

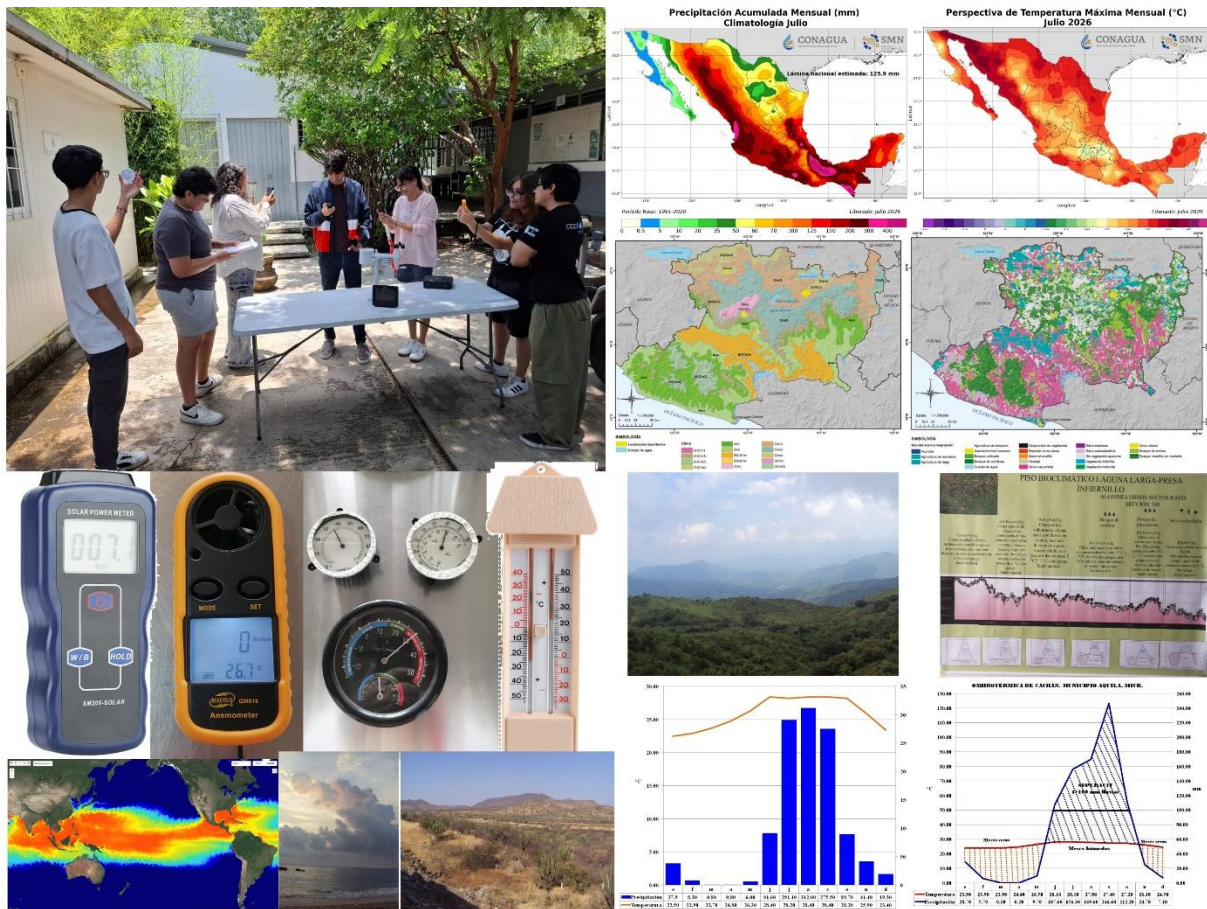


**UNIVERSIDAD MICHOACANA
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**



FACULTAD DE BIOLOGÍA

**MANUAL DE PRÁCTICAS
DE CLIMATOLOGÍA
(Corregido y aumentado)**



**JOSÉ GERARDO ALEJANDRO CEBALLOS CORONA
RUBÉN HERNÁNDEZ MORALES
LAURA ALFONSINA CHANG MARTÍNEZ
AXEL HUMBERTO CORTÉS PÉREZ**

Morelia, Michoacán

agosto 2027

CONTENIDO

	Páginas
Práctica 1. LA PRECIPITACIÓN Y EL PLUVIÓMETRO DE CAMPO	1
Práctica 2. CICLOS DIALES DE VARIABLES METEOROLÓGICAS	9
Práctica 3. LAS ISOTERMAS DE LA REPÚBLICA MEXICANA Y MICHOACÁN, MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	21
Práctica 4. LAS ISOYETAS DE LA REPÚBLICA MEXICANA Y MICHOACÁN, MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	50
Práctica 5. LAS ISOTERMAS E ISOYETAS DE MICHOACÁN, TRAZADO MANUAL	59
Práctica 6. LOS CLIMOGRAMAS Y LAS OMBROTÉRMICAS	62
Práctica 7. OBTENCIÓN DE LAS FÓRMULAS CLIMÁTICAS DE DIFERENTES LOCALIDADES EN UN TRANSECTO ALTITUDINAL DEL ESTADO DE MICHOACÁN	80
Práctica 8. LOS PISOS BIOCLIMÁTICOS	92
BIBLIOGRAFÍA	107

©2027

**Se prohíbe la publicación de este manual
fuera de la página oficial de la Facultad de Biología de la
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (<http://bios.biologia.umich.mx/>)**

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. 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.

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 (Fig. 1)

- 1 envase de plástico transparente con base plana, diámetro de boca entre 10 y 11 cm y de un litro de capacidad.
- 1 botella de PET de refresco de 3 l o de 2 l.
- 1 jeringa de 20 ml o un pequeño vasito de jarabe de 10 ml.
- 1 hoja de acetato transparente tamaño carta.
- 1 Cúter y tijeras.
- 1 Regla de plástico de 20 o 30 cm.
- 1 bastón de madera de 120 cm (de escoba o trapeador)
- 1 marcador de tinta permanente, contra el agua de punta fina.
- Cinta adhesiva ancha (2 pulgadas)



Figura 1. Materiales y equipo para elaborar un pluviómetro

3.2. Construcción del Pluviómetro

- Utilice el envase de PET para separar la parte superior de la botella, haciendo un corte de tal forma que quede la parte superior como un embudo (Fig. 2)
- Debemos colocar el embudo sobre la boca del frasco de un litro y sellarlo con cinta adhesiva tape como si fuera una bisagra, el embudo es necesario para disminuir la evaporación del agua que se vaya acumulando (Fig. 2)

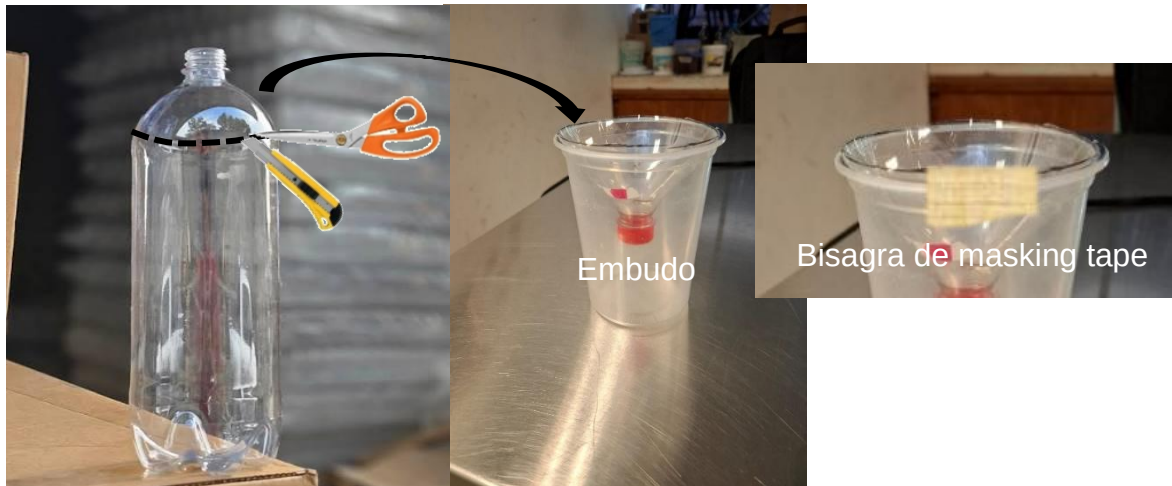


Figura 2. Recorte del embudo y su acomodo en el frasco.

c) Para que las lecturas se ajusten a los estándares, es necesario calibrar el pluviómetro, primero debemos obtener el diámetro de la abertura del frasco para poder determinar el área de la superficie sobre la que caerá la lluvia (Fig. 3)



Figura 3. Diámetro de la boca del pluviómetro de campo.

d) Una vez obtenido el diámetro 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 l 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. 4)

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

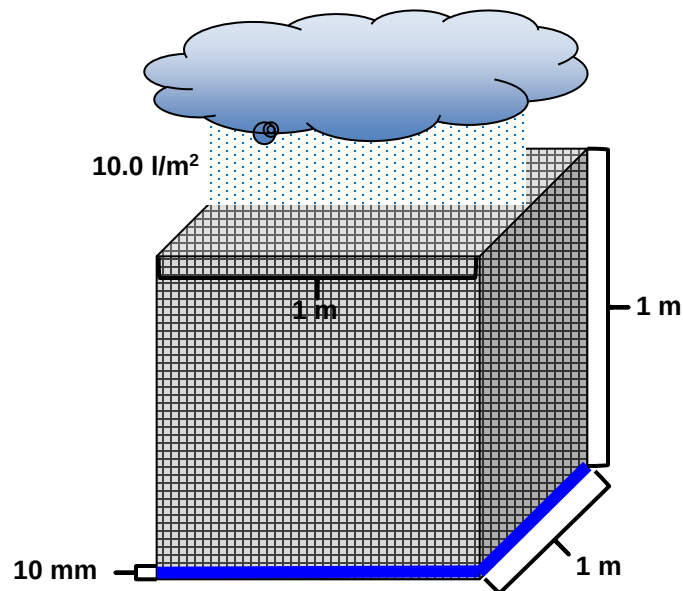


Figura 4. Cantidad de lluvia caída en una superficie de un metro cuadrado.

e) Entonces suponiendo que en el pluviómetro se acumularon 5 ml de agua, nuestra pregunta sería ¿A cuántos litros por metro cuadrado equivaldría esa cantidad?

- 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. 3), 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

$$A = \pi r^2$$

Dónde:

A: área del círculo

π : 3.1416

r: radio de la circunferencia

- 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:

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

- Por lo tanto, 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.

f) Para poder realizar los cotejos de la lluvia por evento de precipitación, es necesario que dibujemos una escala métrica en nuestro envase que utilizaremos como pluviómetro, y tomando las consideraciones anteriores, tomamos una muestra de agua de 10 ml, ya sea con el pequeño envase de 10 ml o la jeringa de 10 ml, y lo vaciamos en nuestro envase con la capacidad de un litro y un diámetro de boca entre 10 y 11 cm (Fig. 5a), nos daremos cuenta que eso corresponde a un milímetro de agua, lo podemos comprobar vaciando la misma cantidad de agua en un pluviómetro comercial con boca de 11 cm (Fig. 5b)

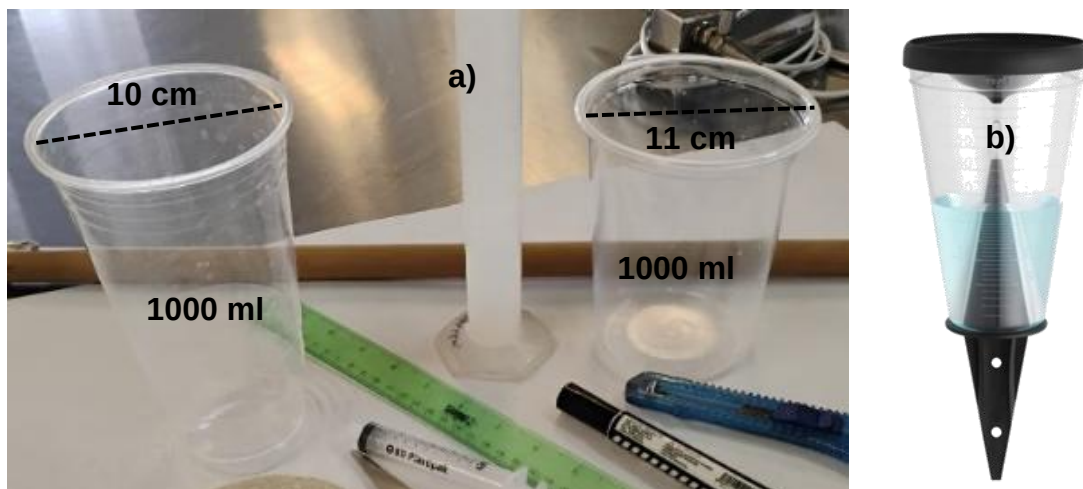


Figura 5. Envases de plástico para pluviómetro casero a) y pluviómetro comercial b).

g) Con una regla medimos a que distancia en milímetros corresponde el agua vaciada, tomando en cuenta que la base del envase equivale al punto "0", de esta manera veremos que 5 mm equivalen en realidad a 1 mm de agua captada. Entonces la escala que trazaremos con el marcador de tinta permanente en la hoja de acetato transparente deben ser pequeñas líneas paralelas entre si cada 5 mm, esta deberá de ser de la misma longitud que lo alto del envase, recortamos la escala y la pegamos al envase, recordar que la base es el milímetro "0" (Fig. 6a), o podemos utilizar una regla de 20 cm y pegarla al envase también considerando que la base del mismo es el milímetro "0" (Fig. 6b)

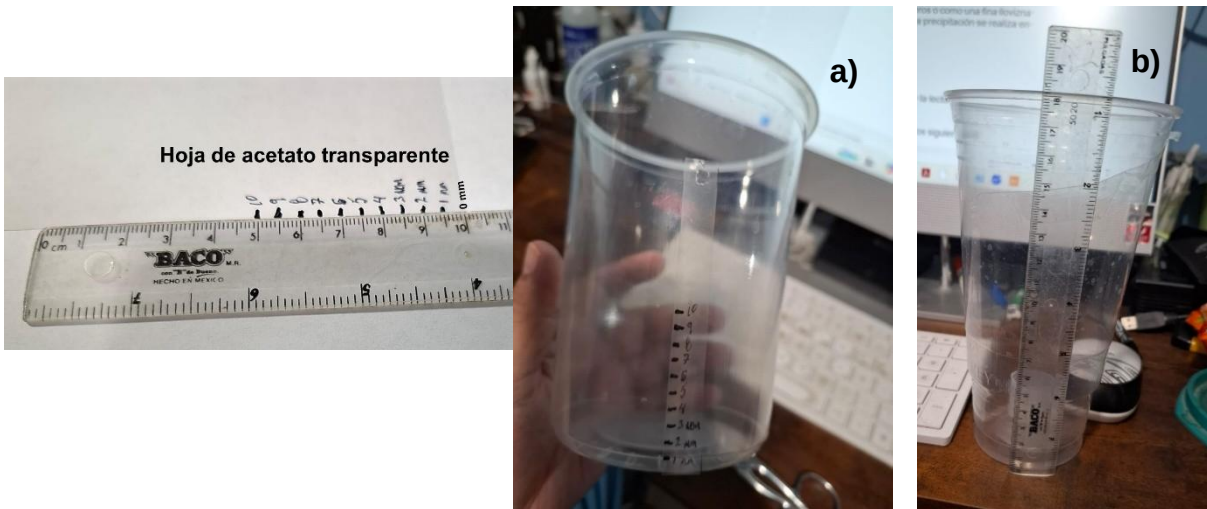


Figura 6. Escala cada 5 mm = 1 mm de agua capturada, base del envase 0 mm, a) envase con boca y base de 11 cm y escala de acetato, b) envase con boca de 10 cm y base de 6.5 cm y escala con regla de 20 cm.

h) Una vez terminado el pluviómetro debemos montarlo con cinta adherente en un bastón de madera de aproximadamente 120 cm y lo colocamos en una base, la cual puede ser una maceta, y lo situaremos en un área despejada, debe ser un patio amplio donde no le estorben plantas, ni tejados o en la azotea de la casa (Fig. 7)



Figura 7. Pluviómetro montado en un bastón de madera.

i) La precipitación se mide por día de lluvia, es recomendable que sea a las 07:00 am; si es inferior a 1.0 mm se registra como inapreciable. El total de precipitación registrado en un día no es indicativo de si ésta ocurrió en dos o más 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.

TABLA DE REGISTRO DE PRECIPITACIÓN DIARIA

[illegible]

TABLA DE REGISTRO DE PRECIPITACIÓN DIARIA (Continuación)

[illegible]

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 mbar 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

- Aprender el manejo de instrumentos para la lectura de variables meteorológicas, que permitan analizar su comportamiento y explicar sus efectos microclimáticos locales.

2.2. Materiales y Equipo (Fig. 8)

- Termómetro Six	- Tabla de la escala de Beaufort para estado del tiempo
- Termómetro edáfico	- Tabla de tipos de nubes
- Termohigrómetro analógico	- Tabla para registro de datos
- Termohigrómetro digital	- Tabla de Humedad Relativa
- Psicrómetro	- Bloc de hojas de papel milimétrico
- Radiómetro o solarímetro digital	- Lápiz No. 2 (MIRADO)
- Pluviómetro y bastón de madera (120 cm)	- Caja de lápices de colores
- Anemómetro digital	- Regla de 30 cm
- Navegador GPS	- Lámpara de pilas
- Altímetro/Barómetro/Termómetro Digital	- Martillo
- Brújula	- Tabla de madera de 5 x 10 x 4 cm
- Estación meteorológica digital portátil	- Celular con cámara y navegador GPS
- Caja de cartón pintada de blanco	- Manual de prácticas
- Tubo de PVC de 20 cm de longitud y 20 mm de diámetro	- Libreta de nivel o tránsito (campo)



Higrómetro
analógico



Psicrómetro o
Termómetros
de bulbo seco
y húmedo



Higrómetro
digital



Termómetro Six
o de máximas y
mínimas



Termo-
higrómetro
digital edáfico



Estación meteorológica
portátil



Radiómetro o
solarímetro



Anemómetro
digital



Brújula
cartográfica



Altímetro/barómetro/
termómetro digital



Navegador GPS



Pluviómetro

Figura 8. Materiales y equipo meteorológico.

2.3. Desarrollo de la Práctica

a) Con la caja de cartón pintada de blanco se construirá una caseta o abrigo meteorológico (NMX-AA-166/2-SCFI-2015) (Fig. 9), en la que se instalarán los instrumentos de medición, la misma deberá de colocarse en una zona resguardada para evitar que el viento la derribe.



Figura 9. Caja de cartón para el abrigo meteorológico.

b) Las variables meteorológicas a determinar durante un ciclo dial serán:

- Radiación solar
- Temperatura del aire y del suelo
- Presión atmosférica
- Humedad relativa
- Nubosidad y tipos de nubes
- Precipitación en su caso
- Velocidad y dirección del viento

c) Organizarse en equipos para la lectura de datos continuos cada hora durante un ciclo de 24 h.

d) Clavar el tubo de PVC a una profundidad de 20 cm en el suelo.

e) Colocar, por sección, un pluviómetro montado en un bastón de madera, en un área despejada sin influencia de árboles o tejados.

f) Mediante el GPS determine las coordenadas en grados y minutos decimales (0.00° $0.00'$), y con el altímetro/barómetro la altitud del sitio.

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

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 vitrea, 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

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

i) Utilizando el radiómetro de manera perpendicular al cielo, determine la radiación solar durante las horas luz.

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

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



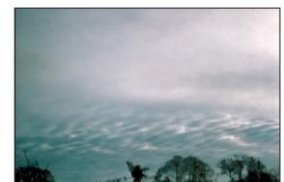
Cm = 4 ALTOCUMULOS DELGADOS EN BANCOS AISLADOS EN VARIOS NIVELES EN FORMA DE ALMENDRAS



Cm = 5 ALTOCUMULUS DELGADOS GENERALMENTE ESPESANDOSE



Cm = 6 ALTOCUMULUS FORMADOS POR LA EXTENSION DE CUMULUS



Cm = 7 ALTOSTRATUS Y ALTOSUMULUS EN SIMULTANEO EN UN MISMO NIVEL



Cm = 7 ALTOSTRATUS Y ALTOSUMULUS 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)

NUBES BAJAS (CL)

CL = 1 CUMULUS APARENTEMENTE APLANADOS



CL = 2 CUMULUS ELEVÁNDOSE EN FORMA DE COLIFLOR



CL = 3 CUMULO NIMBUS CON BORDES SUPERIORES NO DEFINIDOS



CL = 4 ESTRATOCUMULUS FORMADOS POR LA EXTENSION HORIZONTAL DE CUMULUS NO DEFINIDOS



CL = 4 ESTRATOCUMULUS FORMADOS POR LA EXTENSION HORIZONTAL DE CUMULUS



CL = 5 ESTRATOCUMULUS NO FORMADOS POR LA EXTENSION DE CUMULUS



CL = 5 ESTRATOCUMULUS NO FORMADOS POR LA EXTENSION DE CUMULUS



CL = 6 ESTRATUS O FRACTUSTARTUS O AMBOS



CL = 6 ESTRATUS O FRACTUSTARTUS O AMBOS



CL = 7 FRACTOSTRATOS O FRACTOCUMULUS DE MAL TIEMPO



CL = 8 CUMULUS Y ESTRATOCUMULUS NO FORMADOS POR LA EXTENSION DE CUMULUS



CL = 9 CUMULUSNIMBUS EN FORMA DE YUNQUE

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

- Psicrómetro, al termómetro de bulbo húmedo agréguele agua destilada o purificada, enseguida encender el ventilador, 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)
- Con el higrómetro analógico, tomar los datos directos de HR y temperatura.
- Determine con el higrómetro digital la HR y temperatura.

j) Utilizando la estación meteorológica digital, determine las siguientes variables:

- Temperatura del aire (convertir de °F a °C)
- Humedad relativa (HR) externa.
- Presión atmosférica (hPas, mbar, mmHg)

BULBO SECO

[illegible]

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 detecten errores se tendrá que reiniciar el ciclo dial, llevar las copias necesarias para un ciclo dial, recordar que los datos se obtendrán cada hora.

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

En otra hoja de papel milimétrico graficar la presión atmosférica, cobertura de nubosidad, humedad relativa 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 (en cada dato de velocidad del viento colocar la dirección del mismo) y la variación en la presión atmosférica en mm Hg.

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



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE BIOLOGÍA
PRÁCTICA DE CAMPO, CLIMATOLOGÍA
Cuadro 4. REGISTROS METEOROLÓGICOS



FECHA	HUMEDAD RELATIVA (HR)				
	PSICRÓMETRO			HIGRÓMETRO ANALÓGICO	HIGRÓMETRO DIGITAL
HORA	Bulbo seco (°C)	Bulbo húmedo (°C)	%	%	%
12:00					
13:00					
14:00					
15:00					
16:00					
17:00					
18:00					
19:00					
20:00					
21:00					
22:00					
23:00					
00:00					
01:00					
02:00					
03:00					
04:00					
05:00					
06:00					
07:00					
08:00					
09:00					
10:00					
11:00					
12:00					



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE BIOLOGÍA
PRÁCTICA DE CAMPO, CLIMATOLOGÍA
Cuadro 5. REGISTROS METEOROLÓGICOS



FECHA	VIENTOS Y NUBOSIDAD						
	VIENTO			NUBOSIDAD	TIPOS DE NUBES	PRECIPITACIÓN	PRESIÓN ATMOSFÉRICA
HORA	VELOCIDAD (m/s)	DIRECCIÓN	TEMPERATURA	%		mm	hPa, mbar o mmHg
12:00							
13:00							
14:00							
15:00							
16:00							
17:00							
18:00							
19:00							
20:00							
21:00							
22:00							
23:00							
00:00							
01:00							
02:00							
03:00							
04:00							
05:00							
06:00							
07:00							
08:00							
09:00							
10:00							
11:00							
12:00							



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE BIOLOGÍA
PRÁCTICA DE CAMPO, CLIMATOLOGÍA
Cuadro 6. REGISTROS METEOROLÓGICOS



FECHA	SUELO		AIRE	
	TEMPERATURA	HUMEDAD RELATIVA	TEMPERATURA	RADIACIÓN
12:00				
13:00				
14:00				
15:00				
16:00				
17:00				
18:00				
19:00				
20:00				
21:00				
22:00				
23:00				
00:00				
01:00				
02:00				
03:00				
04:00				
05:00				
06:00				
07:00				
08:00				
09:00				
10:00				
11:00				
12:00				

PRÁCTICA 3. LAS ISOTERMAS DE LA REPÚBLICA MEXICANA Y MICHOACÁN, MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

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 son líneas curvas que unen puntos de igual temperatura. Si queremos utilizar datos de temperatura, se requiere calcular las medias mensuales y anuales, o sea los promedios de 30 o más años de registros, una vez obtenidos estos datos los podemos vaciar a un mapa para generar las isotermas.

Para las isotermas 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 ellas 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.

Los sistemas de información geográfica (SIG) son herramientas digitales útiles cuando se trata de realizar monitoreos geográficos, geofísicos, biogeográficos, medioambientales, entre otros. Los SIG emplean imágenes satelitales albergadas en diversas bases de datos las cuales, dependiendo del tipo de sensor y resolución, nos brindarán información acerca de diversos fenómenos que ocurren en la Tierra.

Son herramientas cruciales e imprescindibles para el monitoreo de condiciones meteorológicas y predicciones climáticas a largo plazo pues son capaces de brindar información detallada de la dinámica atmosférica en tiempo real, así como de eventos ocurridos con anterioridad.

Esto es de especial ayuda para la predicción de temperatura superficial de la Tierra y del océano además de fenómenos más complejos como ciclones tropicales, debido a su influencia directa sobre las dinámicas en diversos procesos tanto a nivel ecosistémico como climatológicos, conocer la temperatura superficial terrestre u oceánica, resulta fundamental para estos estudios.

2. OBJETIVO

Generar imágenes de isotermas mediante GEE, considerando el gradiente altitudinal y analizar la influencia de la altitud en la temperatura.

3. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

3.2. Imagen de Isotermas con Google Earth Engine (GEE)

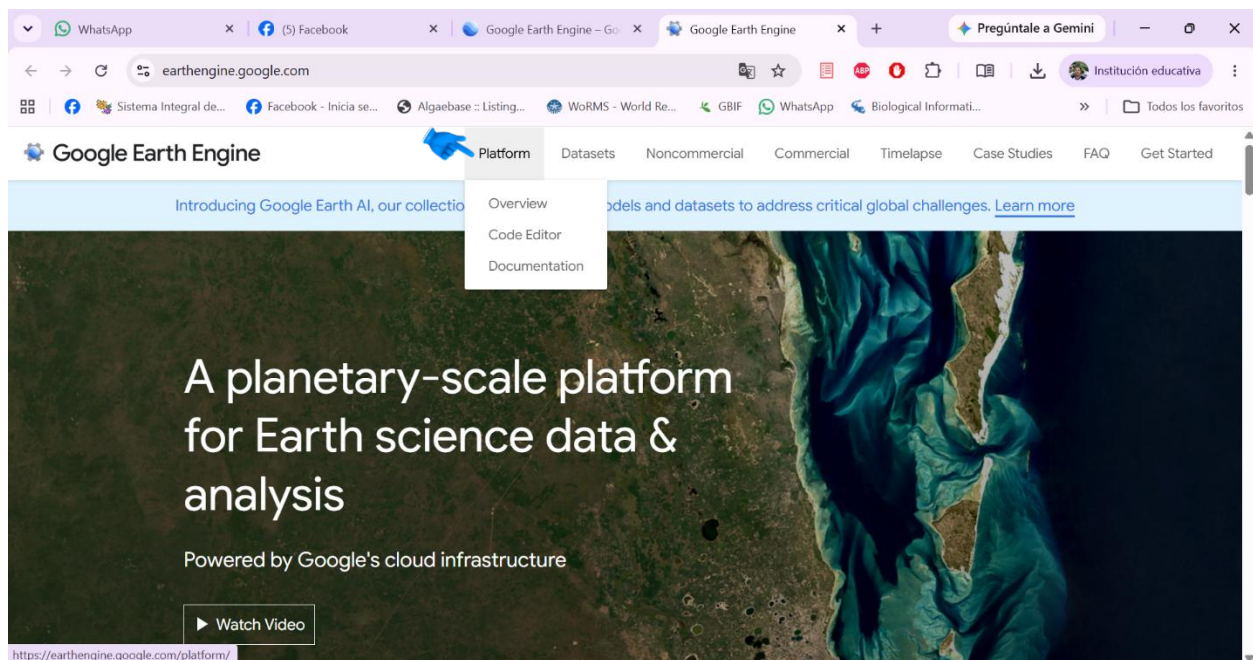
3.2.1. Materiales y Equipo

- Computadora con memoria Ram de al menos 4GB
- Conexión a internet estable
- Cuenta de Google (xxxxx@gmail.com)

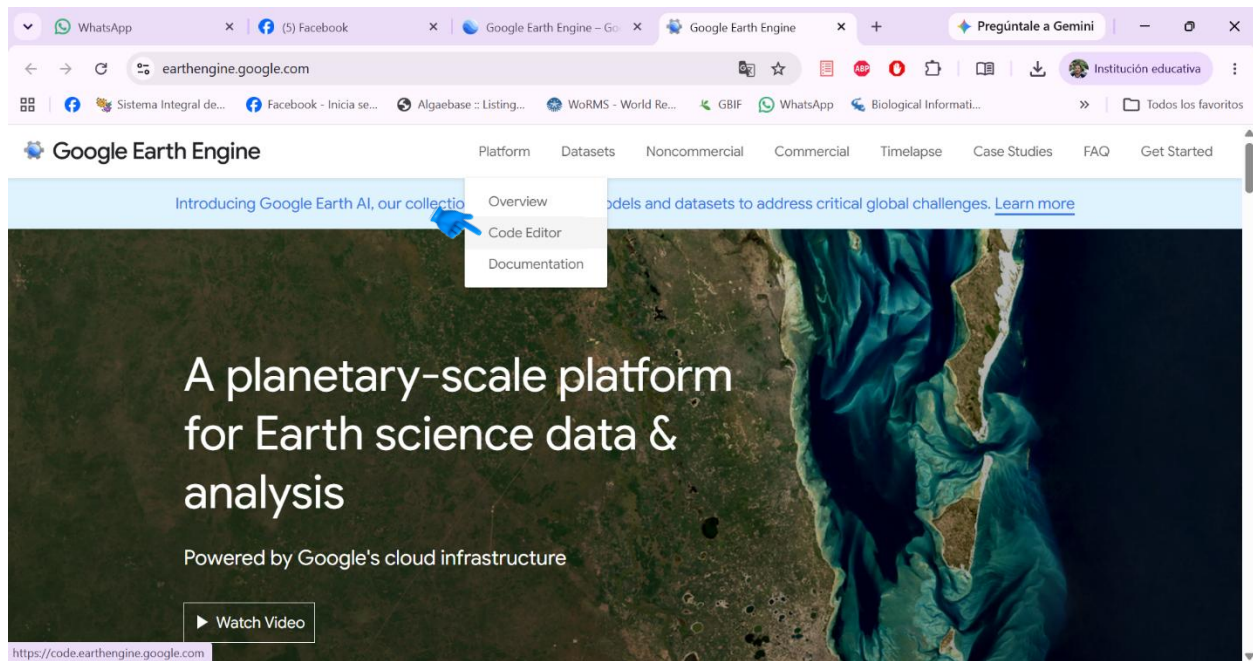
3.2.2. El Registro del Proyecto en GEE

a) En el buscador del navegador web de su elección entrar al portal de GEE, (<https://earthengine.google.com/>)

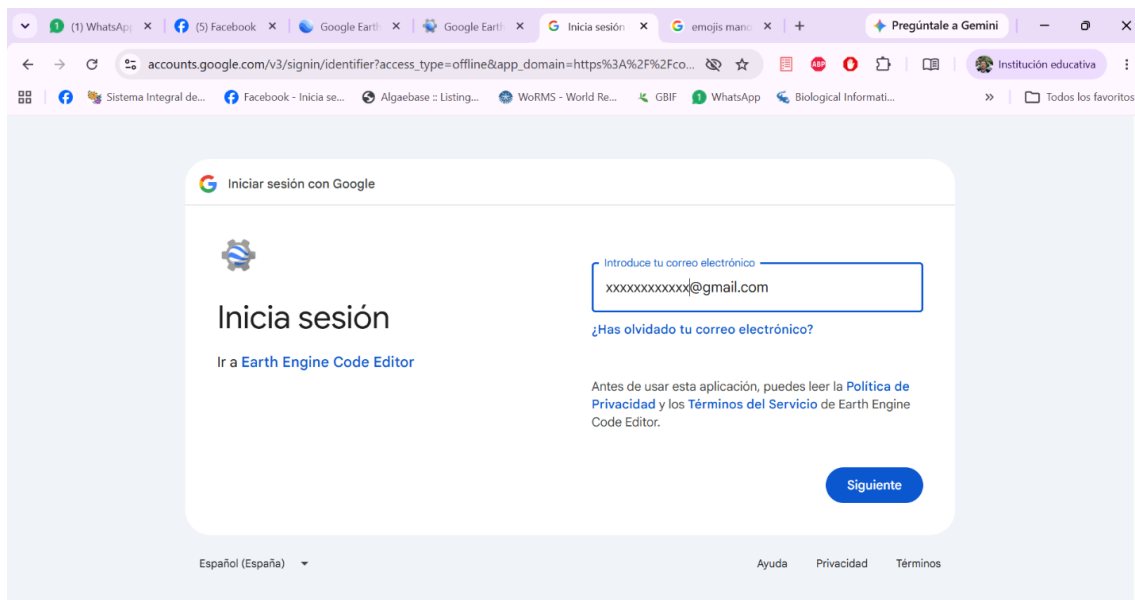
b) Seleccionar la opción “Platform” (Plataforma)



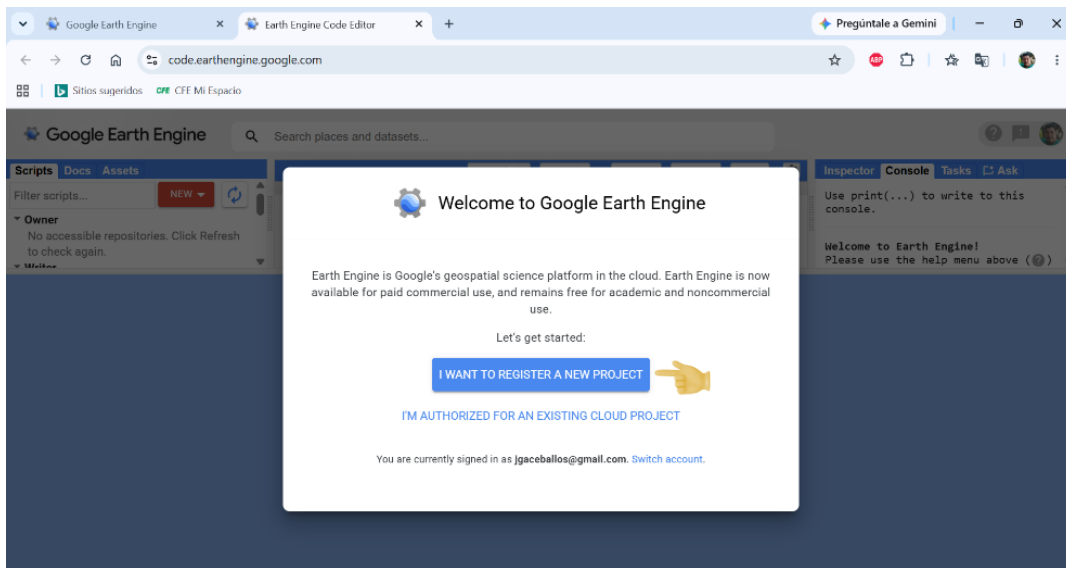
c) Seleccionar la opción “Code Editor” (Editor de Código)



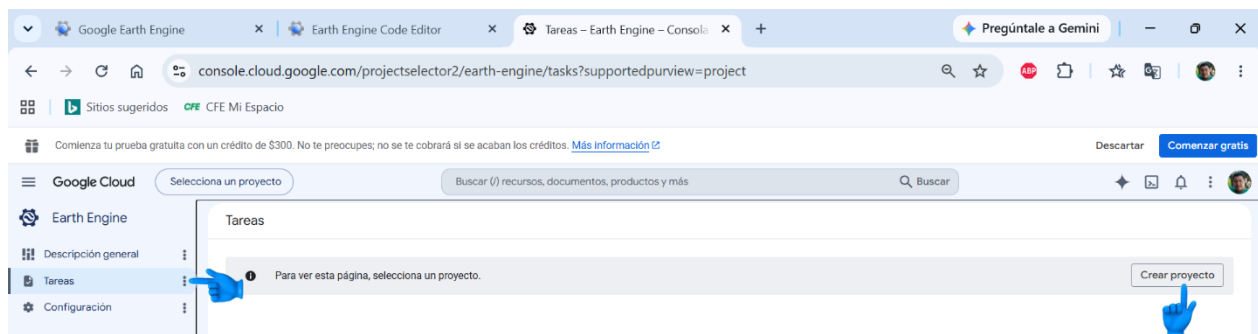
d) Posteriormente se nos solicitará iniciar sesión con un correo asociado a Google, es importante no emplear nuestro correo institucional y emplear preferentemente uno personal (@gmail.com)



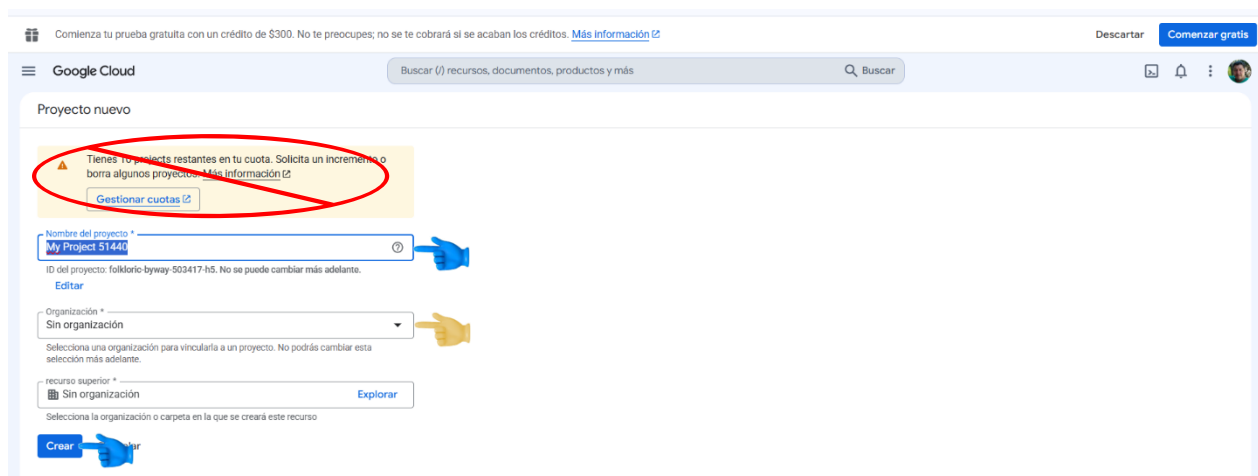
e) Una vez iniciada nuestra sesión seremos redirigidos a la consola de Google Cloud en donde registraremos un nuevo proyecto para poder hacer uso de la herramienta.



