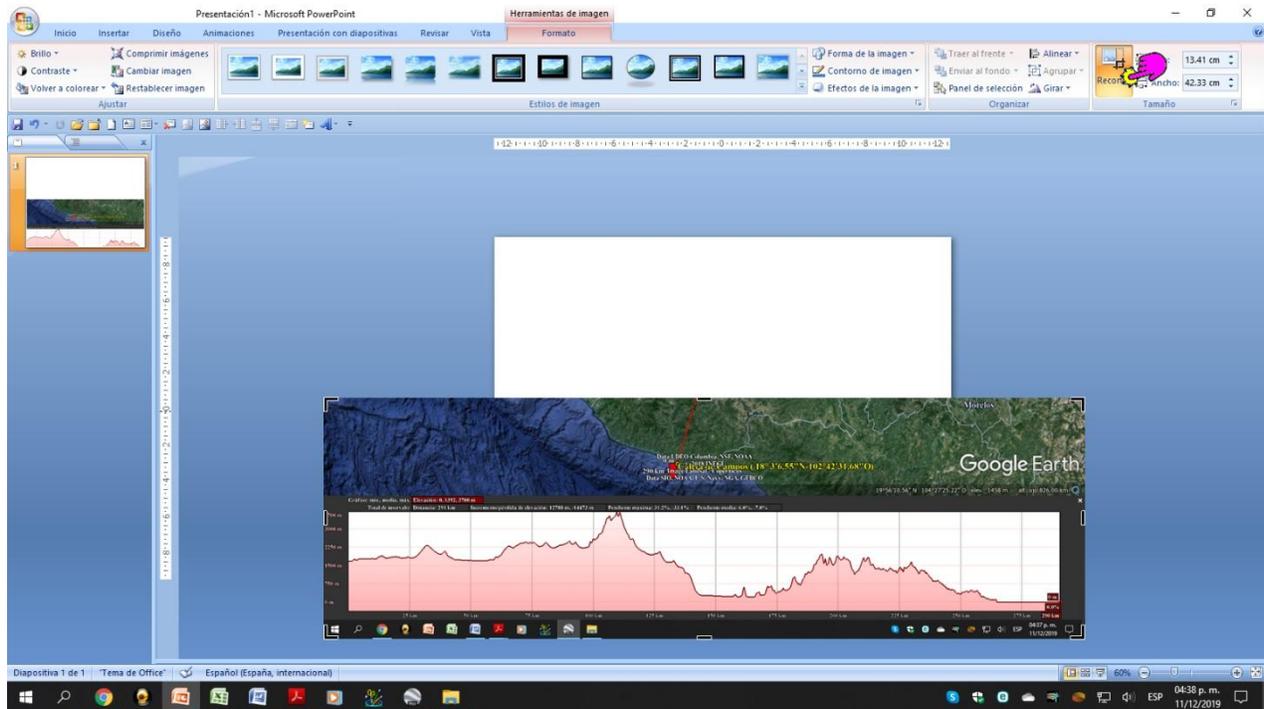




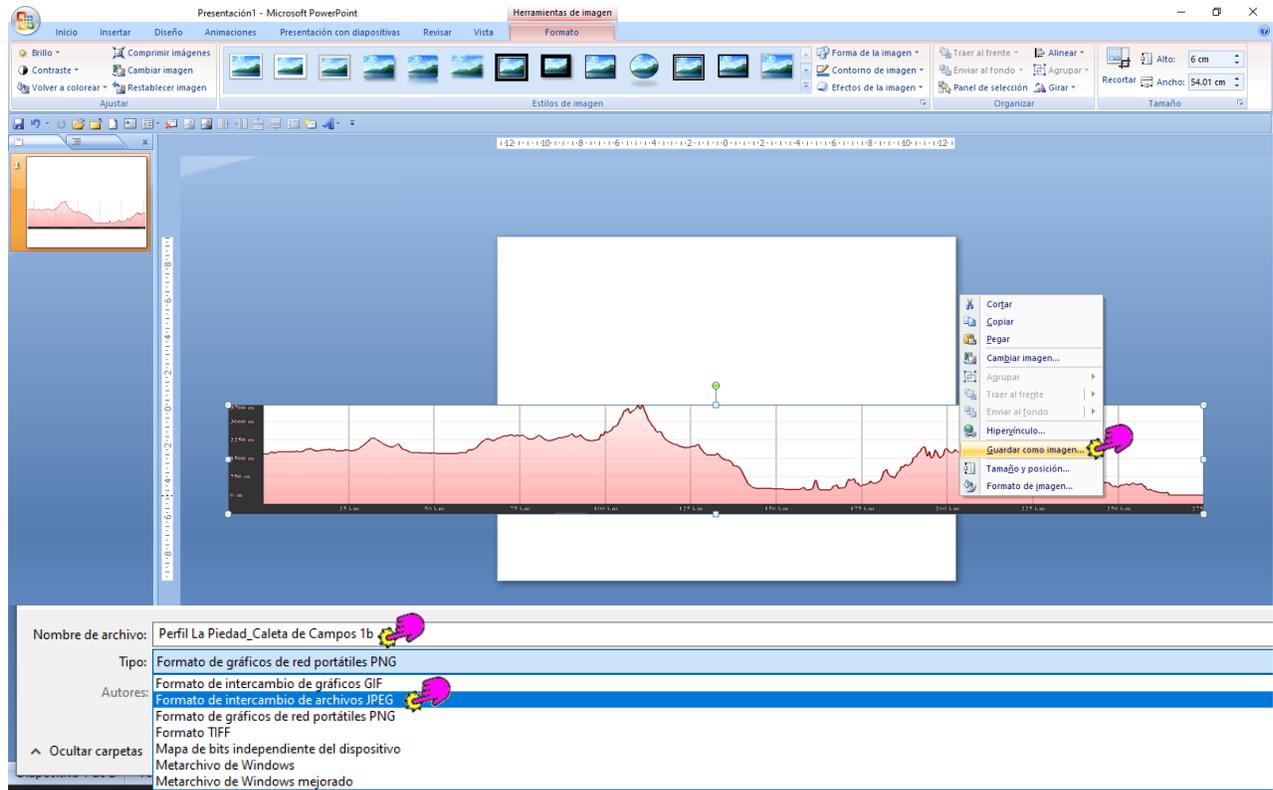
l) Un detalle más que debemos cuidar es el de que las etiquetas guindas de los datos de altitud, porcentaje del perfil y distancia recorrida queden del lado derecho del perfil de elevación, con la finalidad de que puedan ser recortadas sin eliminar la escala de altitudes que está a la izquierda de nuestro perfil o que queden en la parte central estorbando para cuando coloquemos los tipos de vegetación.



