

# RUOA y PEMBU, las redes de observación atmosférica del ICAyCC

Luis A. Ladino, María Eugenia González, Michel Grutter y Enrique Azpra

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático (ICAyCC)  
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

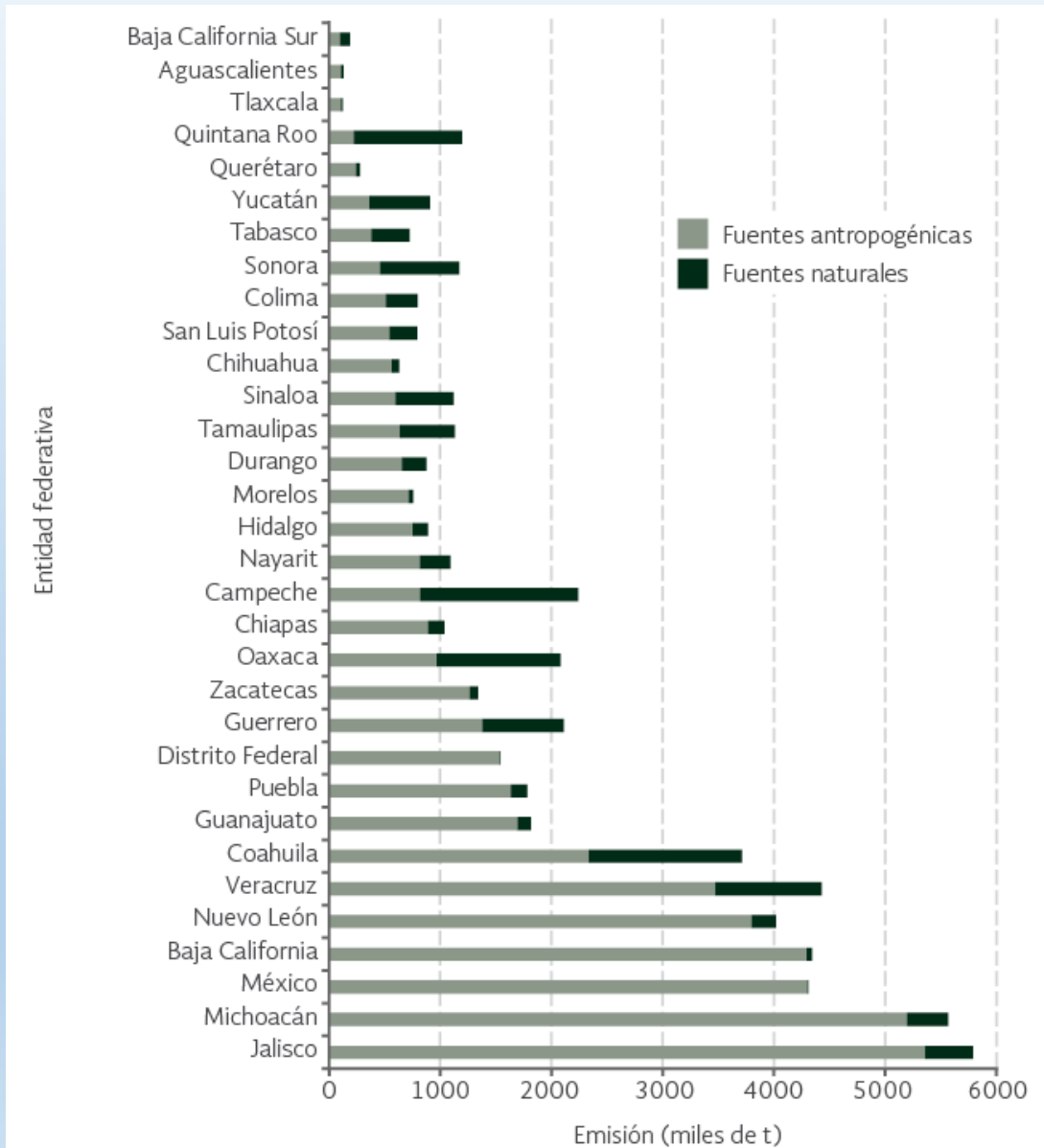


**Primer Encuentro Internacional de Observatorios: metodologías y trayectorias**  
**Noviembre 13 de 2023**

# Calidad del aire



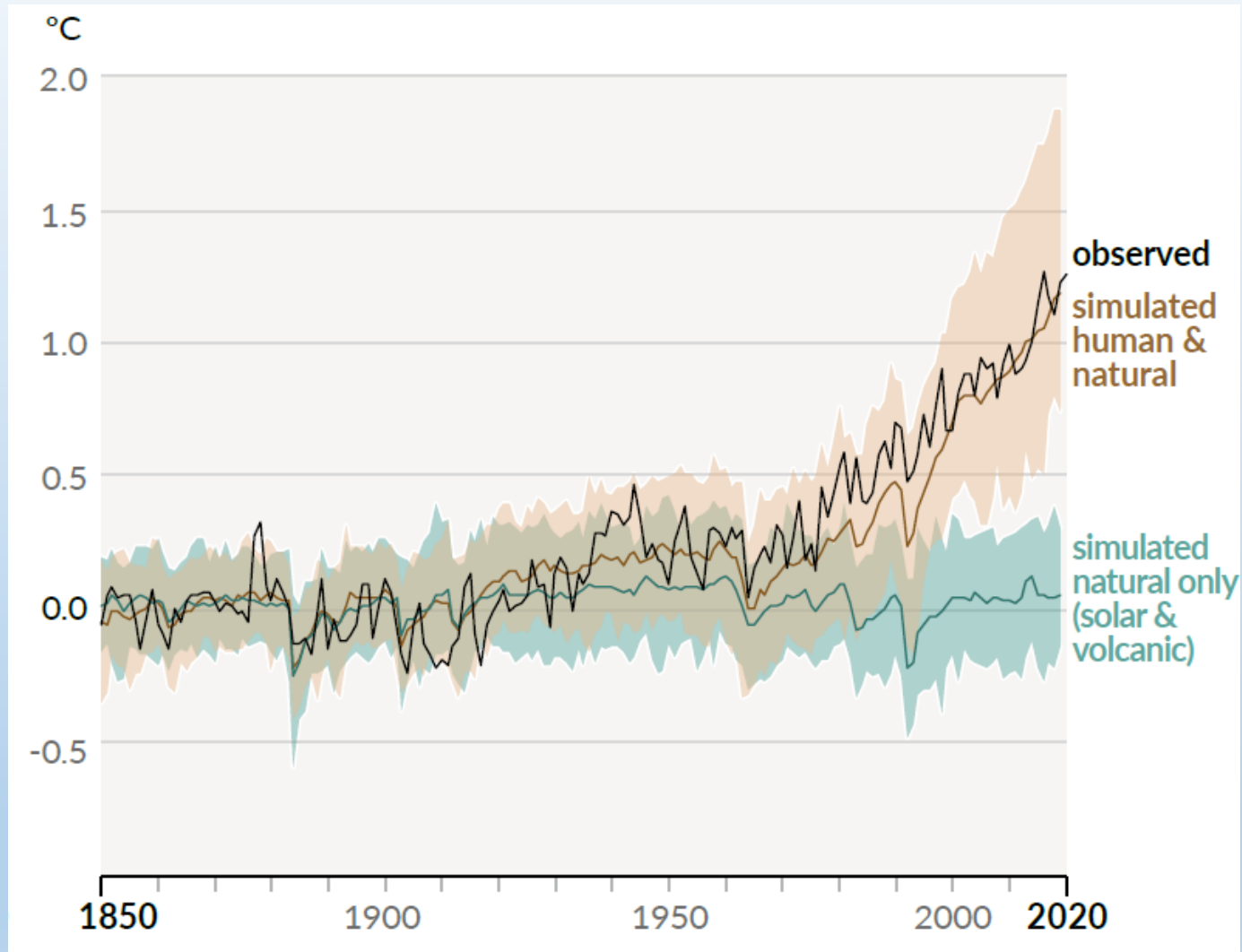