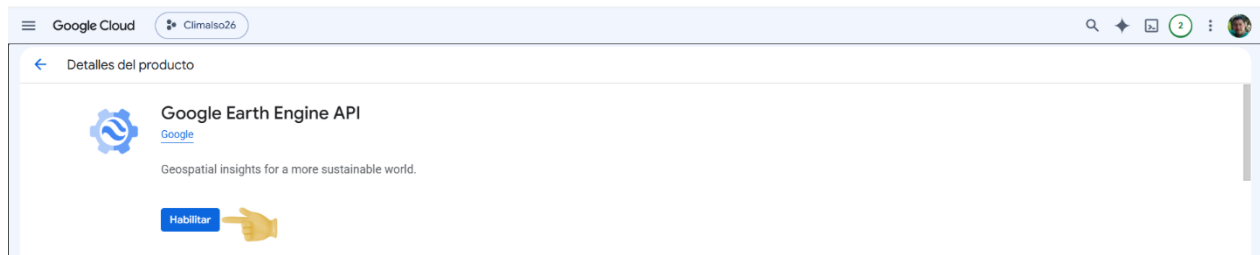
f) En el menú desplegable del lado izquierdo seleccionaremos la opción “Tareas” (Tasks) y a continuación la opción “Crear proyecto” (Create project)



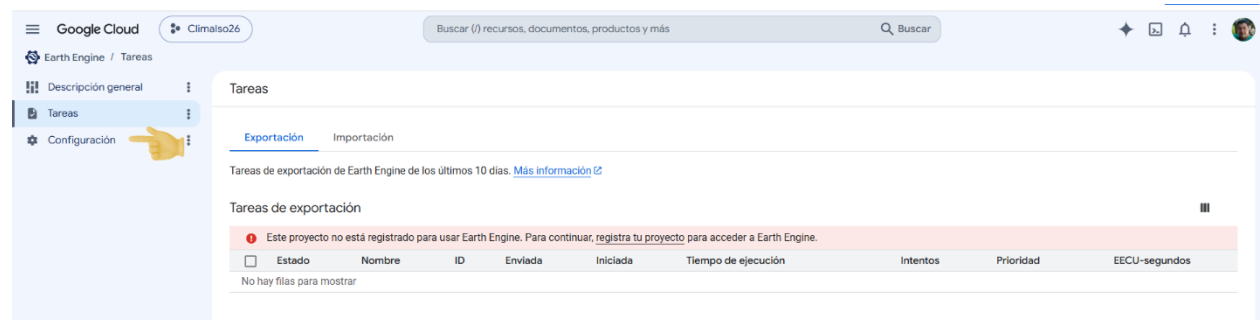
g) Seremos redirigidos a una segunda ventana en la cual debemos nombrar a nuestro proyecto, este nombre nosotros lo elegimos, en la siguiente ventana escogemos la opción “Sin organización” y luego “Crear”.



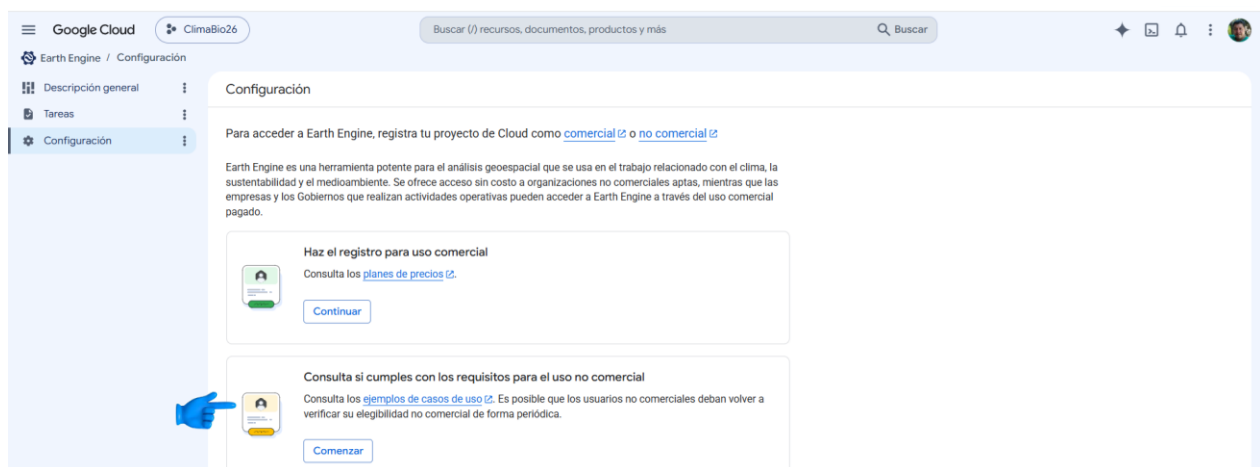
h) Una vez creado el proyecto nos regresará al menú anterior y se apreciará una pantalla de carga en el proyecto, al terminar el proceso se mostrará una nueva opción en la cual se nos pide habilitar Google Earth Engine (GEE) en nuestra cuenta.



i) Una vez habilitado GEE, nos mostrará un aviso de que nuestro proyecto no está registrado para su uso, por lo cual deberemos proceder a registrarlo, eligiendo la opción configuración.



j) A continuación, debemos registrar nuestro proyecto para uso no comercial, para lo que seleccionaremos la opción “consulta si cumples los requisitos para uso no comercial” y respondemos el cuestionario desplegado.



k) Llenamos el formulario como se muestra a continuación, seleccionando el tipo de organización y en la lista desplegada elegir “Organizaciones sin fines de lucro”, ¡OJO! cualquier otra opción que elijas implica un pago. Después dar clic en “Siguiente”.

Google Cloud | Cimalso26 | Buscar (/) recursos, documentos, productos y más

Earth Engine / Configuración / Registro

Descripción general | Tareas | Configuración

Registro

1. Selecciona el tipo de organización

¿Cuál de las siguientes opciones describe mejor a tu organización o a ti? *

- Empresa o negocio (incluidas las empresas B)
- Institución académica pública o privada (incluye docentes, personal y estudiantes)
- Organizaciones sin fines de lucro
- Gobierno
- Medios de comunicación o periodistas
- Capacitadores o participantes en capacitaciones de Earth Engine
- Otro

2. V

3. E

4. C

5. Revisa el resumen

l) Ahora llenamos el formulario como se muestra a continuación y al finalizar elegimos “Verificar requisitos”

Google Cloud | Proyecto climatología | Buscar (/) recursos, documentos, productos y más

Earth Engine / Configuración / Registro

Descripción general | Tareas | Configuración

Registro

¿Cuál es el nombre de su organización sin fines de lucro? *

SN

¿Recibirás algún pago (incluidas las tarifas por servicio) de organizaciones gubernamentales, entidades operativas o comerciales por aplicaciones o datos creados con Earth Engine? Nota: Esto no incluye las subvenciones solo para investigación. *

☐ Sí

☒ No

¿Cómo describirías tu uso de Earth Engine? *

☐ Investigación científica
p. ej., avance en las metodologías de teledetección

☒ Ciencias aplicadas
p. ej., análisis de un problema o lugar del mundo real

☐ Toma de decisiones operativas
p. ej., análisis para respaldar acciones gubernamentales

¿Estás realizando una investigación con Earth Engine? *

☐ Sí

☒ No

¿Cuál es el alcance geográfico de tu estudio? *

☒ Global

☐ Regional

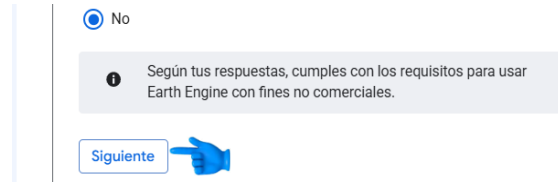
¿Publicó anteriormente trabajos sobre este tema que usaran Earth Engine? *

☐ Sí

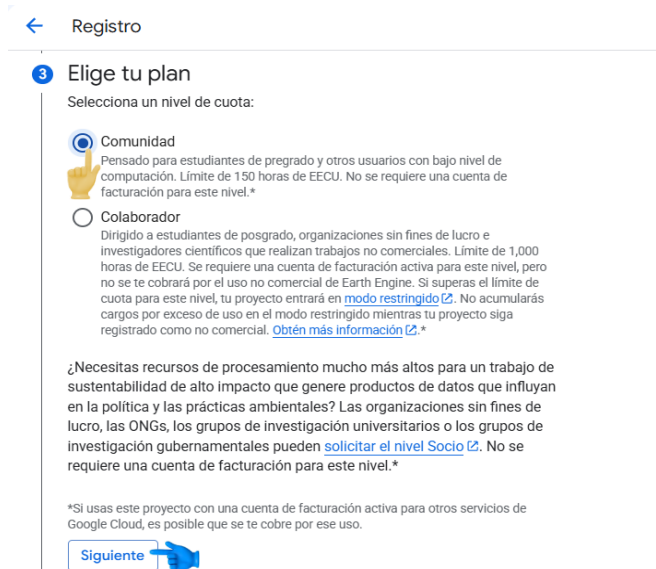
☒ No

Verificar requisitos

m) Si todo se hizo correctamente nos aparecerá el siguiente mensaje y presionamos siguiente



n) Continuamos con nuestro registro y seleccionamos la opción “Comunidad”, la cual nos brinda un uso de 150 horas mensuales en la plataforma. Para continuar le damos clic en “Siguiente”

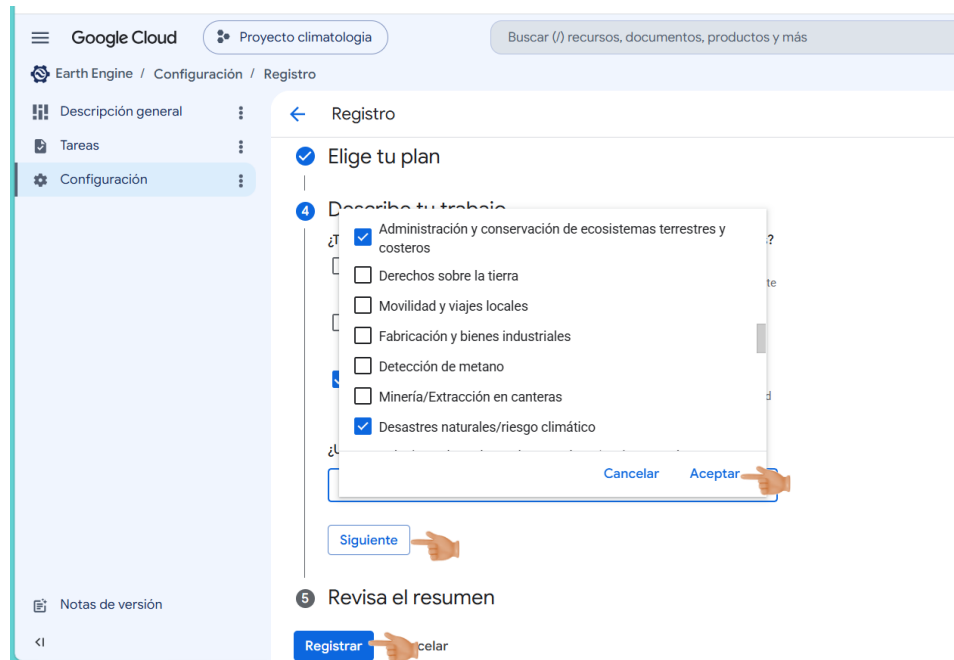


ñ) Al seleccionar “Siguiente”, aparecerá un menú desplegable en donde elegiremos las opciones que mejor se adecuen al uso que le daremos a la plataforma, para lo cual se proponen los siguientes:

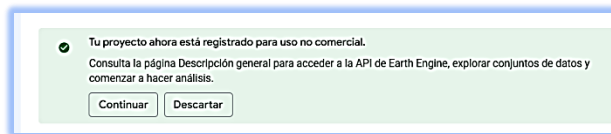
- Agricultura
- Planificación de ciudades, zonas urbanas y regiones
- Respuesta a emergencias y catástrofes
- Agua dulce (ríos, acuíferos y aguas subterráneas)
- Derechos e intereses de los pueblos indígenas
- Administración y conservación de ecosistemas terrestres y costeros
- Desastres naturales y riesgo climático
- Ecosistemas oceánicos y conservación
- Investigación y desarrollo científico

o) Una vez seleccionadas las opciones debemos elegir “Aceptar” y si deseamos consultar el resumen de nuestras respuestas elegir “Siguiente” y posteriormente “Registrar”.

Aparecerá un cuadro emergente confirmando nuestro registro exitoso para uso no comercial y estaremos listos para volver a la plataforma GEE.



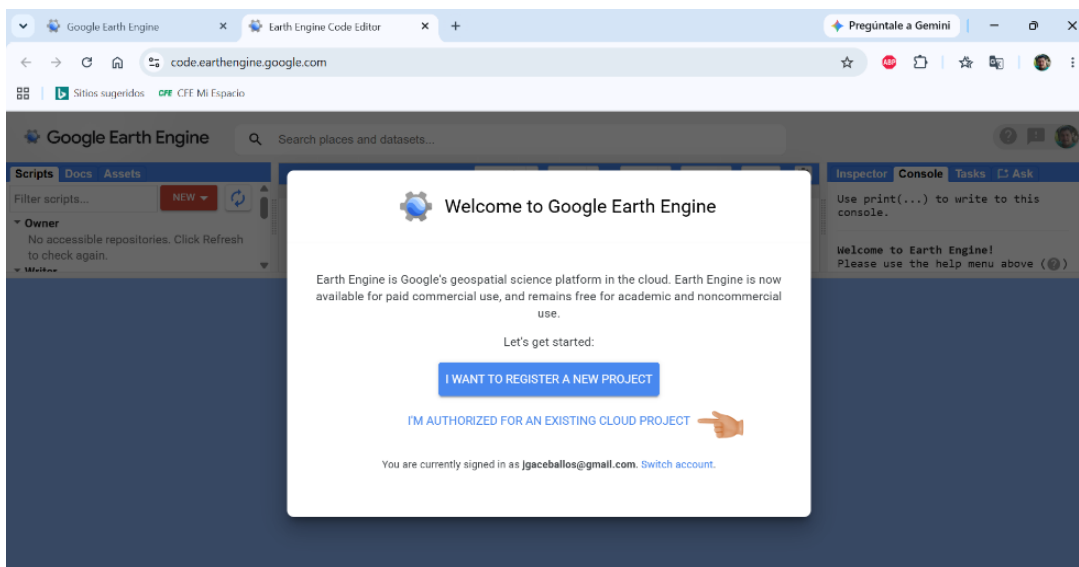
¡OJO! SER PACIENTE MIENTRAS SE PROCESA NUESTRO REGISTRO



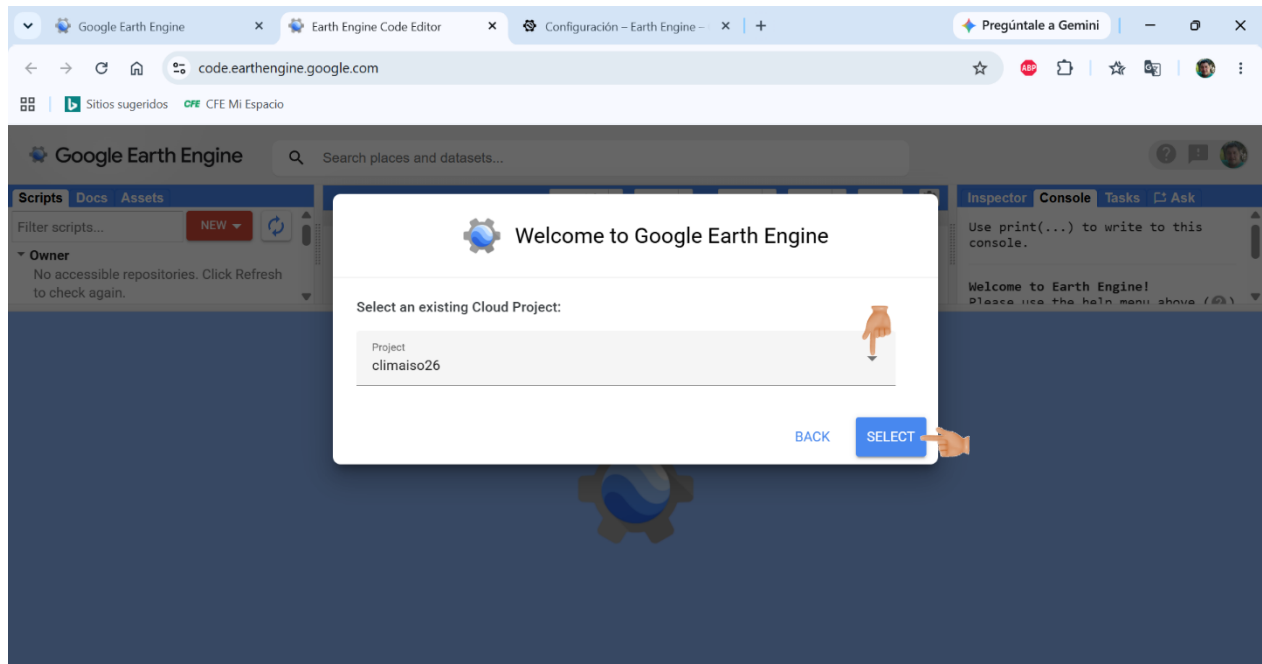
3.2.3. Elaboración del Modelo Digital del Proyecto en Google Earth Engine (GEE)

a) Para iniciar nuestro modelo digital es necesario reingresar a la plataforma de GEE y seleccionar la opción que se muestra a continuación:

I'M AUTHORIZED FOR AN EXISTING CLOUD PROJECT

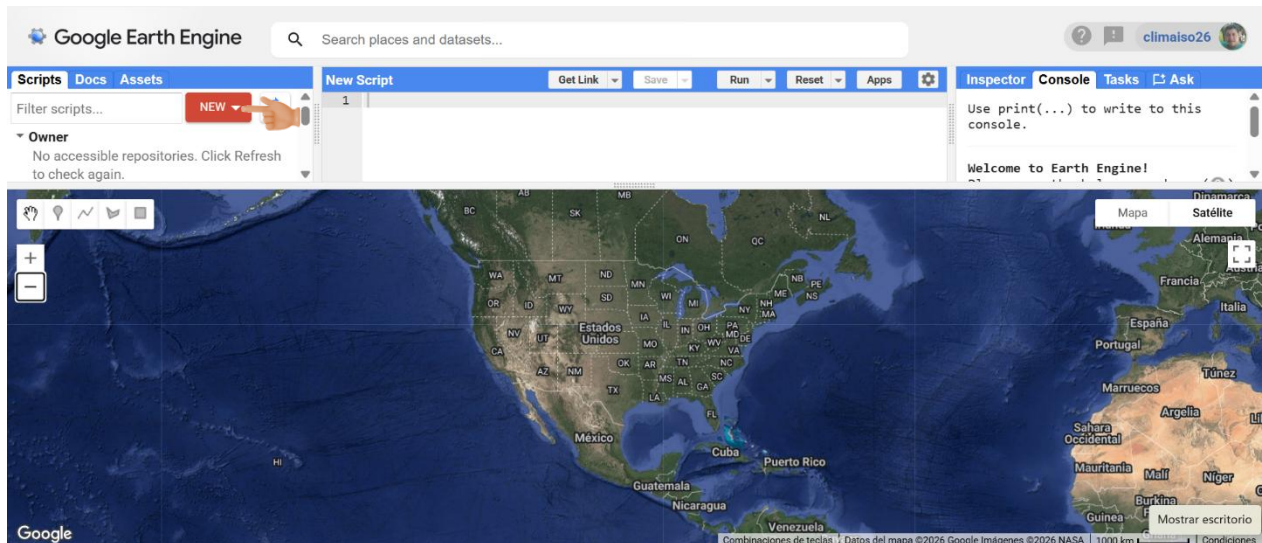


b) Una vez seleccionada la anterior opción se abre la ventana “Select an existing Cloud Project”, dando clic en la flecha hacia abajo se deberá elegir el nombre del proyecto registrado, a continuación marcar “SELECT”.

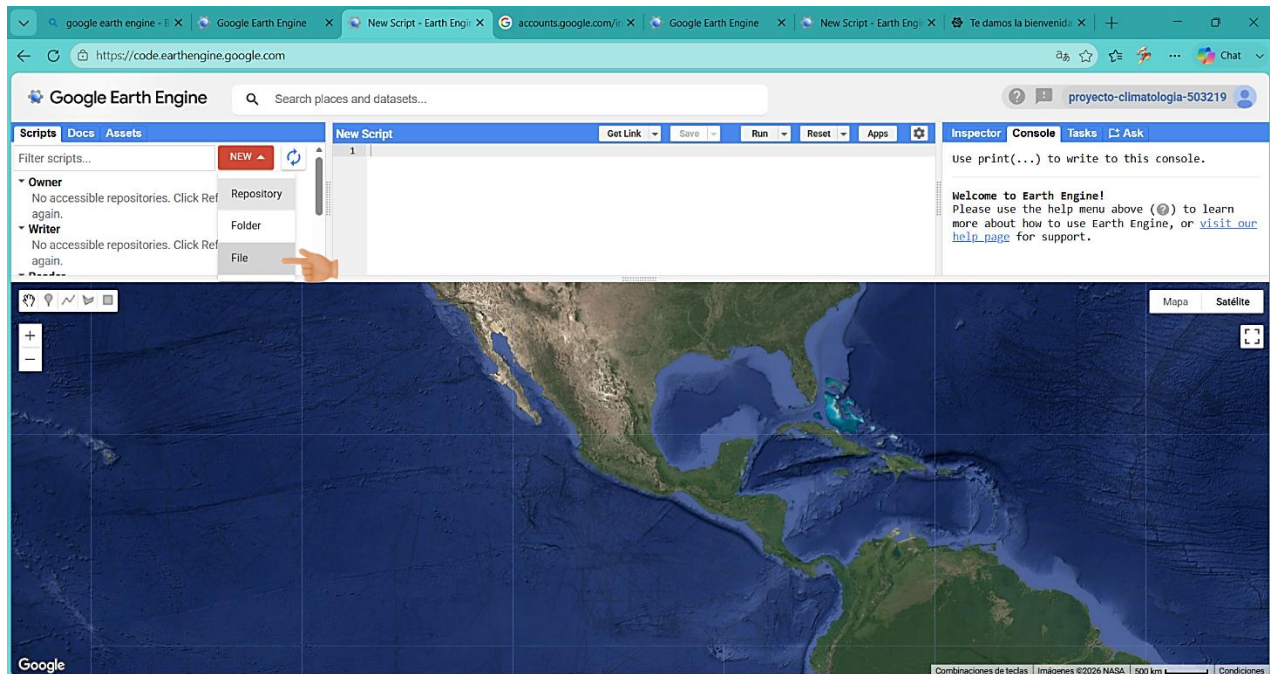


c) Una vez seleccionado nuestro proyecto se abre una nueva ventana a partir de la cual procederemos a iniciar nuestro trabajo.

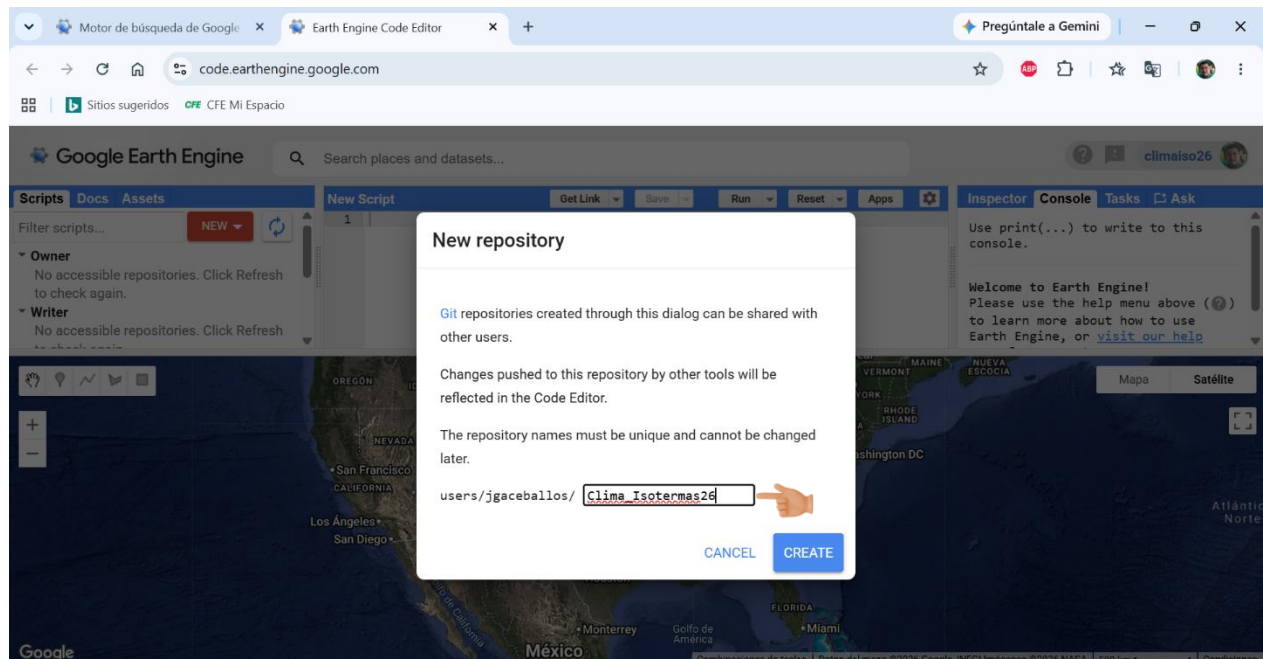
d) Para elaborar un nuevo archivo en el cual trabajar nos dirigiremos al recuadro “NEW” marcado en rojo.



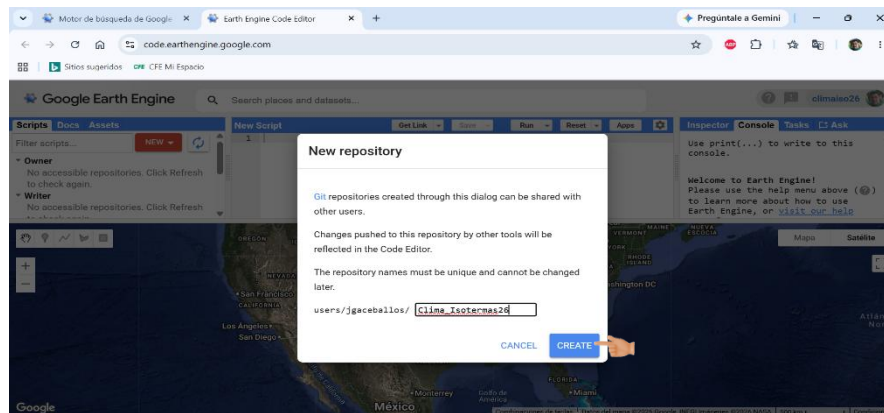
e) seleccionaremos la opción “File” (archivo) y aparecerá una nueva ventana



f) En la nueva ventana seleccionaremos “users” (usuario), donde a cada uno le aparecerá el nombre asociado a su cuenta en la cual se guardará este, y elegiremos para dar el nombre al **repositorio** en donde serán guardados estos archivos, por ejemplo, Clima_Isotermas26.

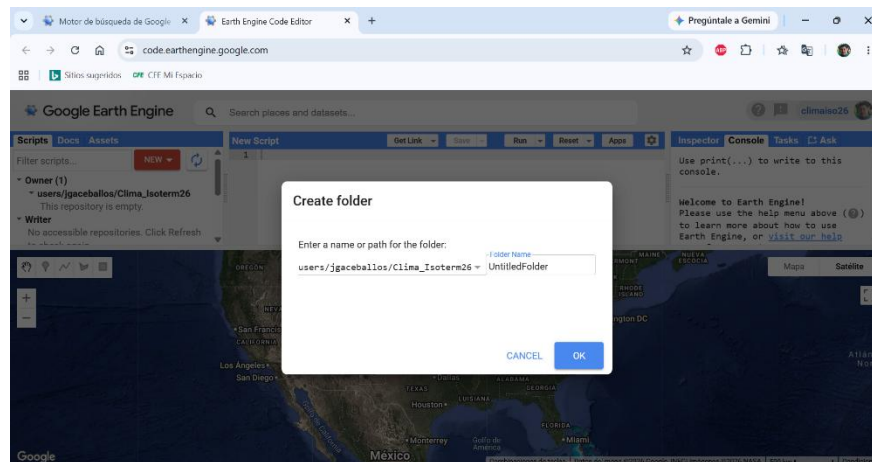


g) Una vez dado el nombre al repositorio, damos clic derecho en “CREATE” (CREAR) y nos dirigirá a una nueva ventana.

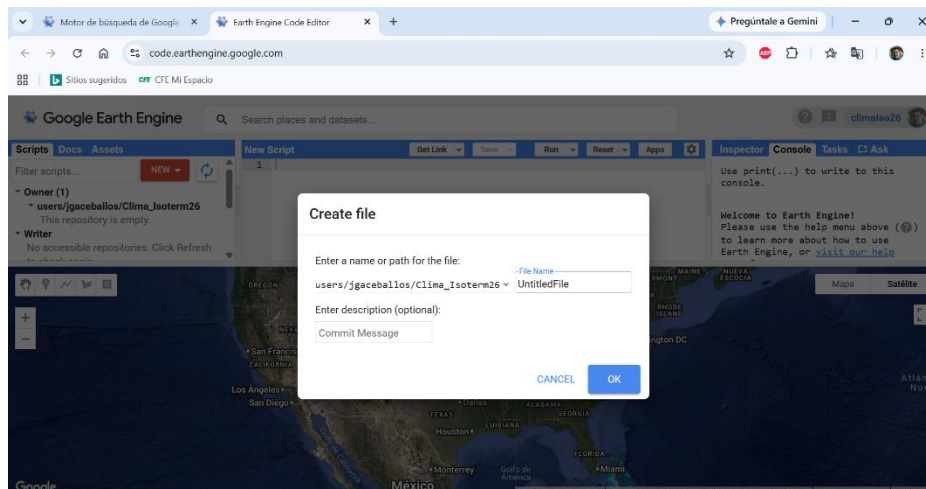


OJO: dependiendo de la computadora que estes utilizando, al darle “CREAR” puede aparecerte una de las siguientes opciones:

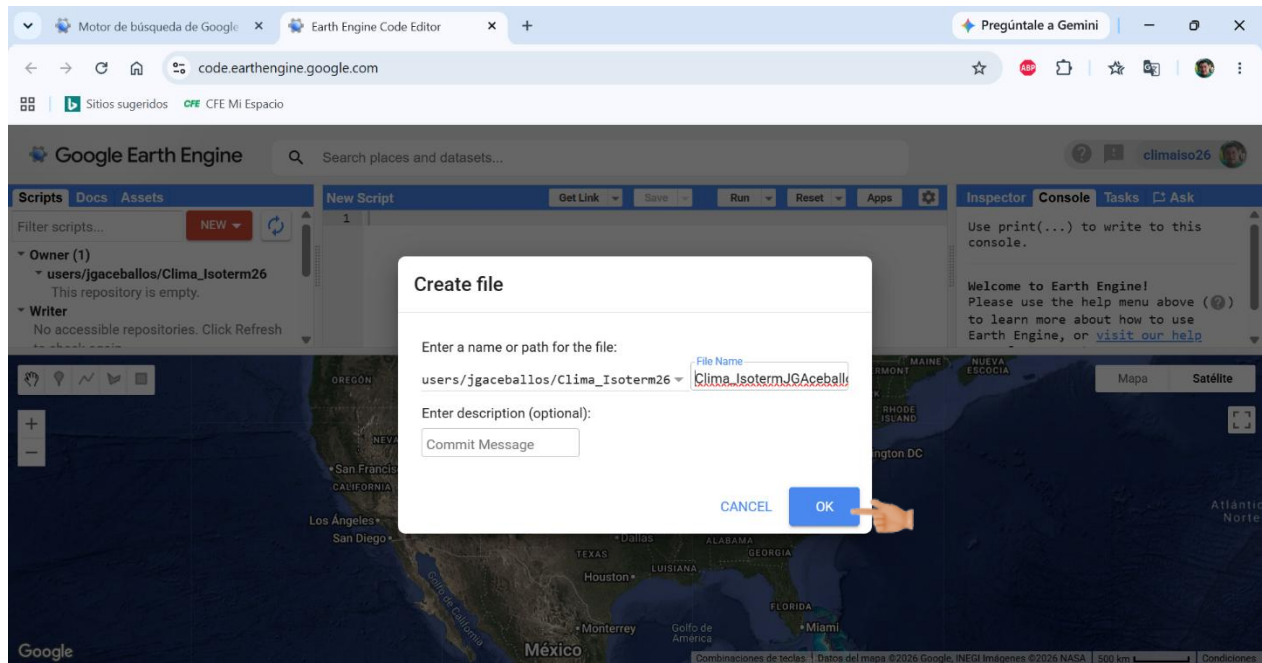
Esta ventana



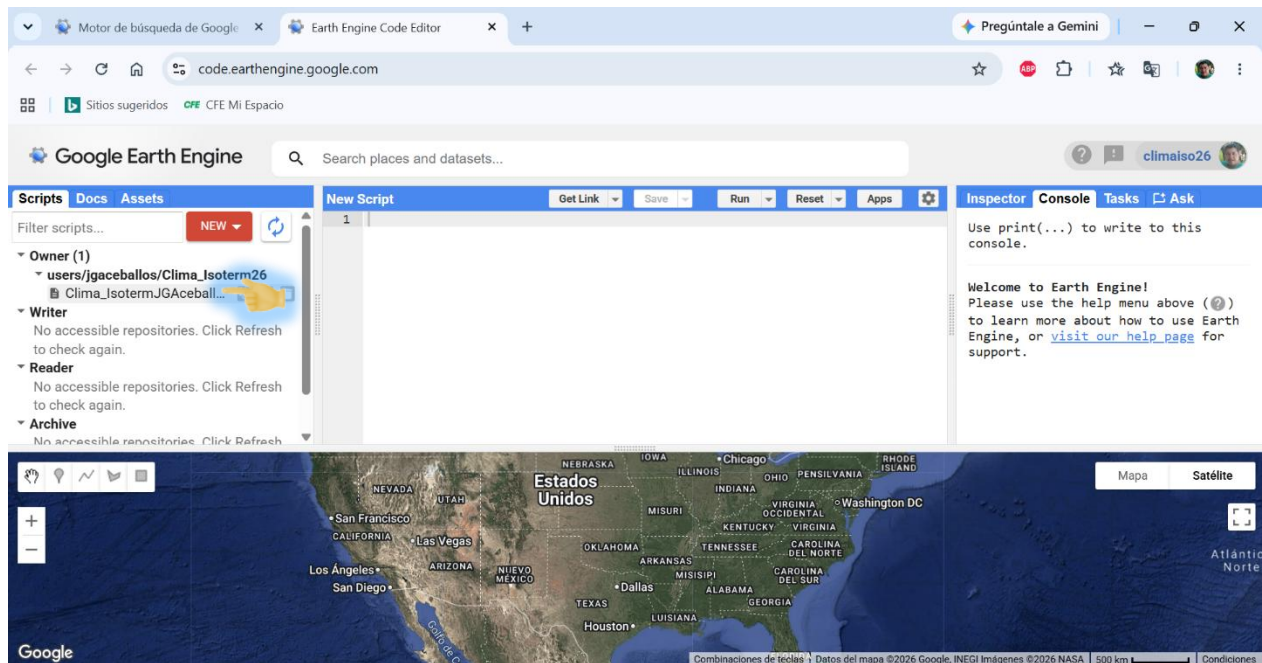
o esta otra ventana

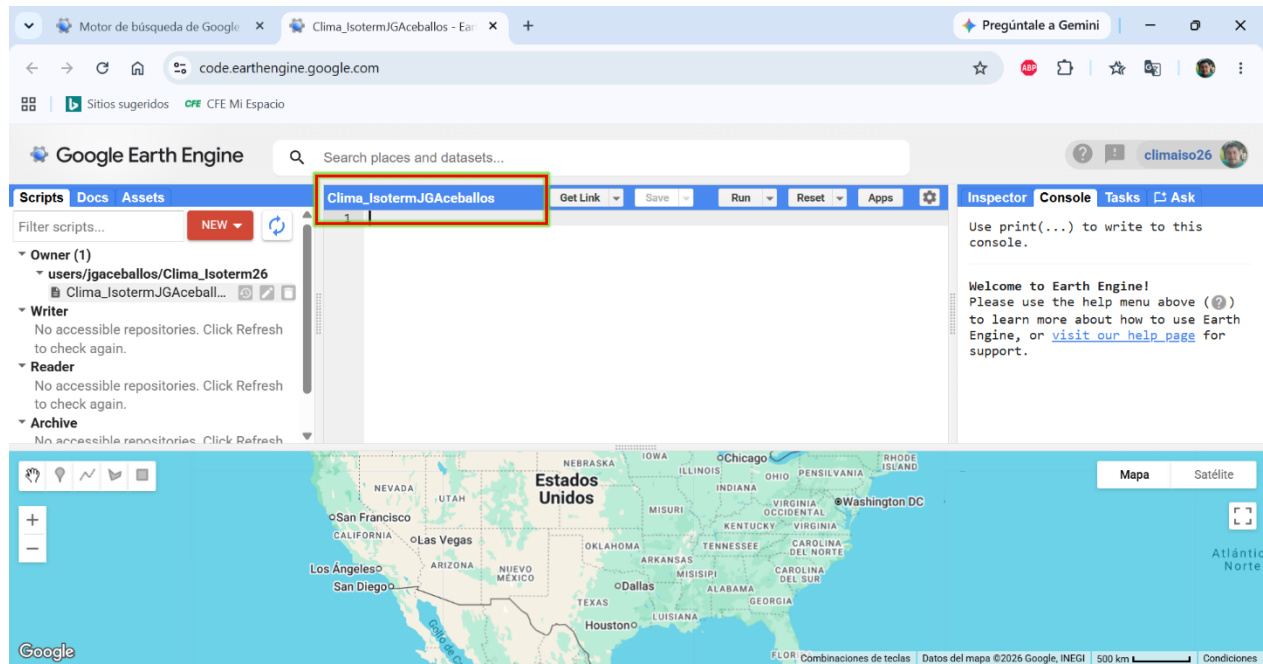


h) En la nueva ventana debemos dar un nombre a la carpeta, la que designarán con el prefijo “Clima” acompañado de un guion bajo y la palabra “Isoterm” seguida de las iniciales de su nombre, por ejemplo: Clima_IsotermJGAceballos y damos clic en “OK”.



