

# EFEMÉRIDES METEOROLÓGICAS PARA ENTENDER LA DINÁMICA DE LA ATMÓSFERA

Francisco García-Moctezuma

Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional Preparatoria, Plantel No. 4 “Vidal Castañeda y Nájera”, Av. Observatorio No. 170 Colonia Observatorio, Alcaldía Miguel Hidalgo, Ciudad de México, C. P. 11860 .  
francisco.garcia@dgenp.unam.mx

## RESUMEN

La explicación y el tratamiento de las variables que influyen en el tiempo atmosférico se explican a nivel bachillerato. En este artículo se expone la experiencia que el autor ha tenido en los últimos años y las estrategias implementadas a través de la construcción de efemérides meteorológicas para despertar el interés del alumnado en el estudio de esta temática, en particular, y en las Ciencias de la Tierra, en general.

**Palabras clave:** variables meteorológicas, estación meteorológica, efemérides, PEMBU, bachillerato, infografía.

## ABSTRACT

*One of the subjects in high school level curricula is the treatment and discussion of the several variables influencing weather behavior. This paper presents the author's recent experiences and developed strategies based on the construction of meteorological ephemeris to increase students' interest in this particular area and Earth Sciences in general.*

**Keywords:** meteorological variables, weather station, ephemeris, PEMBU, high school, infographics.

## INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las Ciencias de la Tierra a estudiantes del bachillerato conlleva abordar temáticas que forman parte de su cotidianidad: procesos químicos y físicos del sistema terrestre, sismicidad, cambios diarios y estacionales de temperatura y precipitación, inundaciones, sequías, heladas, cambio climático, entre otros.

La dinámica de la atmósfera está dentro de la unidad temática de las capas fluidas del planeta, del programa de la asignatura de Ciencias de la Tierra que se imparte en el bachillerato de la Universidad

Nacional Autónoma de México (UNAM), modalidad Escuela Nacional Preparatoria (ENP). Es necesario que los alumnos se familiaricen en el uso y manejo de las variables meteorológicas para que más adelante comprendan las causas y los efectos de los eventos atmosféricos, tanto termodinámicos como acuosos. Entre las variables están la temperatura ambiental, presión atmosférica, vientos, humedad relativa, precipitación, etcétera, que son una constante en su vida cotidiana.

El presente artículo se centra en la experiencia dentro del aula que en los últimos años ha tenido este autor al introducir a sus alumnos de bachillerato en la búsqueda, identificación y tratamiento de datos meteorológicos, así como en la presentación y divulgación de los resultados obtenidos.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Tomando en cuenta que la mayor parte de los alumnos de bachillerato transitan en edades de entre 15 y 18 años, y que por sus características generacionales prefieren más lo visual y muestran una animadversión, a veces tácita otras no tanto, hacia los tradicionales métodos de enseñanza, el profesor debe esmerarse poniendo lo mejor de sí para que éstos no sólo pongan atención a la clase sino que participen en las actividades de razonamiento y comprensión del tema expuesto, aderezando tal esfuerzo con un cierto grado de ludismo en el que además se privilegien las imágenes por sobre los textos con el objetivo de generar un aprendizaje significativo.

## OBJETIVO

Lograr que los estudiantes participen en las actividades de razonamiento y comprensión del estado del tiempo y clima, a través de la búsqueda, identificación y tratamiento de información meteorológica con la finalidad de generar un aprendizaje significativo.

## METODOLOGÍA

Primero se delimita el lugar a trabajar y, dependiendo del periodo de tiempo a considerar, se identifica la fuente de información, confirmando si ésta contiene los datos requeridos para llevar a cabo el tratamiento correspondiente de los datos meteorológicos.

Para ventaja de la comunidad escolar donde se aplica este ejercicio, la fuente de información

<https://www.ruoa.unam.mx/pembu/>

corresponde a un sitio web abierto de la UNAM, que de tiempo atrás tiene instaladas 14 estaciones meteorológicas en los planteles de su bachillerato, 9 en la ENP, 5 en el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), y una en la estación central del Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático (ICAYCC). Todas ellas conforman la red Programa de Estaciones Meteorológicas del Bachillerato Universitario (PEMBU) (Figuras 1, 2 y 3). Por supuesto, y dicho sea de paso, la fuente referida está abierta, de manera libre e incondicional, a cualquier usuario que requiera esta información meteorológica para sus proyectos.