# Calidad del aire



**El problema de calidad del aire no es exclusivo de la Zona Metropolitana del Valle de México.**

**En el 2021, cerca de 60 mil personas murieron prematuramente por una mala calidad del aire en el país.**

# Cambio Climático



Es claro que la **temperatura a nivel superficial** está **incrementando** con el tiempo debido a las **actividades humanas**.

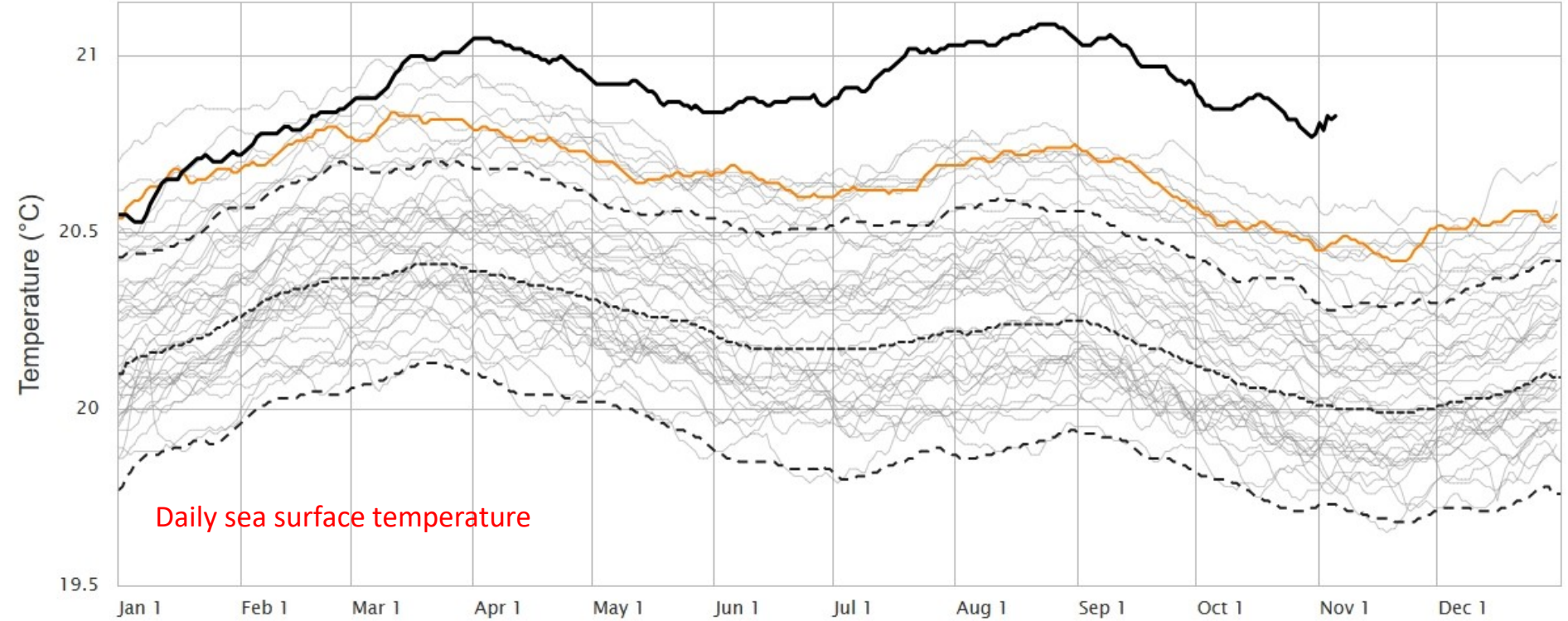
# Cambio Climático

World (60S-60N)

### SST World (60S-60N)

Export Chart

Data Source: NOAA OISST V2.1 | ClimateReanalyzer.org, Climate Change Institute, University of Maine