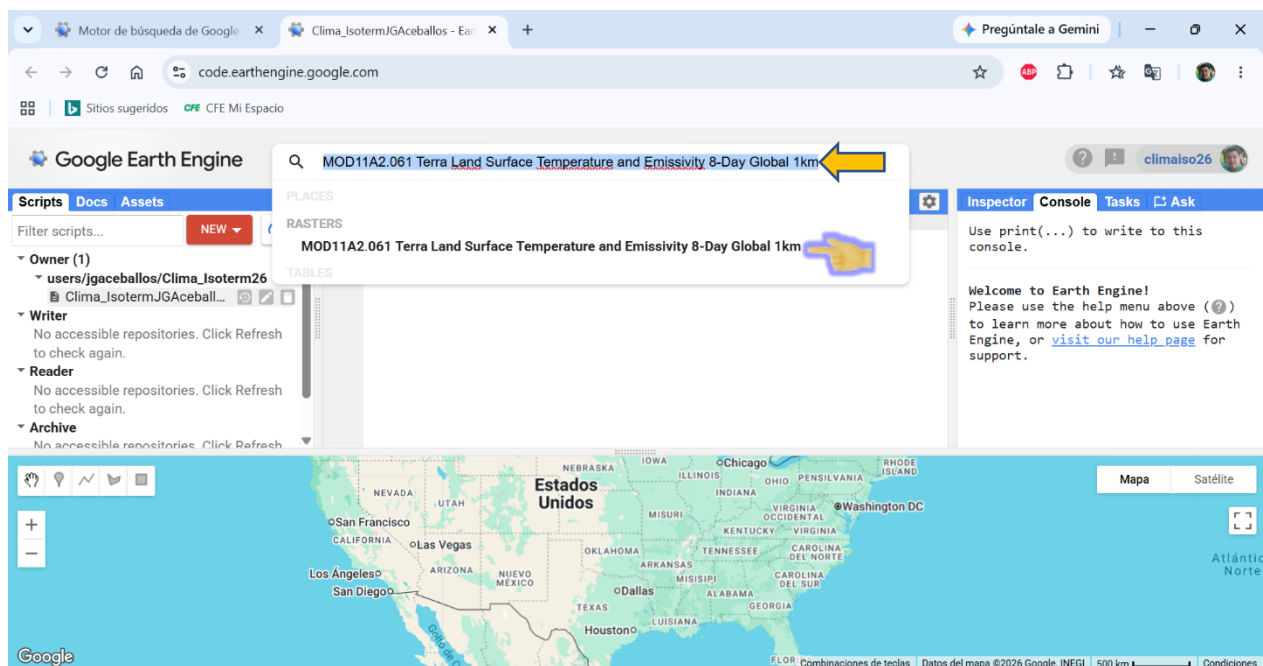
i) En la nueva ventana, del lado izquierdo por debajo de Owner y “users” aparecerá el nombre de la carpeta, donde debemos de dar clic y del lado derecho aparecerá la carpeta en blanco con el nombre que se le dio.





j) En la parte superior encontraremos una barra de búsqueda en donde podemos localizar bases de datos que nos sean útiles, dependiendo del enfoque de nuestro proyecto, en este caso emplearemos la colección “MOD11A2.061 Terra Land Surface Temperature and Emissivity 8-Day Global 1km” ya que nos proporciona datos de la temperatura superficial promedio de la tierra actualizados cada semana.

k) Copiamos el nombre y lo pegamos en la barra de búsqueda para desplegar una vista previa de la base de datos y damos clic encima del nombre de la base de datos.



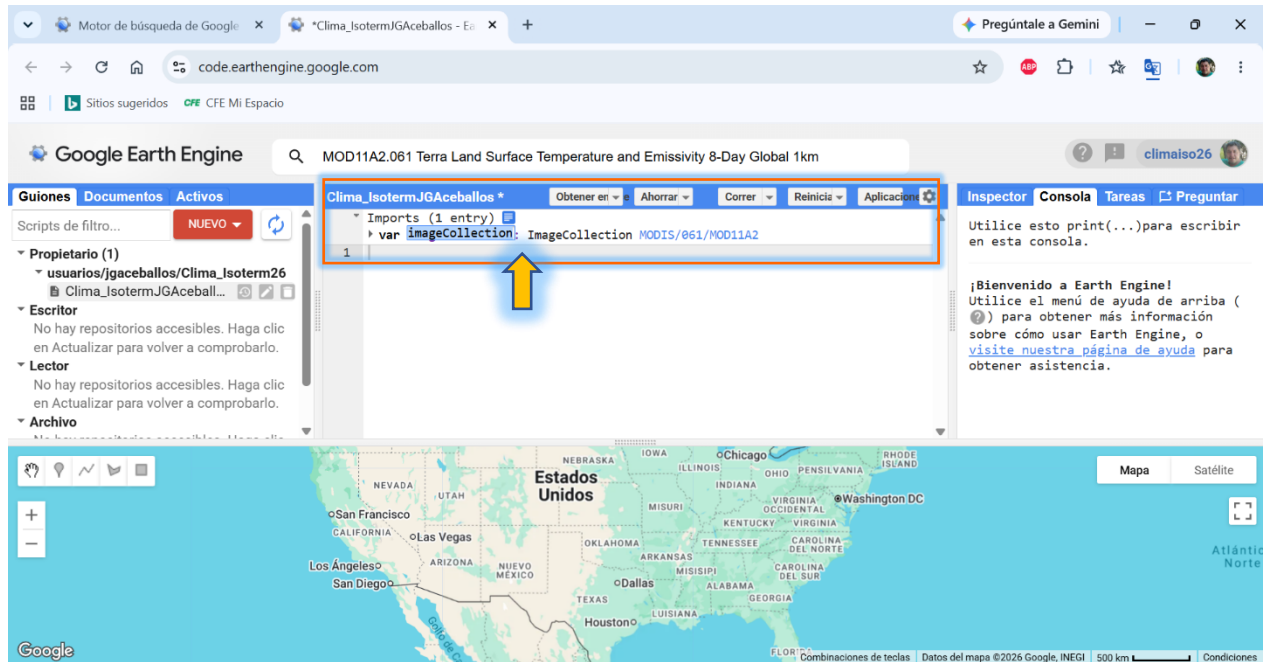
l) A continuación se desplegará una nueva ventana donde se presenta una vista previa de la base de datos. **OJO**, antes de continuar debemos copiar el comando que está en "Collection Snippet", ya que se utilizará posteriormente.

The screenshot shows the dataset page for MOD11A2.061 Terra Land Surface Temperature and Emissivity. On the left, there is a thumbnail map of South America. Below it, the 'Dataset Availability' is listed as '2000-02-18T00:00:00 -', and the 'Dataset Provider' is 'NASA LP DAAC at the USGS EROS Center'. A red box highlights the 'Collection Snippet' section, which contains the code: `ee.ImageCollection("MODIS/061/MOD11A2")`. To the right of the snippet is a 'See example' link. Below the snippet are 'Tags' including '8-day', 'emissivity', 'global', 'lst', 'mod11a2', 'modis', and 'nasa'. On the right side of the page, there is a 'DESCRIPTION' tab, a 'BANDS' tab, and a 'TERMS OF USE' tab. The 'DESCRIPTION' tab is active, showing a detailed description of the MOD11A2 V6.1 product. Below the description, there is a 'Documentation' section with links to 'User's Guide', 'Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD)', and 'General Documentation'. At the bottom right, there are 'CLOSE' and 'IMPORT' buttons.

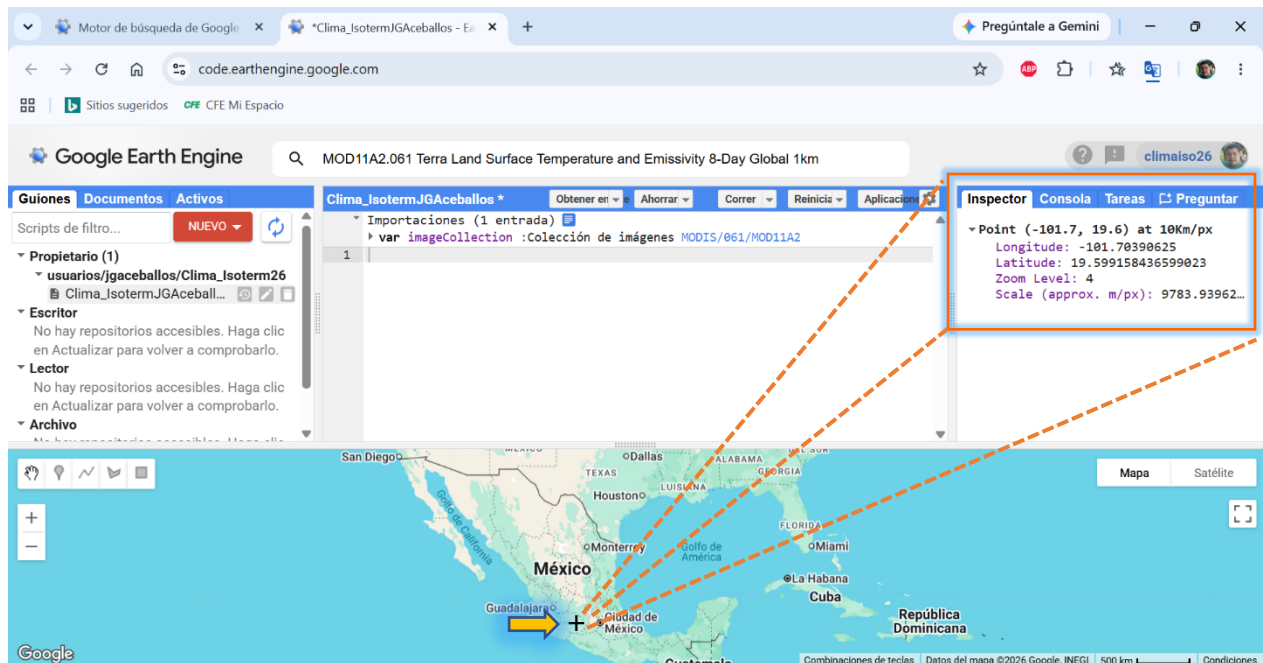
m) Seleccionamos la opción importar, de este modo la base de datos será incluida en nuestro proyecto y estará lista para usar en el proyecto.

The screenshot shows the Google Earth Engine interface. The browser address bar is 'code.earthengine.google.com'. The main content area displays the 'MOD11A2.061 Temperatura y emisividad de la superfi...' dataset page. The 'Collection Snippet' section is highlighted with a red box, showing the code: `ee.ImageCollection("MODIS/061/MOD11A2")`. Below the snippet are 'Etiquetas' (tags) including '8 días', 'emisividad', 'global', 'lst', 'mod11a2', 'modis', and 'NASA'. On the right side, there is a 'Documentation' section with links to 'Guía del usuario', 'Documento de Fundamentos Teóricos del Algoritmo (ATBD)', and 'Documentación general'. At the bottom right, there are 'CERCA' and 'IMPORTAR' buttons. A yellow arrow points to the 'IMPORTAR' button.

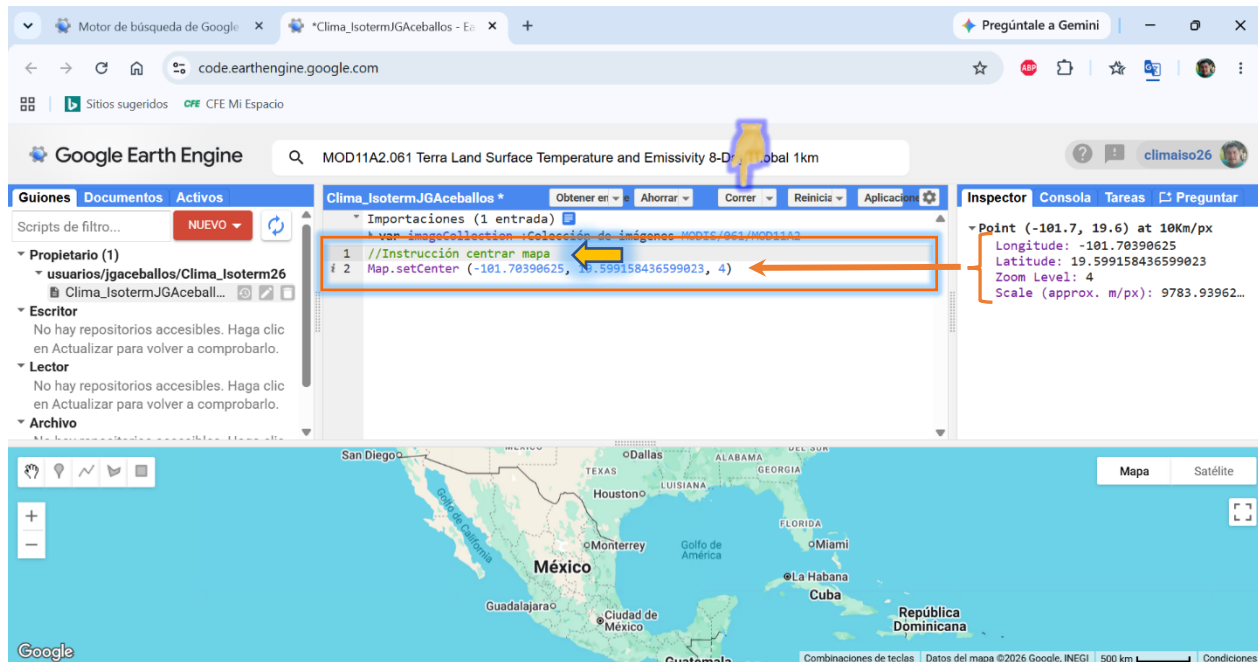
n) A continuación debemos comenzar a utilizar la ventana de comandos de la plataforma GEE.



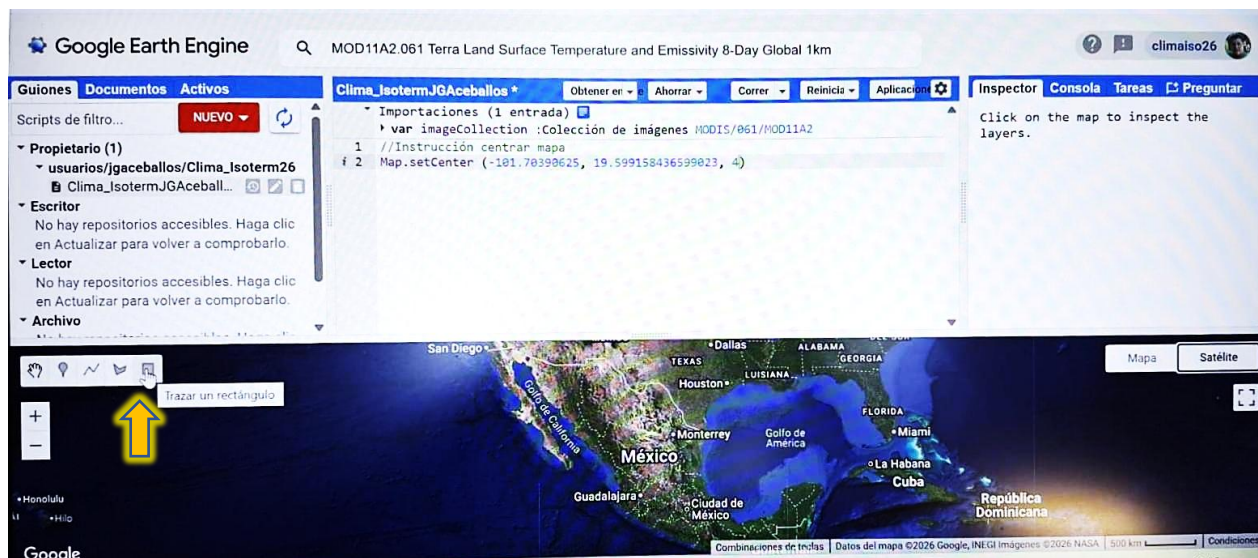
m) Para elegir una región de interés en el mapa, en nuestro caso la República Mexicana, hacemos clic en "Inspector" y colocamos el cursor en cualquier punto de la República seleccionando una región en específico sobre el mapa, de esta manera podremos apreciar las coordenadas del lugar en la sección inspector en la ventana derecha.



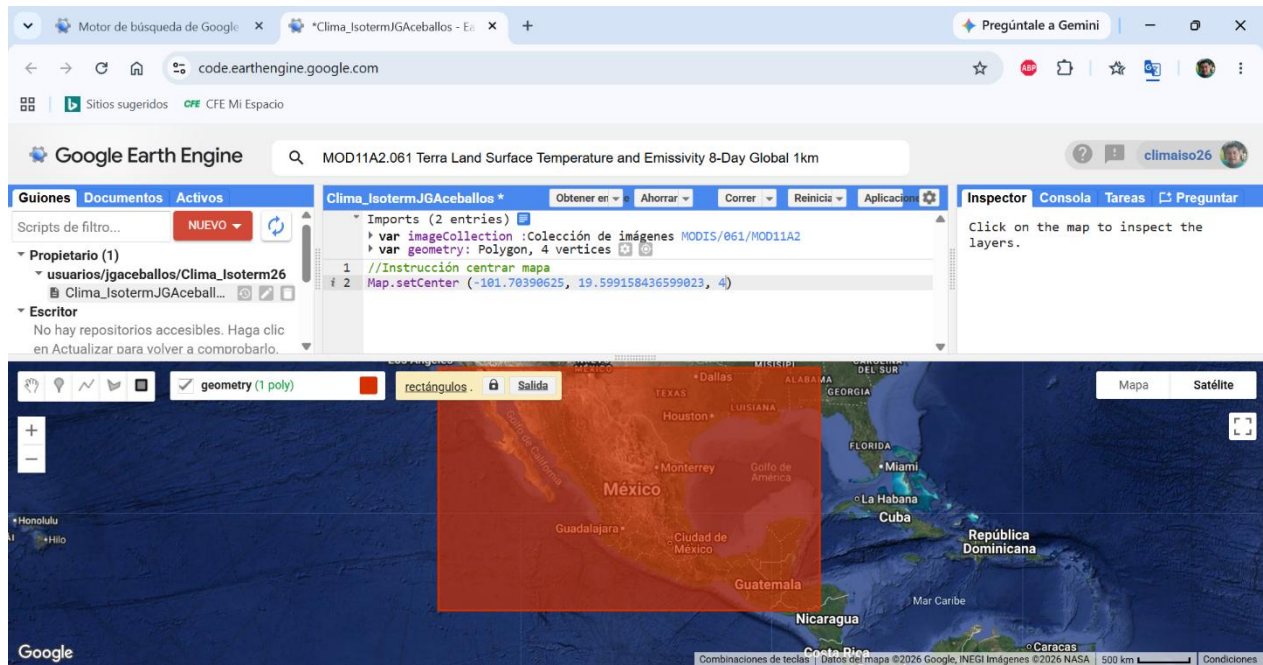
n) Ahora escribiremos en la ventana de comandos la siguiente instrucción para centrar nuestro mapa de las coordenadas mostradas: **Map.setCenter** (-101.16325105682859, 19.61166482079757, 8), OJO deberemos cambiar las coordenadas de esta instrucción por las que nos salieron en nuestra elección, al igual que el último número que corresponde al zoom del área elegida, este número entre más cercano a 0 se aleja el mapa y viceversa. **Se recomienda agregar un comentario iniciando con una doble diagonal “//” en una fila arriba de cada instrucción para no perdernos en lo que vamos trabajando.** Una vez terminada esta tarea debemos dar clic en “Correr” (run)



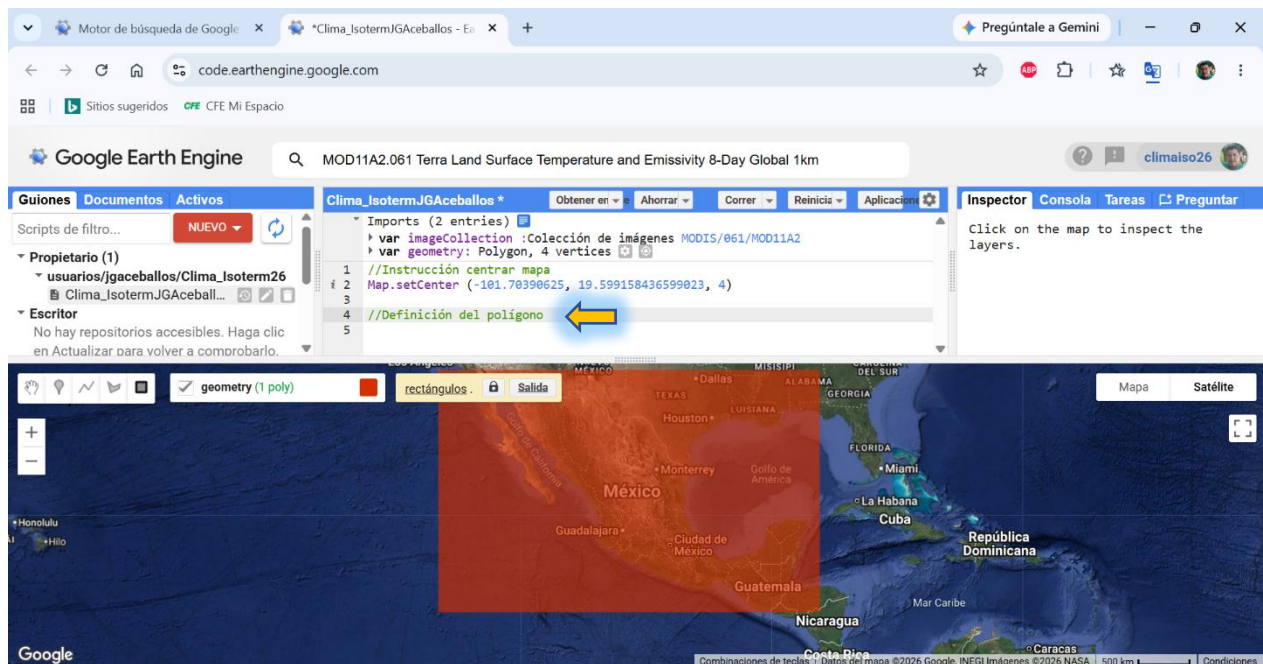
ñ) Una vez centrado nuestro mapa dibujaremos un polígono sobre nuestra zona de interés, este puede ser tan grande como queramos. Para lo cual, en la ventana de la imagen de México damos clic en el comando superior izquierdo “trazar un rectángulo”.



Ser abrirán nuevos comandos en la parte superior de la imagen de México y con nuestro cursor abrimos las dimensiones del rectángulo tanto como deseemos la imagen a trabajar.



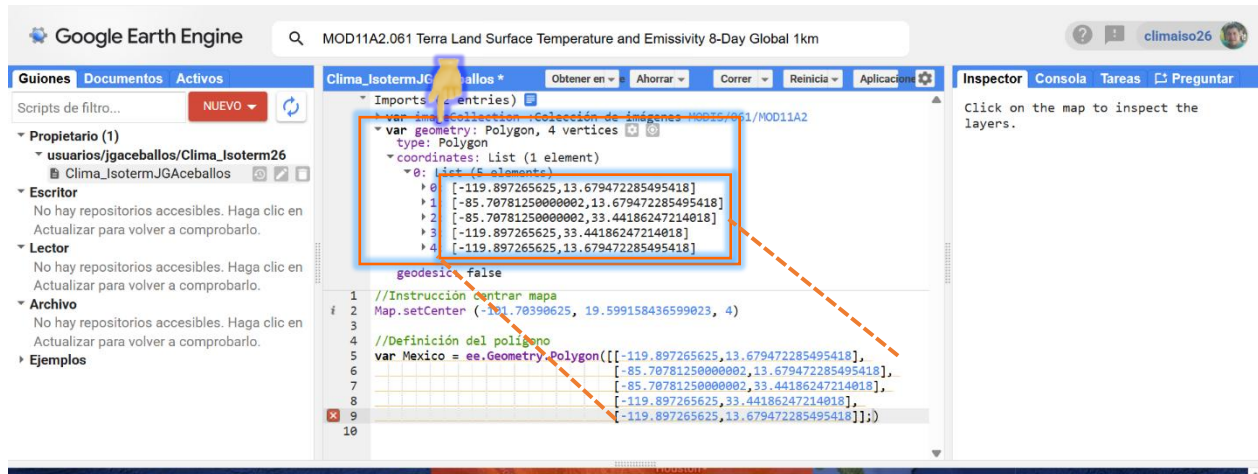
o) Enseguida definiremos nuestra zona de interés de acuerdo al polígono seleccionado, en la ventana de comandos, abriremos una nueva fila debajo de "Map, setcenter", colocando el cursor al final de esa fila y damos dos "Enter" y agregamos el siguiente comentario "//Definición del polígono".



p) Abriremos una nueva fila por debajo de nuestro comentario en la cual escribiremos EXACTAMENTE la siguiente instrucción “var Mexico = ee.Geometry.Polygon([]), dentro de los corchetes colocamos las coordenadas que van a aparecer al dar clic en

▼ var geometry: Polygon, 4 vertices

cada juego de coordenadas deberá de escribirse línea por línea, separadas por una coma (,) y al finalizar después del cierre de paréntesis agregamos un punto y coma (;)

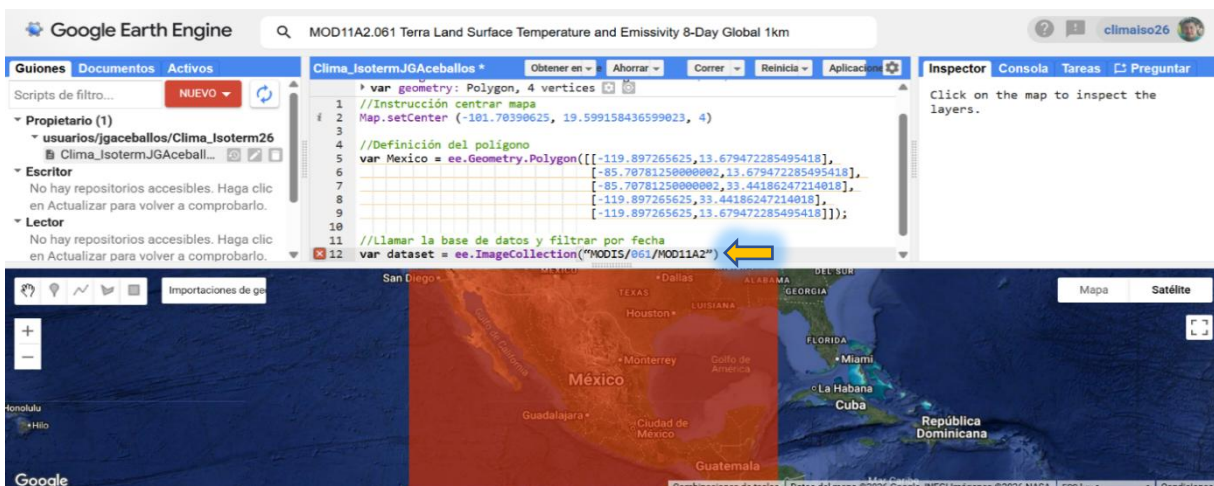


OJO AL FINALIZAR CADA INSTRUCCIÓN SE DEBE CORRER EL PROGRAMA CON LA FINALIDAD DE IR DESCARGANDO ERRORES

q) Después haremos uso de la base de datos, para lo que abriremos una nueva fila debajo de las coordenadas del polígono, colocando el cursor al final de esa fila y damos doble “Enter” y agregamos el comentario “//Llamar la base de datos y filtrar por fecha”, a continuación, en la siguiente fila le daremos una orden al servidor empleando el siguiente comando EXACTAMENTE COMO ESTA ESCRITO

var dataset = ee.ImageCollection("MODIS/061/MOD11A2")

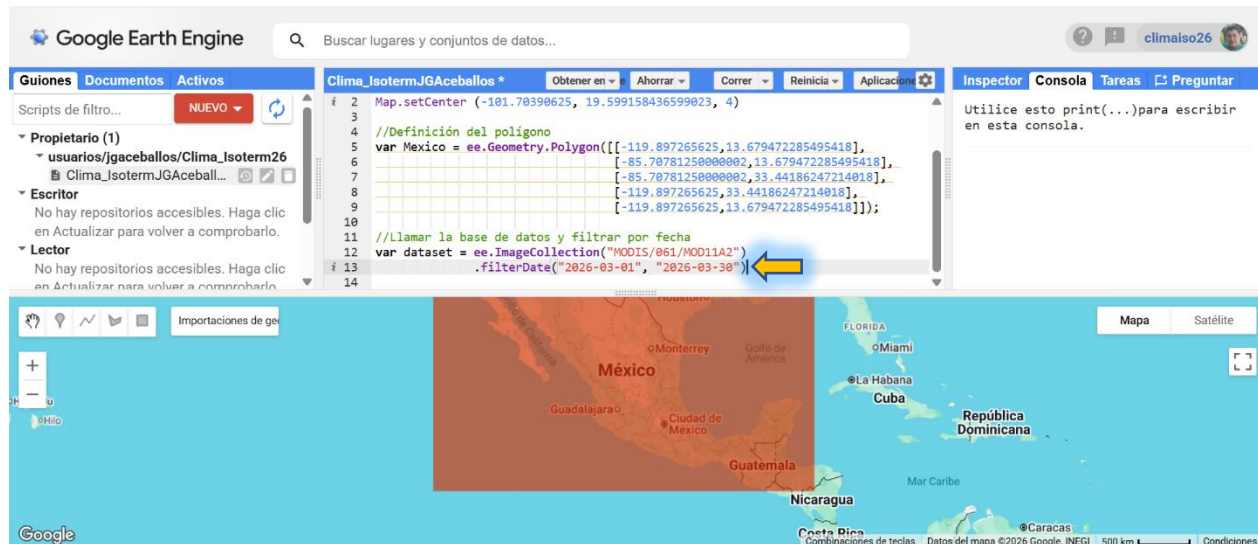
con lo que estamos asignando la base datos con la que trabajaremos.



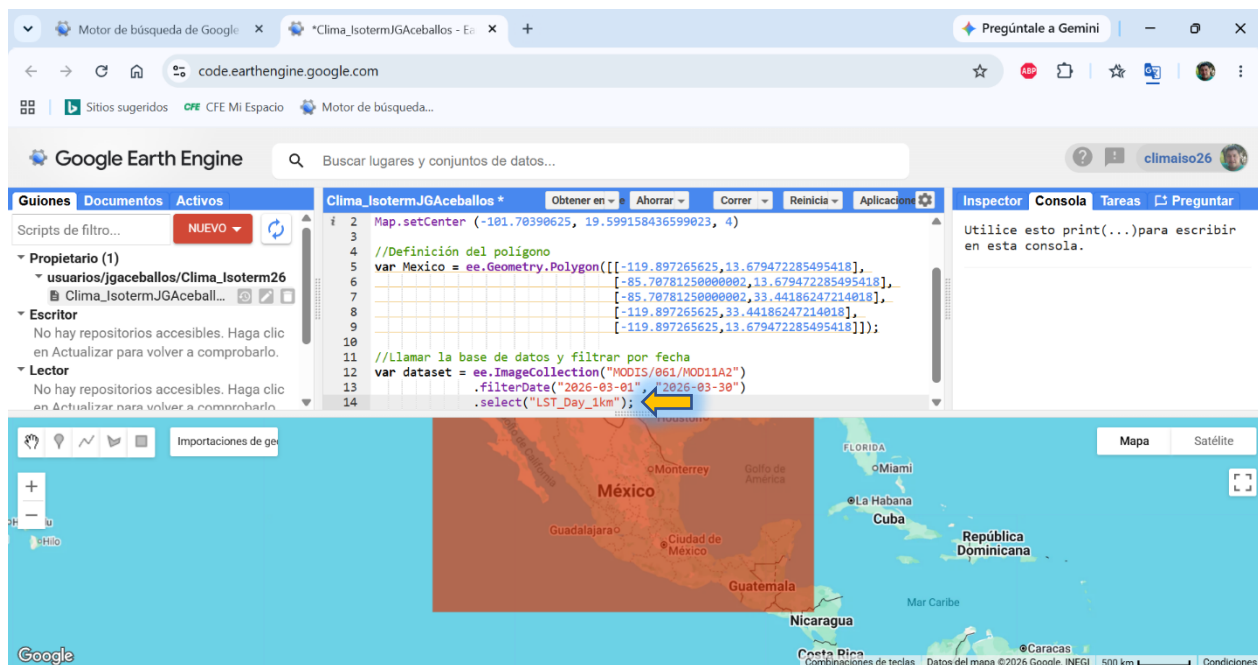
r) En el siguiente paso primeramente abriremos una nueva fila debajo de “`var dataset = ee.ImageCollection("MODIS/061/MOD11A2")`”, y apuntaremos el siguiente código EXACTAMENTE COMO ESTA ESCRITO:

`.filterDate("2026-03-01", "2026-03-30")`

OJO: las comillas deben ser rectas (") no tipográficas (“)

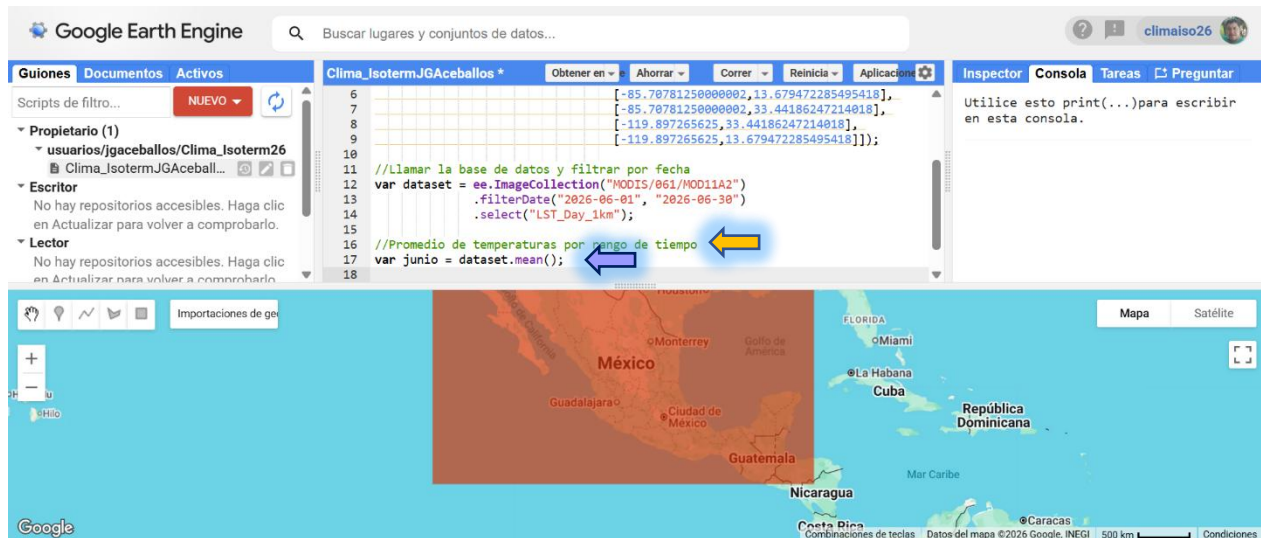


s) Procederemos a filtrar las imágenes por fechas damos "enter" al final de la anterior instrucción y seleccionamos la variable que emplearemos escribiendo EXACTAMENTE el siguiente código `.select("LST_Day_1km")`;



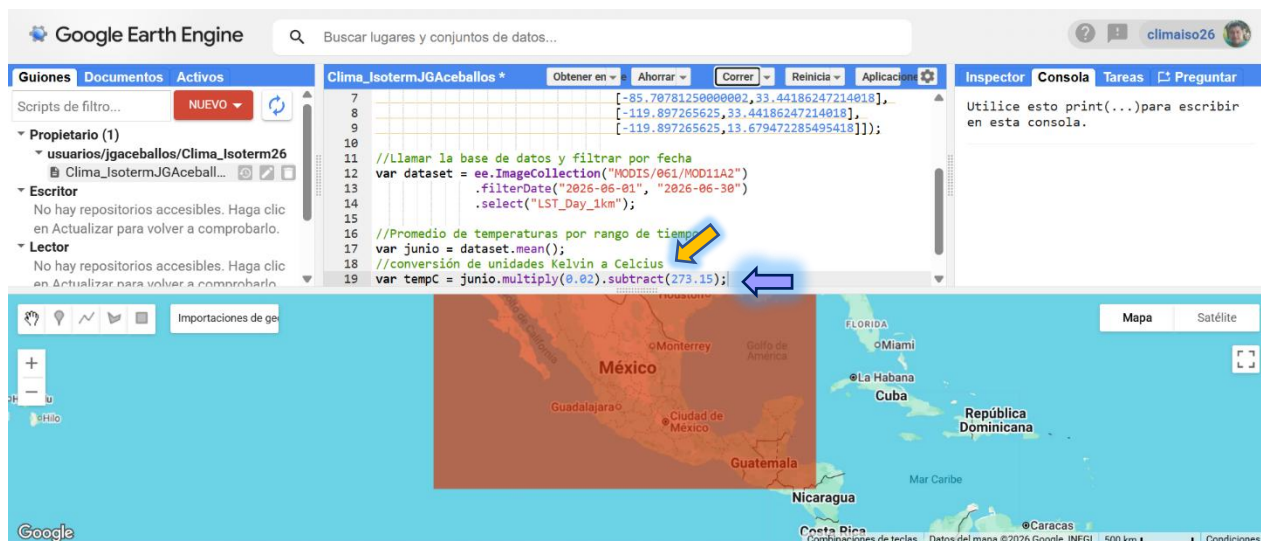
t) Procedemos a calcular el promedio de temperatura según el rango de tiempo que vayamos a seleccionar (ejemplo: "2026-06-01", "2026-06-30"), previamente damos "Enter" y escribimos el siguiente comentario **//Promedio de temperaturas por rango de tiempo**, damos "Enter" y escribimos exactamente la siguiente instrucción:

var junio = dataset.mean();



a continuación, damos "Enter" y escribimos el siguiente comentario **//conversión de unidades Kelvin a Celcius**, damos "Enter" y transcribimos la siguiente instrucción:

var tempC = junio.multiply(0.02).subtract(273.15).rename('temperatura');

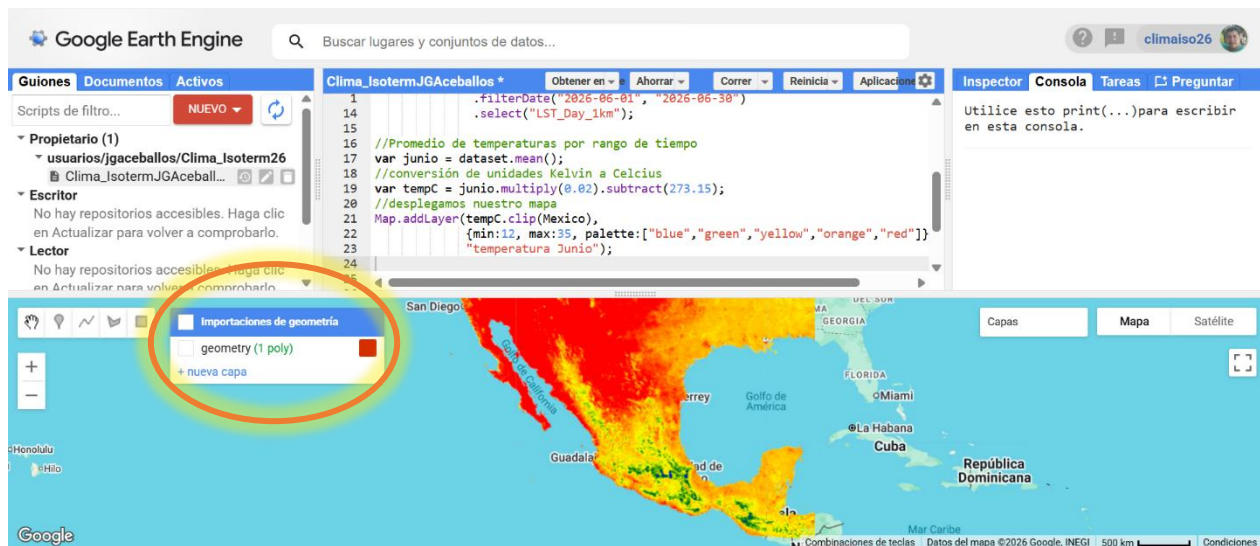
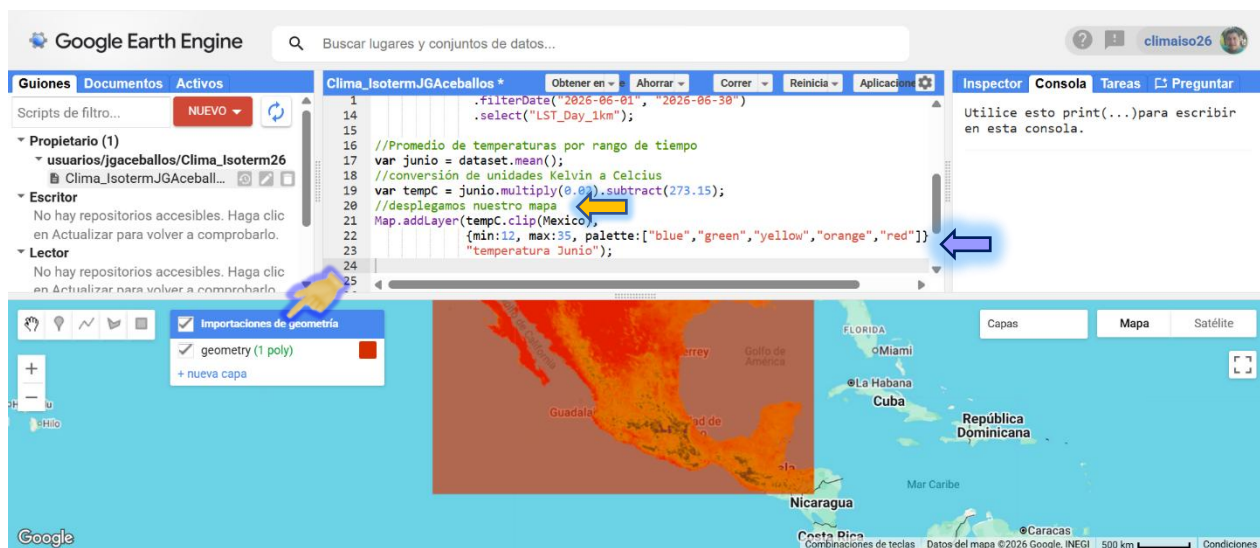


Los valores que aparecen en la fila 19 entre paréntesis de color azul, corresponden el primero a la banda en la que se está trabajando y el segundo a los grados Kelvin.

u) A continuación, indicaremos nuestro rango de temperatura, así como la paleta de colores que nos ayudarán a visualizar la escala de temperatura, para lo cual damos "Enter" y escribimos el siguiente comentario `//desplegamos nuestro mapa`, enseguida damos un nuevo "Enter" y transcribimos EXACTAMENTE la instrucción:

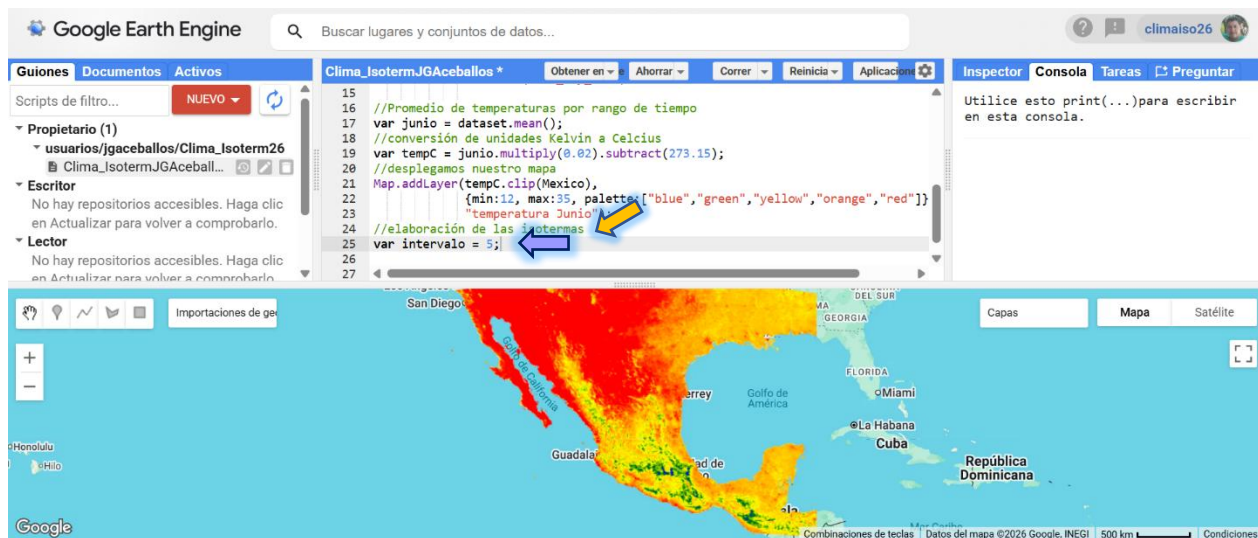
```
Map.addLayer(tempC.clip(Mexico),  
  {min:12, max:35, palette:["blue","green","yellow","orange","red"]},  
  "temperatura Junio");
```

con lo que aparecerá en la imagen de la República Mexicana los rangos de temperatura, y la paleta de colores elegida, para visualizar adecuadamente nuestro polígono necesitamos limpiar la imagen de satélite, para ello damos clic en "Importaciones de geometría" y desactivamos el polígono.



v) Para elaborar las isotermas en nuestra imagen generada continuaremos con los próximos pasos:

i) Ejecutamos "Enter" y en la fila generada escribimos el comentario **//elaboración de las isotermas**, creamos otra fila y en ella definimos el intervalo para las isotermas (ej. una línea cada 5 °C) transcribiendo la instrucción: **var intervalo = 5;** el número del intervalo puede ser cambiando de acuerdo a los intereses del proyecto, para nuestro caso se recomienda el 5 con lo cual estaremos indicando al programa que se establezca una isolínea cada 5 °C.