Esta red urbana de registro de datos meteorológicos, cuya operación regular se remonta a 1994, nos proporciona información diaria referente a 30 variables con un intervalo de tiempo de cada media hora, 10 captadas directamente y el resto obtenidas en forma indirecta mediante cálculos realizados por el mismo sistema automatizado de recolección de datos. La descripción de tales variables está en la página

<https://www.ruoa.unam.mx/pembu/index.php?page=variables>.



Figura 1. Mapa Red PEMBU (2022). RUOA, UNAM.  
<https://www.ruoa.unam.mx/pembu/>.



Figura 2. Equipamiento de una estación del PEMBU.



Figura 3. Sensores de una estación del PEMBU.

De las 30 variables meteorológicas captadas en cada estación del PEMBU, se utilizan en este ejercicio sólo 11, las cuales son: 1) temperatura [°C], 2) humedad relativa [%], 3) rapidez del viento sostenido [m/s], 4) rachas de viento [m/s], 5) presión barométrica [hPa], 6) precipitación [mm], 7) radiación solar [W/m<sup>2</sup>], 8) índice UV [adimensional], 9) dosis UV [m/s<sup>2</sup>], 10) dirección del viento sostenido [°], y 11) dirección de rachas [°] (Figura 4).

Para comenzar a despertar la curiosidad y el interés de los alumnos en la Meteorología, se les lanzan preguntas como ¿a qué horas del día se registra la temperatura más baja? y ¿en qué momento de la jornada se tiene la temperatura más alta? Las respuestas en el primer caso se centran en la medianoche y en el segundo en el mediodía. Las expresiones de sorpresa se multiplican cuando se les proporciona una tabla de cambios de temperatura durante el día y se les pide que localicen los mínimos y máximos respectivos (Figura 5).

1	Programa de Estaciones Meteorológicas del Bachillerato Universitario (PEMBU)													
2	www.ruoa.unam.mx/pembu													
3	Estacion ENP4-UN Ciudad de Mexico													
4	Lat 19.4037 N Lon 99.1949 ' Alt 2307 msnm													
5	Horario UTC-6h													
6	Datos meteorologicos													
7														
8	Fecha_hora	Temp	Hum_Rel	Rapidez_v_so	Dir_v_sosteni	Rapidez_rach	Dir_rachas	Presion_bar	Precipitacion	Rad_Solar	Indice_UV	Dosis_UV		
9	aaaa/mm/dd HH:NC	%	m/s	grados	m/s	grados	hPa	mm	W/m2	adimensional	mj/cm2			
10	01/07/2019 00:00	15.8	82	3.1	337.5	8.5	292.5	777.9	0	0	0	0	0	
11	01/07/2019 00:30	15.7	82	2.7	337.5	7.6	337.5	777.7	0	0	0	0	0	
12	01/07/2019 01:00	15.4	85	4	315	7.2	315	777.5	0	0	0	0	0	
13	01/07/2019 01:30	14.9	76	4.5	315	8	315	777.3	0	0	0	0	0	
14	01/07/2019 02:00	14.6	76	4	315	8	337.5	776.9	0	0	0	0	0	
15	01/07/2019 02:30	14.3	76	3.1	315	6.3	292.5	777	0	0	0	0	0	
16	01/07/2019 03:00	14.3	77	1.8	360	4	292.5	777.1	0	0	0	0	0	
17	01/07/2019 03:30	14.2	78	1.3	337.5	3.6	337.5	777	0	0	0	0	0	
18	01/07/2019 04:00	14.2	78	0.9	315	3.1	292.5	777.1	0	0	0	0	0	
19	01/07/2019 04:30	14.2	77	0.4	315	1.3	315	777.1	0	0	0	0	0	
20	01/07/2019 05:00	14.3	78	0.9	337.5	1.8	315	776.9	0	0	0	0	0	
21	01/07/2019 05:30	14.3	78	0.9	337.5	2.2	337.5	777	0	0	0	0	0	
22	01/07/2019 06:00	14.2	80	1.3	315	2.2	315	777	0	0	0	0	0	
23	01/07/2019 06:30	14	82	1.3	315	3.6	337.5	777.3	0	6	0	0	0	
24	01/07/2019 07:00	14.1	82	1.3	337.5	2.7	337.5	777.6	0	35	0	0	0	
25	01/07/2019 07:30	14.4	80	0.4	112.5	1.3	45	777.9	0	106	0.3	0.1		
26	01/07/2019 08:00	15.1	77	0.4	360	2.2	135	778	0	164	0.7	0.2		