**La temperatura superficial del océano está en un nivel récord para el 2023**

**¿Qué hace la UNAM  
para mejorar el  
entendimiento de  
ambas problemáticas  
ambientales?**



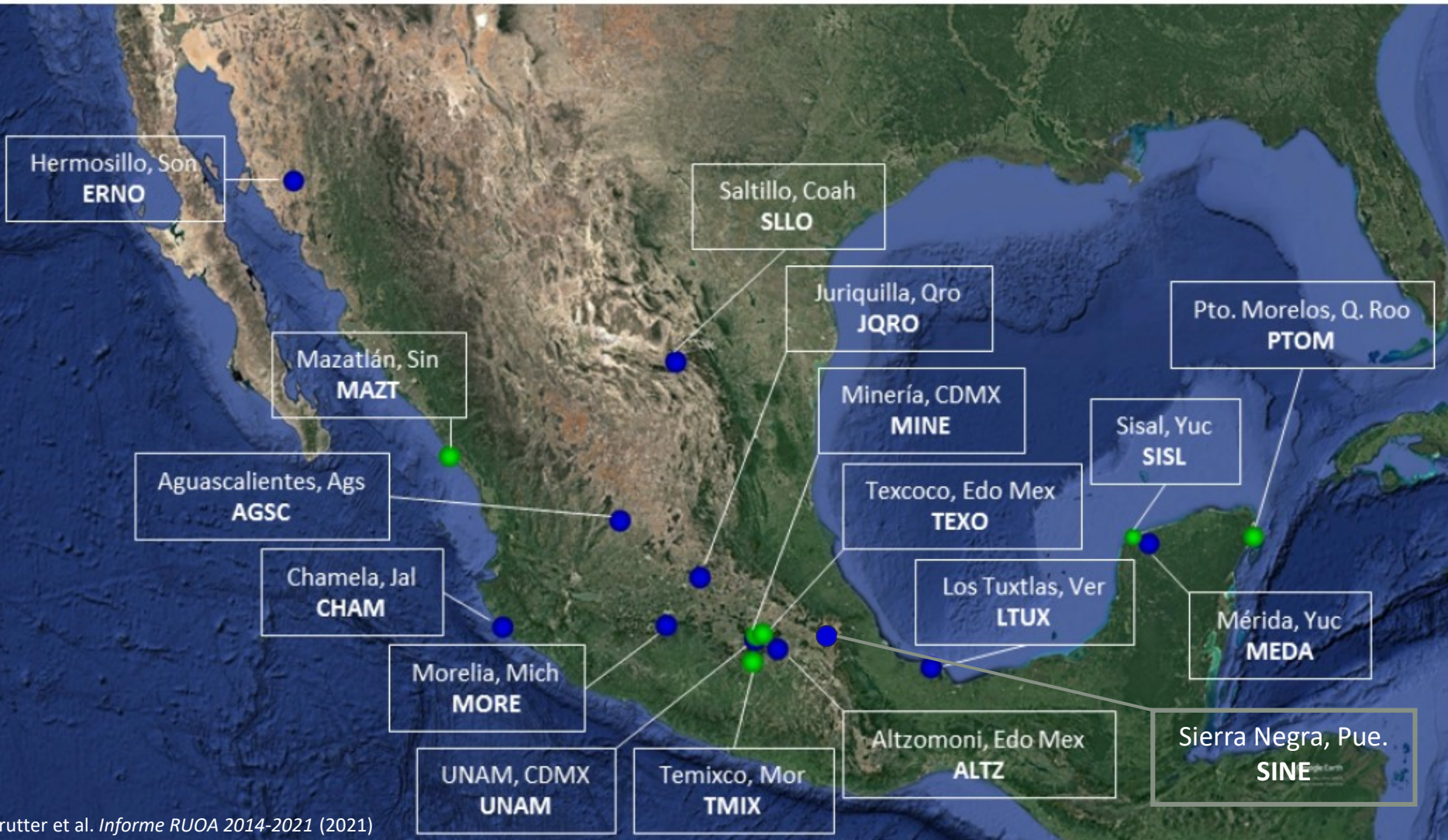
# La Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA)

La UNAM estableció la Red en el 2014:

- Fortalecer la capacidad de observación de parámetros atmosféricos de alta calidad y relevancia para fomentar la investigación en áreas afines.
- **Proveer datos para la docencia y apoyar la formación de especialistas en áreas afines.**
- Establecer vínculos con entidades de la UNAM y otras instituciones de investigación en el país.
- **Avanzar en el conocimiento fundamental y aplicado de las distintas disciplinas que involucran las ciencias de la atmósfera.**

# ¿Cómo está conformada la RUOA?<sup>8</sup>

La Red actualmente consta de 17 estaciones de monitoreo  
LA RUOA tiene presencia en 14 Estados de la República





# Alianzas de la RUOA

- Universidad de Sonora (Hermosillo)
- **Universidad Autónoma de Yucatán (Mérida)**
- Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (Saltillo)
- **Universidad Autónoma de Aguascalientes (Aguascalientes)**
- Comisión Nacional de Áreas Protegidas (Altzomoni)
- **Comisión Nacional del Agua (Texcoco)**
- Secretaría del Medio Ambiente CDMX (CU y Altzomoni)
- **Sedes foráneas UNAM:** ENES-Morelia, Campus-Juriquilla, Instituto de Biología (Los Tuxtlas y Chamela), Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (Mazatlán), Instituto de Energías Renovables (Temixco), Instituto de Ingeniería (Sisal y Minería) e Instituto de Geofísica (Sierra Negra)
- **Integrated Carbon Observation System (ICOS), Unión Europea**
- Network for the Detection of Atmospheric Composition Change (NDACC)
- **Arable Labs, Inc. y Smability, entre otros.**

# ¿Qué monitorea la RUOA?

La Red cuenta **10 Líneas temáticas** y en **8 estaciones** se monitorea la calidad del aire

Línea temática	UNAM	ALTZ	JQRO	ERNO	MORE	SLLO	AGSC	MEDA	LTUX	CHAM	MAZT	TMIX	PTOM	SISL	MINE	TEXO	SINE
Meteorología	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Calidad del aire	●	●	●	●	●	●	●	●									
Gases de Efecto Invernadero (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , CO)	●	●	●	●				●	●	●							
Características de la precipitación (disdrómetros)	●		●							●							
Depósito húmedo	●	●	●														
Composición química de aerosoles (ACSM)			●														
Carbono negro	●	●	●	◆				●									
Perfil de retrodispersión (ceilómetros)	●		●	●													
Perfil de vientos	●																
Agua precipitable																	

Se buscarán coincidencias de observatorios y estaciones con sitios de TlalocNet y CocoNet

# ¿Cómo se ven nuestras estaciones?



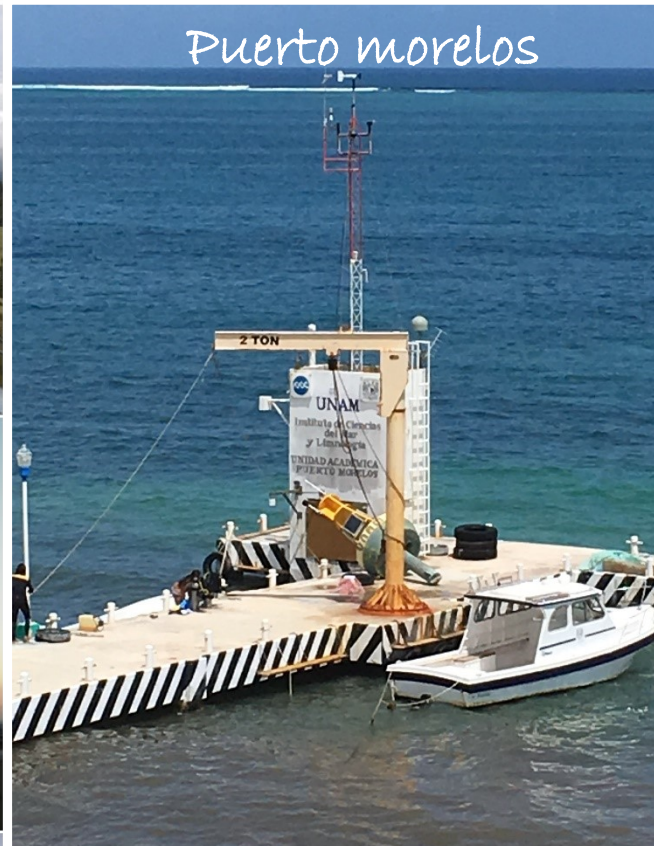
chamela



morelia



altzomoni



Puerto morelos



unam



juriquilla



hermosillo



aguascalientes



minería



chamela

# ¿Cómo se ven nuestras estaciones?



**La estación en Ciudad Universitaria (CU) es considerada un super-site y es una de las mejores equipadas de toda la Red**