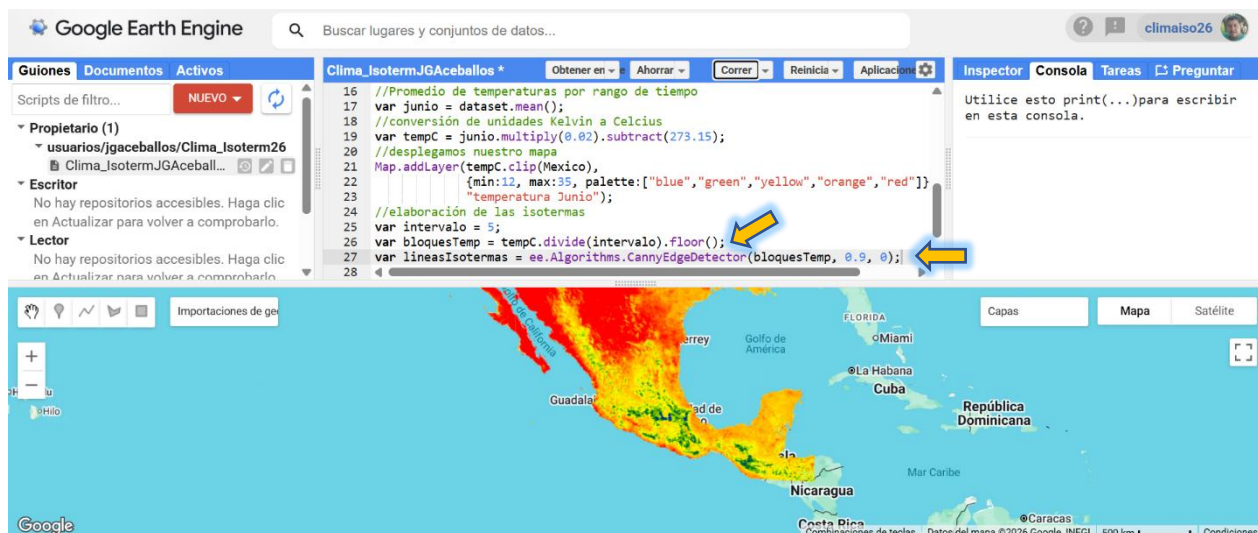
ii) A continuación, dividimos la temperatura entre el intervalo con lo cual se redondea al valor entero inferior y de esta forma crearemos bloques de datos de temperatura, para esto escribimos exactamente la siguiente instrucción:

var bloquesTemp = tempC.divide(intervalo).floor();

iii) Aplicamos un algoritmo detector de bordes (CannyEdgeDetector) para dibujar las fronteras de los bloques, para lo cual escribimos exactamente el siguiente instrucción:

var lineasIsotermas = ee.Algorithms.CannyEdgeDetector(bloquesTemp, 0.9, 0);

con lo cual se calculó la posición de cada isoterma.

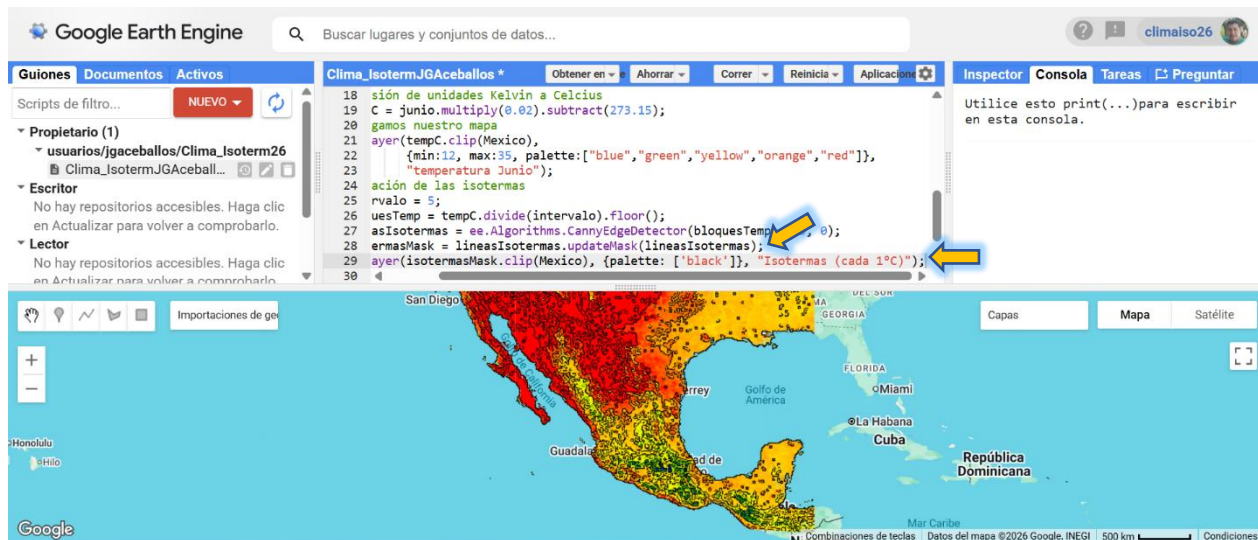


iv) Enmascaramos la imagen para que el fondo sea transparente y solo se vean las isotermas escribiendo exactamente la siguiente instrucción:

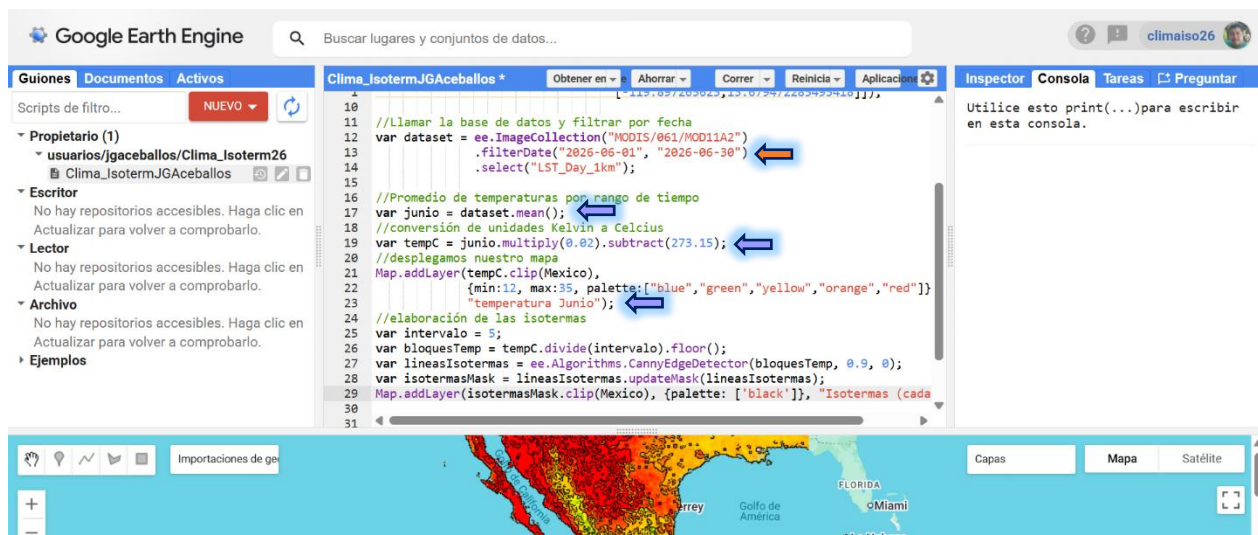
```
var isotermasMask = lineasIsotermas.updateMask(lineasIsotermas);
```

v) Finalmente se dibujarán las isotermas, para lo que agregaremos al mapa la capa de ISOTERMAS (en color negro o blanco para que resalten) escribiendo exactamente la siguiente instrucción;

```
Map.addLayer(isotermasMask.clip(Mexico), {palette: ['black']}, "Isotermas (cada 1°C)");
```



w) Algo importante a considerar es que nosotros podemos definir el rango de temperatura que queramos visualizar en las isotermas, lo cual dependerá de la época del año que elijamos (mes) por ejemplo en la imagen el rango corresponde al mes de junio, en la fila 13 podremos cambiar ese rango sustituyendo el mes de junio (06) por el que deseamos analizar. OJO para poder hacer el análisis debe haber una diferencia de una semana entre cada fecha. En la imagen de abajo a partir de la línea 17 en cada instrucción debemos cambiar el nombre del mes asignado, en este caso sustituir junio por el que nosotros elijamos.



x) Como podemos observar en nuestros resultados, la imagen generada se ve como una superficie plana (Fig. 10), para corregir esto debemos aplicar una capa de relieve, ya que es de suma importancia para la interpretación que hagamos de las isothermas con respecto a las altitudes.

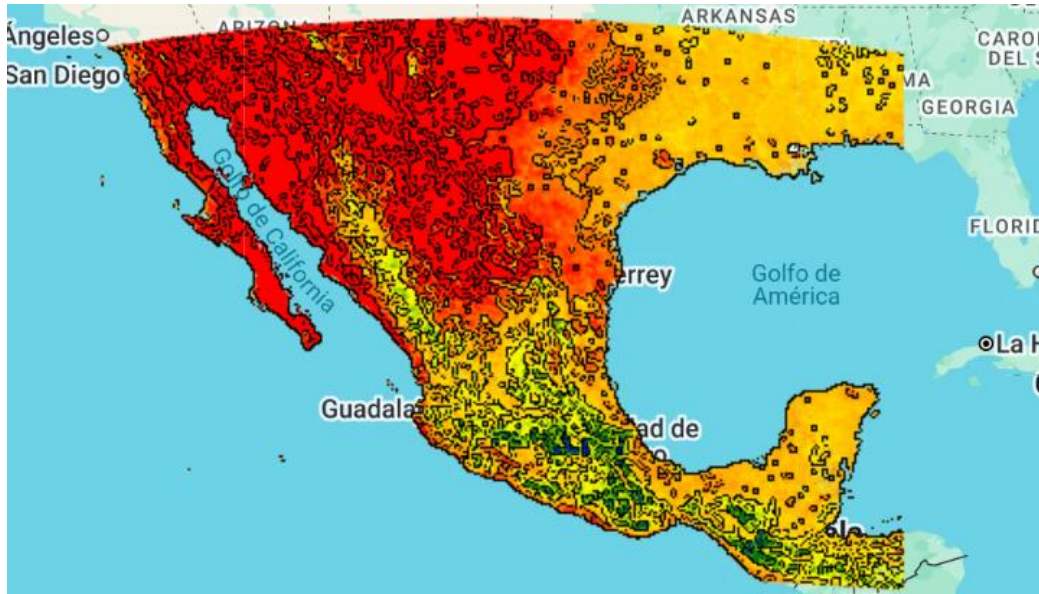
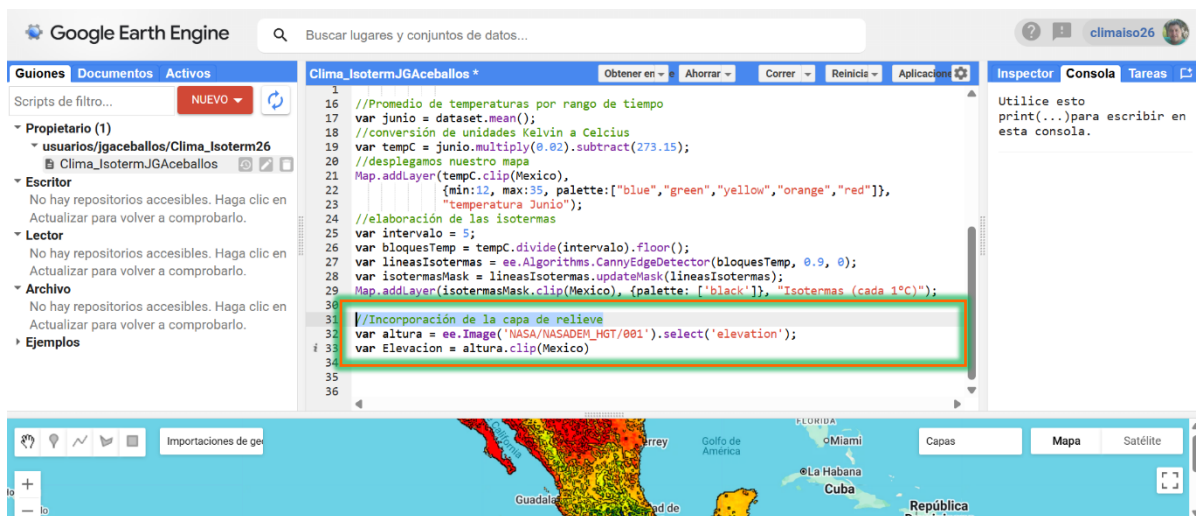


Figura 10. Imagen plana de las isothermas para la República Mexicana.

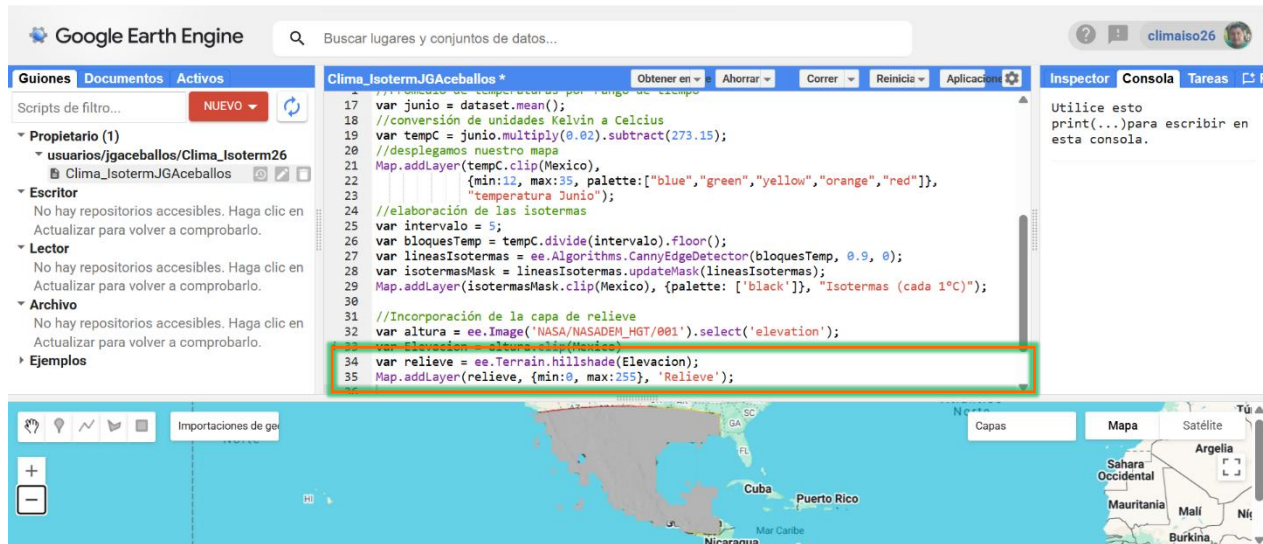
i) Primeramente generamos una nueva fila donde escribiremos el comentario **//Incorporación de la capa de relieve**, a continuación, incluiremos una capa de relieve en nuestra imagen con la que visualizaremos la relación entre temperatura y altitud, para lo cual debemos dar "Enter" y generar una nueva fila donde escribiremos exactamente las siguientes instrucciones:

```
var altura = ee.Image('NASA/NASADEM_HGT/001').select('elevation');
var Elevacion = altura.clip(Mexico)
```



ii) Para agregar la elevación generamos una nueva fila y transcribimos exactamente las siguientes instrucciones:

```
var relieve = ee.Terrain.hillshade(Elevacion);
Map.addLayer(relieve, {min:0, max:255}, 'Relieve');
```



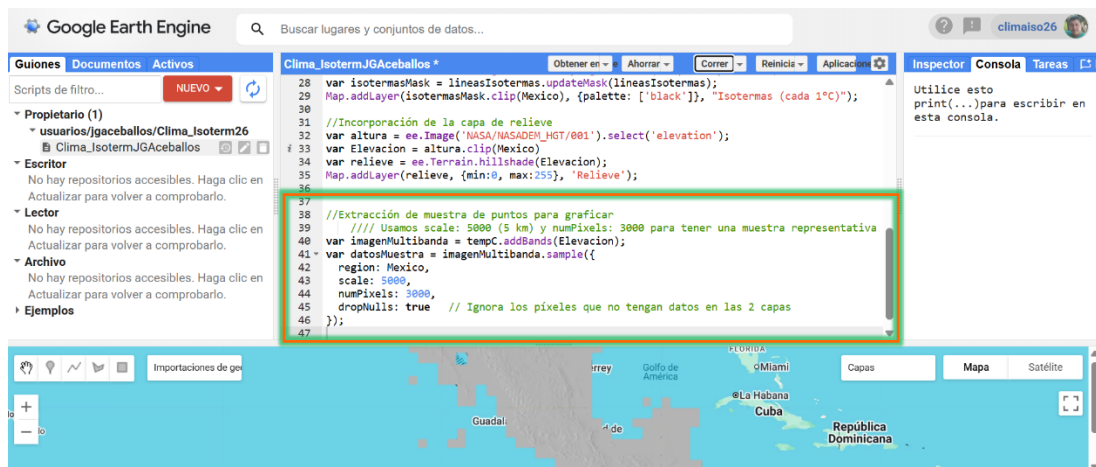
iii) Ahora realizaremos una extracción una muestra de puntos dentro del polígono 'Mexico', generamos una nueva fila y escribimos el siguiente comentario:

//Extracción de muestra de puntos para graficar

a continuación, agregamos un nuevo comentario en otra fila escalonada:

// Usamos scale: 5000 (5 km) y numPixels: 3000 para tener una muestra representativa e incorporamos la siguiente instrucción:

```
var imagenMultibanda = tempC.addBands(Elevacion);
var datosMuestra = imagenMultibanda.sample({
  region: Mexico,
  scale: 5000,
  numPixels: 3000,
  dropNulls: true // Ignora los píxeles que no tengan datos en las 2 capas
});
```



iv) Para obtener el gráfico de nuestro análisis procedemos a generar una nueva fila en la cual escribiremos el siguiente comentario:

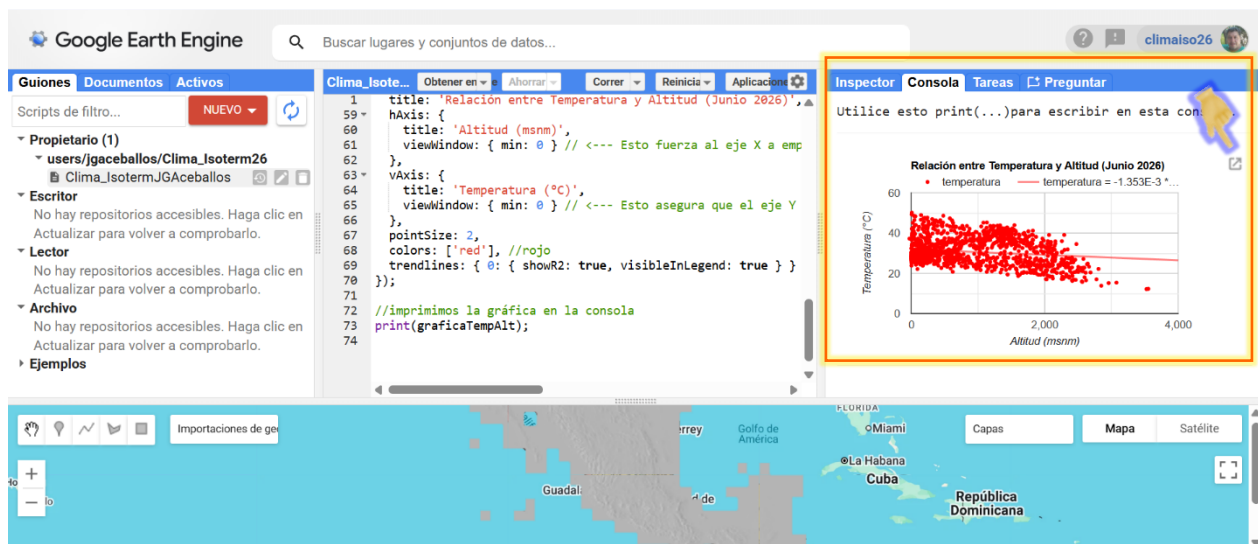
//Relación Temperatura vs Altitud

en una nueva fila transcribiremos las siguientes instrucciones completas:

```
var graficaTempAlt = ui.Chart.feature.byFeature({
  features: datosMuestra,
  xProperty: 'elevation', // Eje X: Altitud
  yProperties: ['temperatura'] // Eje Y: Temperatura
})
.setChartType('ScatterChart')
.setOptions({
  title: 'Relación entre Temperatura y Altitud (Junio 2026)',
  hAxis: {
    title: 'Altitud (msnm)',
    viewWindow: { min: 0 } // <--- Esto fuerza al eje X a empezar en 0
  },
  vAxis: {
    title: 'Temperatura (°C)',
    viewWindow: { min: 0 } // <--- Esto asegura que el eje Y también empiece en 0
  },
  pointSize: 2,
  colors: ['red'], //rojo
  trendlines: { 0: { showR2: true, visibleInLegend: true } }
});
```

//imprimimos la gráfica en la consola
print(graficaTempAlt);

y con ello obtenemos el gráfico de puntos que se muestra a la derecha de la ventana, para observar el gráfico en grande damos clic en el pequeño recuadro con una flecha en la parte superior derecha, para abrir una nueva ventana con el gráfico completo (Fig. 11)



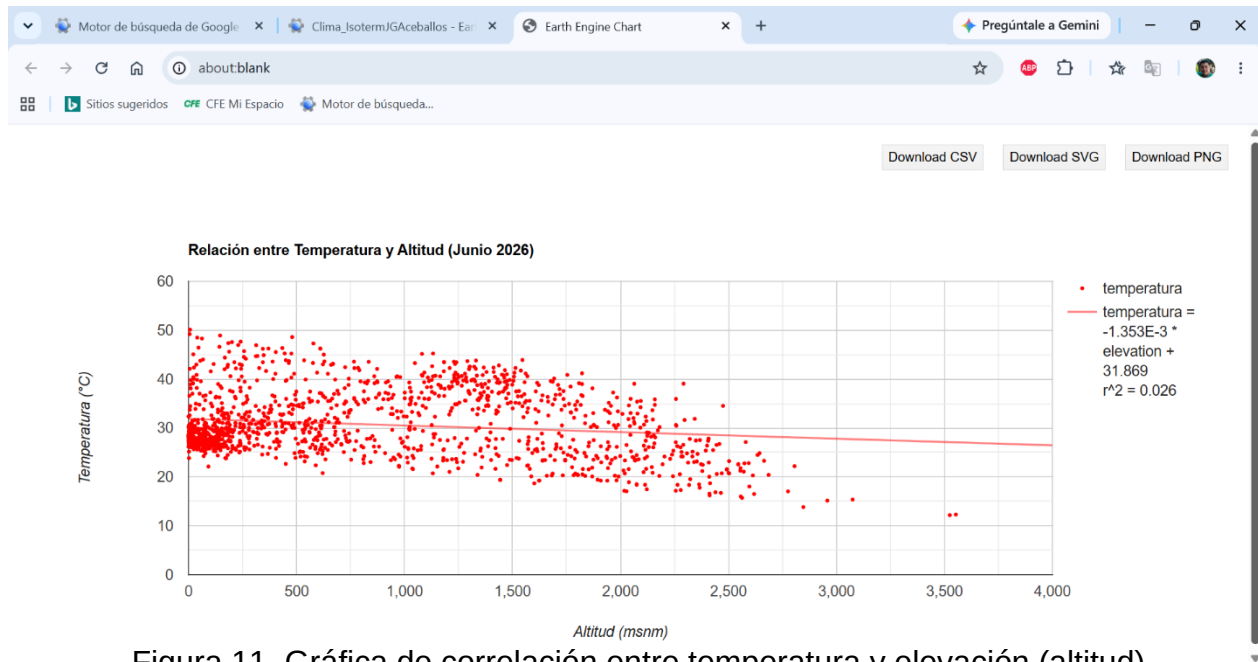
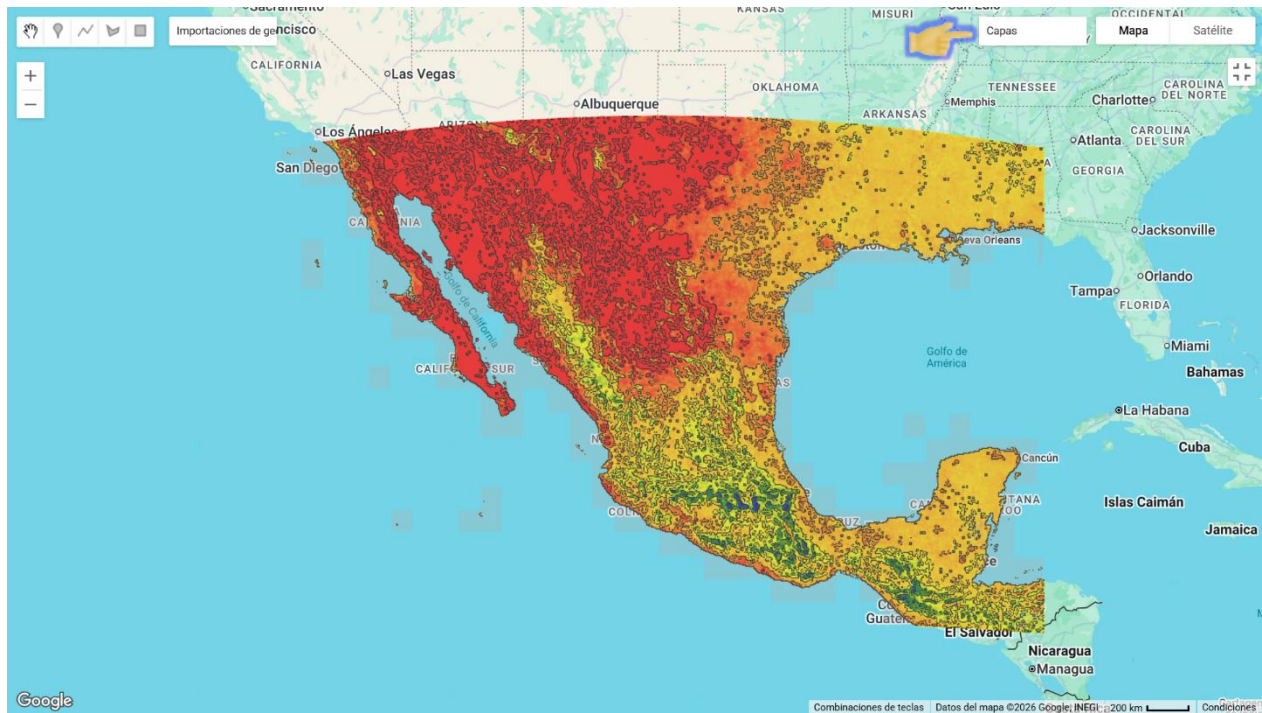


Figura 11. Gráfica de correlación entre temperatura y elevación (altitud)

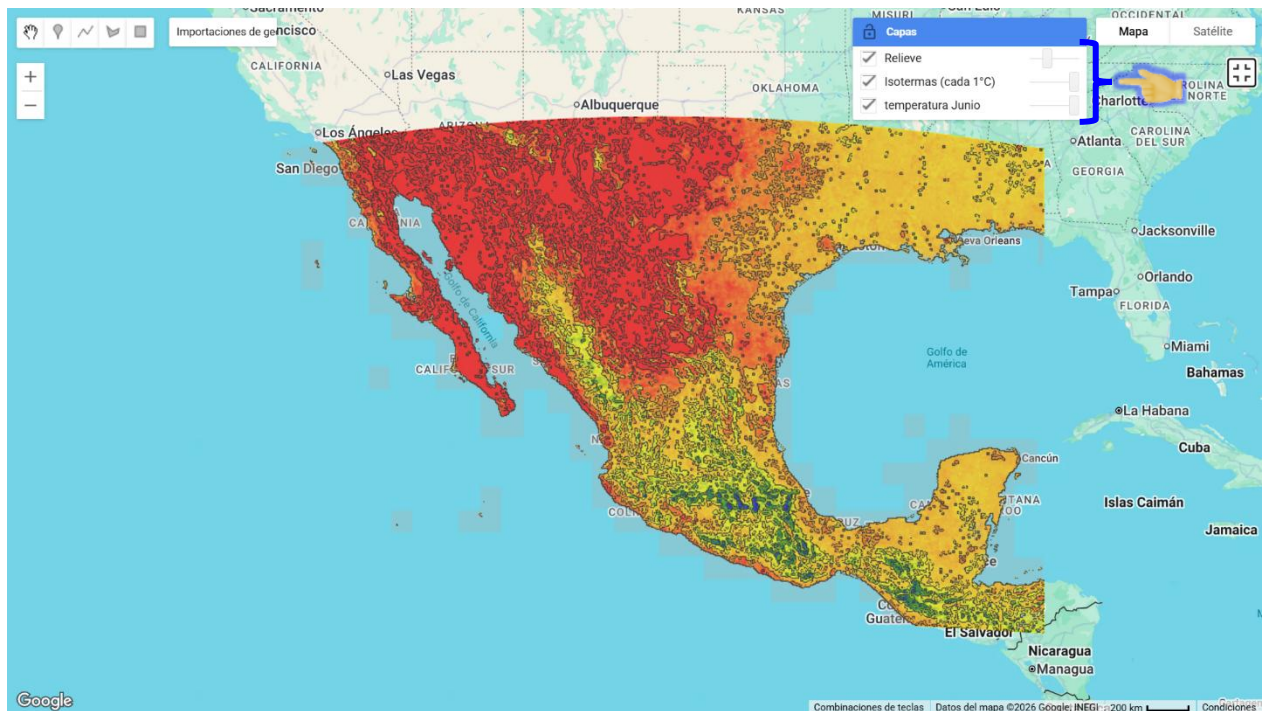
v) Para realizar la interpretación conjunta del gráfico de puntos (Fig. 10) y la imagen de isotermas y el relieve procedemos a dar clic en el recuadro de "[Activar y desactivar la vista de pantalla completa](#)" que esta abajo del recuadro "Satélite",



con lo que obtendremos una imagen en grande de pantalla completa, en la que trabajaremos las "[Capas](#)" o "[Layers](#)", para tener una mejor representación de la imagen de isotermas y altitudes.



vi) El despliegue de la ventana de "Capas" o "Layers" nos permitirá aumentar o disminuir la resolución de cada una de ellas, de acuerdo a los propósitos de nuestro proyecto, junto al nombre asignado a cada una de las capas encontraremos una barra deslizante con lo cual podemos modificar su transparencia, con la finalidad de observar dos o más capas superpuestas lo cual nos permite realizar un análisis comparativo de manera visual de nuestro proyecto.



y) Una vez terminado el proyecto con las isothermas de junio, ahora se aplicará todo el proceso anterior, pero con las isothermas de enero 2026, al finalizar ambos proyectos deberán de entregar un informe técnico de la interpretación de ambos proyectos, el profesor o profesora te asignará la fecha de entrega.

PRÁCTICA 4. LAS ISOYETAS DE LA REPÚBLICA MEXICANA Y MICHOACÁN, MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

1. INTRODUCCIÓN

Cuando la variable a utilizar es la precipitación, entonces las isolíneas reciben el nombre de isoyetas, líneas curvas que unen puntos de igual precipitación. Si queremos utilizar datos de esta variable, se requiere calcular las medias mensuales y anuales, o sea los promedios de 30 o más años de registros, una vez obtenidos estos datos los podemos vaciar a un mapa para generar las isotermas.

Los sistemas de información geográfica (SIG) son herramientas digitales útiles como ya lo vimos en la elaboración de las isotermas, ahora utilizaremos la GEE para generar una imagen de isoyetas que nos reflejará la dinámica en diversos procesos a nivel ecosistémico y climatológicos, conocer la distribución de la precipitación en México en tiempo y espacio es importante, ya que nos puede mostrar fenómenos como la época de secas y la lluviosa, así como el efecto de las lluvias orográficas "efecto Föhn" y su relación con la distribución de la vegetación y los climas.

2. OBJETIVO

Generar imágenes de isoyetas mediante GEE, considerando el gradiente altitudinal y analizar la influencia de la altitud en la precipitación.

3. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

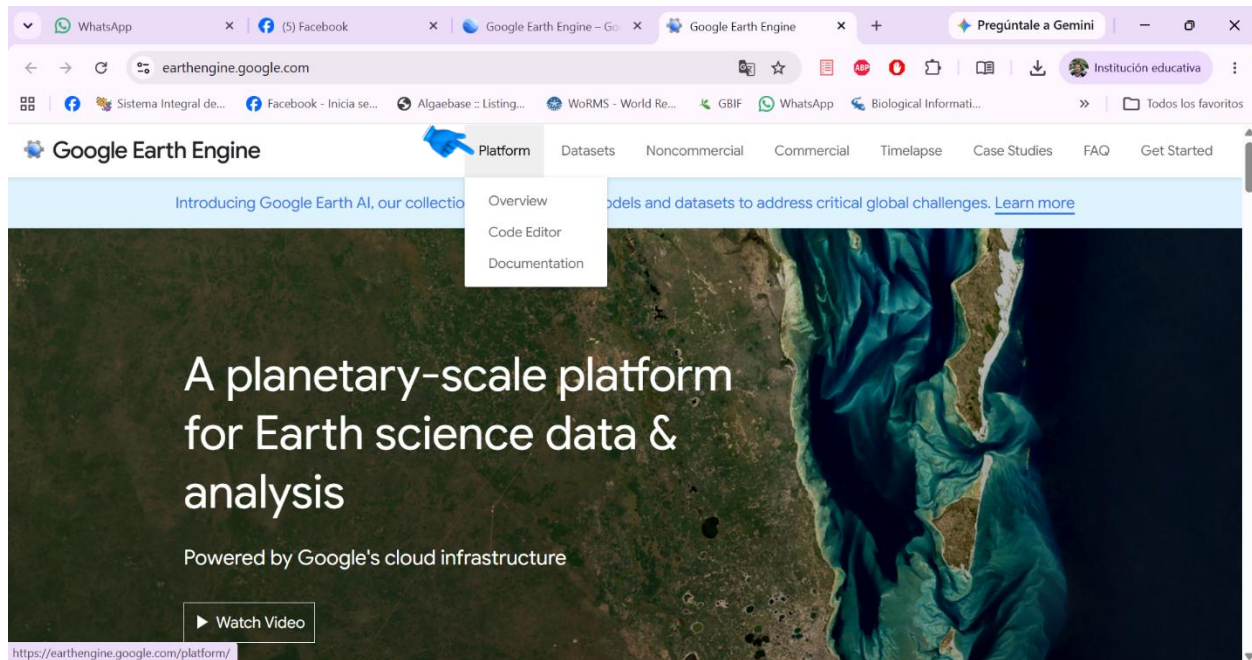
3.2. Imagen de Isoyetas con Google Earth Engine (GEE)

3.2.1. Materiales y Equipo

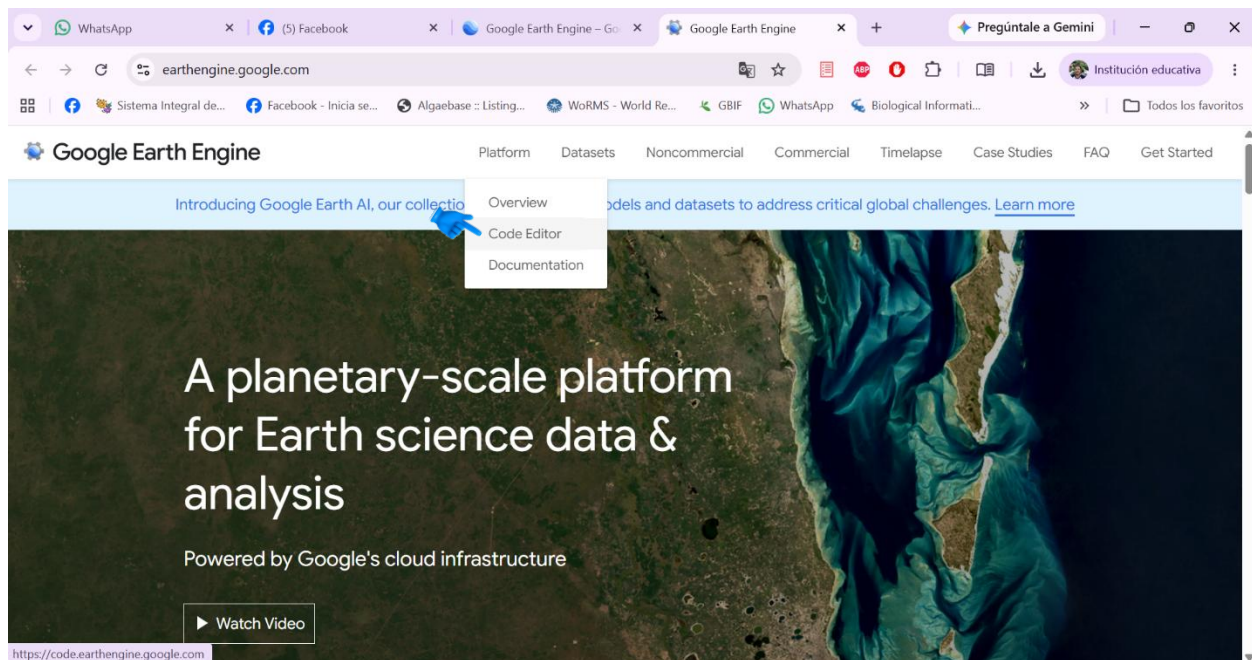
- Computadora con memoria Ram de al menos 4GB
- Conexión a internet estable
- Cuenta de Google (xxxxx@gmail.com)
- Proyecto previamente registrado GEE durante la práctica 2

3.2.2. Creación de un nuevo archivo de trabajo

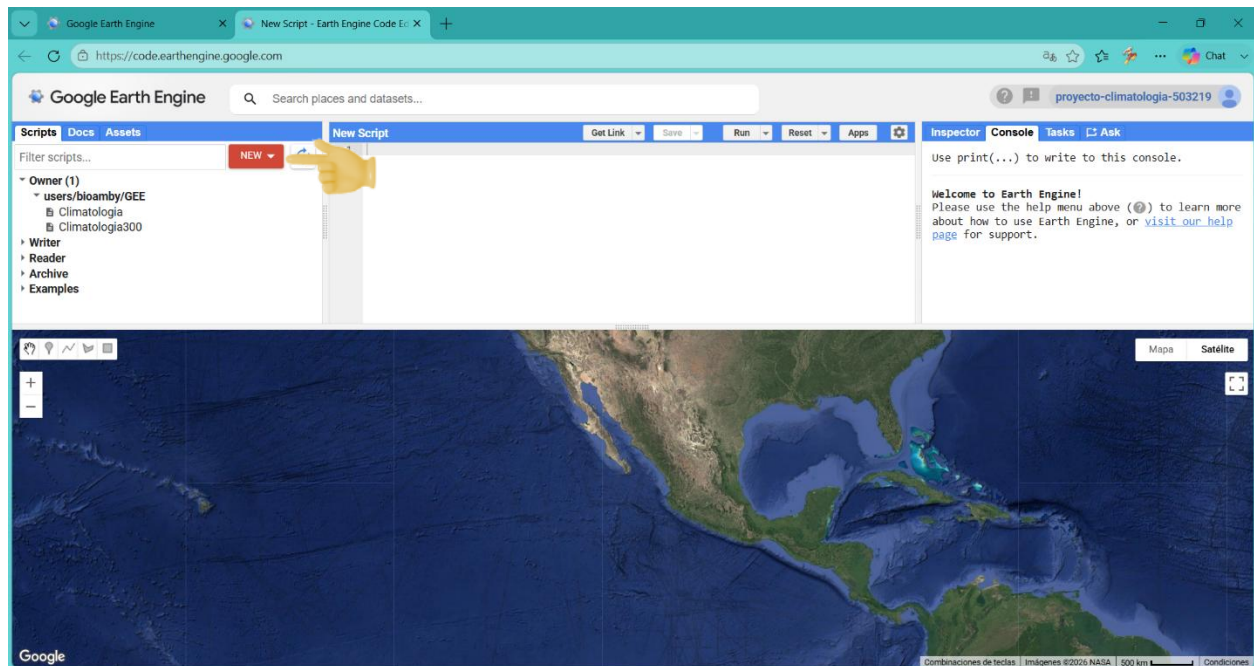
- a) Ingresamos a la plataforma GEE desde nuestro navegador web buscando directamente o con el siguiente enlace (<https://earthengine.google.com/>)
- b) Seleccionamos la opción "plataforma" o "platform" según el idioma de nuestro navegador



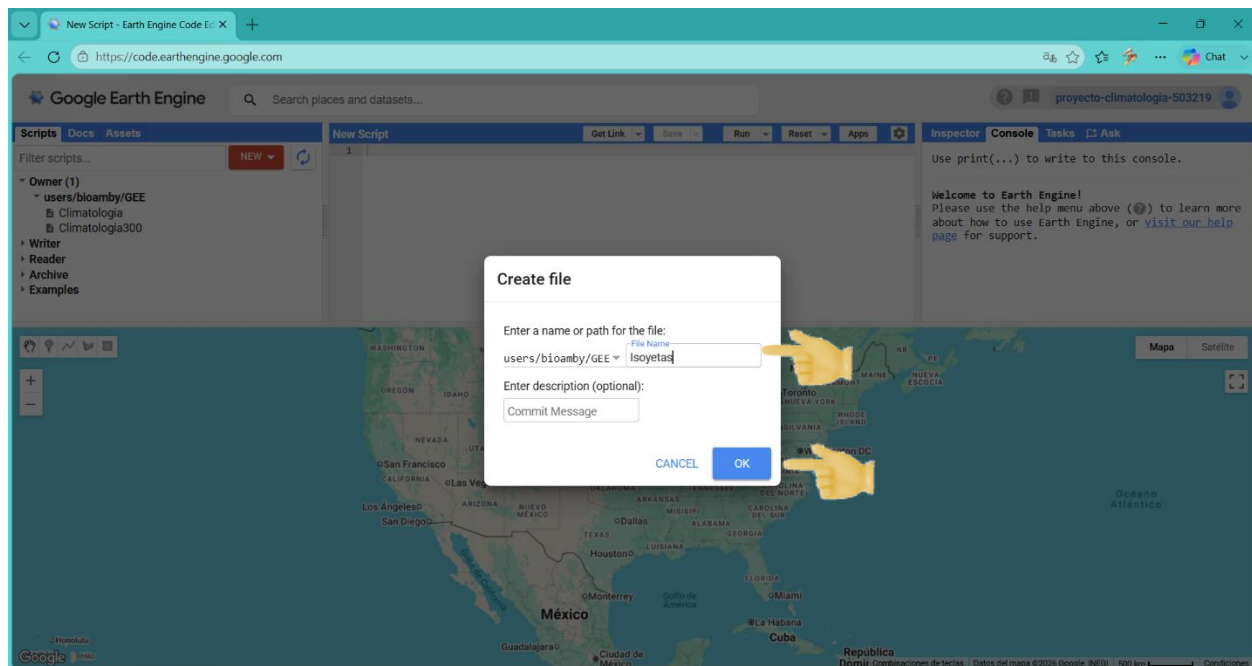
c) Seleccionamos la opción “Code Editor” (Editor de código)



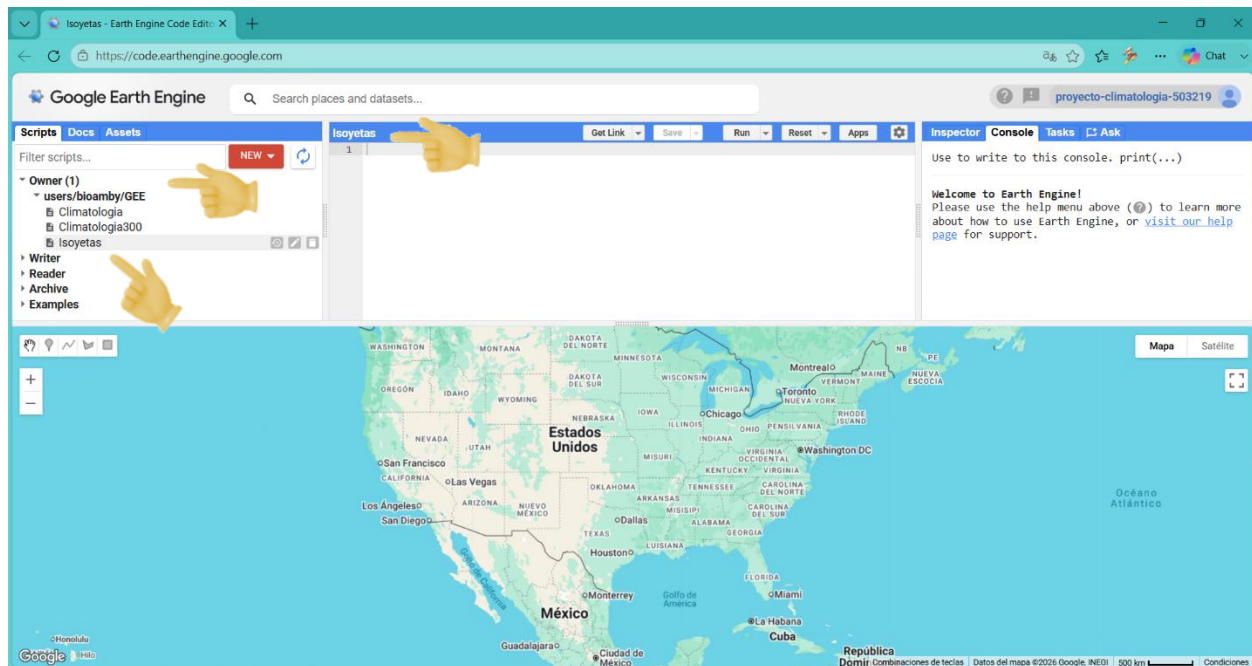
d) Una vez dentro del editor de código, creamos un nuevo archivo de trabajo



f) Nos aparecerá una ventana emergente en donde deberemos nombrar nuestro archivo (este nombre es a disposición personal) y presionar “OK”

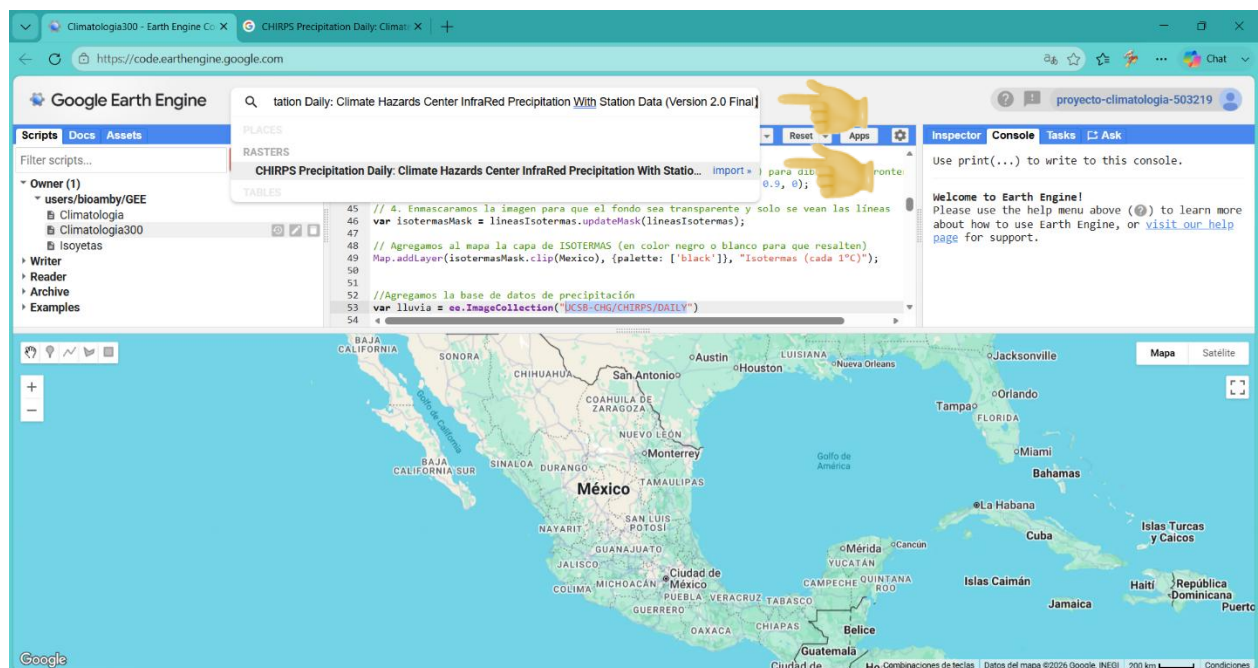


g) En el lado izquierdo aparecerá nuestro nuevo archivo para trabajar el cual deberemos seleccionar, este lo encontraremos en la sección “Owner” (Propietario) y dentro del apartado “users” (usuario), para asegurarnos que nuestro archivo fue seleccionado adecuadamente su nombre debe mostrarse en la barra superior de color azul en la Consolad de comandos.

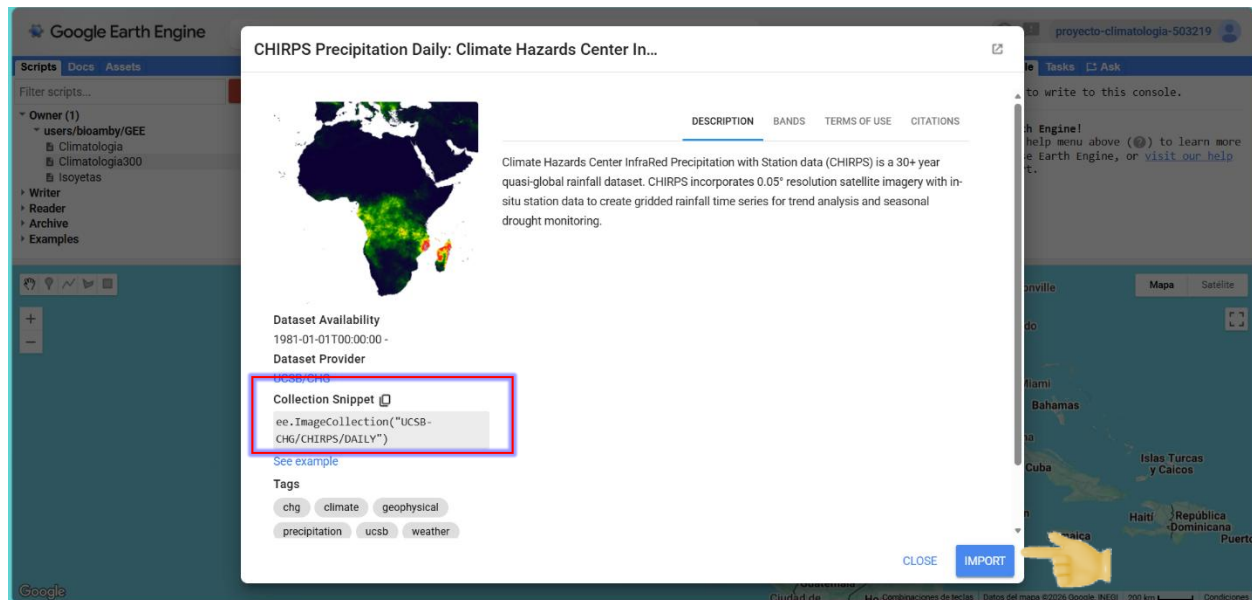


h) Si se hizo adecuadamente, estaremos listos para comenzar nuestro mapa. En la barra de búsqueda buscaremos la siguiente base de datos:

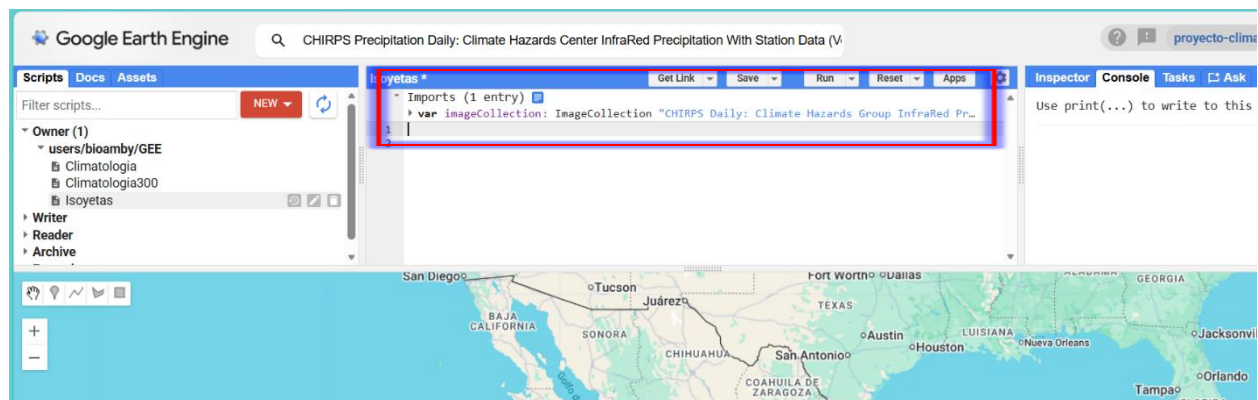
CHIRPS Precipitation Daily: Climate Hazards Center InfraRed Precipitation With Station Data (Version 2.0 Final)



i) Al seleccionar aparecerá una ventana emergente con una vista previa de la base de datos, deberemos localizar y copiar el texto de la sección “collection snippet” ubicado debajo de la imagen, finalmente importamos esta base de datos a nuestro proyecto



j) Sabremos que nuestra base de datos fue importada exitosamente pues su nombre se mostrará en la sección de consola de comandos.



k) Tras asegurarnos que se encuentra debidamente importada, procederemos a centrar nuestro mapa y especificando nuestro polígono de trabajo usando exactamente las mismas coordenadas que en la práctica de Isotermas, para ello podemos simplemente copiar y pegar líneas de código respectivas en nuestro nuevo proyecto.

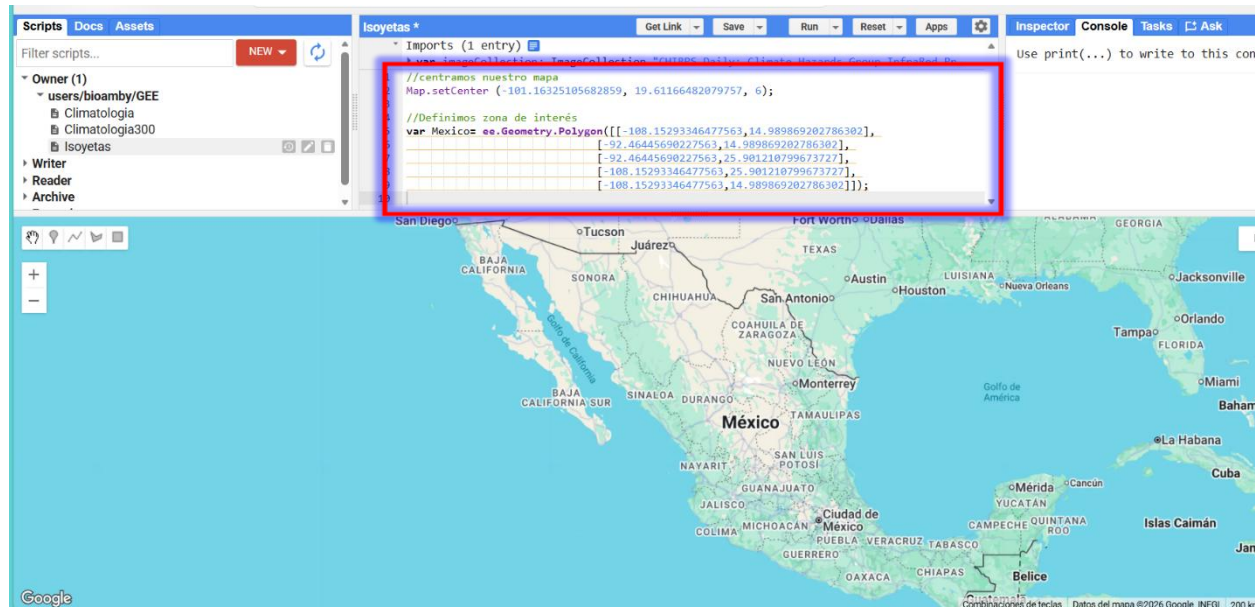
//centramos nuestro mapa

Map.setCenter (-101.16325105682859, 19.61166482079757, 6);

//Definimos zona de interés

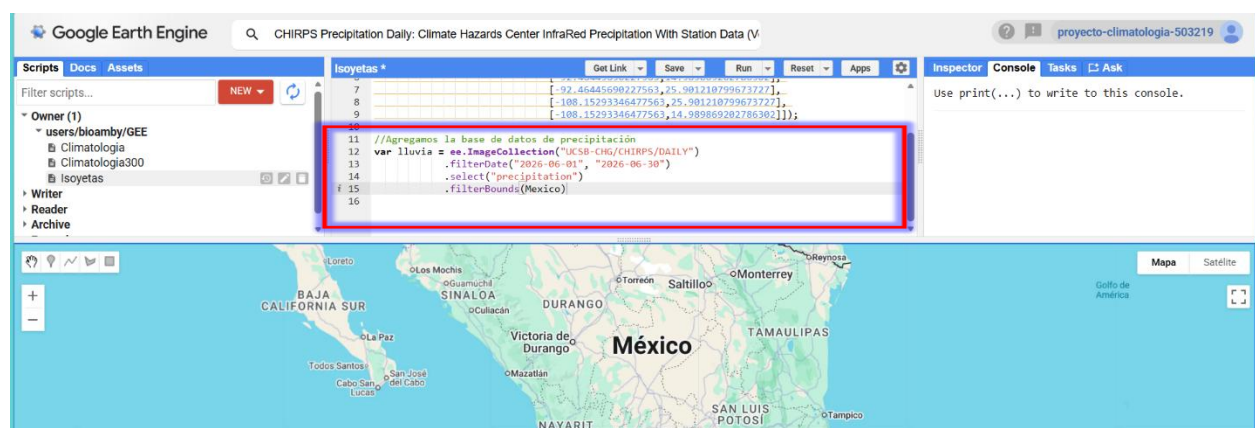
var Mexico= ee.Geometry.Polygon([[-108.15293346477563,14.989869202786302],
[-92.46445690227563,14.989869202786302],

```
[ -92.46445690227563, 25.901210799673727 ],
[ -108.15293346477563, 25.901210799673727 ],
[ -108.15293346477563, 14.989869202786302 ] ]];
```



l) Ahora, en una nueva fila, crearemos la variable “lluvia”, para esto necesitaremos el texto que copiamos de la sección “Collection snippet” ([ee.ImageCollection\("UCSB-CHG/CHIRPS/DAILY"\)](#)) de nuestra base de datos y daremos la instrucción de filtrar por fecha cuidando de emplear las mismas que consideramos para definir las isotermas y seleccionando la variable precipitación, obteniendo como resultado la siguiente instrucción.

```
// Agregamos la base de datos de precipitación
var lluvia = ee.ImageCollection("UCSB-CHG/CHIRPS/DAILY")
  .filterDate("2026-06-01", "2026-06-30")
  .select("precipitation")
  .filterBounds(Mexico)
```



m) Ahora en una nueva fila, debemos indicar a la plataforma realizar la suma de la precipitación dentro de nuestro rango de fechas, para así obtener el valor de la lluvia acumulada, para lo cual emplearemos la siguiente instrucción en nuestro código.

```
//sumamos los valores del rango de tiempo seleccionado en el paso anterior para  
obtener la lluvia acumulada  
var lluviAcum = lluvia.sum();
```

Después de hacer el cálculo de lluvia acumulada debemos indicar que únicamente haga la proyección sobre nuestra zona de interés, agregamos el comentario:

```
//seleccionamos la región de interés de acuerdo a nuestro polígono
```

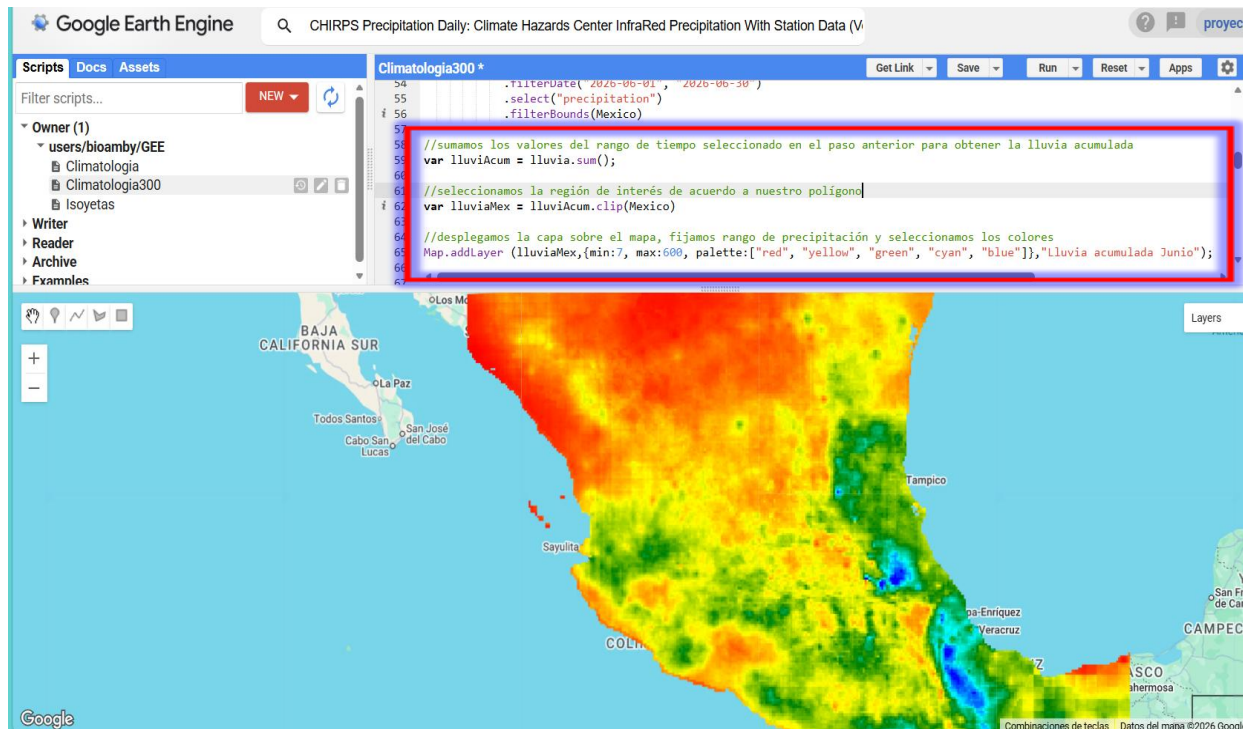
```
var lluviaMex = lluviAcum.clip(Mexico)
```

Finalmente deberemos proyectar nuestro mapa utilizando la siguiente instrucción

```
//desplegamos la capa sobre el mapa, fijamos rango de precipitación y  
seleccionamos los colores
```

```
Map.addLayer (lluviaMex,{min:7, max:600, palette:["red", "yellow", "green", "cyan",  
"blue"]}, "Lluvia acumulada Junio");
```

Posteriormente a esto y correr nuestro código deberá visualizarse de la siguiente manera.



n) Después de proyectar exitosamente nuestro gradiente de precipitaciones sobre nuestro mapa procederemos a trazar las líneas Isoyetas de la misma manera que se hizo en la práctica de Isotermas.

Definiremos el intervalo que existirá entre cada isoyeta escribiendo la siguiente instrucción.

```
//definimos el Intervalo entre isoyetas  
var intervaloLluvia = 50;
```

Ahora que hemos establecido el intervalo, damos la instrucción a la plataforma de dividir la precipitación entre este intervalo y que realice un redondeo al valor entero inmediato inferior con la finalidad de crear bloques de precipitación entre este rango, para ello escribiremos la instrucción que se muestra a continuación:

```
//Dividimos la precipitación entre el intervalo y redondeamos hacia abajo para crear  
"bloques"  
var bloquesLluvia = lluviAcum.divide(intervaloLluvia).floor();
```

Con los bloques creado aplicaremos el algoritmo (CannyEdgeDetector) que detectará los bordes entre bloques para trazar una frontera entre ellos con la siguiente instrucción

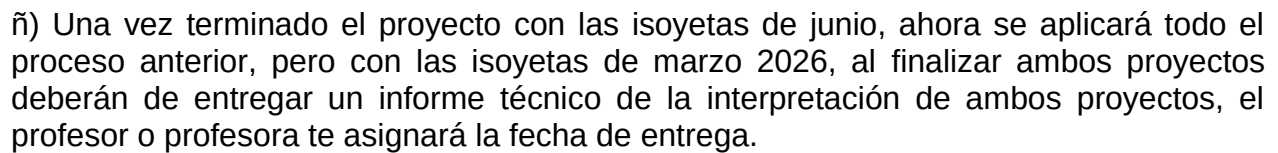
```
// 3. Aplicamos un algoritmo detector de bordes (CannyEdgeDetector) para dibujar las  
fronteras de los bloques  
var lineasIsoyetas = ee.Algorithms.CannyEdgeDetector(bloquesLluvia, 0.9, 0);
```

Aplicaremos una máscara que elimina el relleno de los bloques para visualizar únicamente los límites de los mismos (Isoyetas).

```
// 4. Enmascaramos la imagen para que el fondo sea transparente y solo se vean las  
líneas  
var isoyetasMask = lineasIsoyetas.updateMask(lineasIsoyetas);
```

```
Finalmente proyectamos la capa de líneas isoyetas sobre el mapa  
//Agregamos al mapa la capa de ISOYETAS (en color negro o blanco para que  
resalten)  
Map.addLayer(isoyetasMask.clip(Mexico), {palette: ['black']}, "Isoyetas (cada  
50mm)");
```

Si este procedimiento fue realizado correctamente, deberemos dar clic en "Run" (correr) y visualizaremos nuestro mapa como se muestra a continuación.



PRÁCTICA 5. LAS ISOTERMAS E ISOYETAS DE MICHOACÁN, TRAZADO MANUAL

1. INTRODUCCIÓN

Cuando requerimos analizar áreas geográficas a diferentes escalas para la interpretación de los fenómenos meteorológicos, por ejemplo, temperatura y precipitación, y sus efectos regionales, considerando los cambios estacionales que favorecen o no la biota e incluso al humano para las actividades agropecuarias o la construcción de nuevas unidades habitacionales, es necesario contar con referentes gráficos de esos elementos del clima.

Los análisis se realizan a partir de mapas o imágenes de isolíneas, isotermas o isoyetas, según sea el caso, los mismos se pueden obtener mediante plataformas como GEE, QGIS, ArcGis, entre otros, o bien mediante el trazado a mano como inicialmente se elaboraban. Esta actividad nos permite reconocer la importancia de los estudios espaciales a partir de los cuales podemos visualizar las posibles relaciones entre los elementos y factores del clima, por ejemplo: isotermas (curvas de temperatura), isoyetas (curvas de precipitación) e isohipsas (curvas de nivel o relieve).

Para la elaboración a mano de las isolíneas se requiere de un mapa previo, "premapa", que se obtiene a partir de cartas topográficas o espacio mapas, del cual se generará un dibujo a escala del mismo, para ello también se requiere de algunos calibradores mediante los cuales se interpolan datos no evidentes en el trazado de las isolíneas, recordemos que éstas son curvas que unen puntos de igual valor y que estos puntos corresponden a la información de casetas meteorológicas proporcionada por el **Servicio Meteorológico Nacional (SMN)** de la **Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)**.

Debido a que la distribución de las estaciones meteorológicas no necesariamente es la adecuada, evidentemente existirán espacios sin datos, por lo cual no serían suficientes para el trazado de las isolíneas, es aquí donde la actividad de interpolación se vuelve una herramienta importante, ya que nos permitirá intercalar los puntos faltantes para tener una mejor representación de las isolíneas que reflejen más adecuadamente las condiciones regionales del elemento climático a trabajar. Es de suma importancia considerar si las isolíneas están representando límites de zonas o regiones, por ejemplo: un país, un estado, una cuenca, que impliquen interacciones con otras variables o factores, como temperatura, precipitación y relieve (altitudes)

Para la elaboración del premapa se requiere de un proceso de investigación geográfica acorde con el proyecto que deseamos trabajar, por ejemplo, isotermas e isoyetas del estado de Michoacán, lo cual implica contar con elementos cartográficos, fotografías aéreas, imágenes de satélite, datos de elementos meteorológicos, para el caso de las isotermas e isoyetas los registros de medias mensuales de las estaciones meteorológicas del SMN, así obtendremos de una manera correcta y lógica las isolíneas que nos reflejen lo más adecuadamente posible una realidad.

Cuando realizamos el trazo de las isotermas e isoyetas a mano se deberá de tomar en cuenta los siguientes aspectos:

a) Todas las isolíneas no necesariamente se cierran en el esquema, debido a que se asume que la distribución de las mismas ya que solo representan una región que nosotros delimitamos, por ejemplo, una cuenca (Fig. 12), por lo que no pueden desaparecer de manera abrupta puesto que asociada a esa cuenca hay otras cuencas, aunque no las consideramos para nuestro proyecto, lo mismo ocurre para el caso de los estados.



Figura 12. Isotermas de la cuenca del Río Grijalva

b) No es posible que las isolíneas se crucen puesto que cada una representa un único valor (Fig. 12)

c) El acercamiento o la separación entre las isolíneas, muestra las características de la variación de la temperatura en relación con la distancia y altitud. Cuando estas se acercan expresan un cambio notorio del fenómeno y cuando se separan el cambio es gradual, más suave o lento (gradiente altitudinal). Es importante considerar que los gradientes térmicos y pluviométricos 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, el relieve, entre otros.

2. OBJETIVO

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

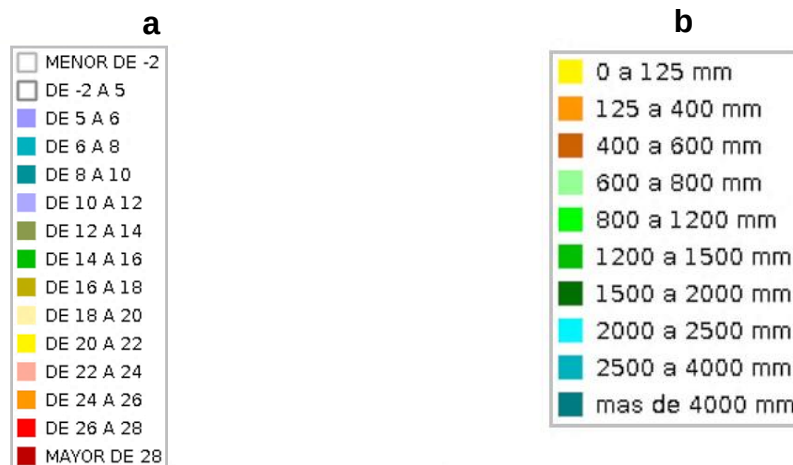
3. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

3.1. materiales y equipo

- 1 pliego de papel albanene.
- 1 lápiz No. 2.
- 1 una carta topográfica 1:500 000 o un espacio mapa 1:500 000 del estado de Michoacán.
- Cinta adhesiva.
- Datos de las estaciones meteorológicas de Michoacán.
- 2 reglas, una de 30 cm y otra de 60 cm.
- 1 caja de lápices de colores.
- 1 Goma de migajón.

3.3. Elaboración del premapa

- a) Dibujar un premapa del estado de Michoacán a una escala de 1:500 000 en una hoja de papel albanene 70 x 95 cm, trazar las principales variaciones orográficas (sierras) y/o curvas de nivel, colocar las coordenadas extremas que aparezcan en la carta empleada.
- b) Utilizando los datos de temperatura y precipitación media mensual de las estaciones meteorológicas para el estado de Michoacán, marcar mediante coordenadas cada estación con un punto y el dato de precipitación anual redondeado (menor a 0.5 valor entero inmediato inferior y de 0.5 o mayor valor entero inmediato superior)
- c) Considerando los valores de los puntos marcados, obtener las temperaturas y precipitaciones medias mensuales interpoladas. mediante el método de interpolación lineal, recordar que las isolíneas 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 isolínea.
- d) También para el trazado de las isolíneas se deben considerar el relieve y/o las curvas de nivel, ya que son importantes en la distribución altitudinal de las mismas o en la posibilidad de un gradiente de temperatura, 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 (curvas, no rectas). La mayoría de las isolíneas se llegan a cerrar, aunque no siempre ocurre esto, ya que algunas de ellas pueden prolongarse a los estados vecinos.
- f) para colorear las isolíneas se deben tomar en cuenta las escalas de colores que se muestra en la figura 13.