Figura 4. Datos meteorológicos de la estación de la Preparatoria No. 4. RUOA, UNAM (2017). Datos históricos del PEMBU [Captura de pantalla].

Date	Time	Temp Out	Date	Time	Temp Out
19/02/19	12:00a	18.1	19/02/19	5:00p	25.4
19/02/19	12:30a	17.6	19/02/19	5:30p	24.3
19/02/19	1:00a	17.1	19/02/19	6:00p	23.8
19/02/19	1:30a	16.7	19/02/19	6:30p	22.7
19/02/19	2:00a	16.4	19/02/19	7:00p	21.9
19/02/19	2:30a	16.1	19/02/19	7:30p	21.2
19/02/19	3:00a	15.7	19/02/19	8:00p	20.6
19/02/19	3:30a	15.2	19/02/19	8:30p	19.9
19/02/19	4:00a	15.1	19/02/19	9:00p	18.7
19/02/19	4:30a	14.7	19/02/19	9:30p	18.1
19/02/19	5:00a	14.2	19/02/19	10:00p	18.0
19/02/19	5:30a	13.9	19/02/19	10:30p	18.1
19/02/19	6:00a	13.6	19/02/19	11:00p	17.4
19/02/19	6:30a	13.6	19/02/19	11:30p	17.0
19/02/19	7:00a	13.3	20/02/19	12:00a	16.7
19/02/19	7:30a	13.6	20/02/19	12:30a	16.1
19/02/19	8:00a	15.3	20/02/19	1:00a	15.8
19/02/19	8:30a	16.2	20/02/19	1:30a	15.1
19/02/19	9:00a	17.0	20/02/19	2:00a	14.6
19/02/19	9:30a	18.3	20/02/19	2:30a	14.2
19/02/19	10:00a	19.3	20/02/19	3:00a	13.7
19/02/19	10:30a	20.6	20/02/19	3:30a	13.3
19/02/19	11:00a	21.6	20/02/19	4:00a	12.8
19/02/19	11:30a	22.8	20/02/19	4:30a	12.4
19/02/19	12:00p	23.8	20/02/19	5:00a	12.4
19/02/19	12:30p	25.0	20/02/19	5:30a	12.2
19/02/19	1:00p	25.7	20/02/19	6:00a	11.9
19/02/19	1:30p	26.5	20/02/19	6:30a	11.9
19/02/19	2:00p	26.6	20/02/19	7:00a	12.1
19/02/19	2:30p	26.4	20/02/19	7:30a	12.1
19/02/19	3:00p	26.2	20/02/19	8:00a	13.6
19/02/19	3:30p	26.2	20/02/19	8:30a	15.7
19/02/19	4:00p	25.7	20/02/19	9:00a	17.3
19/02/19	4:30p	26.1	20/02/19	9:30a	17.9

Figura 5. Cambios registrados durante un día en la temperatura ambiente. Nótese que la hora más fría fue a las 7 am, mientras que la más caliente fue a las 14:00. RUOA, UNAM (2019). Datos históricos del PEMBU [Captura de pantalla].

Las preguntas detonadoras surten el efecto esperado al despertar la curiosidad del bachiller en el tema expuesto. Es común que los cuestionamientos se diversifiquen abarcando aspectos sobre la lluvia, el viento, la presión atmosférica, la radiación solar y, toda vez que se van encontrando respuestas inmediatas a las interrogantes, esa curiosidad del alumno se transforma en un interés por las cuestiones meteorológicas.