# ¿Cómo se ven nuestras estaciones?

4,000 m asl



**Ciudad de México**

# Observatorio de Mérida



**Las estaciones usan sensores de referencia a los cuales se realiza calibraciones y mantenimientos periódicos para garantizar la calidad de los datos generados.**



# ¿Dónde y cómo se descargan los datos de la RUOA?

<https://ruoa.unam.mx/> (Datos de libre acceso)



RED UNIVERSITARIA DE OBSERVATORIOS ATMOSFERICOS

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Inicio Acerca de Líneas temáticas **Estaciones** Publicaciones y noticias Proyectos participantes Contacto

9 / 43

Usted está aquí: Inicio

Observatorios Atmosféricos

- ▶ Ciudad Universitaria, Ciudad de México (UNAM)
- ▶ Altzomoni, Parque Nacional Izta-Popo (ALTZ)
- ▶ Campus UNAM en Juriquilla, Querétaro (JQRO)

¡Bienvenidos!

Les damos una cordial bienvenida a la página de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA). Aquí encontrarán información relevante sobre este proyecto que busca ampliar la disponibilidad de datos atmosféricos y ambientales en estaciones albergadas en diferentes localidades con perfil académico del país.

A través de una amplia cooperación entre las

Redes Atmosféricas y Ambientales



# ¿Qué uso se le han dado a los datos de la Red?

Se han desarrollado 44 tesis con los datos de la Red:  
25 Licenciatura, 14 Maestría y 5 Doctorado

**Los datos generados por la RUOA han sido incluidos en 69 artículos científicos**



*Salud; Calidad del Aire; Meteorología; Biología; Oceanografía; Medio Ambiente  
Sensores Remotos; Dinámica atmosférica; Química Atmosférica Toxicología  
Desarrollos tecnológicos; Hidrología; Geoquímica; Clima; Radiación; Neurología,  
etc.*



# Programa de Estaciones Meteorológicas del Bachillerato Universitario (PEMBU)



**Está a cargo del ICAYCC desde el 2003**

**Cuenta con 15 estaciones de monitoreo**

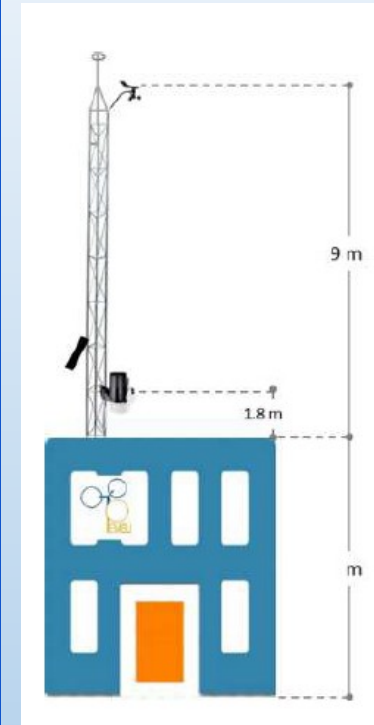
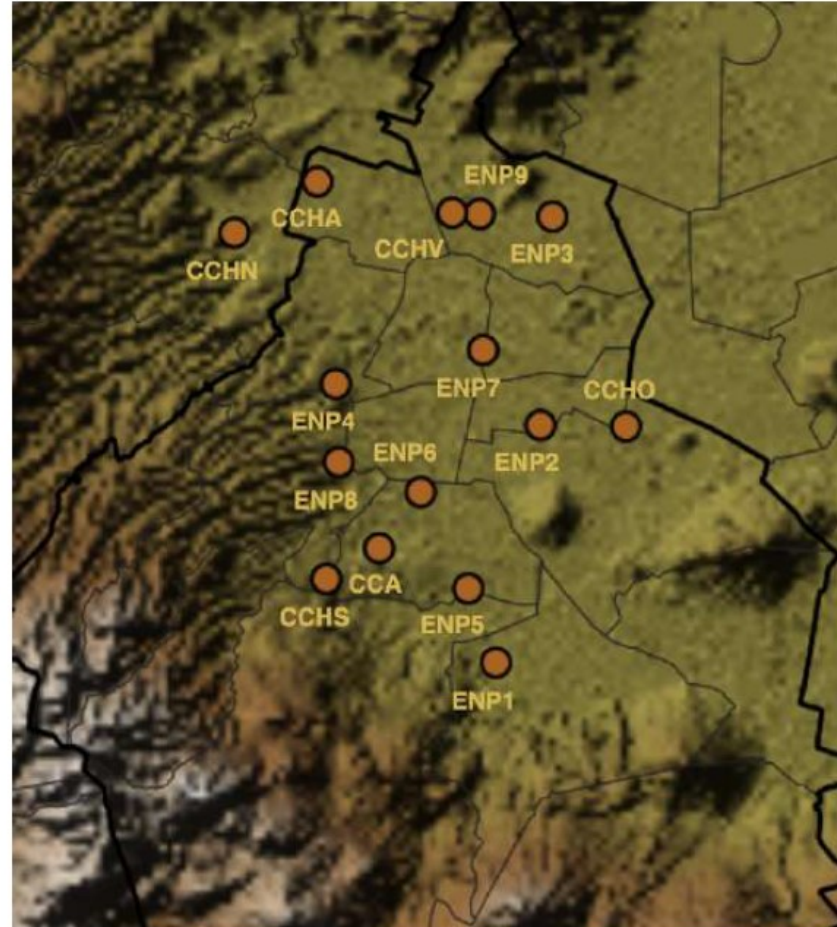
- **9 planteles de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP-UNAM)**
- **5 planteles del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH-UNAM)**
  - **ICAYCC**

**3 Líneas temáticas (Meteorología, Calidad del aire y Precipitación)**

**Vincula las funciones sustantivas de docencia e investigación de la**  
**UNAM**

# PEMBU

<b>CCA</b>	ICAyCC (CU-UNAM)
<b>CCHA</b>	Azcapotzalco
<b>CCHN</b>	Naucalpan
<b>CCHO</b>	Occidente
<b>CCHS</b>	Sur
<b>CCHV</b>	Vallejo
<b>ENP1</b>	Gabino Barreda
<b>ENP2</b>	Erasmus Castellanos Quinto
<b>ENP3</b>	Justo Sierra
<b>ENP4</b>	Vidal Castañeda y Nájera
<b>ENP5</b>	José Vasconcelos
<b>ENP6</b>	Antonio Caso
<b>ENP7</b>	Ezequiel A. Chávez
<b>ENP8</b>	Miguel E. Schulz
<b>ENP9</b>	Pedro de Alba



**Temperatura, Humedad relativa, Viento (intensidad y dirección),  
Presión atmosférica, Precipitación, Radiación Solar, Índice UV y PM<sub>2.5</sub>**

# PEMBU

Aparte de los sensores comerciales, el PEMBU esta trabajando desarrollos propios para medir material particulado usando microsensores.