Fuente:

García, E. (1998)

Fuente:

Vidal-Zepeda, R. (1990)

Figura 13. Escala de colores para a) Isotermas y b) Isoyetas Grijalva
(Fuente: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>)

PRÁCTICA 6. 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. 14)

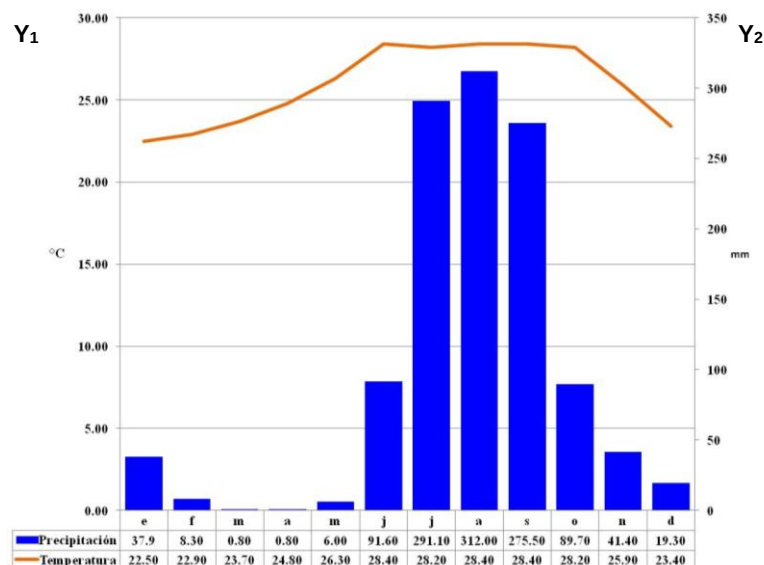


Figura 14. Climograma de Mexcaltitlán, Nayarit.

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. 15)

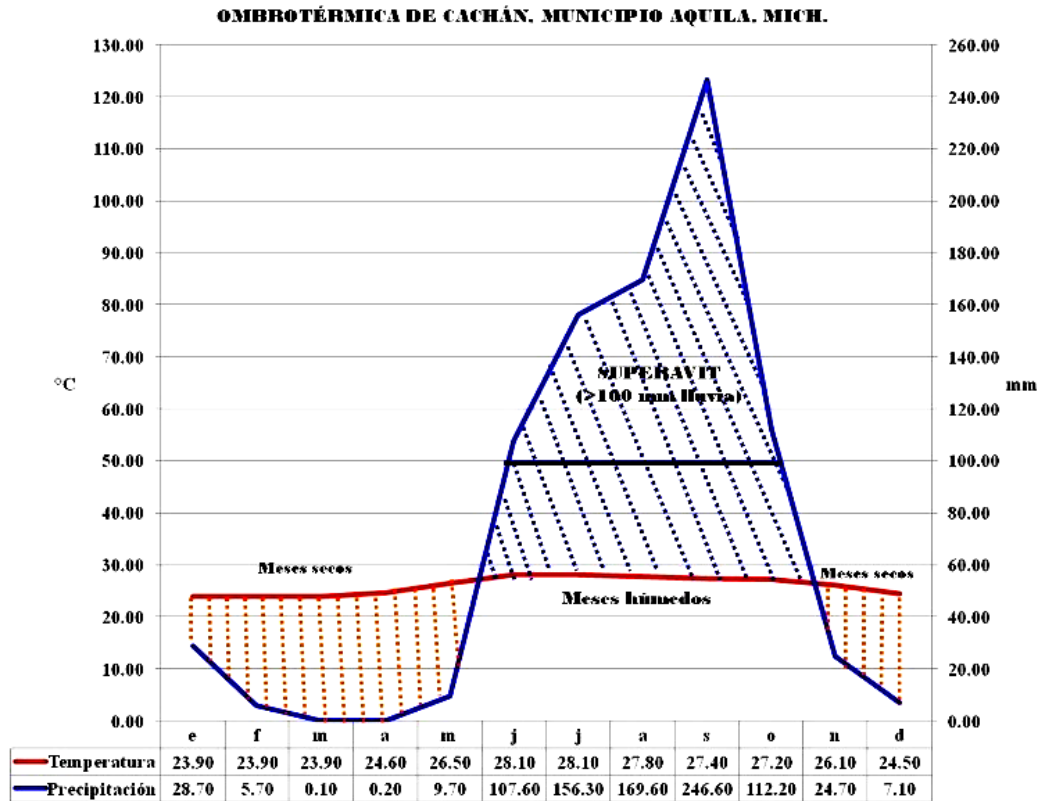


Figura 15. Ombrotérmica de Cachán, municipio de Aquila, Michoacán.

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 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 aplicarán en la práctica.

2.3. Método Manual para Elaborar un Climograma

a) En una hoja de papel milimétrico, en sentido horizontal, marcar los ejes Y₁, Y₂ y X, abarcando toda la hoja, 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 (Fig. 16)

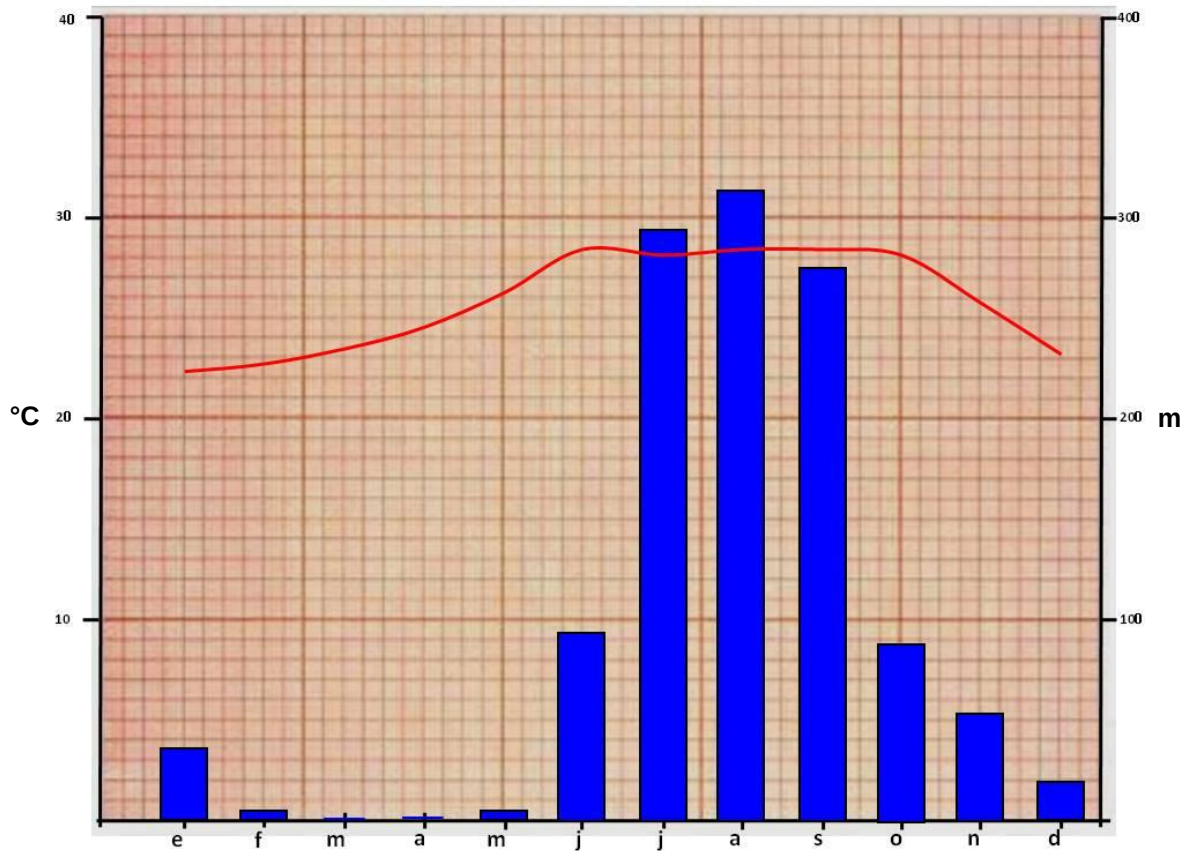


Figura 16. Ejemplo de climograma realizado a mano.

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.

The screenshot shows the website of the Servicio Meteorológico Nacional (SMN) of Mexico. The 'Climatología' menu item is highlighted with a red box and a yellow hand cursor. The dropdown menu includes the following options:

- Temperaturas y Lluvia
- Información Climatológica
- Monitor de Sequía
- Diagnóstico Climático
- Pronóstico Climático

The main content area displays a 'Pronóstico para la temporada de frentes fríos' (Forecast for the cold front season) for the years 2019 and 2020. The forecast is presented in a table format with columns for 'MES' (Month), 'OBSERVADOS' (Observed), 'PRONOSTICADOS' (Forecasted), and 'PROMEDIO HISTÓRICO*' (Historical Average*).

2019				2020			
MES	OBSERVADOS	PRONOSTICADOS	PROMEDIO HISTÓRICO*	MES	OBSERVADOS	PRONOSTICADOS	PROMEDIO HISTÓRICO*
SEPTIEMBRE	2	3	3	ENERO		8	6
OCTUBRE	4	5	4	FEBRERO		8	6
NOVIEMBRE		6	5	MARZO		6	6
DICIEMBRE		7	5	ABRIL		6	5
				MAYO		4	4

The total number of cold fronts is indicated as 'TOTAL DE FRENTE FRÍOS'.

b) Seleccionar la casilla de Información Climatológica

The screenshot shows the website of the Servicio Meteorológico Nacional (SMN) of Mexico. The 'Información Climatológica' menu item is highlighted with a red box and a yellow hand cursor. The dropdown menu includes the following options:

- Temperaturas y Lluvia
- Información Climatológica
- Monitor de Sequía
- Diagnóstico Climático
- Pronóstico Climático

The main content area displays a 'Pronóstico para la temporada de frentes fríos' (Forecast for the cold front season) for the years 2019 and 2020. The forecast is presented in a table format with columns for 'MES' (Month), 'OBSERVADOS' (Observed), 'PRONOSTICADOS' (Forecasted), and 'PROMEDIO HISTÓRICO*' (Historical Average*).

2019				2020			
MES	OBSERVADOS	PRONOSTICADOS	PROMEDIO HISTÓRICO*	MES	OBSERVADOS	PRONOSTICADOS	PROMEDIO HISTÓRICO*
SEPTIEMBRE	2	3	3	ENERO		8	6
OCTUBRE	4	5	4	FEBRERO		8	6
NOVIEMBRE		6	5	MARZO		6	6
DICIEMBRE		7	5	ABRIL		6	5

c) Elegir Normales Climatológicas por Estado.

GOBIERNO DE MÉXICO

Trámites Gobierno

Inicio SMN Pronósticos **Climatología** Ciclones Tropicales Modelos de Pronóstico Numérico Observando el Tiempo Contacto

Frente frío No. 6, ondas
Lluvias puntuales torrenciales

Temperaturas y Lluvia
Información Climatológica
Monitor de Sequía
Diagnóstico Climático
Pronóstico Climático

Información Estadística Climatológica
Normales Climatológicas por Estado
Mapas de climatología 1981-2010
Climogramas 1981-2010

Pronóstico a 96h
Reporte Lluvias Registradas
Reporte de Lluvia a Cinco Días
Reporte para la Agricultura

ICO— VALLE DE MÉXICO: EN LAS PRÓXIMAS TRES HORAS, SE PRONOSTICAN LLUVIAS

Imágenes de Satélite
Imagen Interpretada
Imagen Sobresaliente
Monitor de Sequía en México
Radares

Pronóstico para la temporada de frentes fríos

2019				2020			
MES	OBSERVADOS	PRONOSTICADOS	PROMEDIO HISTÓRICO*	MES	OBSERVADOS	PRONOSTICADOS	PROMEDIO HISTÓRICO*
SEPTIEMBRE	2	3	3	ENERO		8	6
OCTUBRE	4	5	4	FEBRERO		8	6
NOVIEMBRE		6	5	MARZO		6	6
DICIEMBRE		7	5	ABRIL		6	5

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.

GOBIERNO DE MÉXICO

Trámites Gobierno

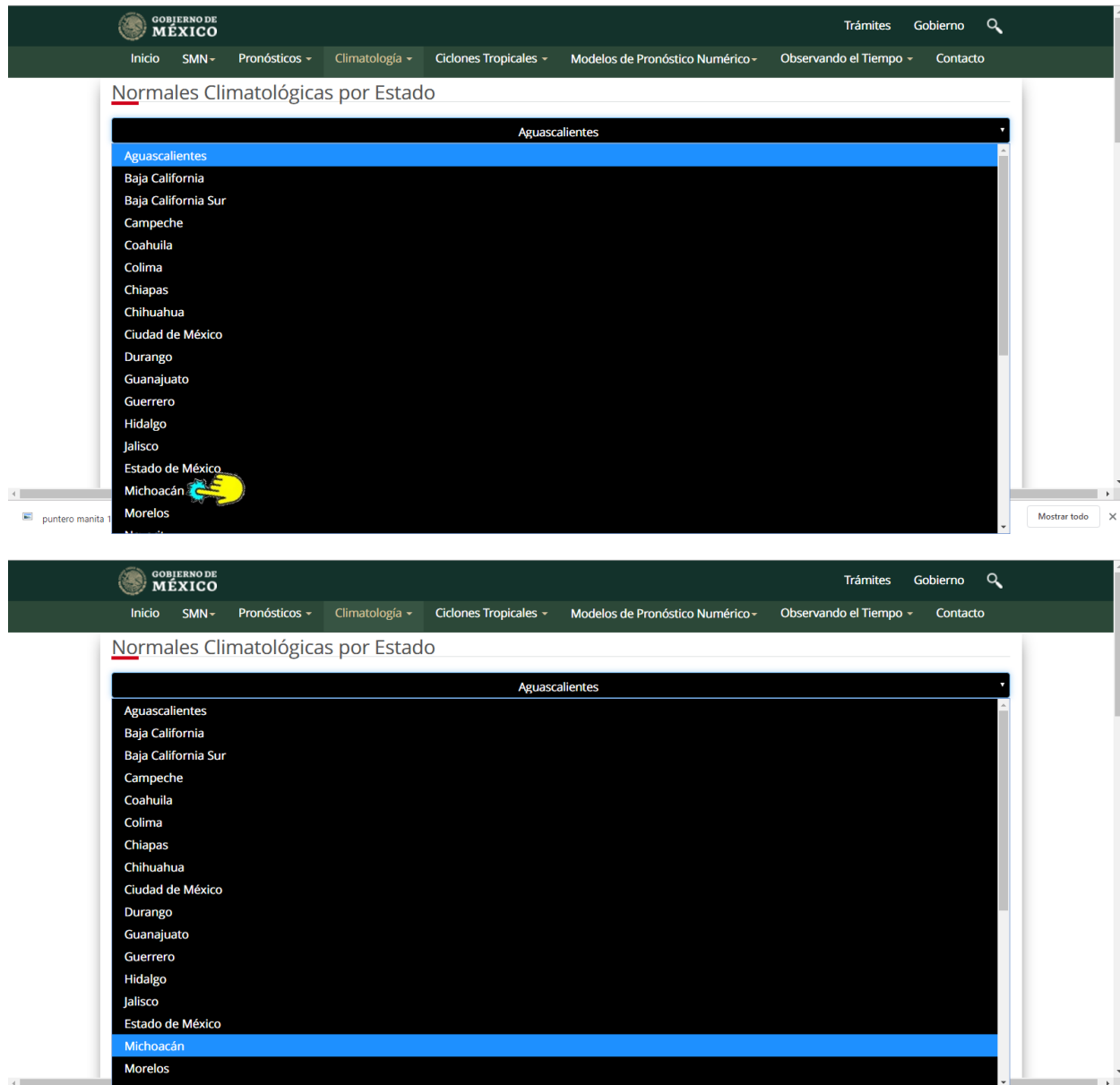
Inicio SMN Pronósticos **Climatología** Ciclones Tropicales Modelos de Pronóstico Numérico Observando el Tiempo Contacto

Normales Climatológicas por Estado

Aguascalientes

NOMBRE	MUNICIPIO	CLAVE	SITUACIÓN	NORMALES			VALORES EXTREMOS	VALORES MENSUALES
				1951-2010	1971-2000	1981-2010		
AGUASCALIENTES	AGUASCALIENTES	01030	OPERANDO		NORM 71-00	NORM 81-10	MAX-EXT-R	MED-EXT-MES
AGUASCALIENTES (OBS)	AGUASCALIENTES	01001	OPERANDO	NORM 51-10	NORM 71-00	NORM 81-10	MAX-EXT-R	MED-EXT-MES
AGUASCALIENTES II	AGUASCALIENTES	01097	OPERANDO	NORM 51-10	NORM 71-00	NORM 81-10	MAX-EXT-R	MED-EXT-MES
ARELLANO	AGUASCALIENTES	01062	OPERANDO	NORM 51-10	NORM 71-00	NORM 81-10	MAX-EXT-R	MED-EXT-MES
CALVILLITO	AGUASCALIENTES	01096	OPERANDO	NORM 51-10	NORM 71-00	NORM 81-10	MAX-EXT-R	MED-EXT-MES
CAÑADA HONDA	AGUASCALIENTES	01004	OPERANDO	NORM 51-10	NORM 71-00	NORM 81-10	MAX-EXT-R	MED-EXT-MES
CIENEGUILLA	AGUASCALIENTES	01074	OPERANDO	NORM 51-10	NORM 71-00	NORM 81-10	MAX-EXT-R	MED-EXT-MES
E.T.A. 127 AGUASCALIENTES	AGUASCALIENTES	01043	SUSPENDIDA					
EL OCOTE	AGUASCALIENTES	01077	OPERANDO	NORM 51-10	NORM 71-00	NORM 81-10	MAX-EXT-R	MED-EXT-MES
GANADERIA PEÑUELAS	AGUASCALIENTES	01016	SUSPENDIDA	NORM 51-10			MAX-EXT-R	MED-EXT-MES
LOS NEGRITOS	AGUASCALIENTES	01076	OPERANDO	NORM 51-10	NORM 71-00	NORM 81-10	MAX-EXT-R	MED-EXT-MES
MONITORO	AGUASCALIENTES	01075	OPERANDO	NORM 51-10	NORM 71-00	NORM 81-10	MAX-EXT-R	MED-EXT-MES
PEÑUELAS (DGE)	AGUASCALIENTES	01079	OPERANDO	NORM 51-10	NORM 71-00	NORM 81-10	MAX-EXT-R	MED-EXT-MES
PEÑUELAS (SMN)	AGUASCALIENTES	01063	SUSPENDIDA				MAX-EXT-R	MED-EXT-MES
PRESA EL NIAGARA	AGUASCALIENTES	01005	OPERANDO	NORM 51-10	NORM 71-00	NORM 81-10	MAX-EXT-R	MED-EXT-MES
SAN BARTOLO	AGUASCALIENTES	01022	OPERANDO	NORM 51-10	NORM 71-00	NORM 81-10	MAX-EXT-R	MED-EXT-MES
SAN ISIDRO	AGUASCALIENTES	01024	OPERANDO	NORM 51-10	NORM 71-00	NORM 81-10	MAX-EXT-R	MED-EXT-MES
SANTA ROSA	AGUASCALIENTES	01036	SUSPENDIDA					MED-EXT-MES
ASIENTOS	ASIENTOS	01029	OPERANDO	NORM 51-10	NORM 71-00	NORM 81-10	MAX-EXT-R	MED-EXT-MES
EL TULE (DGE)	ASIENTOS	01045	OPERANDO	NORM 51-10	NORM 71-00	NORM 81-10	MAX-EXT-R	MED-EXT-MES

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, dónde 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.

GOBIERNO DE MÉXICO							Trámites	Gobierno	
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	NORM 71-00			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 INFIERNILLO (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: MICHOACÁN DE OCAMPO											
PERIODO: 1951-2010											
ESTACION: 00016208 CACHAN			LATITUD: 18°16'40" N.				LONGITUD: 103°13'24" W.				
ALTURA: 79.0 MSNM.											

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 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
1988											
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	30	31	25
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
23/1999											
AÑOS CON DATOS	28	27	27	26	20	29	28	30	30	31	25
18											
PRECIPITACION											
NORMAL	28.7	5.7	0.1	0.2	9.7	107.6	156.3	169.6	246.6	112.2	24.7
7.1 808.5											
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, aun así debemos de seleccionar los datos y los copiamos.

GOBIERNO DE
MÉXICO

Trámites

Gobierno

Q

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
23/1999											

Copiar

Ctrl + C

Buscar 23.9 23.9 23.9 24.6 26.5 28.1... en Google

Imprimir...

Ctrl + P

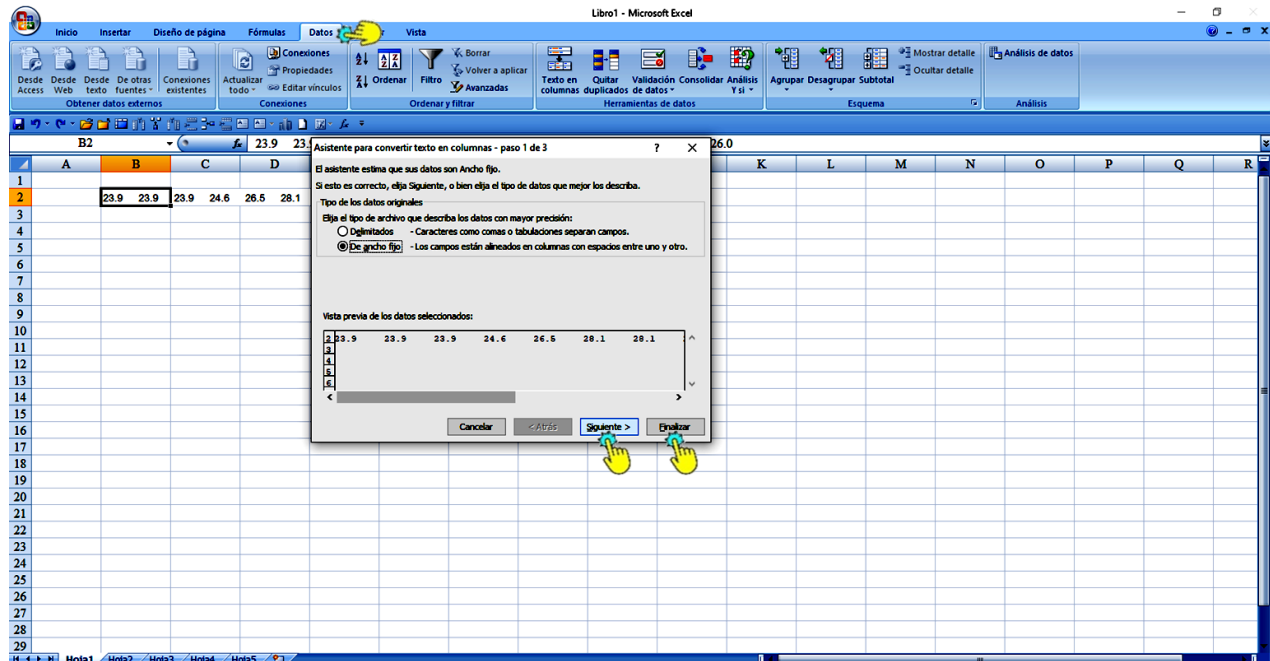
Inspeccionar

Ctrl + Mayús + I

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

B2																
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
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. 17). 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.

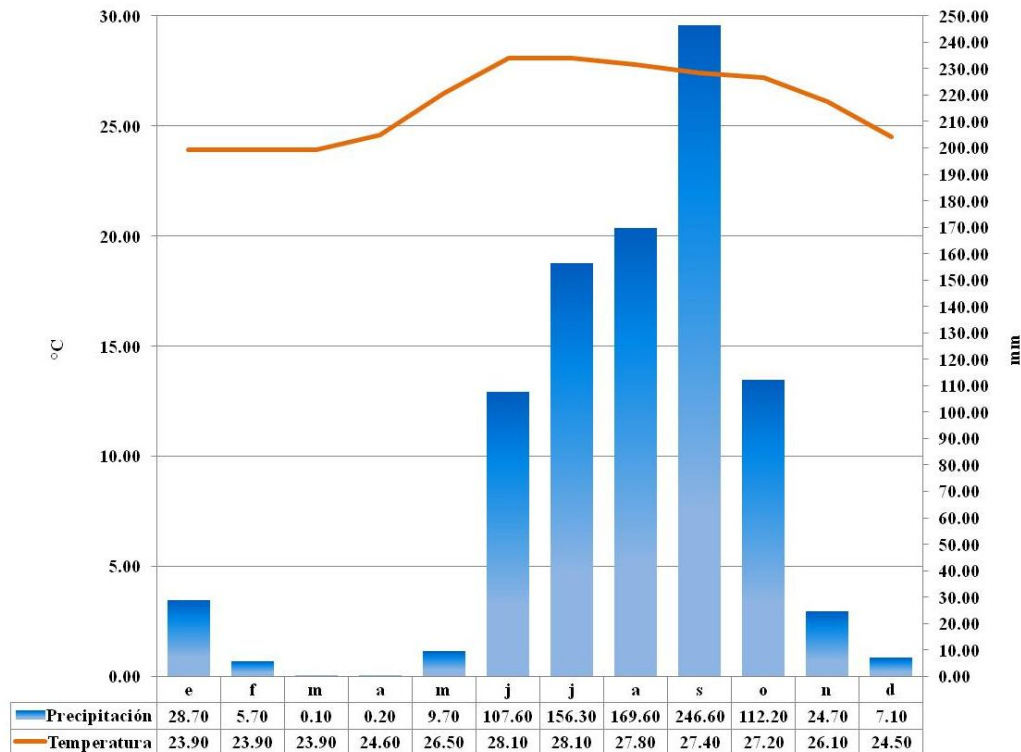


Figura 17. Ejemplo de climograma realizado con Excel.

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. 18)

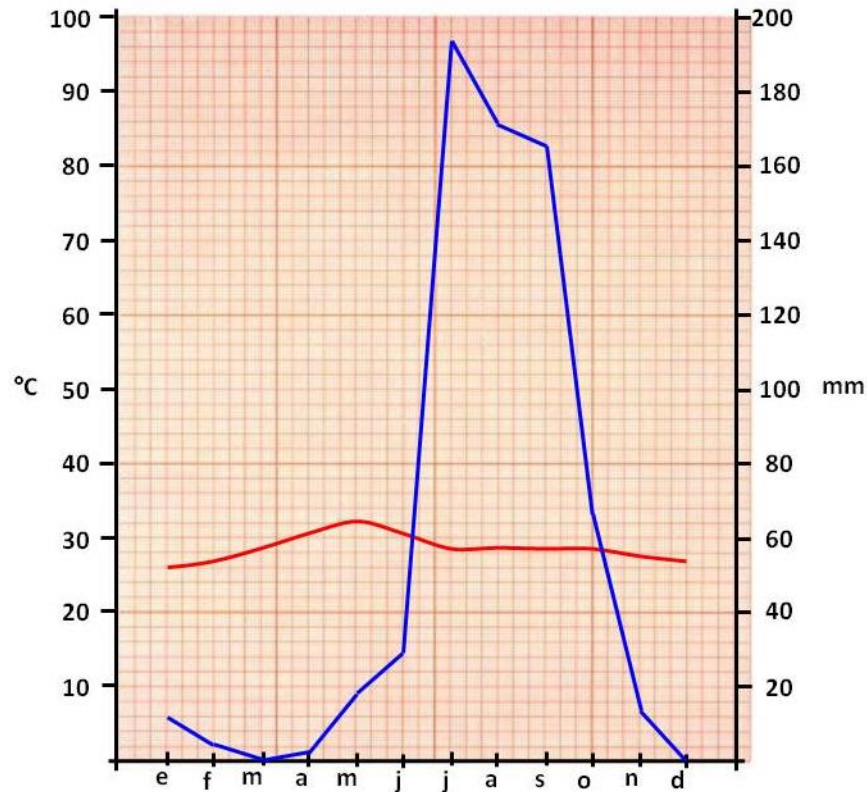


Figura 18. Ejemplo de ombrotérmica realizada a mano.

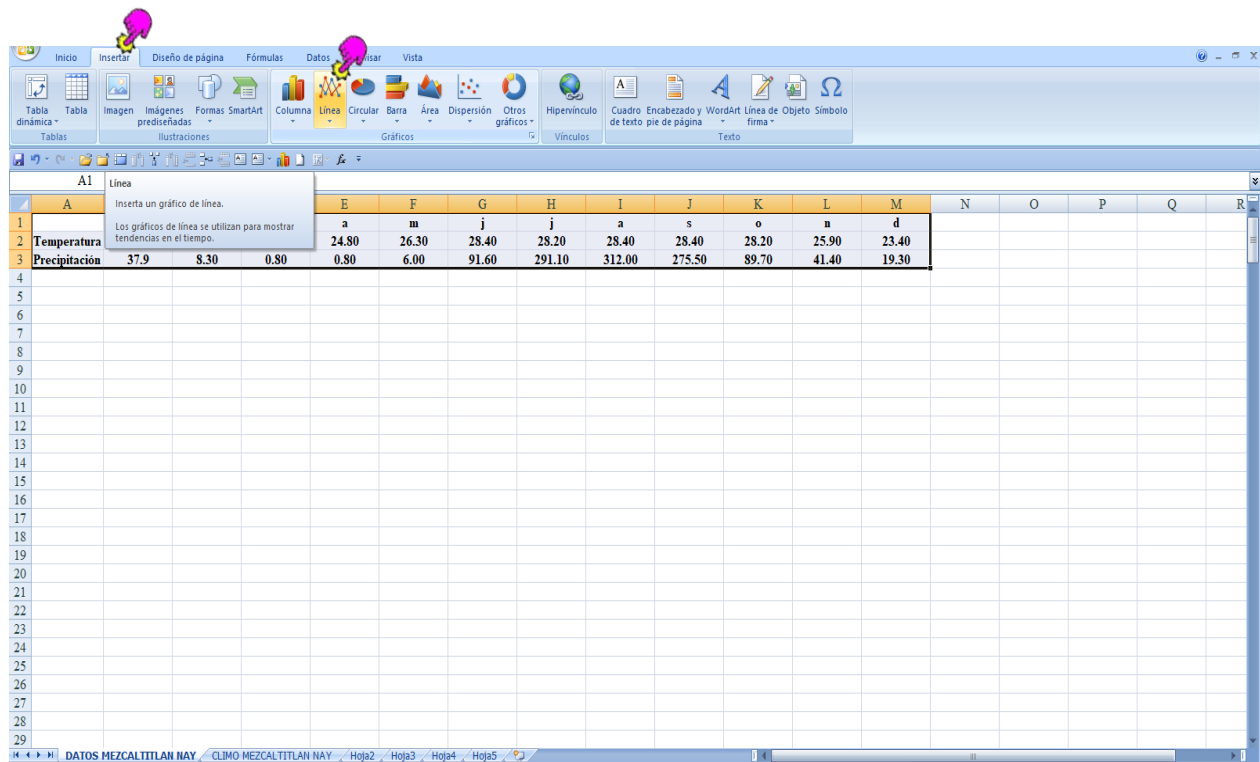
2.6. Método en Excel para Elaborar una Ombrotérmica

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

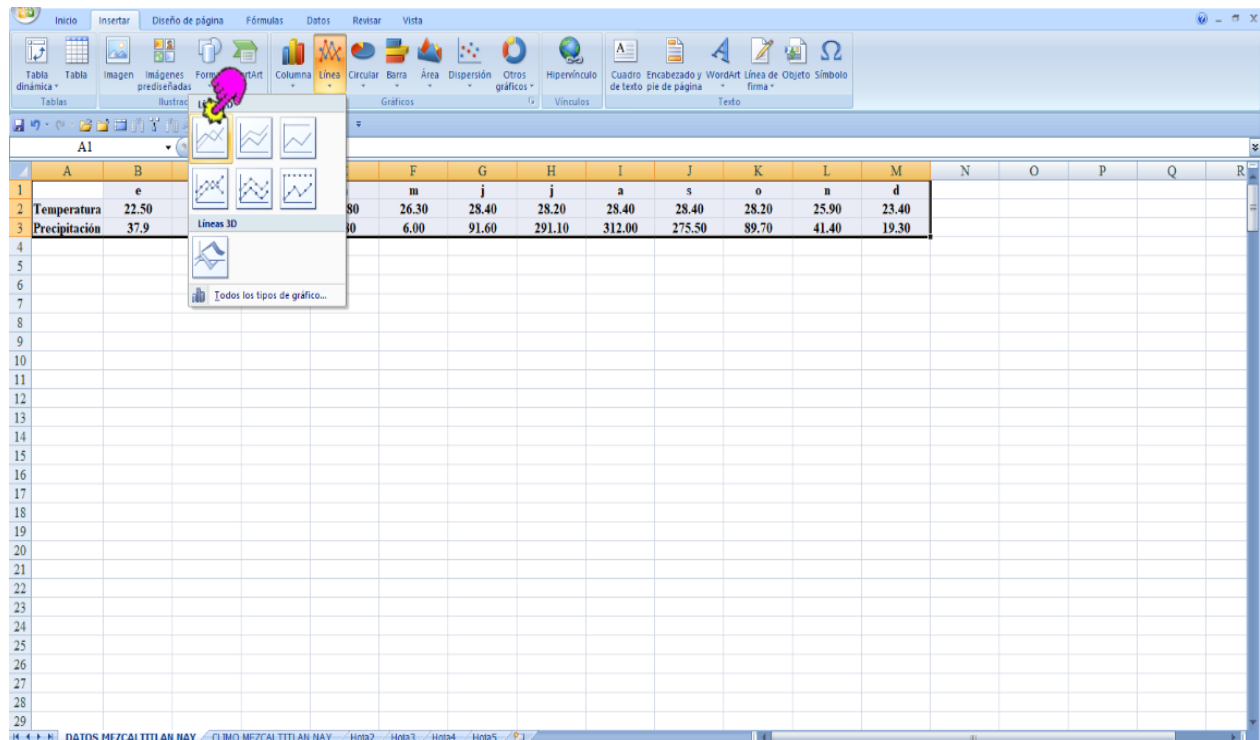
<https://smn.conagua.gob.mx/es/>

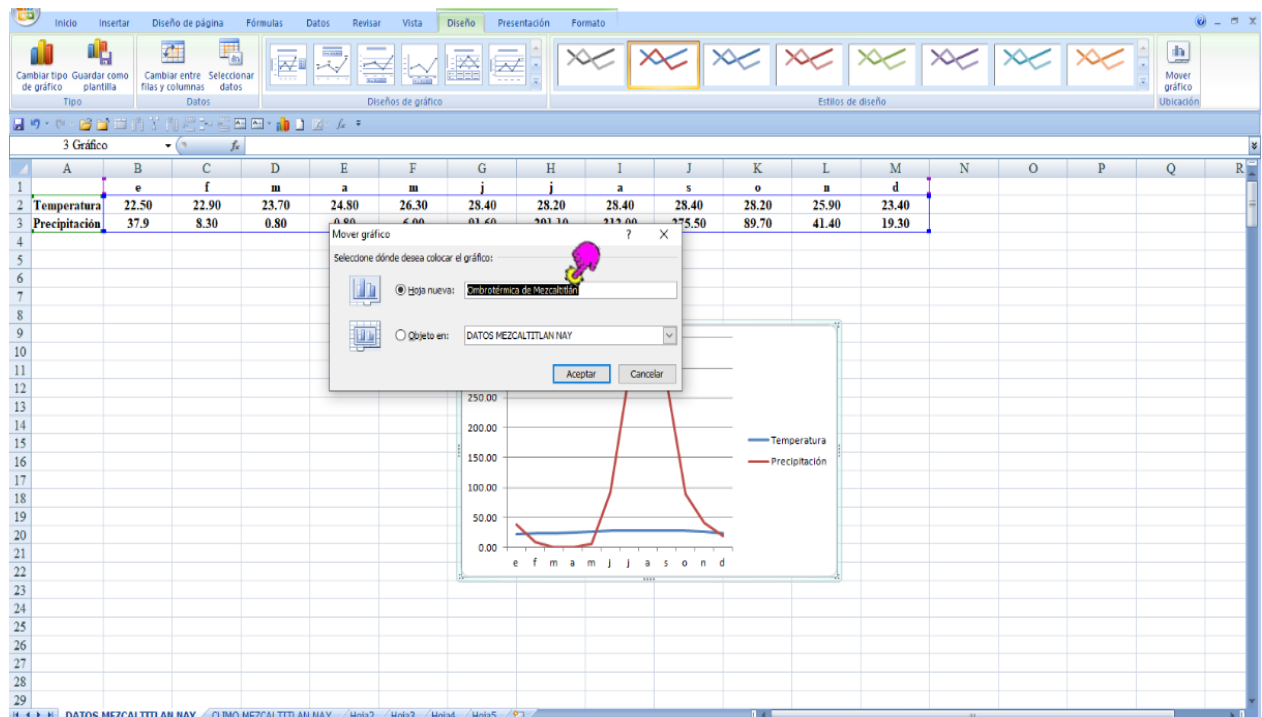
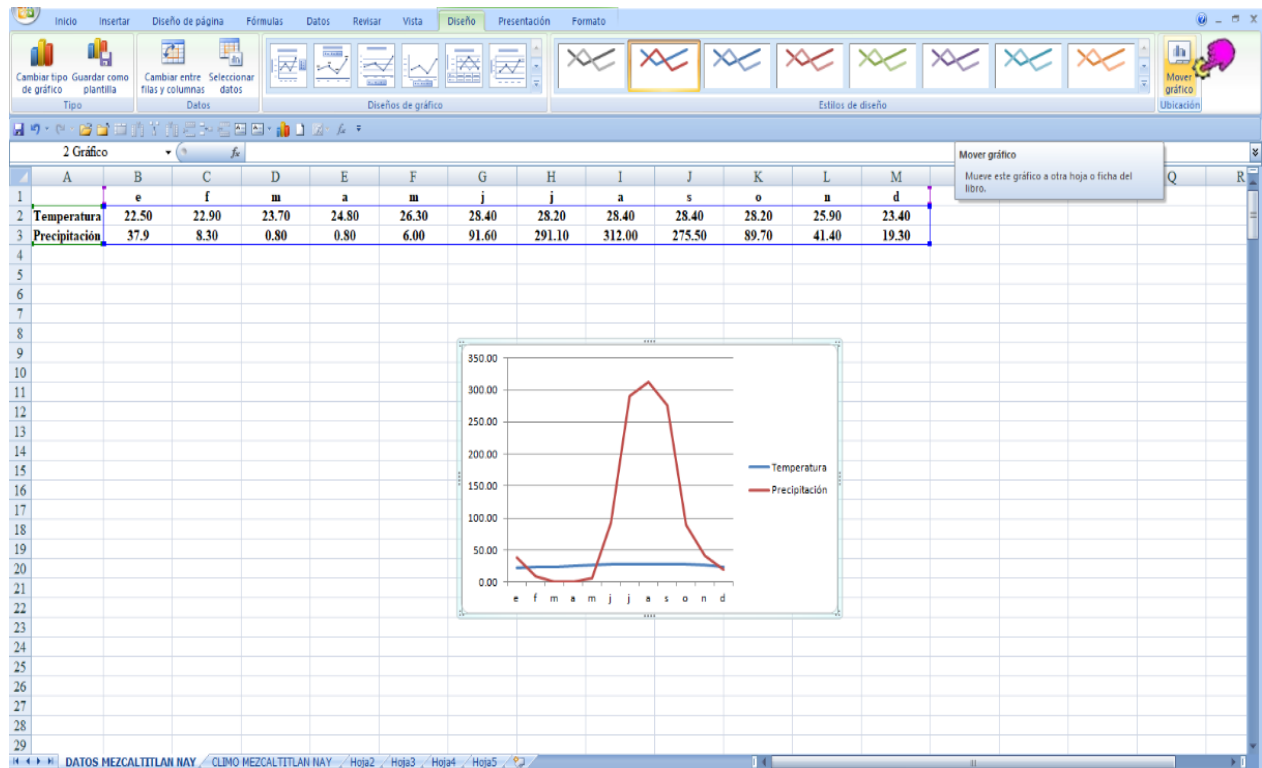
b) Una vez capturados los datos en una hoja de Excel deberán de seguirse los mismos pasos para la elaboración de un climograma, únicamente se deberán de tener en cuenta los cambios que hay que llevar a cabo para establecer las escalas (Pmm el doble de la T°C), además de considerar que ambas variables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

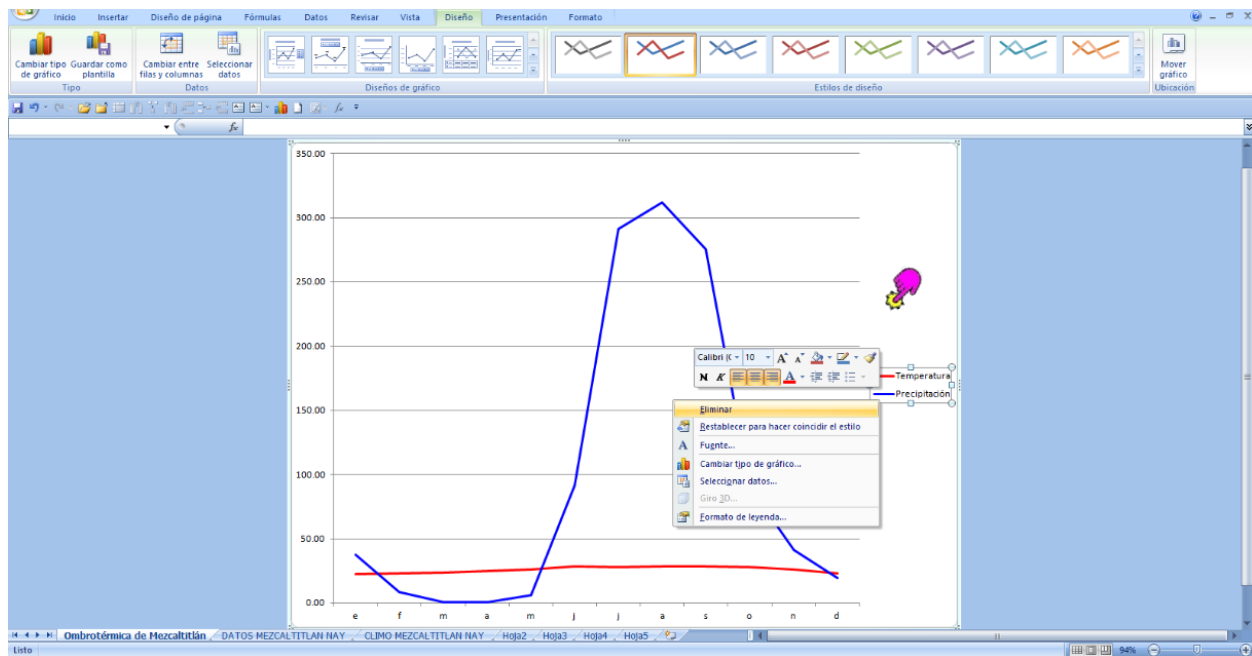


d) De la casilla de Línea, elegir el primer formato. Pasar el gráfico a una nueva hoja dándole el nombre de Ombrotérmica del lugar elegido.