Para el tratamiento de esta voluminosa información (1500 registros por mes aproximadamente, por estación meteorológica), el profesor identifica los archivos alojados en la base de datos del PEMBU, los resguarda en el ordenador, los estandariza en Excel, generando archivos en formato xlsx, y asigna responsabilidades a cumplir por cada estudiante: estación meteorológica a trabajar y periodo de tiempo, según sea el caso.

Los alumnos, toda vez que ya recibieron del profesor los archivos a trabajar hacen uso de sus ordenadores. En el tratamiento de cada archivo aplican técnicas de estadística descriptiva para calcular promedios, máximos y mínimos mensuales de temperatura ambiente, máximos y mínimos mensuales en la rapidez tanto del viento sostenido como de las rachas, velocidad máxima mensual del viento, dirección del viento dominante por mes, sumas mensuales de la precipitación, máximos y mínimos de humedad relativa por mes, máximo de la radiación solar por mes y por año, máximo del índice UV y dosis UV también por mes y por año, lo que les permitirá construir las matrices correspondientes.

Los resultados obtenidos permiten a las y los estudiantes relacionar, por ejemplo, los tipos de vestimenta a usar conforme al periodo del año más caluroso o más frío, según también la temporada seca o lluviosa del lugar en cuestión. En cuanto a los datos sobre la radiación solar captada, se utilizan como referente para enriquecer la discusión acerca de la conveniencia de instalar calentadores y paneles solares para disminuir los costos familiares de gas y energía eléctrica, así como para transitar hacia la generación de energías limpias empleando la insolación que caracteriza a estos lugares, entre tantas aplicaciones prácticas que es posible hacer al respecto.

## RESULTADOS

Con la información ya procesada es posible seleccionar aquellos datos máximos y mínimos relevantes y construir varias matrices que se identifican con el nombre de “Efermídes meteorológicas” a integrarse en una infografía (Figura 6), y el climograma (Figura 7) en este caso de la estación de Tacubaya.



9º Encuentro PEMBU, 2020

### “Efermídes meteorológicas de las estaciones del PEMBU, 2018”

#### Introducción

Esta es una recopilación de los datos meteorológicos más significativos registrados en el año 2018, en las 14 estaciones que opera el Programa de Estaciones Meteorológicas del Bachillerato Universitario (PEMBU), nueve de la Escuela Nacional Preparatoria y cinco de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades.

#### Objetivos

- Adentrar a nuevos usuarios en el uso de la información generada por las estaciones del PEMBU.
- Analizar los datos respectivos para resaltar aquellos más significativos que se obtuvieron durante un periodo de tiempo determinado, en cada una de las 14 estaciones.
- Presentar los resultados en un evento académico para la retroalimentación correspondiente.

#### Metodología

Una vez establecido el periodo de tiempo a analizar, se aplicaron técnicas de estadística descriptiva tanto para el tratamiento de la información como para la presentación del reporte final.

#### Resultados obtenidos\*

Plantele	Altitud de la estación (msnm)	Máximos										Mínimos		Frecuencia en la dirección de los vientos	
		Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Rapidez viento sostenido (m/s)	Rapidez rachas (m/s)	Presión barométrica (mb)	Precipitación (mm)	Radiación solar (W/m²)	Índice UV	Dosis UV (mJ/cm²)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Presión barométrica (mb)	Sistema	Rachas
ENP-1	2,258	31.7	94.0	8.9	21.0	787.3	14.0	1045	10.5	2.3	1.4	6.0	774.5	S	S
ENP-2	2,241	31.9	97.0	7.6	15.6	788.0	18.6	1042	8.6	1.8	1.9	9.0	775.0	NNE	E
ENP-3	2,250	32.0	97.0	8.0	17.9	788.1	14.6	1080	10.7	2.3	1.9	6.0	775.2	N	N
ENP-4	2,307	31.3	99.0	7.2	16.1	781.8	10.8	958	7.5	1.6	0.0	7.0	769.2	WNN	ESE
ENP-5	2,252	32.2	97.0	6.3	16.5	787.2	8.4	963	8.4	1.8	2.2	8.0	774.5	WNN	NW
ENP-6	2,279	31.9	96.0	14.8	15.6	783.8	23.6	1099	9.9	2.1	2.6	7.0	771.3	N	N
ENP-7	2,247	32.4	95.0	6.7	18.3	788.8	15.8	1038	10.2	2.2	2.0	7.0	775.1	N	W
ENP-8	2,249	30.4	97.0	7.2	26.4	781.2	19.6	1021	8.1	1.7	1.9	8.0	770.1	NE	NE
ENP-9	2,246	31.8	99.0	7.6	17.4	787.5	11.4	470	9.5	1.9	4.3	9.0	775.0	W	W
CCH-A	2,258	30.9	91.0	6.3	23.2	787.0	15.8	978	9.2	2.0	0.7	7.0	767.3	W	WSW
CCH-N	2,347	30.9	91.0	6.3	23.2	779.8	11.2	1092	12.9	2.8	0.7	7.0	767.3	W	W
CCH-O	2,243	31.9	96.0	16.7	15.6	788.7	22.0	1124	8.0	1.7	0.5	9.0	775.9	NW	NW
CCH-S	2,368	31.7	96.0	6.7	17.4	777.4	26.0	1051	10.6	2.3	0.2	7.0	765.0	SW	SW
CCH-V	2,242	32.5	98.0	6.3	16.1	788.4	22.6	1033	8.2	1.8	2.4	8.0	775.5	W	W