# PEMBU

**XOPAN** Registro MeXicano COmunitario de la PrecipitACión

XOPAN, del náhuatl "época de lluvias" o "tiempo verde"

Programa de Estaciones Meteorológicas del Bachillerato Universitario PEMBU

Instrucciones




Estaciones PEMBU

- ENP
- CCH
- ICAYCC

XOPAN es un proyecto comunitario de meteorología que busca construir un registro más completo de la lluvia con la participación de los alumnos de las ENP y los CCH



Recientemente se inició la **implementación** del proyecto **XOPAN** (Registro Mexicano Comunitario de la Precipitación) en **tres planteles** del CCH.

CCH ORIENTE

XOPAN

WWW.RUOA.UNAM.MX/PEMBU

# Conclusiones

- La RUOA y el PEMBU a cargo del ICAyCC han cumplido satisfactoriamente su propósito.
- **La RUOA ha apoyado en la formación de especialistas en ciencias atmosféricas y ha generado nuevo conocimiento.**
- Se ha descentralizado el desarrollo de estudios en ciencias atmosféricas, logrando resolver problemas de índole local y regional.
- **La Red ha fomentado el trabajo interdisciplinar, así como la colaboración entre diferentes grupos de investigación, universidades y entidades gubernamentales.**
- El PEMBU ha llegado a un gran número de estudiante de preparatoria motivándolos a interesarse por los problemas ambientales relacionados con la meteorología.

# Agradecimientos

**Enrique Azpra, Delibes Flores, Manuel García, María Eugenia González, Jazmín Lara, Ricardo Lau, Omar López, Miguel Robles y Basilio Sánchez**

**Encargad@s de sede, Comité científico asesor, Responsables de la Líneas temáticas, Colaboradores, Entidades participantes**

**Dr. Jorge Zavala, a la Coordinación de la Investigación Científica y a la UNAM**

# ¡Gracias por su Atención!

Email: [luis.ladino@atmosfera.unam.mx](mailto:luis.ladino@atmosfera.unam.mx)

Tel: +52 (55) 5622 4800 ext. 81981

<https://luis-ladino.com/> y <https://www.ruoa.unam.mx/>

Twitter: @LuisLadinoM y @ruoa\_pembu

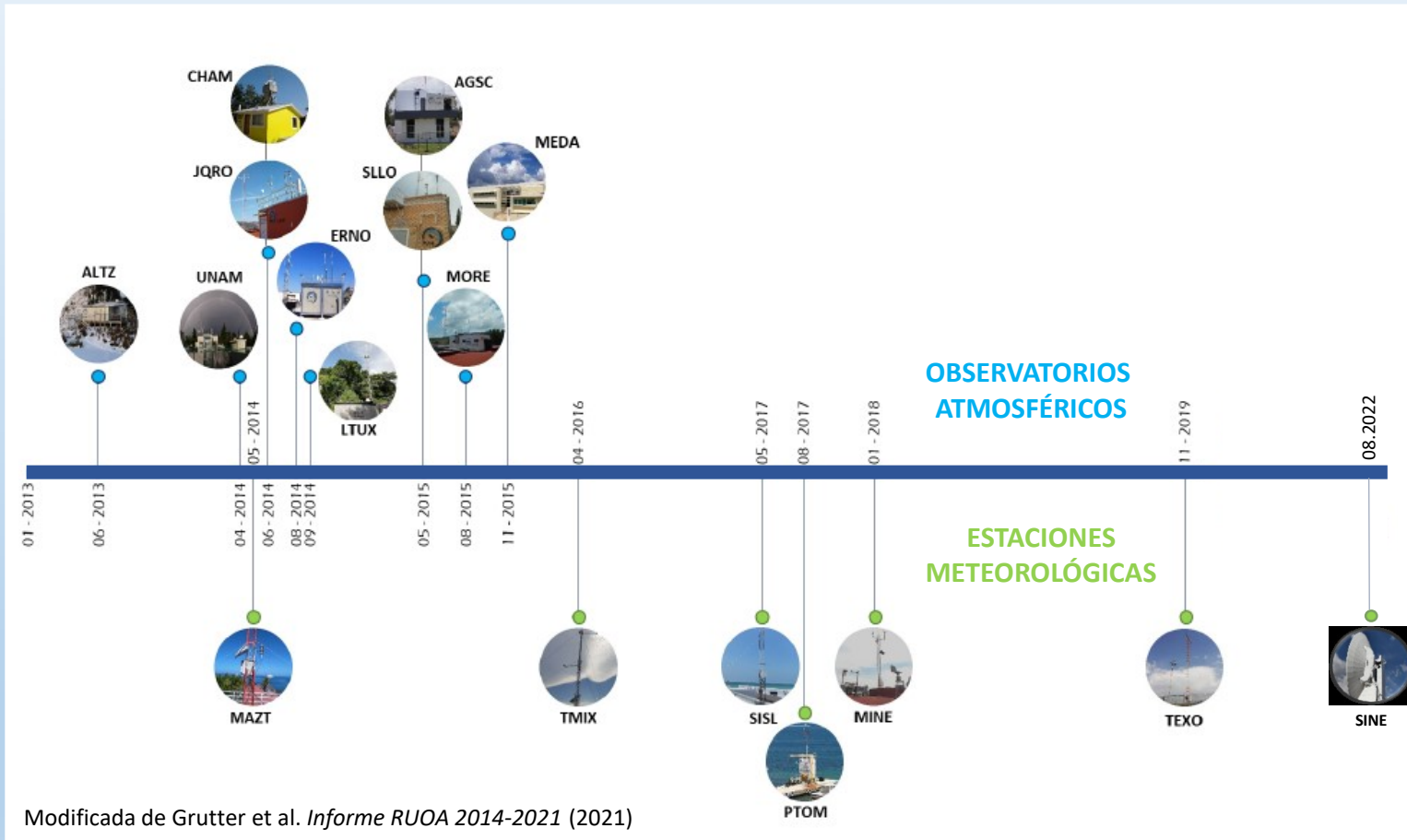




# ¿Cómo está conformada la RUOA?

La Red actualmente consta de 17 estaciones de monitoreo:

