

Modelación del comportamiento de las isotermas, isoyetas y cálculo de la radiación solar para el estado de Puebla durante el mes de junio de 2004

Rogelio Ramos Aguilar, Araceli Aguilar Mora

Este trabajo presenta las características de la modelación estructural del comportamiento de las isotermas e isoyetas para el estado de Puebla durante el mes de junio de 2004, así como el cálculo de la radiación solar para dicho periodo. Se ha empleado, para el manejo de los datos, un proceso estadístico y matemático simple, relacionando diversas variables de las condiciones climáticas en la zona.

Los factores tropicales que afectan al estado de Puebla durante el mes de junio son las ondas tropicales (u ondas del Este) y los ciclones tropicales. Las ondas tropicales son ondulaciones de la corriente básica de los alisios; se desplazan de Este a Oeste con una velocidad media de 15 km/h, lo que produce un movimiento ascendente con nubes de gran desarrollo vertical y medianas precipitaciones.

A continuación se ofrece una modelación de dos variables (temperatura y precipitación), así como el comportamiento gráfico de la misma. Para su elaboración se utilizó la información publicada por el Servicio Meteorológico Nacional.

DESARROLLO

Se trazó un mapa base con coordenadas geográficas (longitud, latitud y altitud), para la localización de las temperaturas máximas y mínimas (Figura 1), y de la precipitación acumulada en un periodo de treinta días (Figura 2). Se realizó, además, un perfil del estado de Puebla (Figura 3) proyectado a un plano cartesiano (x, y), para examinar con detalle la transformación de las coordenadas geográficas a UTM, en metros.

El análisis estadístico del perfil fue muy importante para efectuar los estudios de correlación entre varianzas, covarianzas, medias y rangos. Los datos obtenidos se representaron por medio de un histograma; los resultados variaron de acuerdo al comportamiento y relación que tuvieron con la frecuencia y los valores manejados entre las isoyetas e isotermas.

CÁLCULO DE LA RADIACIÓN SOLAR

El Sol provee alrededor del 99.71% de la energía calorífica requerida para los procesos físicos que tienen lugar en la atmósfera; cada minuto la Tierra recibe una cantidad de calorías denominada constante solar. La constante solar se define usualmente como el flujo de energía proveniente del Sol, que incide sobre una superficie perpendicular a la dirección de propagación de la radiación solar, ubicada a la distancia media de la Tierra al Sol.

La constante solar para el estado de Puebla, o S , podemos expresarla de la siguiente manera:

$$S = \frac{56 \times 10^{26} \text{ cal/min}}{4 \pi (1.5 \times 10^{13} \text{ cm})^2} = 2.0 \text{ cal/cm}^2 \text{ min}$$

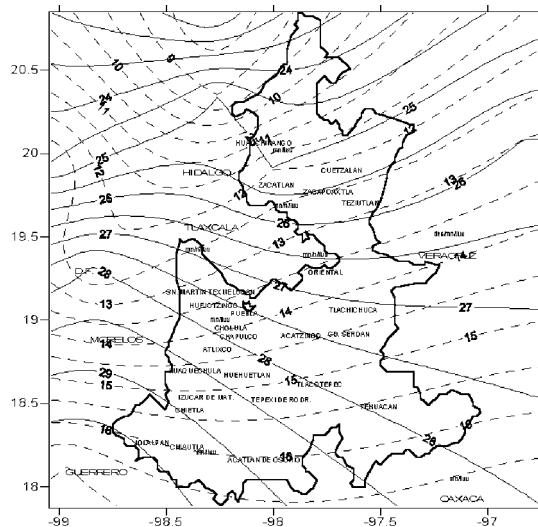


FIGURA 1. Modelación del comportamiento de las isotermas para el estado de Puebla durante el mes de junio de 2004. Interpretación: Líneas continuas (temperaturas máximas), no continuas (temperaturas mínimas). Para el estado de Puebla, entre 9.5 y 29.5 °C; para la ciudad de Puebla, entre 13.5 y 14 °C. Software utilizado: Surfer 8.