\*Nota.- En rojo aparecen los máximos y en azul los mínimos obtenidos.

Variables	Dato	Fecha y hora del evento	Plantele
Temperatura (°C)	32.5	31/05/2018 14:30 hrs.	CCH-V
Humedad relativa (%)	99.0	14/06/2018 09:30 hrs.	ENP-9
Rapidez viento sostenido (m/s)	16.7	20/05/2018 19:00 hrs.	CCH-O
Rapidez rachas (m/s)	26.4	23/04/2018 19:30 hrs.	ENP-8
Presión barométrica (mb)	788.8	29/01/2018 22:00 hrs.	ENP-7
Precipitación (mm)	26.0	12/07/2018 11:30 hrs.	CCH-S
Radiación solar (W/m²)	1124	03/06/2018 13:30 hrs.	CCH-O
Índice UV	12.9	19/06/2018 12:00 hrs.	CCH-N
Dosis UV (mJ/cm²)	2.8	19/06/2018 12:00 hrs.	CCH-N
Temperatura (°C)	0.0	07/02/2018 06:30 hrs.	ENP-4
Humedad relativa (%)	6.0	25/03/2018 15:00 hrs.	ENP-3
Presión barométrica (mb)	765.0	08/10/2018 16:30 hrs.	CCH-S

Mesografía: [http://www.ruoa.unam.mx/pembu/datos\\_historicos.html](http://www.ruoa.unam.mx/pembu/datos_historicos.html), sitio consultado entre enero y febrero de 2020.

Figura 6. Cartel Efermídes Meteorológicas de las estaciones del PEMBU (Colín-Salazar, et al., 2018).

Los documentos construidos pueden difundirse en eventos académicos (congresos, simposios, conferencias, etcétera) y en publicaciones. Esto motiva enormemente a los estudiantes, afianzando los efectos esperados de este proceso de enseñanza-aprendizaje, además de captar el interés en más de uno de ellos por optar, en su futuro profesional, por alguna de las licenciaturas en Ciencias de la Tierra.

En su desempeño docente, el autor de este artículo ha tenido la oportunidad de que cada año, el mejor trabajo ha sido expuesto por los alumnos autores, en un evento convocado por el Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático de la UNAM, el día 23 de marzo como parte de los festejos del Día Meteorológico Mundial. En este evento, los expositores han tenido la oportunidad de interactuar con los investigadores del referido instituto y con estudiantes y profesores de otros planteles de las dos modalidades de bachillerato de la UNAM (Figura 8).

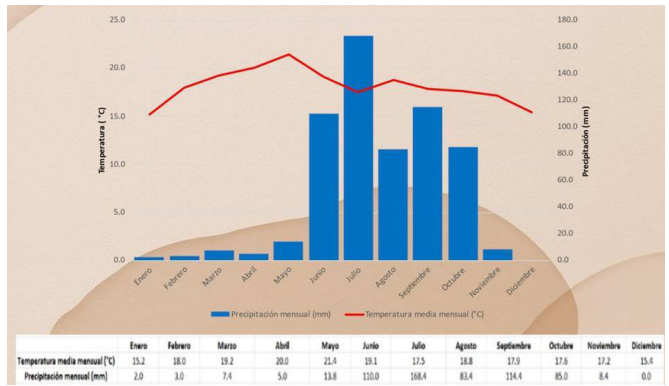


Figura 7. Climograma de Tacubaya, Ciudad de México, 2018.