- Altzomoni
- CU (UNAM)
- Chamela
- Mazatlán
- Juriquilla
- Hermosillo
- Los Tuxtlas
- Saltillo
- Aguascalientes
- Morelia
- Mérida
- Temixco
- Sisal
- Puerto Morelos
- Minería
- Texcoco
- Sierra Negra



# ¿Dónde y cómo se descargan los datos de la RUOA?

<https://ruoa.unam.mx/> (Datos de libre acceso)

RED UNIVERSITARIA DE  
OBSERVATORIOS ATMOSFERICOS

Inicio
Acerca de
Líneas temáticas
Estaciones
Publicaciones y noticias
Proyectos participantes
Contacto

## Observatorio Atmosférico UNAM



Meteorología	▼
Perfiles de viento	◀
Gases de efecto invernadero	▼
Carbono negro	▼
Características de la precipitación	▼
Campo eléctrico	▼
Depositación húmeda	▼
Agua total precipitable	▼
Perfil de retrodispersion	▼

Ficha técnica	Galería de fotos	Archivo fotografico
Coordenadas:	19.3262°N	99.1761°W
Altitud	2,280 m.s.n.m.	
Ubicación		
<p><b>Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM</b>            Circuito Exterior S/N, Ciudad Universitaria. Universidad Nacional Autónoma de México. CP 04510 Coyoacán, Ciudad de México, México</p>		

# ¿Dónde y cómo se descargan los datos de la RUOA?

<https://ruoa.unam.mx/> (Datos de libre acceso)

**RED UNIVERSITARIA DE OBSERVATORIOS ATMOSFERICOS**

**INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA Y CAMBIO CLIMÁTICO**

Inicio | Acerca de | Líneas temáticas | Estaciones | Publicaciones y noticias | Proyectos participantes | Contacto

## Observatorio Atmosférico UNAM

**Meteorología**

Fecha: 17/11/2022 - 17/11/2022

Registros cada minuto, últimas 24 hrs.  
Gráfica últimos 7 días  
Descarga datos (cada minuto) (cada hora)  
Ver condiciones internas en estación

Perfiles de viento  
Gases de efecto invernadero  
Carbono negro  
Características de la estación  
Campo eléctrico  
Depositación húmeda

**Ficha técnica** | **Galería de fotos** | **Archivo fotografico**

Coordenadas: 19.3262°N 99.1761°W

Altitud: 2,280 m.s.n.m.

Ubicación

**Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM**  
Circuito Exterior S/N, Ciudad Universitaria, Universidad Nacional Autónoma de México. CP 04510 Coyoacán, Ciudad de México, México

Periodo: 2022-10-03 12:00:00 a 2022-10-28 12:00:00

12.5 mm 28 °C  
10 mm 24 °C  
7.5 mm 20 °C  
5 mm 16 °C  
2.5 mm 12 °C  
0 mm 8 °C

120 %  
100 %  
80 %  
60 %  
40 %  
20 %

Temperatura  
Humedad

Fecha

→ Temperatura → Humedad → Precipitación Total → Rapidez de viento → Dirección de viento → Presión → Radiación → Visibilidad

# ¿Dónde y cómo se descargan los datos de la RUOA?

<https://ruoa.unam.mx/> (Datos de libre acceso)



The screenshot shows the website interface for the Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA) at UNAM. The main heading reads "Datos de cada hora para el observatorio atmosférico UNAM". Below this, a table lists 14 CSV files for download, each with a corresponding download icon.

#	Nombre del Archivo	Descargar
1	2014-04-unam_hora_L1.csv	
2	2014-05-unam_hora_L1.csv	
3	2014-06-unam_hora_L1.csv	
4	2014-07-unam_hora_L1.csv	
5	2014-08-unam_hora_L1.csv	
6	2014-09-unam_hora_L1.csv	
7	2014-10-unam_hora_L1.csv	
8	2014-11-unam_hora_L1.csv	
9	2014-12-unam_hora_L1.csv	
10	2015-01-unam_hora_L1.csv	
11	2015-02-unam_hora_L1.csv	
12	2015-03-unam_hora_L1.csv	
13	2015-04-unam_hora_L1.csv	
14	2015-05-unam_hora_L1.csv	

The website also features a sidebar with navigation links like "Inicio" and "Contacto", and a footer with contact information for the Instituto de Ciencias de la ATMÓSFERA Y CAMBIO CLIMÁTICO.

# ¿Dónde y cómo se descargan los datos de la RUOA?

## Módulo de descargas

Inicio Solicitud de datos Contacto

**Inicio de sesión**

¿Necesita una cuenta? [Crea una cuenta](#)

Correo electrónico: \*

juan.carrasco@atmosfera.unam.mx

Contraseña: \*

\*\*\*\*\*

**INICIAR SESIÓN**

Iniciar sesión  
o  
registrarse

Perfiles Contacto

Bienvenido Juan

Solicitud de datos de las estaciones meteorológicas de la red RUOA/PEMBU

1. Selecciona una estación: \*

Observatorio Atmosférico UNAM

2. Selecciona el período inicial: \* 3. Selecciona el período final: \*

01/11/2022 05/11/2022

4. Selecciona las variables de interes: \*

Temperatura

Humedad relativa

Rapidez de viento sostenido

Direccion de viento sostenido

Rapidez de rachas

Presion barometrica

Precipitacion

Radiacion solar

Seleccionar todo

**DESCARGAR**

[cerrar sesión](#)