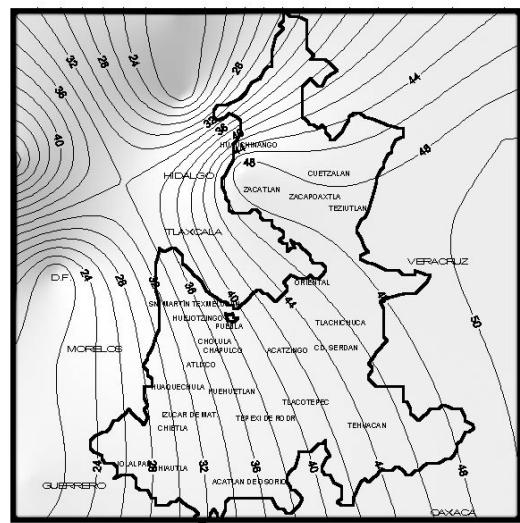


FIGURA 2. Modelación del comportamiento de las isoyetas para el estado de Puebla durante el mes de junio de 2004. Interpretación: Líneas continuas (precipitación pluvial en mm precipitación). Para el estado de Puebla, entre 24 y 48 mm; para la ciudad de Puebla, entre 38 y 40 mm. Software utilizado: Surfer 8.

Siendo:

56×10^{26} cal/min la energía que el Sol irradiana en su superficie, debida a su temperatura que es alrededor de 5750 °C.

1.5×10^{13} cm es la distancia media Tierra-Sol.

$1 \text{ Langley} = 1 \text{ cal/cm}^2$

Si esta energía es uniformemente depositada sobre la superficie de la Tierra, la cantidad recibida por unidad de área y tiempo en la alta atmósfera es:

$$Q_s = \frac{S}{4} = 0.5 \text{ ly/min}$$

La energía solar total interceptada por la Tierra en una unidad de tiempo es:

$$St = \pi a^2 S = 2.55 \times 10^{18} \text{ cal/min} = 3.67 \times 10^{21} \text{ cal/día}$$

a = radio terrestre = 6.37×10^6 m

Si 3.67×10^{21} cal/día = k , entonces:

La energía liberada por un ciclón sería $\sim 1 \times 10^{-3}$ de k , la de un huracán $\sim 1 \times 10^{-4}$ de k y la de una lluvia moderada $\sim 1 \times 10^{-8}$ de k .

Si se considera el total de la radiación solar que llega a la alta atmósfera como el 100%, de ella, el 16% es absorbida por la atmósfera y el 1% por las nubes, mientras que la tierra absorbe el 26% como radiación directa, el 14% como radiación difusa y un 11% como radiación dispersa; el 25% es devuelta al espacio exterior por las nubes y el polvo, y un 7% es re-

flejada por la superficie terrestre (fenómeno conocido como albedo). Todas estas cantidades varían de acuerdo al ángulo de incidencia de los rayos solares así como a la nubosidad, la estación del año, la latitud, etcétera.

METODOLOGÍA PARA CALCULAR LA TEMPERATURA REDUCIDA

Suponiendo que se desea calcular la temperatura reducida de la Estación A, cuya altura es de 2320 m sobre el nivel del mar (recordemos que la altitud sobre el nivel del mar de la ciudad de Puebla es de 2162 m), y presenta una temperatura media anual de 16.4 °C, se aplicará la siguiente fórmula:

$$T_R = (h \times gt) + t$$

Donde:

T_R = Temperatura reducida; h = Altitud en metros; gt = Gradiente térmico normal; t = Temperatura de la estación.

Sustituyendo los valores:

$$T_R = (2320 \text{ m})(0.0065 \text{ °C/m}) + 16.4 \text{ °C} = 31.48 \text{ °C}$$

Por lo tanto, 31.48 °C es la temperatura de la Estación A.