m) Una vez que esté listo el perfil, procedemos a capturarlo, mediante "Imprimir pantalla", para enseguida pegarlo en una diapositiva en blanco de Power Point (PPT) y poder recortarlo. Los recortes deben realizarse hasta donde indican las flechas.



n) Una vez recortado el perfil se procede a guardarlo, para lo cual se selecciona el perfil recortado y mediante un clic derecho elegir "Guardar como", cuando se abra la ventana le damos el nombre al archivo de la imagen y guardamos con la extensión JPEG.



ñ) Para elaborar los pisos bioclimáticos abrimos una nueva diapositiva en PPT con las medidas de 120 cm X 90 cm de posición horizontal, en la misma insertamos nuestro perfil y procedemos a rellenarlo con las siluetas que representen los tipos de vegetación que están disponibles en la red, algunos ejemplos se muestran a continuación (Fig. 20)

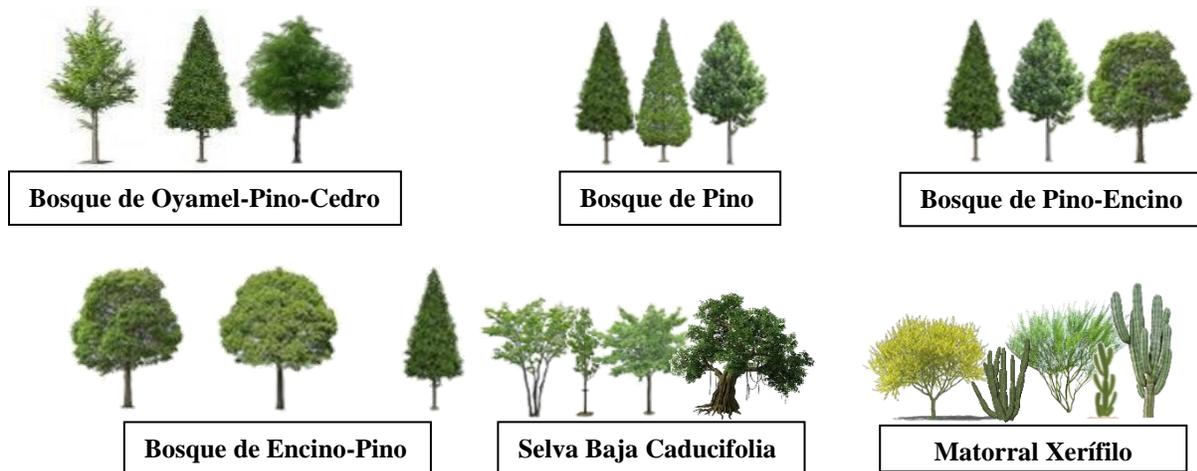


Figura 20. Siluetas de tipos de vegetación.

BIBLIOGRAFÍA

Campos A., D. F. 2005. Agroclimatología: cuantitativa de cultivos. Ed. Trillas, S. A. de C. V. México, D. F.

García, E. 1986. Apuntes de climatología. UNAM México

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166835/nmx-aa-166-1-scfi-2013_1_.pdf

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166838/nmx-aa-166-2-scfi-2015.pdf>

Medina, C. (2016). Bases para el conocimiento de los pisos bioclimáticos, la vegetación y la flora del occidente de Michoacán (México). Santiago de Compostela: Universidad de Santiago de Compostela.

Macías Rodríguez, M. Á., Peinado Lorca, M., De Azcárate Cornide, J., Aguirre Martínez, J. L., & Delgadillo Rodríguez, J. (2014). Clasificación Bioclimática de la Vertiente del Pacífico Mexicano y su Relación con la Vegetación Potencial. Acta Botánica Mexicana, 133-165