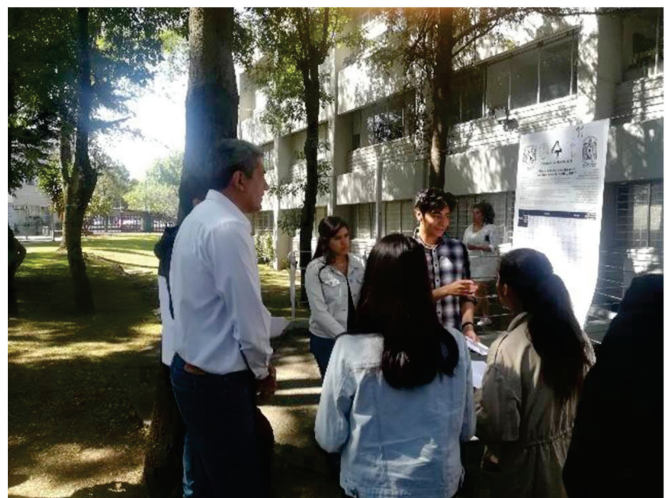


Figura 8. Participación un evento del PEMBU celebrado el 22 de marzo de 2019, donde se expuso el poster “Efermídes meteorológicas de las estaciones del PEMBU, 2017”.

Los productos documentales obtenidos usando esta metodología se publicaron en el Boletín de Meteorología de la Preparatoria 4 (Figura 9), que se encuentra disponible en su página web:

<http://enp4.unam.mx/web/docs/BoletinMeteorologia.pdf>



Figura 9. Boletín de Meteorología de la Preparatoria 4, No. 8, 2022, (García-Moctezuma, 2022).

## CONCLUSIONES

- En este trabajo se emplearon los datos de 14 estaciones meteorológicas de la red PEMBU, ubicadas en instalaciones que la UNAM tiene en la zona metropolitana de la Ciudad de México (<https://www.ruoa.unam.mx/pembu/>). Se les pidió a los alumnos que descargaran los datos de once variables, a efecto de que obtuvieran parámetros estadísticos como valores máximos y mínimos, promedios, sumas mensuales y anuales, gráficas, entre otros.
- Los resultados se han presentado de manera anual desde 2017, los días 23 de marzo, en las celebraciones del Día Meteorológico Mundial organizados por la UNAM y los resultados se publican en el Boletín de Meteorología de la Preparatoria No. 4.
- Los alumnos que han participado en esta investigación en todos estos años han cambiado radicalmente su percepción y, sobre todo, su actitud para con las Ciencias de la Tierra, una vez adquiridos los conocimientos correspondientes, haber realizado los ejercicios antes expuestos, haberlos presentado en un evento académico y ver su esfuerzo publicado en el boletín mencionado.
- De indiferentes, cuando no escépticos, su comportamiento se ha transformado de manera positiva mostrando su compromiso con las actividades de la asignatura y en más de uno de ellos considerar seriamente a las Ciencias de la Tierra como opción profesional en su futuro a mediano y largo plazos.

## REFERENCIAS

- Colín-Salazar, P., De León, A., y Trejo, D. (2020). Infografía Efemérides Meteorológicas de las Estaciones del PEMBU, 2018.
- García-Moctezuma, F. (2022). Día meteorológico Mundial, 2022, Boletín de Meteorología de la Preparatoria 4, No. 8. [http://www.ruoa.unam.mx/pembu/datos\\_historicos.html](http://www.ruoa.unam.mx/pembu/datos_historicos.html), sitio consultado el 04 de febrero de 2022.
- Manuscrito recibido: 16 de mayo de 2022  
Manuscrito corregido recibido: 2 de junio de 2022  
Manuscrito aceptado: 6 de junio 2022