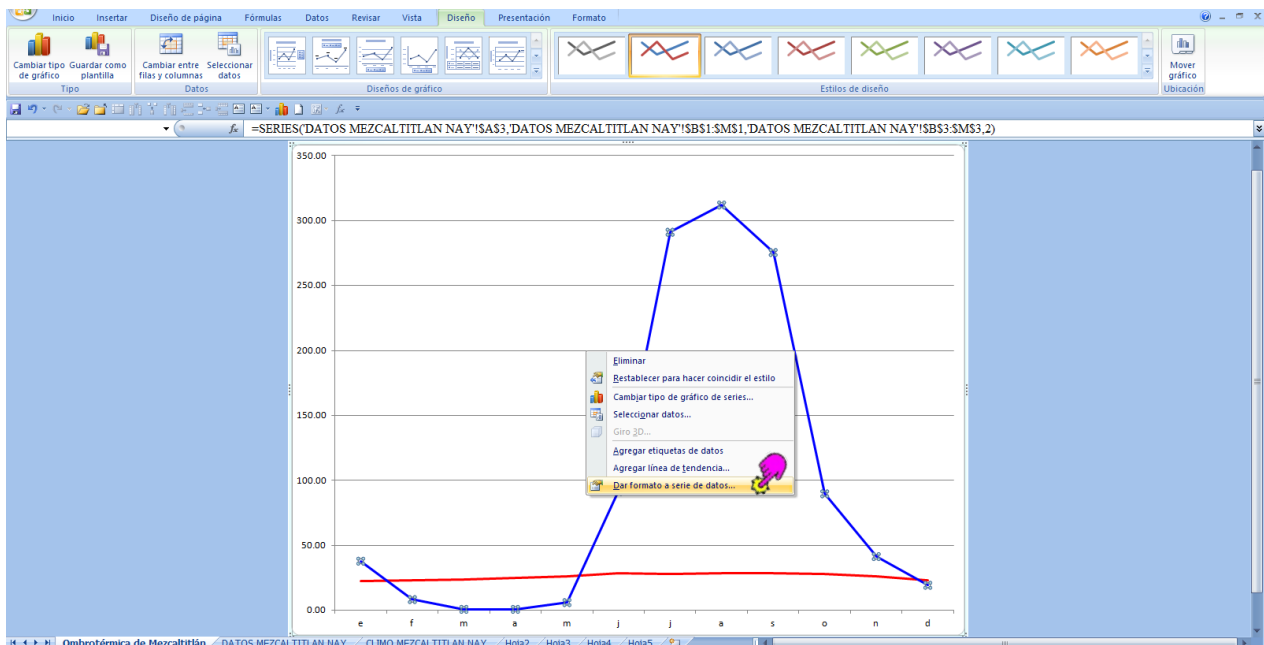


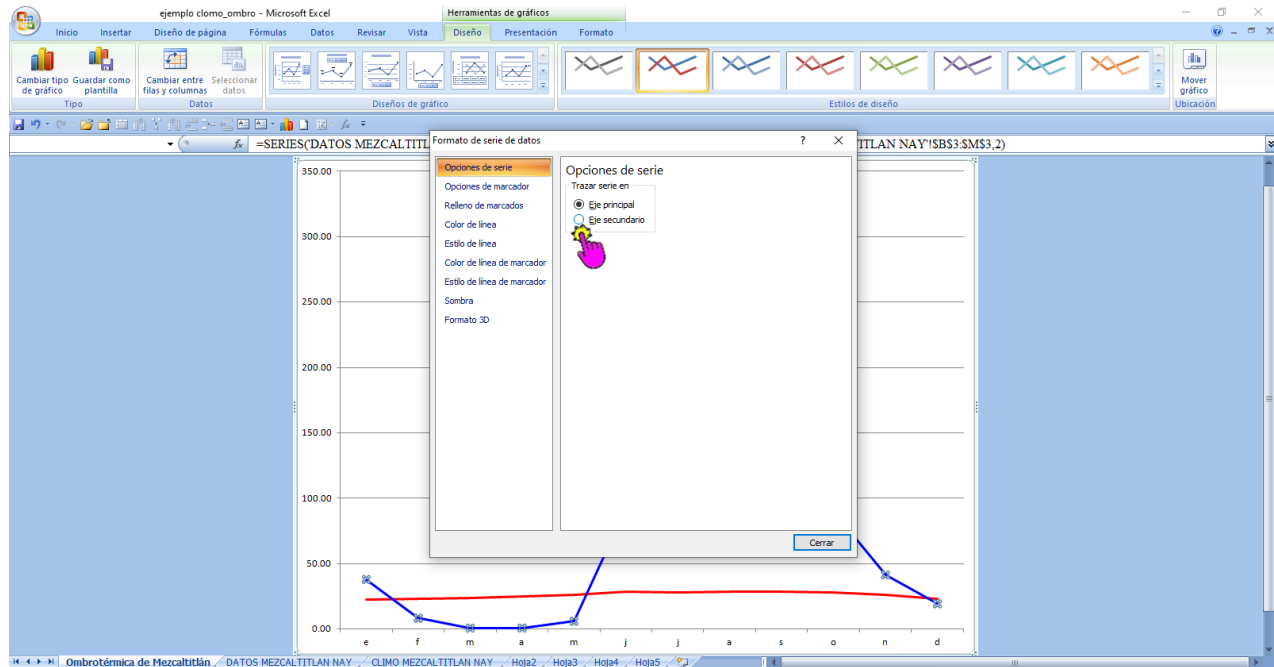


e) Una vez pasado el gráfico a una hoja nueva, deberemos de cambiar los colores de las líneas, rojo temperatura y azul precipitación, y eliminamos la leyenda.

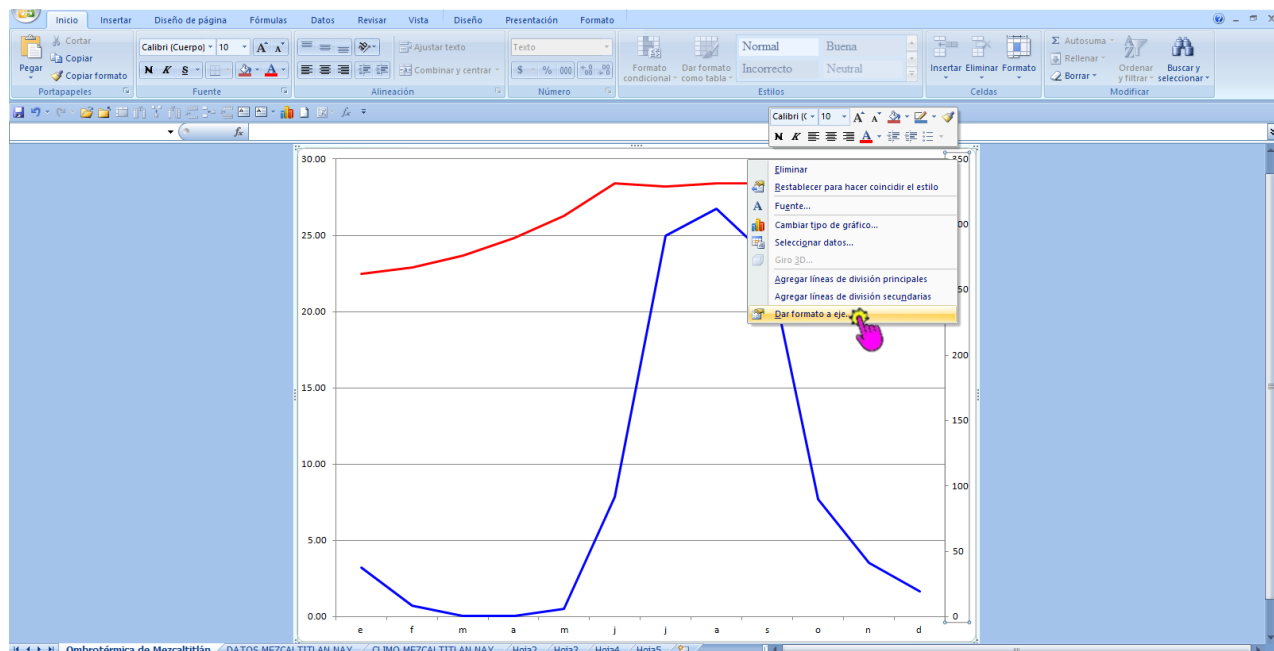


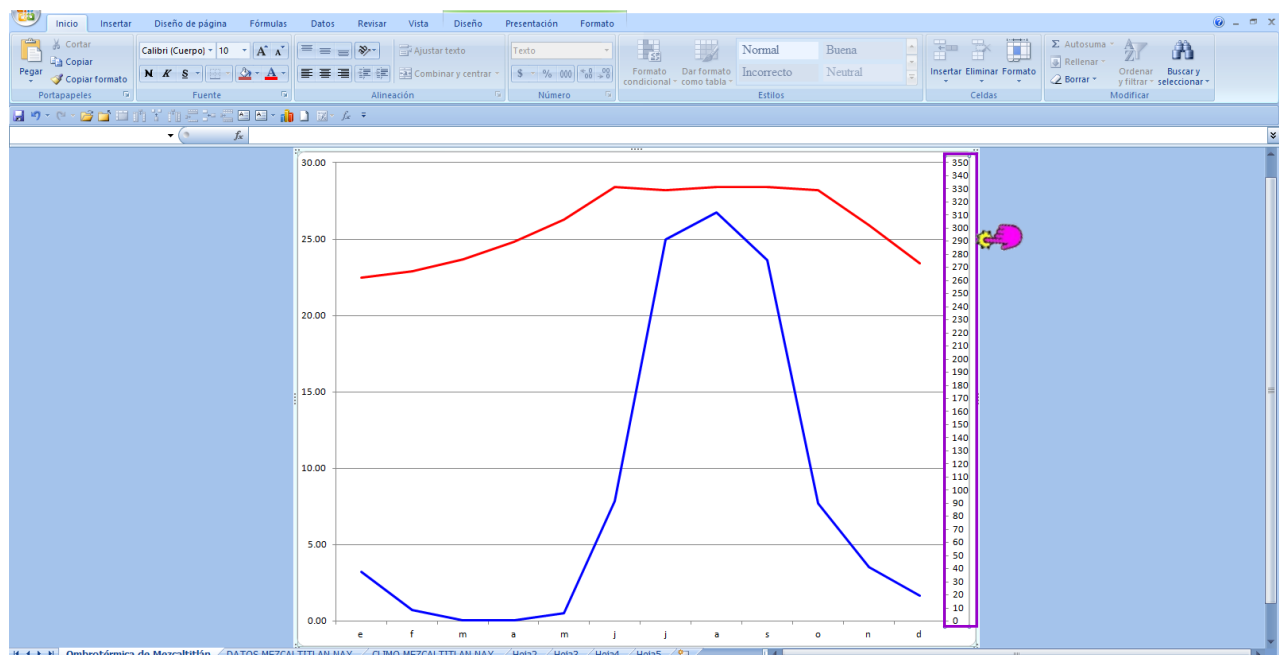
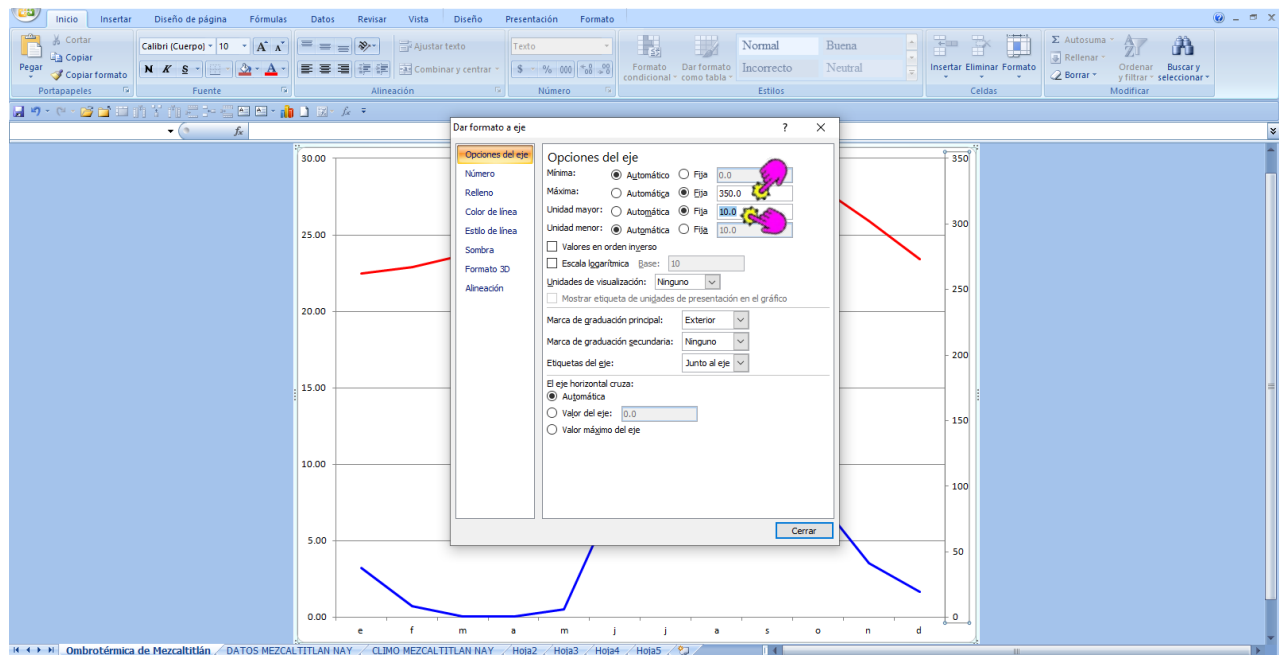
f) Elegimos la línea de precipitación (azul) y con el botón derecho le damos clic en Dar formato a serie de datos y elegimos Opciones de serie y Eje secundario.



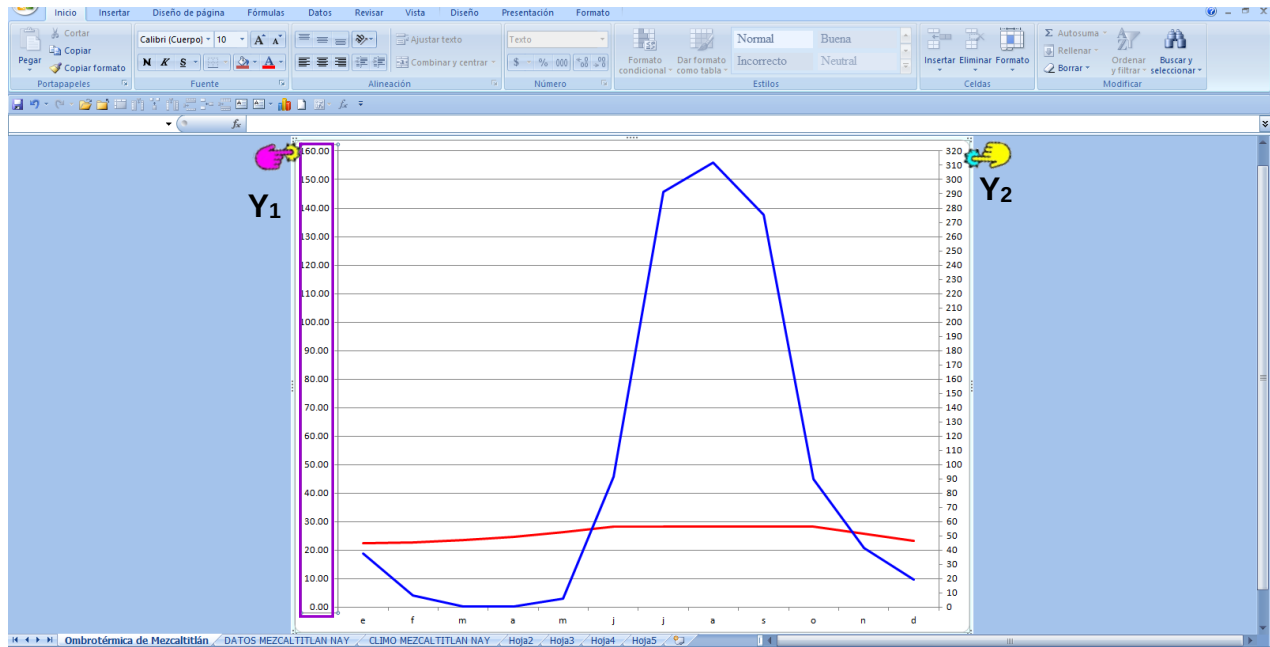


g) Ahora seleccionamos con el botón derecho el eje Y₂ y elegimos Dar formato a eje, enseguida escogemos Opciones de serie y checamos que la máxima escala este por arriba del valor máximo de precipitación y que la Unidad mayor sea en valores de 10 en 10. OJO debemos tener cuidado de que los valores de 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 7. 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" No. 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:		

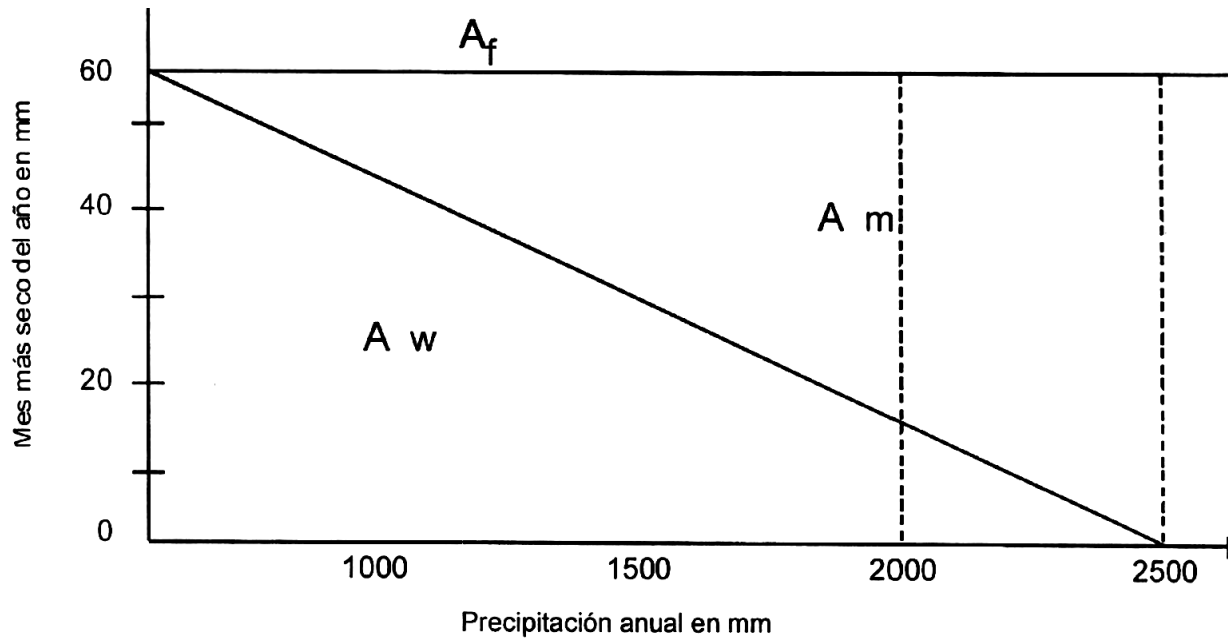
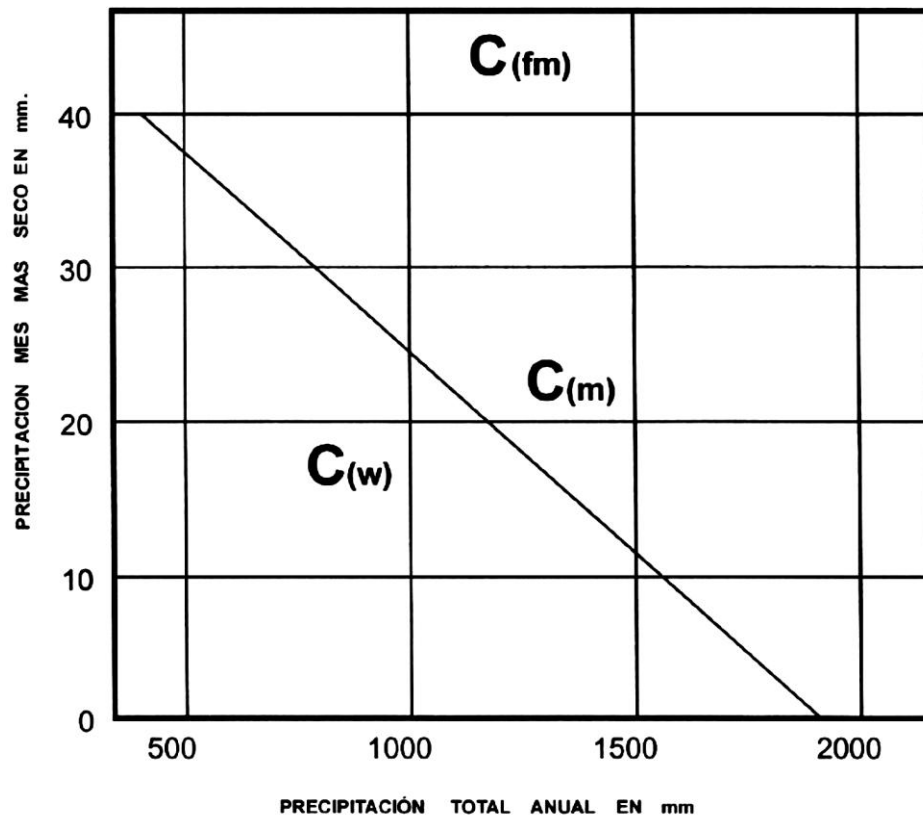
CLAVE PARA DETERMINAR LA FORMULA CLIMÁTICA (Basada en García 1988)

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 8. 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 biogenocenosis 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. 19), bioclimática y florística (Medina 2016)

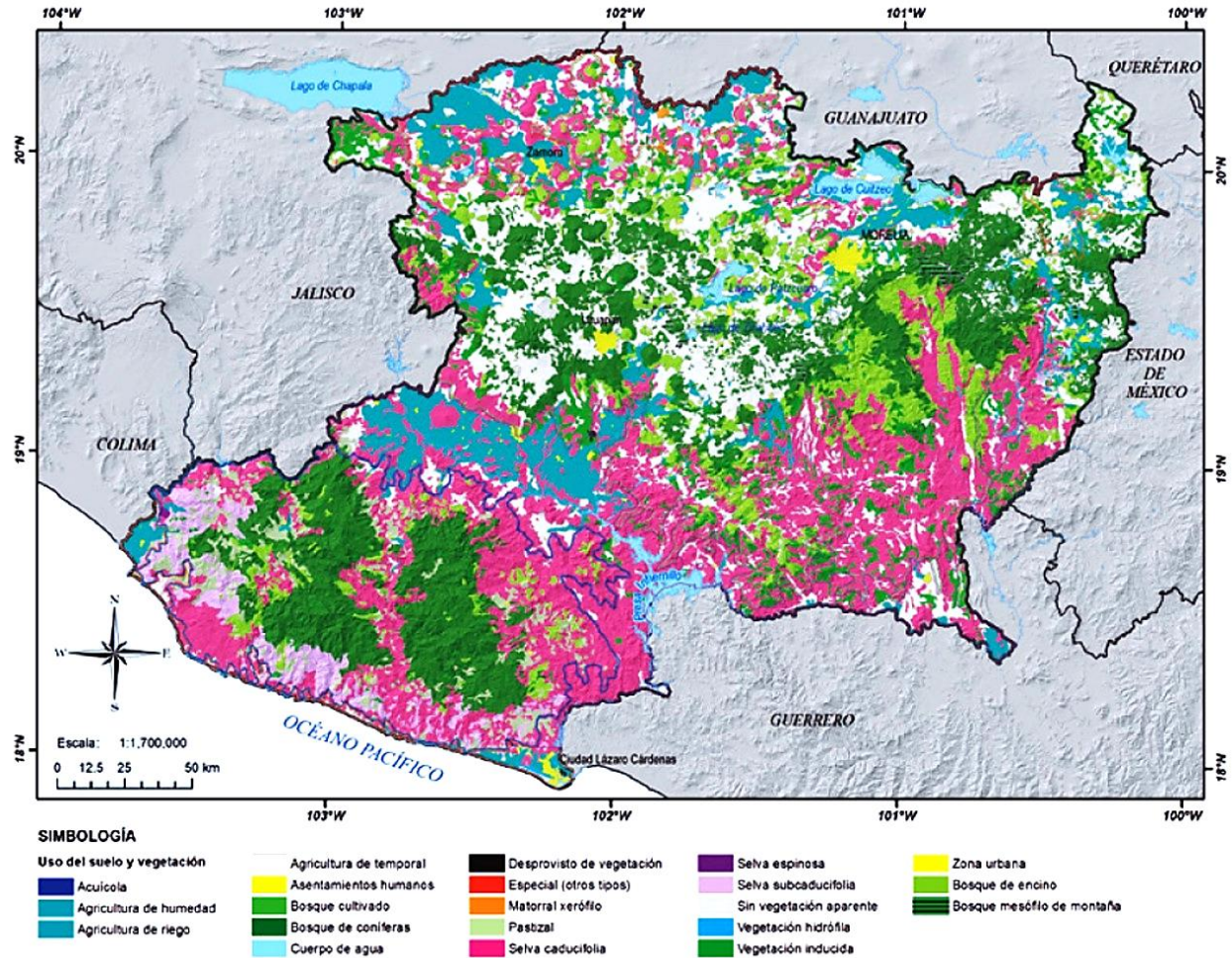


FIGURA 1. Uso del suelo y vegetación. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI s/a.

Figura 19. Tipos de vegetación de Michoacán de acuerdo con Ihl y Bautista (2019)

Por lo tanto, de acuerdo con Rivas (2010), (Fig. 20) ... "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	bohcn
	Bo. xérico	boxe
Polar (Po)	Po. hiperoceánico	poho
	Po. oceánico	pooc
	Po. continental	poco
	Po. xérico	poxe
	Po. pergélido	pope

Figura 20. Pisos bioclimáticos de acuerdo a Rivas (2010)

TIPOS DE SUELOS EN EL ESTADO DE MICHOACÁN (Fig. 21)

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)

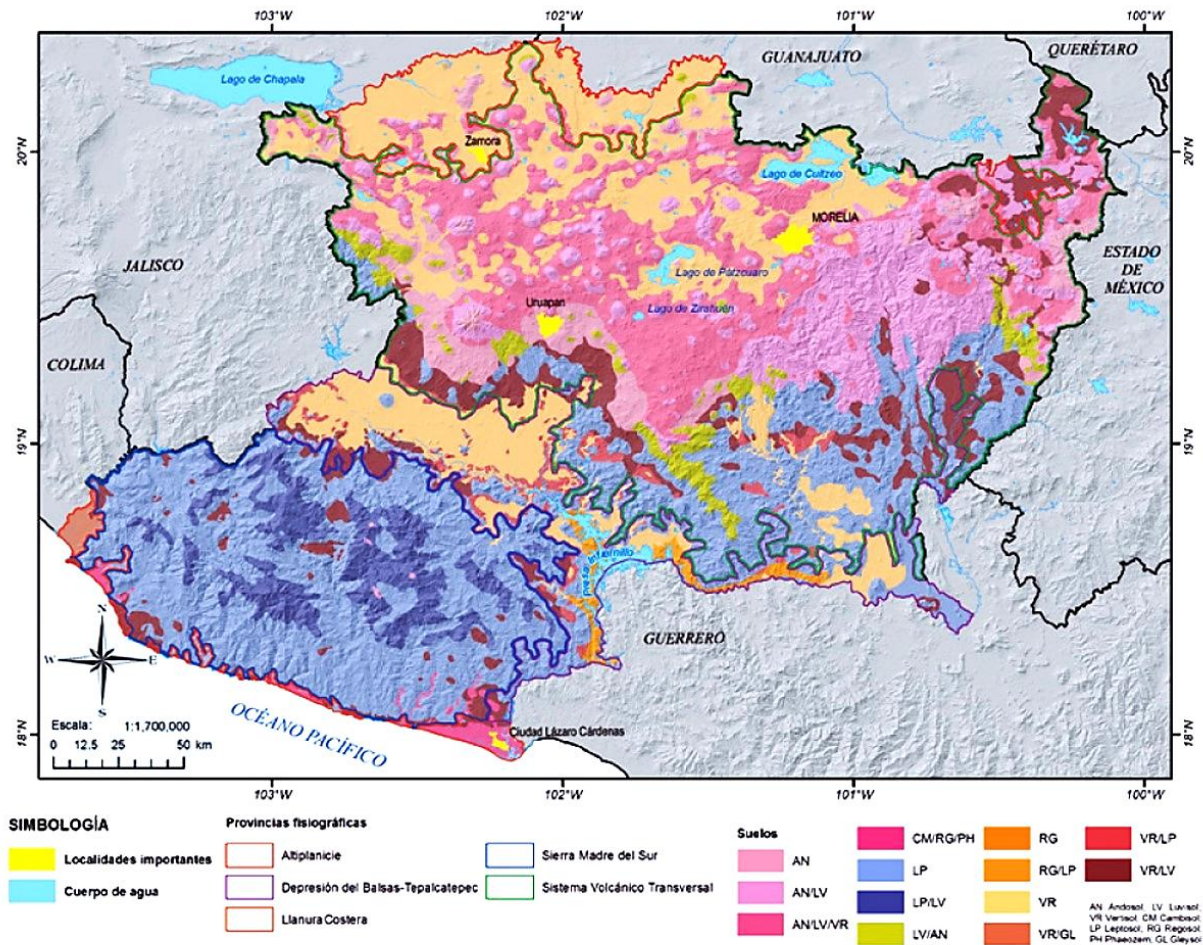


FIGURA 4. Suelos. Fuente: elaboración propia con datos de la Serie I y II de INEGI 2000, 2002.

Figura 21. 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: SUBPROVINCIA 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. 22), 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.

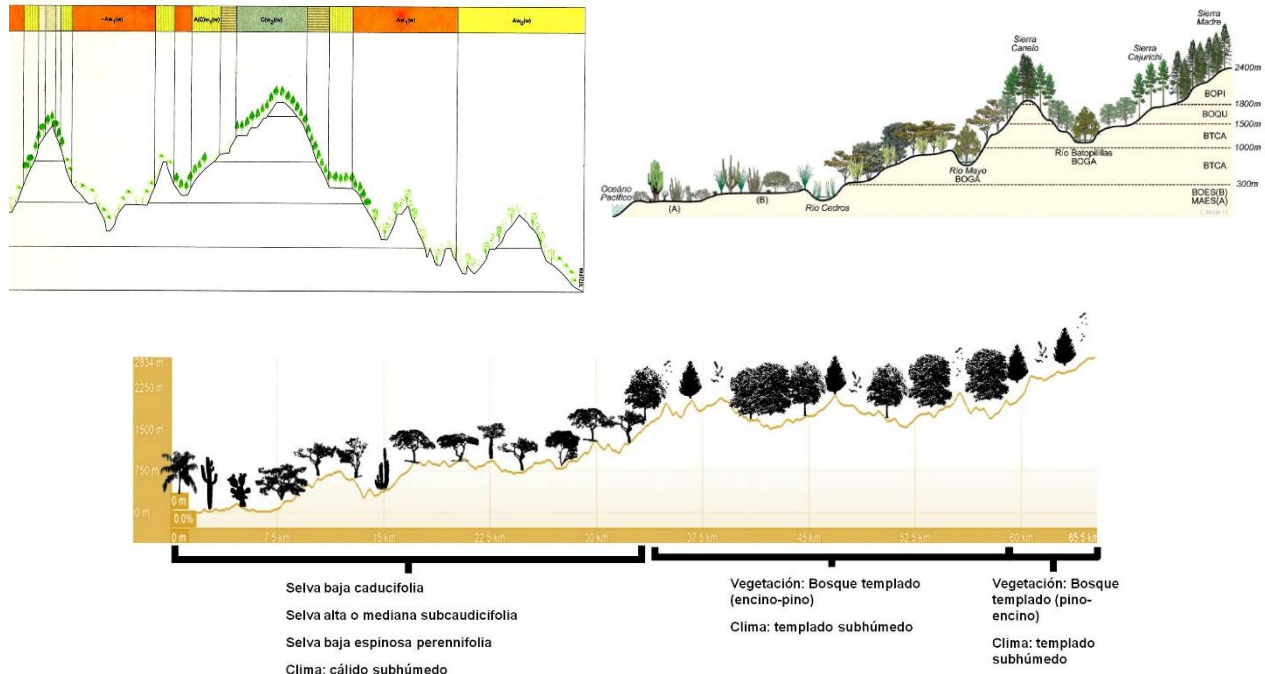


Figura 22. Ejemplos de perfiles altitudinales y pisos bioclimáticos.

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

Pronóstico para la temporada de frentes fríos

2019				2020			
MES	OBSERVADOS	PRONOSTICADOS	PROMEDIO HISTÓRICO*	MES	OBSERVADOS	PRONOSTICADOS	PROMEDIO HISTÓRICO*
SEPTIEMBRE	2	3	3	ENERO		8	6
OCTUBRE	4	5	4	FEBRERO		8	6
NOVIEMBRE		6	5	MARZO		6	6
DICIEMBRE		7	5	ABRIL		6	5
				MAYO		4	4

TOTAL DE FRENTE FRÍOS

c) Seleccionar la casilla de Información Climatológica

Pronóstico para la temporada de frentes fríos

2019				2020			
MES	OBSERVADOS	PRONOSTICADOS	PROMEDIO HISTÓRICO*	MES	OBSERVADOS	PRONOSTICADOS	PROMEDIO HISTÓRICO*
SEPTIEMBRE	2	3	3	ENERO		8	6
OCTUBRE	4	5	4	FEBRERO		8	6
NOVIEMBRE		6	5	MARZO		6	6
DICIEMBRE		7	5	ABRIL		6	5

d) Seleccionar la casilla de Información Estadística Climatológica

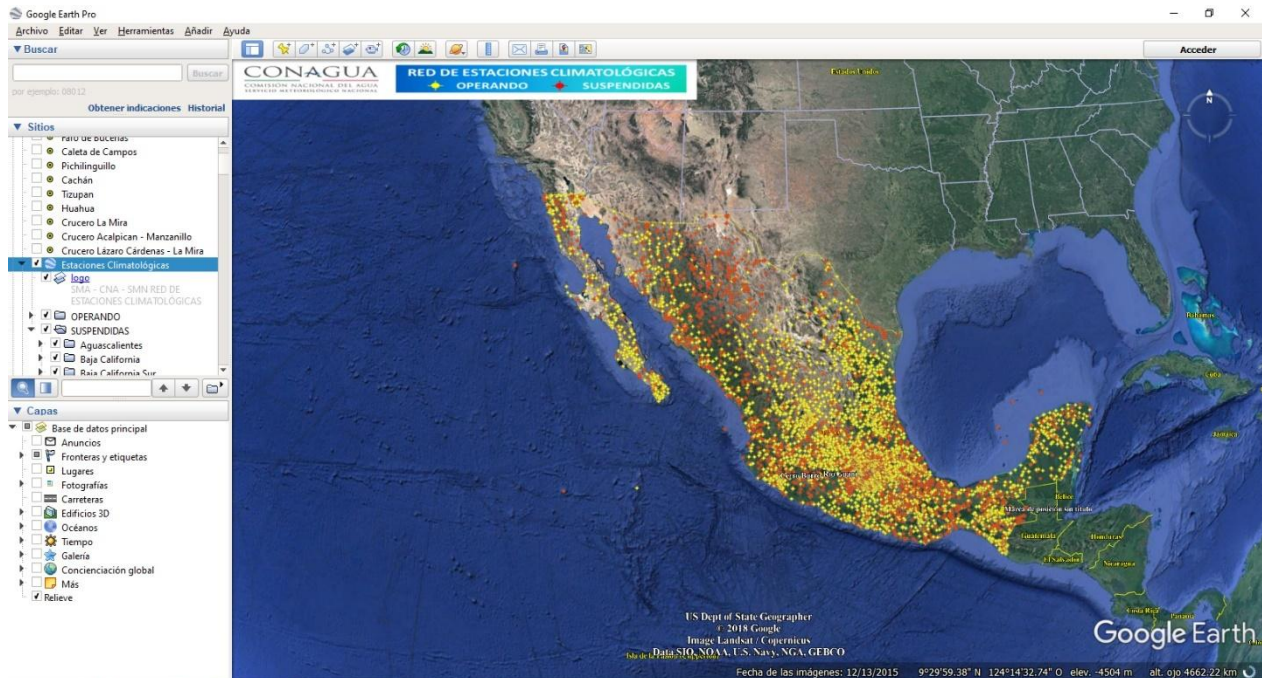
The screenshot shows the CONAGUA website interface. The main navigation bar includes 'Inicio', 'SMN', 'Pronósticos', 'Climatología', 'Ciclones Tropicales', 'Modelos de Pronóstico Numérico', 'Observando el Tiempo', and 'Contacto'. A dropdown menu for 'Climatología' is open, highlighting 'Información Estadística Climatológica'. Other options in the menu include 'Temperaturas y Lluvia', 'Información Climatológica', 'Monitor de Sequía', 'Diagnóstico Climático', and 'Pronóstico Climático'. The main content area features a red banner for 'Frente Frío No. 22 y mas Lluvias intensas a puntuales t'. Below this, there are sections for 'TIEMPO SEVERO: EN LAS PRÓXIMAS TRES HORAS, SE PREVEN LLUVIAS CON INTERVALOS', 'Imágenes de Satélite', 'Imagen Interpretada', 'Imagen Sobresaliente', 'Monitor de Sequía en México', and 'Pronóstico' with a table of observed months.