El valor del gradiente térmico normal no se aplica cuando se trabaja con precisión en estudios regionales, por lo que a veces es necesario calcularlo. Para ello debe procederse de acuerdo al siguiente caso hipotético:

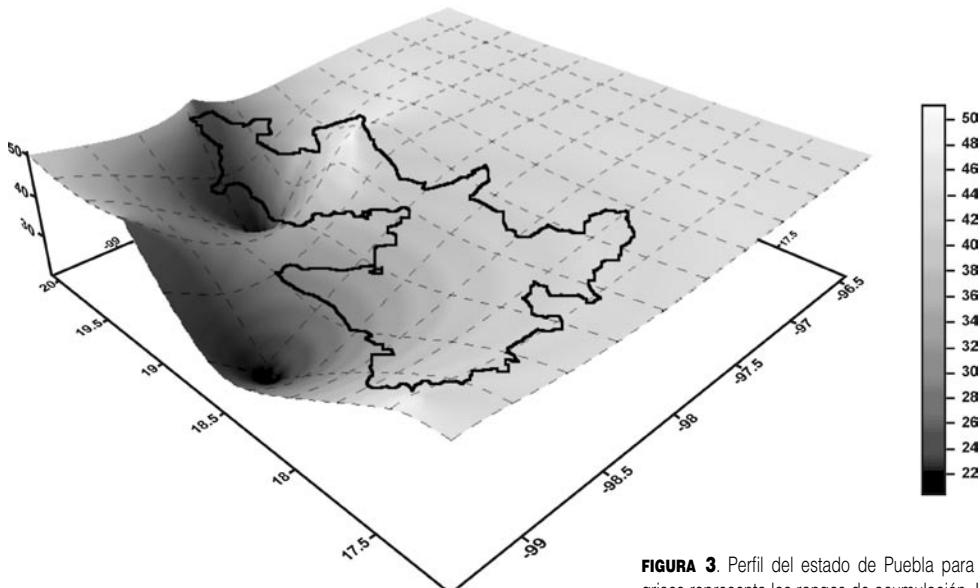


FIGURA 3. Perfil del estado de Puebla para las isoyetas. La escala de grises representa los rangos de acumulación. Las dos depresiones que se alcanzan a observar corresponden a la acumulación mínima procesada para comprender mejor su comportamiento.

Si existe una Estación A, cuya altitud es de 1050 m, con una temperatura de 18.5 °C, y una Estación B, a 128 m y a 23.8 °C y se desea conocer el gradiente entre la Estación A y B, entonces se determina primero la diferencia de altura y temperatura entre ambas:

$$\text{Diferencia de altura} = 1050 \text{ m} - 28 \text{ m} = 922 \text{ m}$$

$$\text{Diferencia de temperatura} = 23.8 \text{ }^{\circ}\text{C} - 18.5 \text{ }^{\circ}\text{C} = 5.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Esto indica que a 922 m la temperatura varía 5.3 °C, por lo tanto en 1 m cambiará:

$$\frac{5.3 \text{ }^{\circ}\text{C}}{922 \text{ m}} = 5.7483 \times 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C/m}$$

El valor 0.0057483 °C/m es el gradiente térmico entre las estaciones A y B.

Este dato nos sirve para calcular las temperaturas que se ubican entre los puntos A y B. Por ejemplo, si nos interesa conocer la temperatura del punto Z, localizado entre A y B, y del cual sólo sabemos que su altura es de 649 m, entonces:

Se determina la diferencia de altura entre A y Z (u opcionalmente, entre B y Z). Partiendo de A y Z tendremos:

Diferencia de altura entre A y Z = 1050 - 649 = 401 m (nótese que se pasa de un lugar alto a uno bajo).

Si en un metro la temperatura varía 0.0057483 °C, en 401 m se modificará:

$$401 \text{ m} \times 0.0057483 \text{ }^{\circ}\text{C/m} = 2.3050683 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

A este valor se le suma la temperatura del punto A, debido a que se trata de un lugar más bajo, lo cual ocasiona que la temperatura sea mayor, dado que el calentamiento del aire es medido desde la superficie del suelo hacia arriba y la temperatura del aire disminuye con la altura.

La temperatura calculada con el gradiente del punto Z será:

$$18.5 \text{ }^{\circ}\text{C} + 2.3 \text{ }^{\circ}\text{C} = 20.8 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Por lo tanto, el gradiente térmico normal para la ciudad de Puebla es: GTN = 0.0065 °C/m

CONCLUSIONES

Este trabajo ofrece los datos obtenidos en la modelación de las isoyetas e isotermas, además del cálculo de la radiación solar, mediante el análisis, identificación e información del seguimiento del comportamiento meteorológico de la región de estudio.

El estudio realizado nos ha permitido identificar las áreas de acumulación térmica (isotermas) y de precipitación (isoyetas), tanto máximas como mínimas. Para el estado de Puebla se han registrado isoyetas entre 24 y 48 mm, e isotermas entre 9.5 y 29.5 °C (Tabla I), mientras que para la ciudad de Puebla, las isoyetas oscilan entre 38 y 40 mm, y las isotermas entre 13.5 y 14 °C.

Cabe mencionar que estos rangos varían de acuerdo a la zona de modelación, es decir, hay que tomar en cuenta factores como los mantos freáticos y las estructuras geológicas de baja altitud que muestran una filtración y acumulación de aguas en este periodo, que pudieran alterar algunos de los resultados.

G L O S A R I O

Universal Transversa de Mercator (UTM). Proyección cilíndrica en la que el cilindro es tangente al elipsoide a lo largo de un meridiano tomado como origen, y el eje del cilindro está sobre el Ecuador. Esta proyección divide a la Tierra en 60 husos de 6 grados sexagesimales de longitud cada uno, numerados a partir del antemeridiano de Greenwich.

B I B L I O G R A F Í A

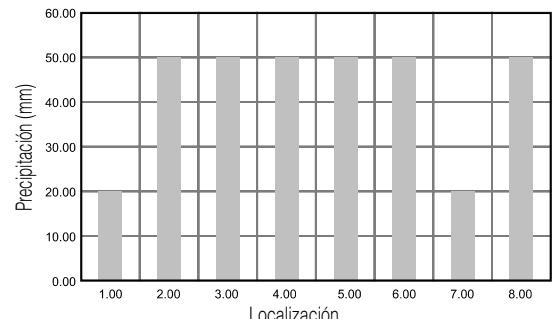
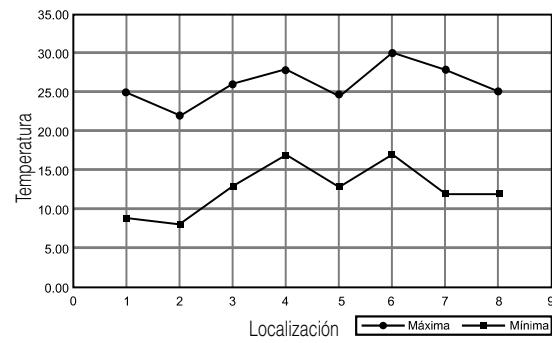
El clima en México. Memorias del Congreso de Ciencias Atmosféricas, México (2001).

Analysis of the change in the atmospheric urban and photochemistry activity, Atmospheric Environment, USA (1999).

Huerta A y Ramos R. *Ciencias atmosféricas*, UTP, México (2003) 122-132.

Ramos R et al. *Aplicación de imágenes satelitales para determinar el clima y la radiación solar en el estado de Puebla y la geohidrología de su zona norte*, Ciencia Ergo Sum, México (2004).

Rogelio Ramos Aguilar, Facultad de Ingeniería, Laboratorio de Ciencias de la Tierra, BUAP, rogelio.ramos@fi.buap.mx
Araceli Aguilar Mora, Facultad de Ingeniería, Colegio de Geofísica, BUAP, araceli.aguilar@fi.buap.mx



No.	Coordinadas		Precipitación	Temperatura °C	
	Longitud	Latitud		Máximo	Mínimo
1.00	-98.39	19.57	20.00	25.00	9.00
2.00	-98.43	20.07	50.00	22.00	8.00
3.00	-96.54	19.31	50.00	26.00	13.00
4.00	-96.43	17.09	50.00	28.00	17.00
5.00	-99.39	19.17	50.00	24.50	13.00
6.00	-99.30	17.33	50.00	30.00	17.00
7.00	-99.14	18.54	20.00	28.00	12.00
8.00	-98.06	19.13	50.00	25.00	12.00

TABLA I. Localización de isoyetas e isotermas.