MES	OBSERVADOS
SEPTIEMBRE	2
OCTUBRE	6
NOVIEMBRE	11
DICIEMBRE	3

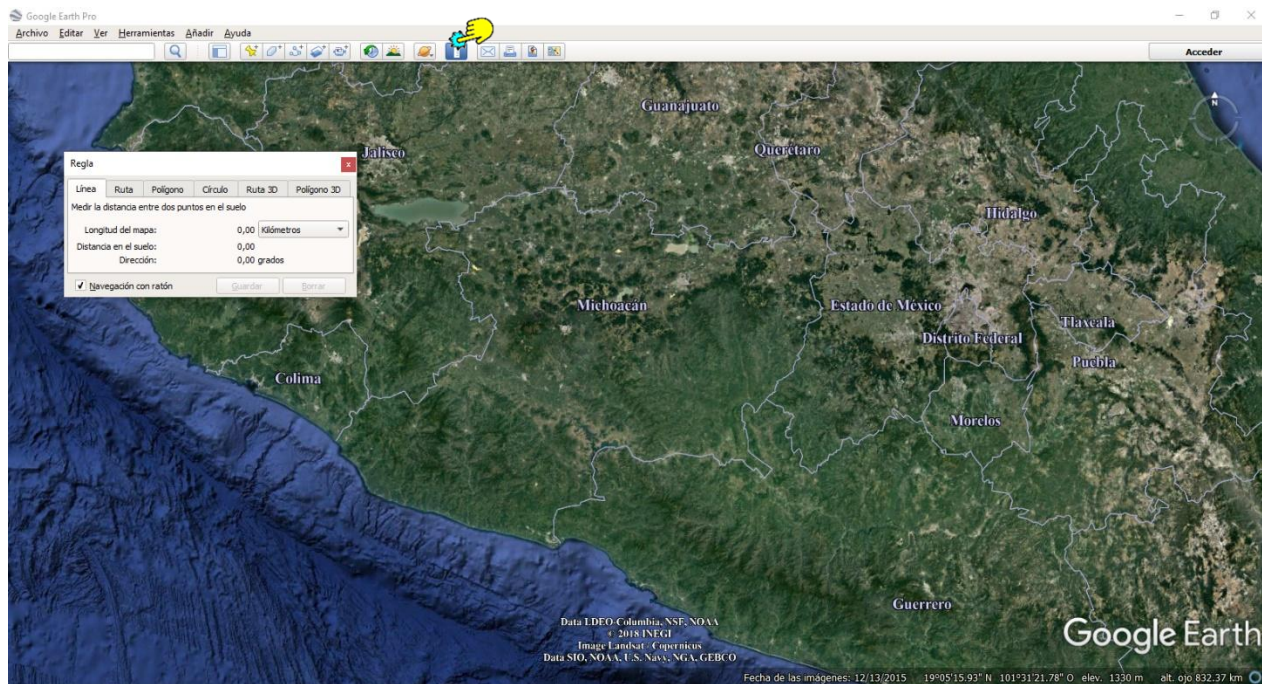
f) Esperar a que aparezca la imagen de la República Mexicana con las estaciones meteorológicas, y después elegir Descargar KMZ para darlas de alta en Google Earth Pro, donde aparecerán de manera automática.

The screenshot shows the 'Información Estadística Climatológica' page. It features a map of Mexico with numerous green dots representing meteorological stations. A search bar is present at the top right of the map area. Below the map, there are buttons for 'Descargar Mapa' and 'Descargar KMZ'. A 'MANUAL DE USUARIO' link is also visible. The page includes a detailed description of the data available, mentioning records from 1900 to the present, covering approximately 55 million daily records of rainfall and temperature.

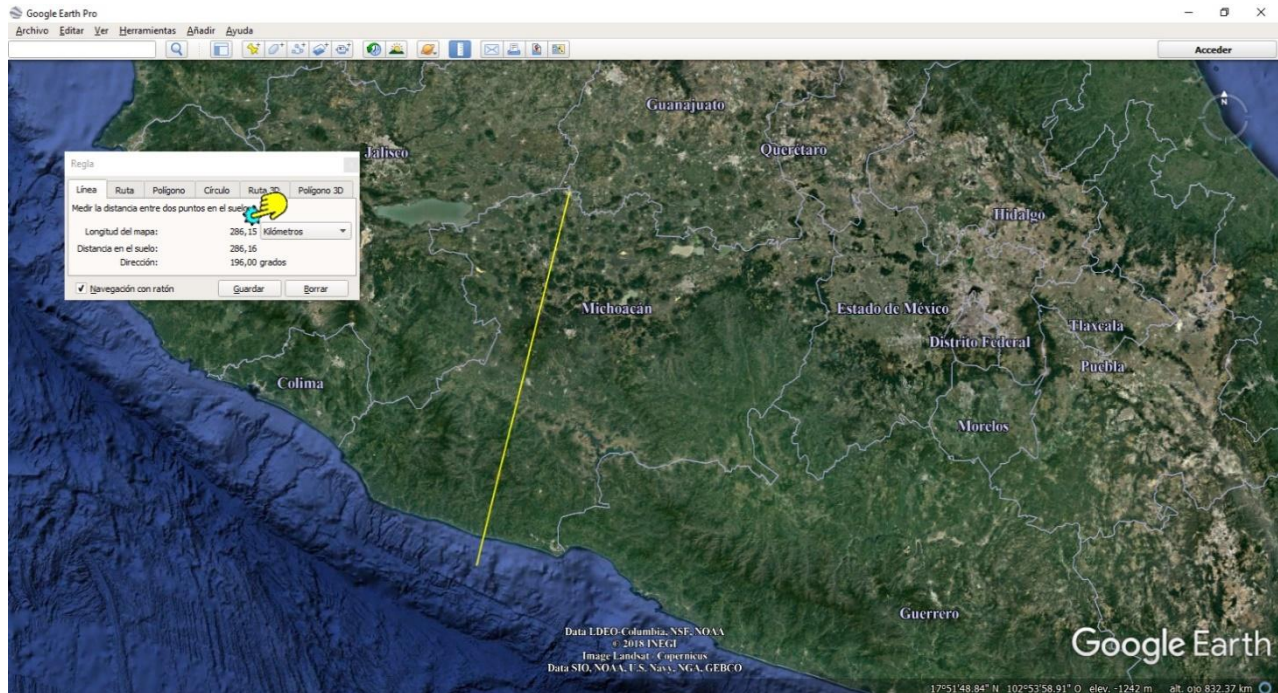
En esta sección se puede consultar la información climatológica nacional que va de 1900 hasta la fecha donde se dispone de información actualizada por los Organismos de Cuenca y Direcciones Locales de la CONAGUA, la cual implica aproximadamente 55 millones de registros diarios de lluvia en 24 horas y temperatura mínima y máxima, reportados por alrededor de 5,500 estaciones climatológicas y para los casos que cuenten con registros mayores de 10 años, se realiza el cálculo de normales climatológicas, valores extremos y estadísticas mensuales. Todo esto está disponible mediante tablas, un servidor de mapas y una aplicación para Google earth PRO.



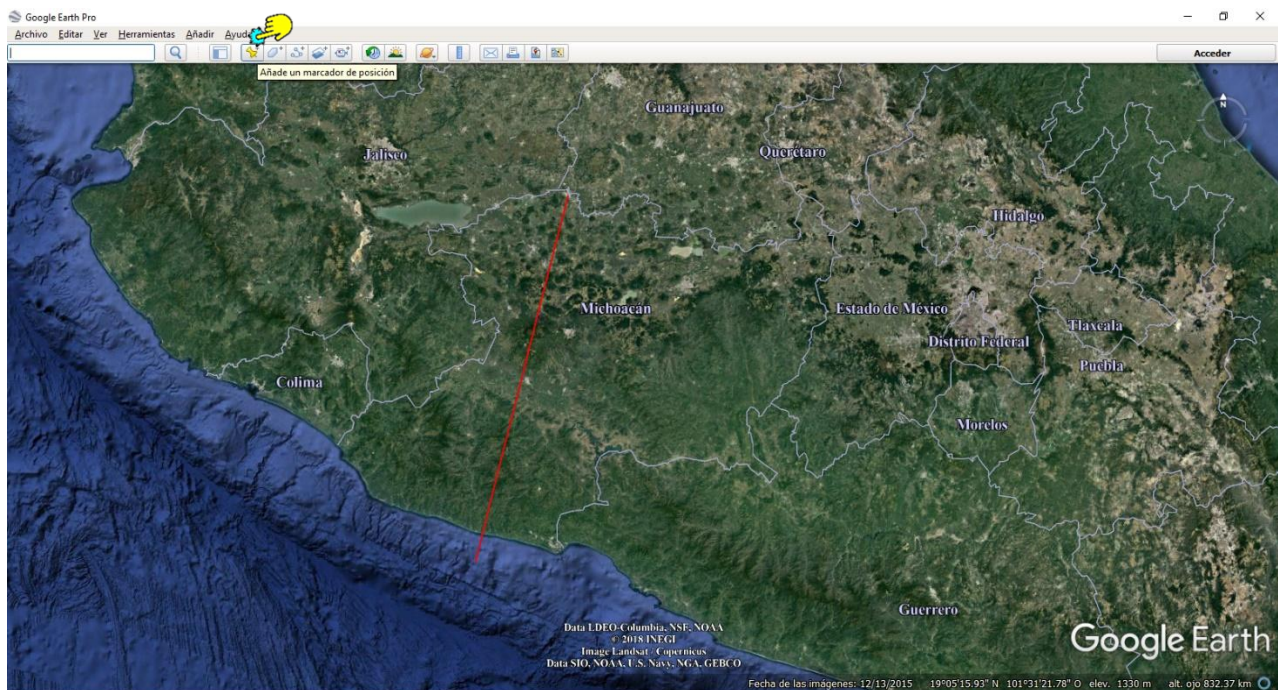
g) Una vez dadas de alta las estaciones se procederá a trazar el perfil elegido, para lo cual se utilizará la herramienta de Mostrar Regla.



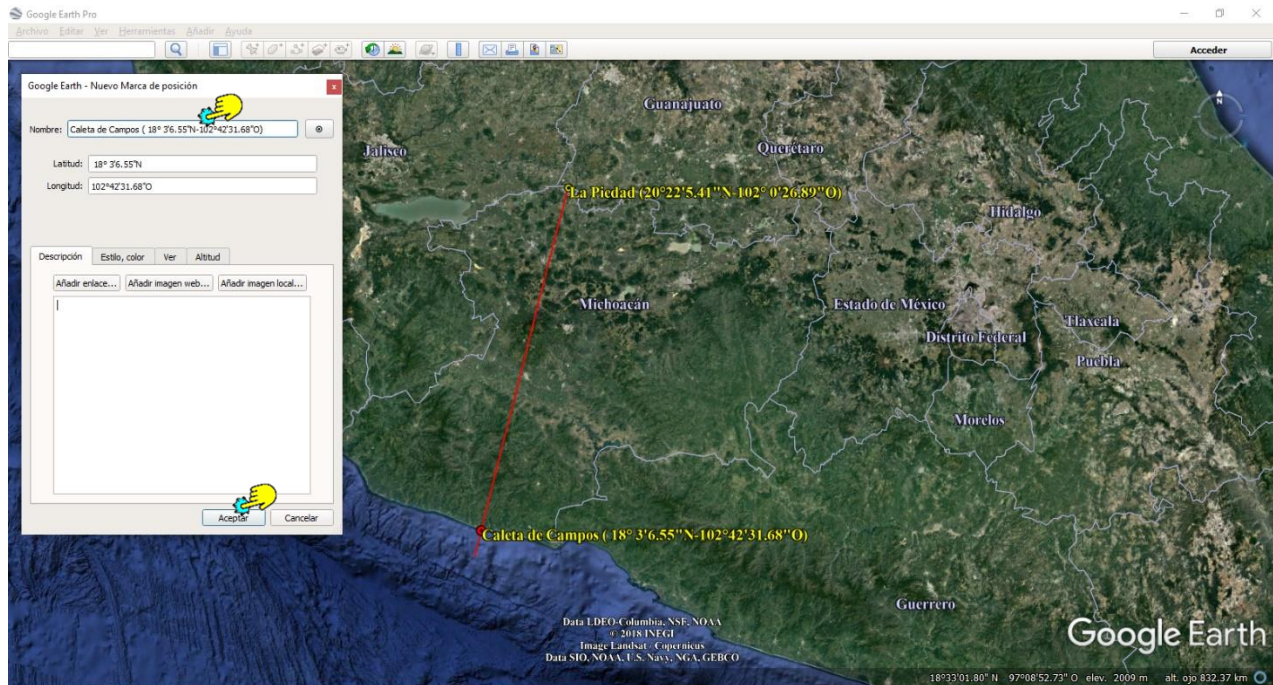
h) Con esta herramienta trazamos el transecto elegido, el cual debe abarcar como mínimo 200 km y deberá de atravesar el estado en dirección noreste-suroeste, para que queden representados varios tipos, subtipos y subdivisiones climáticas y tipos de vegetación, también es conveniente que, si el transecto 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 lo cual se debe utilizar la herramienta de Añadir un marcador de posición.

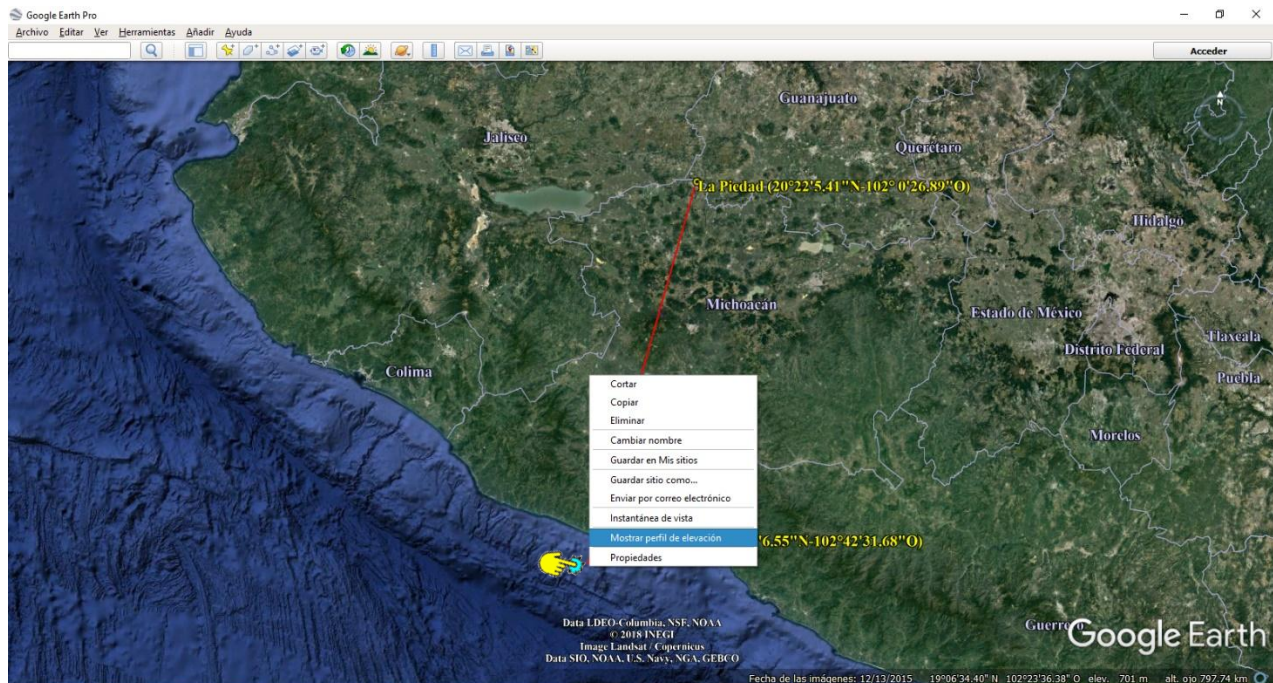


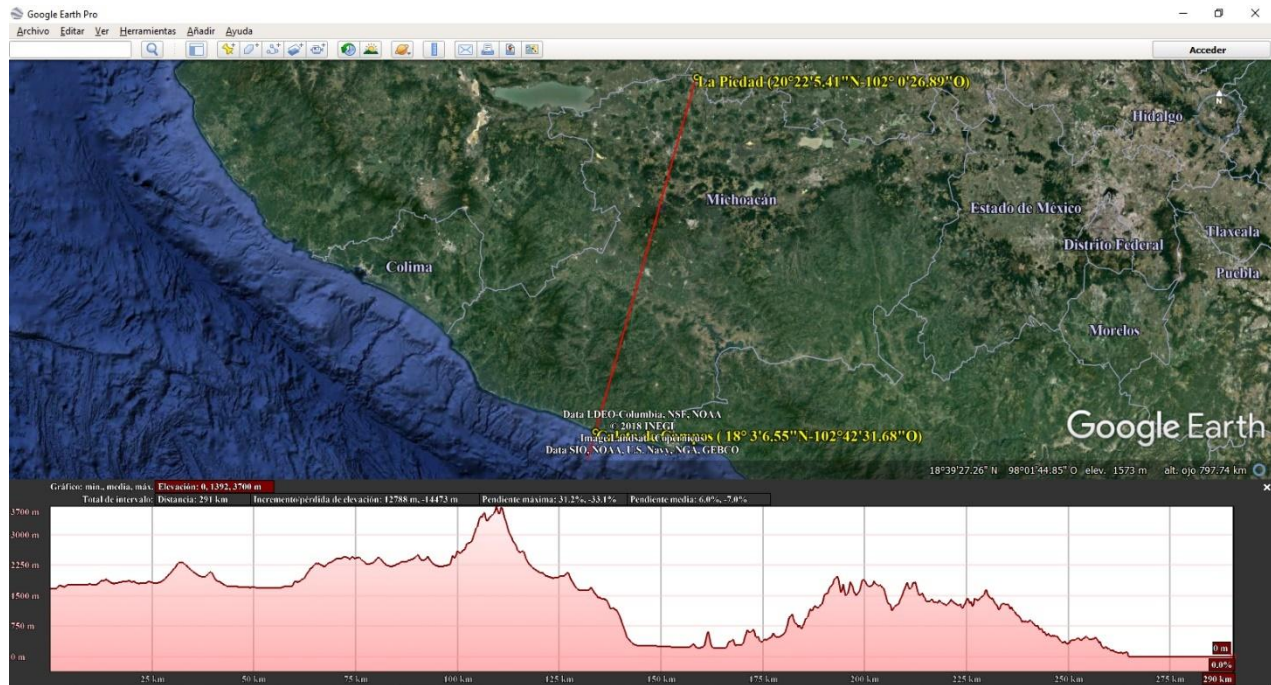
j) Las coordenadas de los extremos elegidos se presentan dentro del recuadro de añadir un marcador de posición, solamente hay que copiarlas y pegarlas en el Nombre y elegir aceptar.



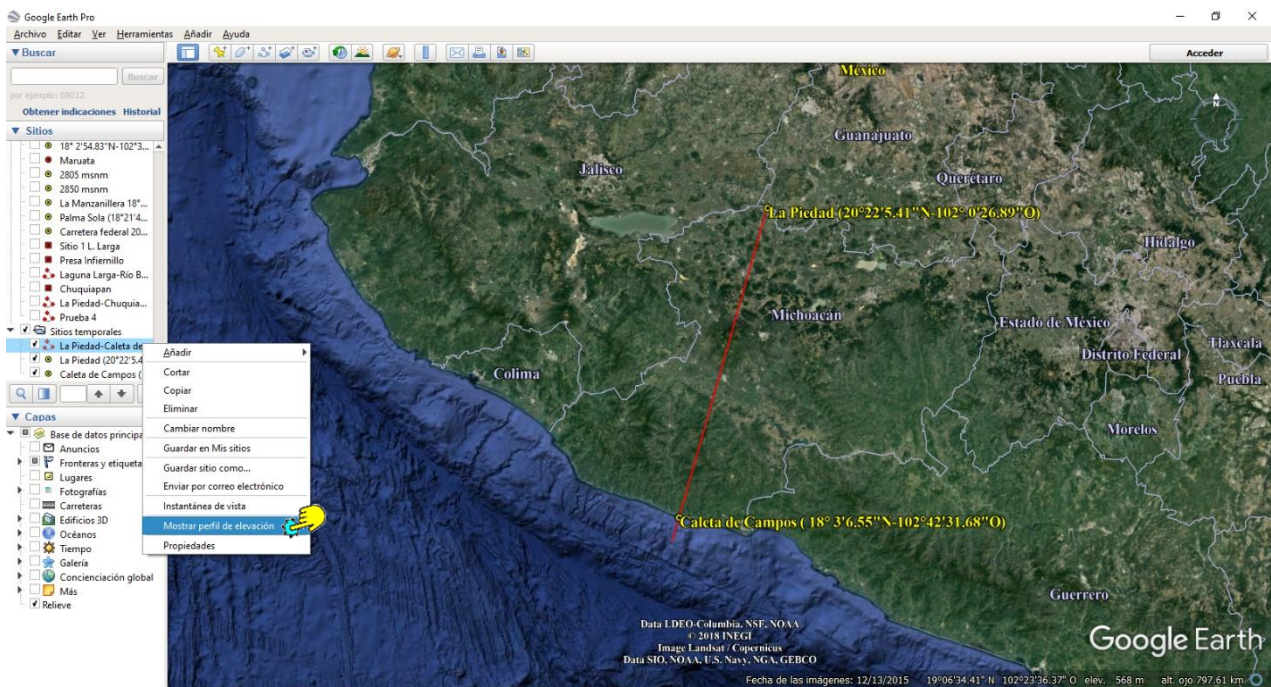
k) Trazado el transecto se procede a utilizar la herramienta Mostrar perfil de elevación, lo cual se puede realizar de tres maneras:

- 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.

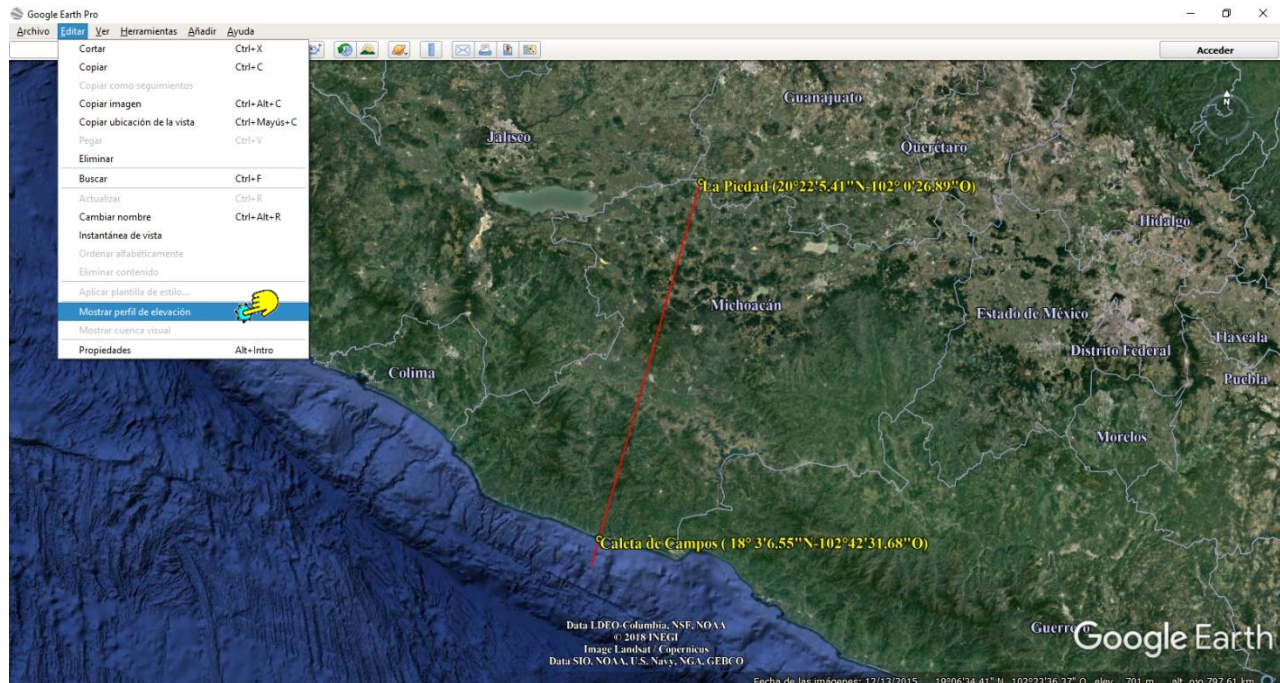




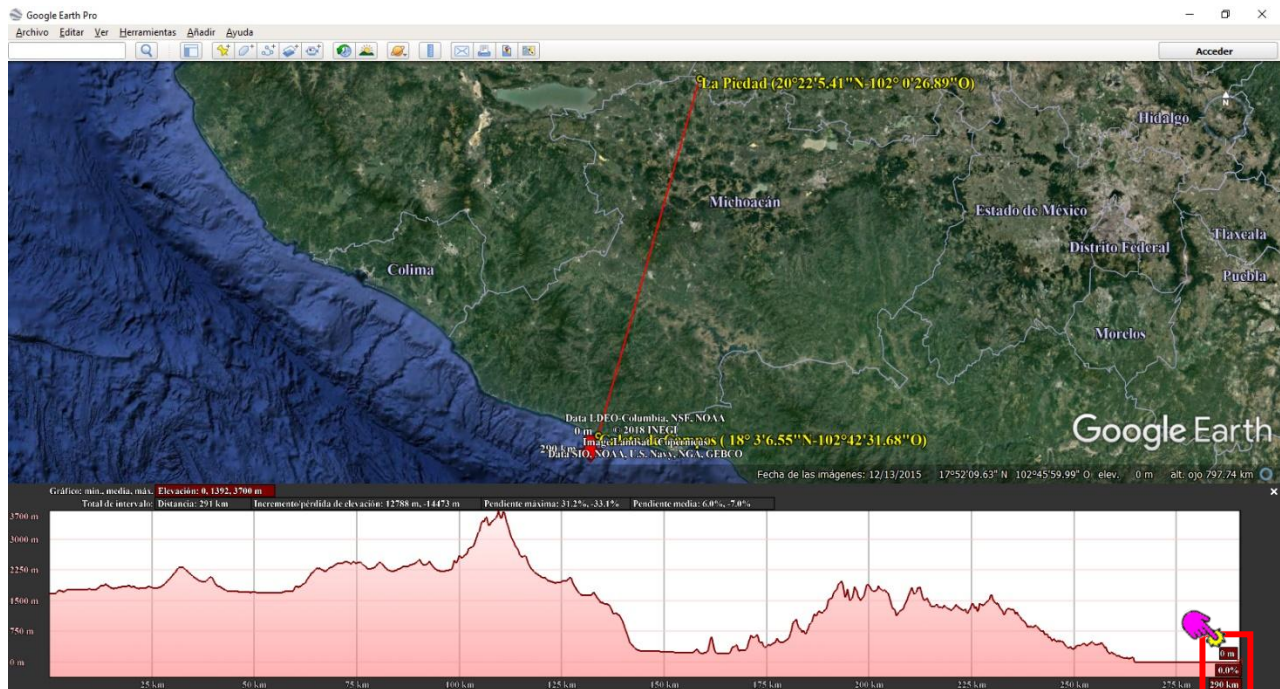
- La otra forma es utilizando directamente nuestro historial de sitios que se encuentra en la ventana de la izquierda, dando clic derecho sobre nuestro transecto y eligiendo la opción "Mostrar perfil de elevación" y listo automáticamente aparece nuestro perfil.



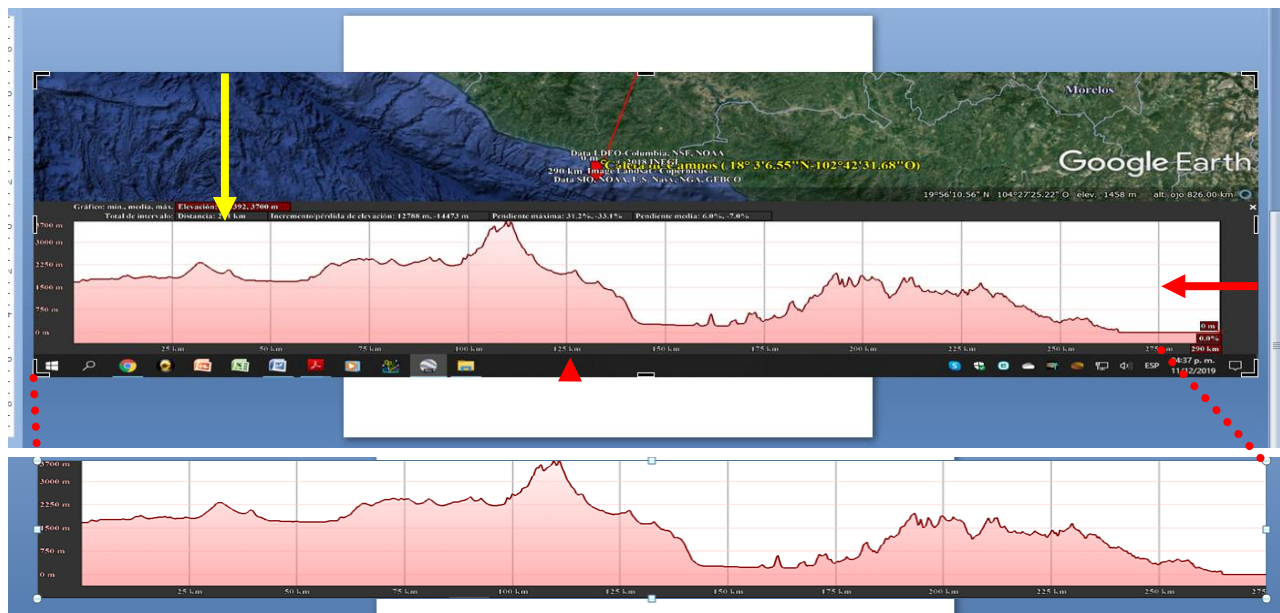
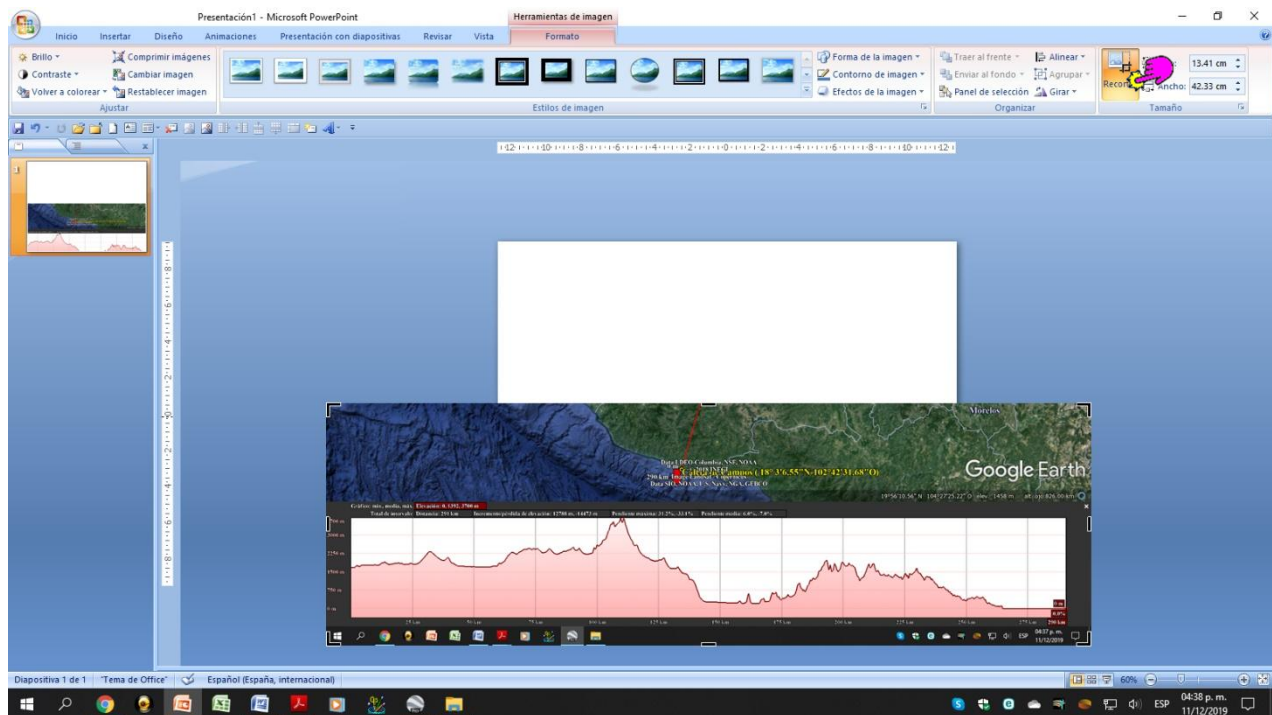
- Una tercera forma de mostrar el perfil de elevación, se puede llevar a cabo eligiendo la herramienta "Editar" y de ahí la de "Mostrar perfil de elevación" y listo de nuevo tenemos nuestro perfil.



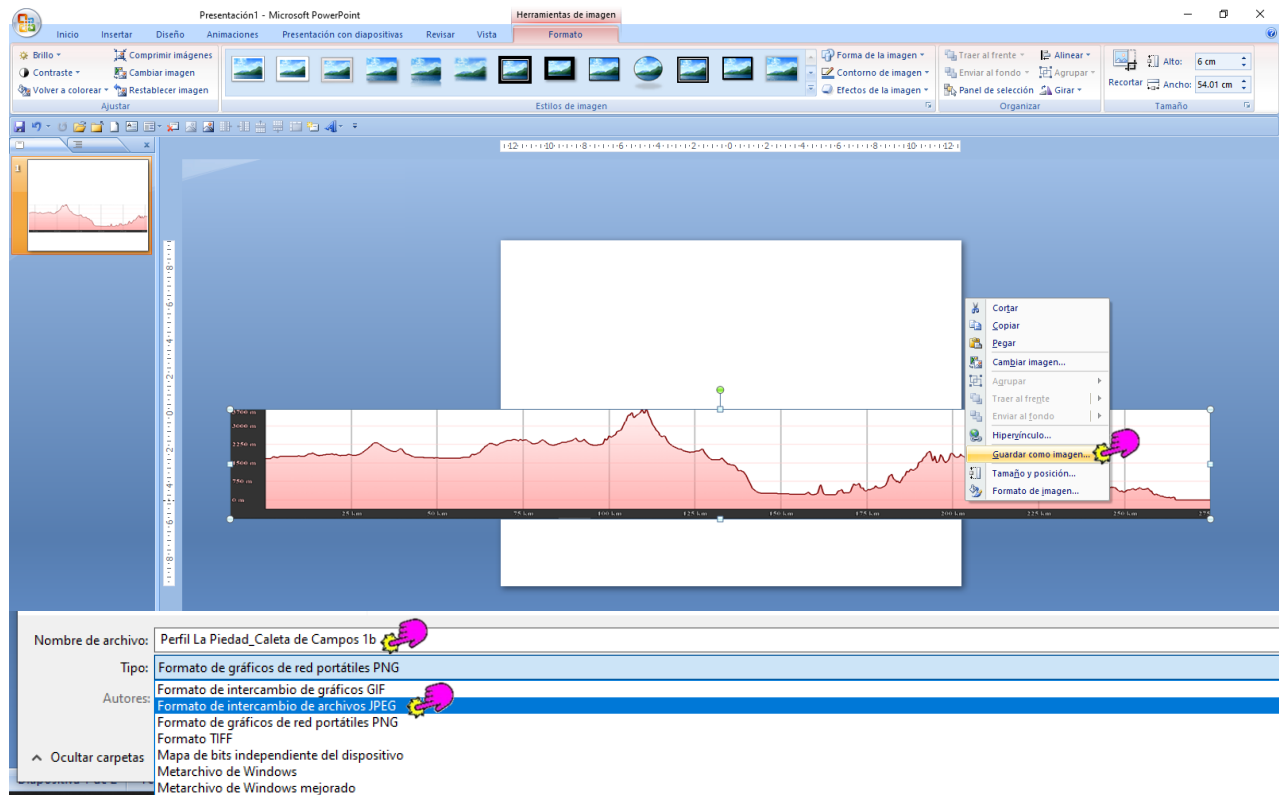
l) Un detalle más que debemos cuidar es el de que las etiquetas guindas de los datos de altitud, porcentaje del perfil y distancia recorrida queden del lado derecho del perfil de elevación, con la finalidad de que puedan ser recortadas sin eliminar la escala de altitudes que está a la izquierda de nuestro 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. 23)

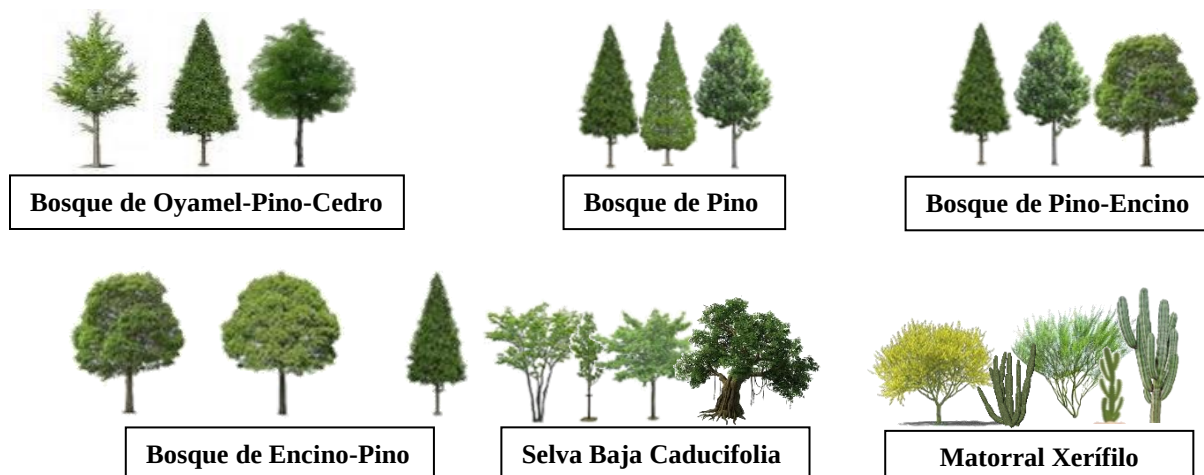


Figura 23. Siluetas de tipos de vegetación.

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