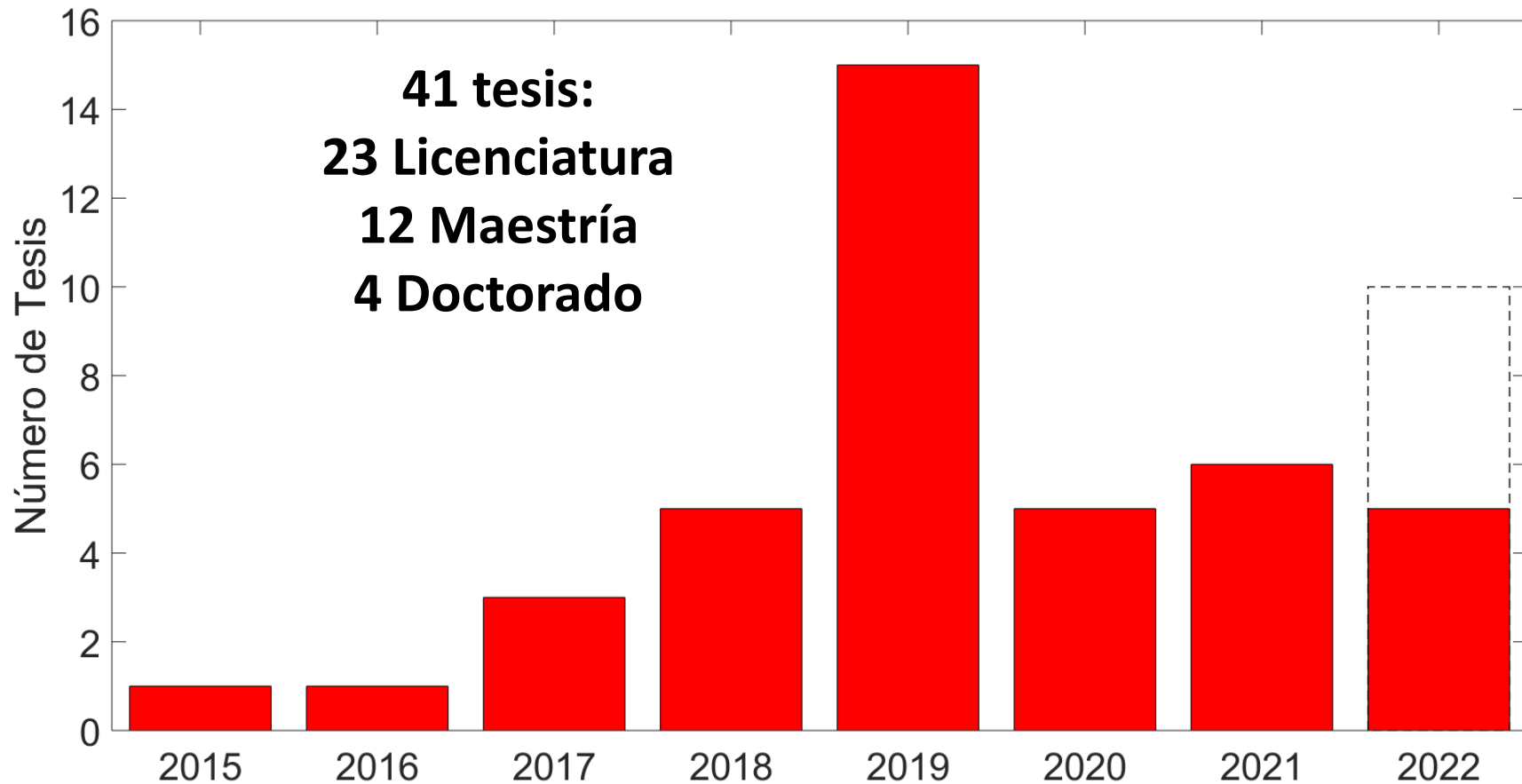
2 Seleccionar estación

3 Seleccionar período

4 Seleccionar variables

5 Descargar las variables seleccionadas

# ¿Qué uso se le han dado a los datos de la Red?

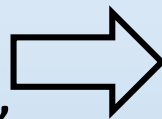


**Los datos generados por la RUOA han sido de gran utilidad para el desarrollo de múltiples tesis de todos los niveles académicos.**

# ¿Qué uso se le han dado a los datos de la Red?

- Licenciatura:

- Ciencias de la Tierra,
- Ciencias Atmosféricas,
- Física,
- Química,
- Biología,
- Química Farmacéutica Biológica,
- Ing. Ambiental,
- Ing. Geofísica,
- Ing. Química,
- Ing. Energías Renovables



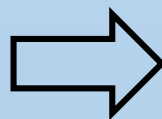
- Doctorado:

- Ciencias de la Tierra (UNAM)
- Ingeniería Civil (UNAM)

UNAM, IPN, U. Veracruzana, U. Tecnológica de San Juan del Rio, Yachay Tech (Ecuador)

- Maestría:

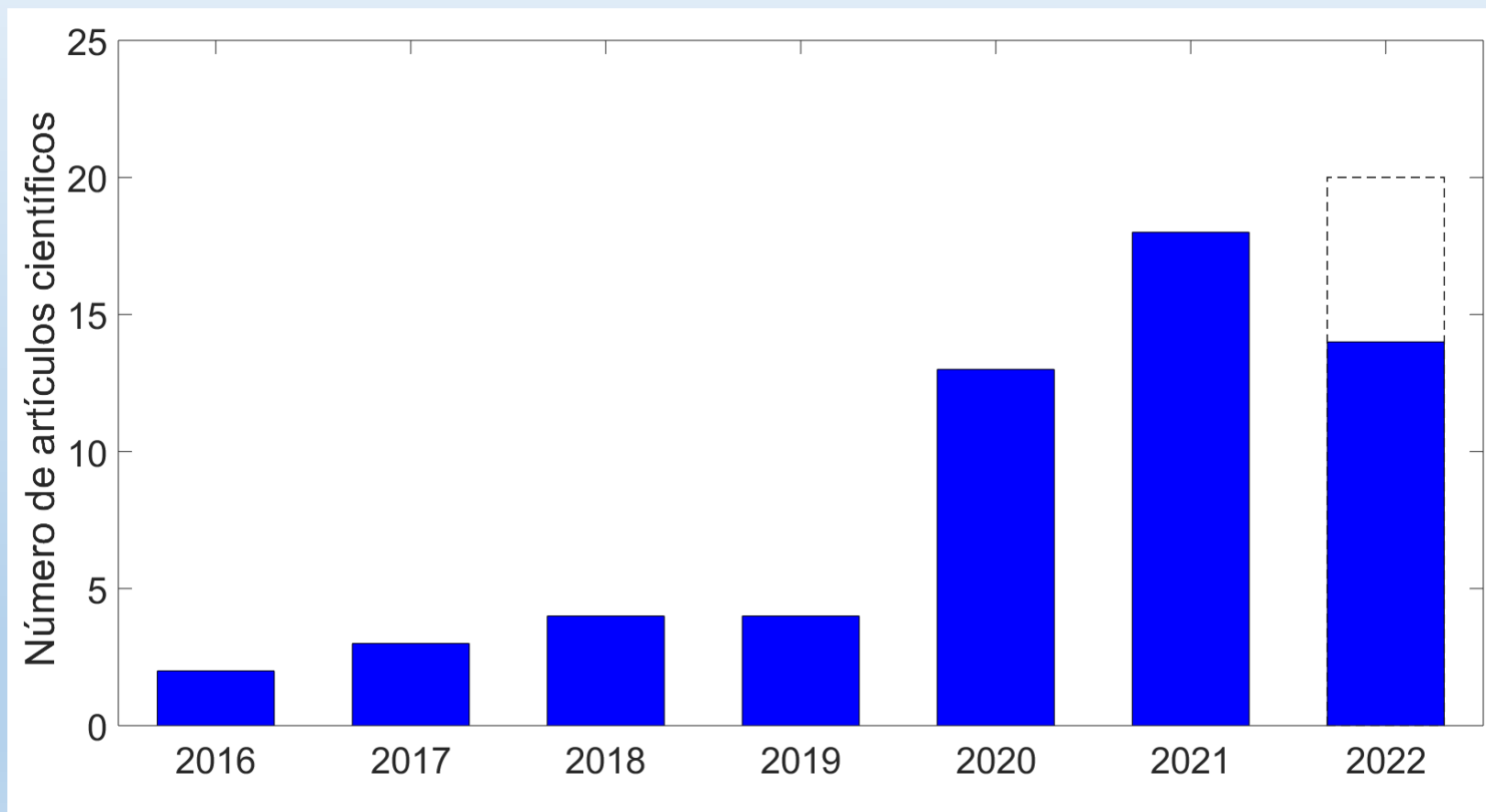
- Ciencias de la Tierra,
- Ciencias Químicas,
- Ciencias Biológicas,
- Ciencias Aplicadas,
- Tecnologías de Cómputo,
- Ciencias en Ingeniería Ambiental,
- Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación



UNAM, IPN, UAEM, U. Politécnica de Sinaloa y U. Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

# ¿Qué uso se le han dado a los datos de la Red?

**A la fecha, los datos generados por la RUOA han sido incluidos en 58 artículos científicos**



**La cantidad de artículos publicados usando los datos de la RUOA han incrementando significativamente en los últimos 3 años**





# ¿Qué uso se le han dado a los datos de la Red?

Measurement report: Evolution and distribution of NH<sub>3</sub> over Mexico City from ground-based and satellite infrared spectroscopic measurements

Metals, Nanoparticles, Particulate Matter, and Cognitive Decline

Characterization of aerosol particles during a high pollution episode over Mexico City

**ADABBOY**

African Dust And Biomass Burning Over Yucatan

Current situation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in PM<sub>2.5</sub> in a receptor site in Mexico City and estimation of carcinogenic PAH by combining non-real-time and real-time measurement techniques

Measurement report: Ice nucleating abilities of biomass burning, African dust, and sea spray aerosol particles over the Yucatán Peninsula

Characterization of culturable airborne microorganisms in the Yucatan Peninsula

Atmospheric black carbon concentrations in Mexico

**Ground-based remote sensing of O<sub>3</sub> by high- and medium-resolution FTIR spectrometers over the Mexico City basin**

**Evaluation of possible impact on human health of atmospheric mercury emanations from the Popocatépetl volcano**

The effect of altitude on the prediction of momentum for rainfall erosivity studies in Mexico

**Hemispheric Cortical, Cerebellar and Caudate Atrophy Associated to Cognitive Impairment in Metropolitan Mexico City Young Adults Exposed to Fine Particulate Matter Air Pollution**

Planktonic foraminiferal assemblages and particle fluxes at the entrance of the Gulf of California highlight the effects of the strong El Niño 2015–2016

**Hazard assessment and hydrodynamic, morphodynamic, and hydrological response to Hurricanes Gamma and Delta, on the northern Yucatan peninsula**

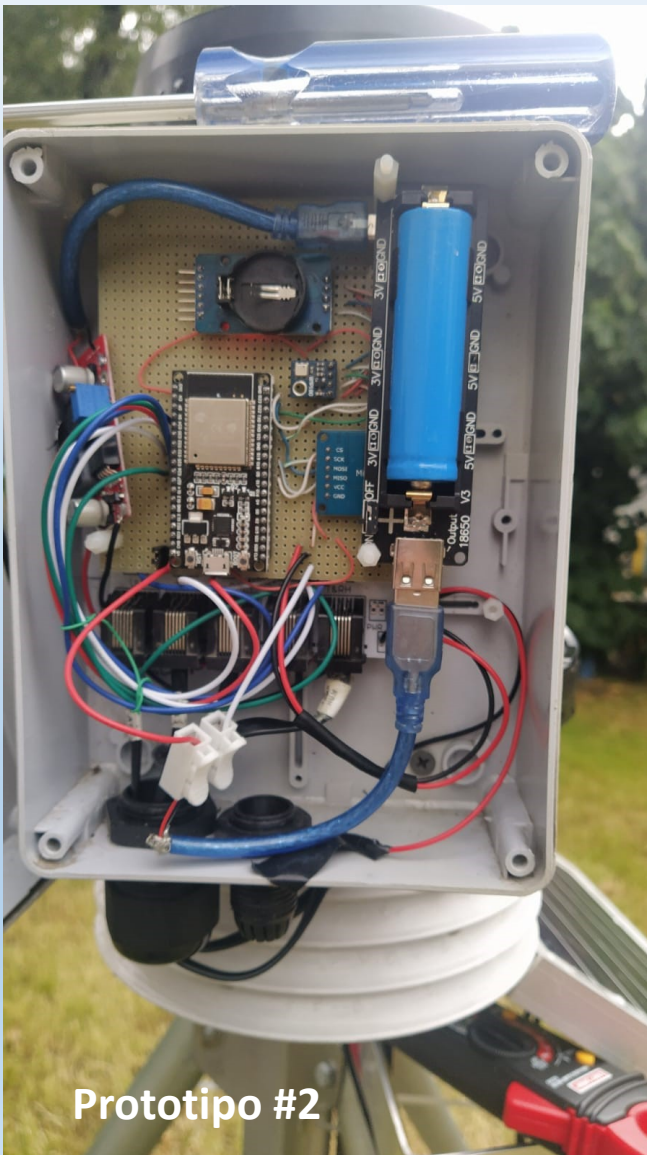


# Estación Meteorológica: Características principales

- **Alta capacidad de almacenamiento (16GB microSD)**
- **Respaldo de datos automático\***
- **Comunicación Wi-Fi (transferencia de datos y servidor embebido)**
- **Software de respaldo y despliegue de datos (en servidor)\***
- **Flexibilidad (señales analógicas y digitales)**
- **Sensores: Temperatura, Humedad Relativa, Presión, Viento, Radiación Solar, UV, Precipitación**
- **Bajo consumo de energía con alimentación autónoma (solar)\***



# PEMBU: Estación Meteorológica



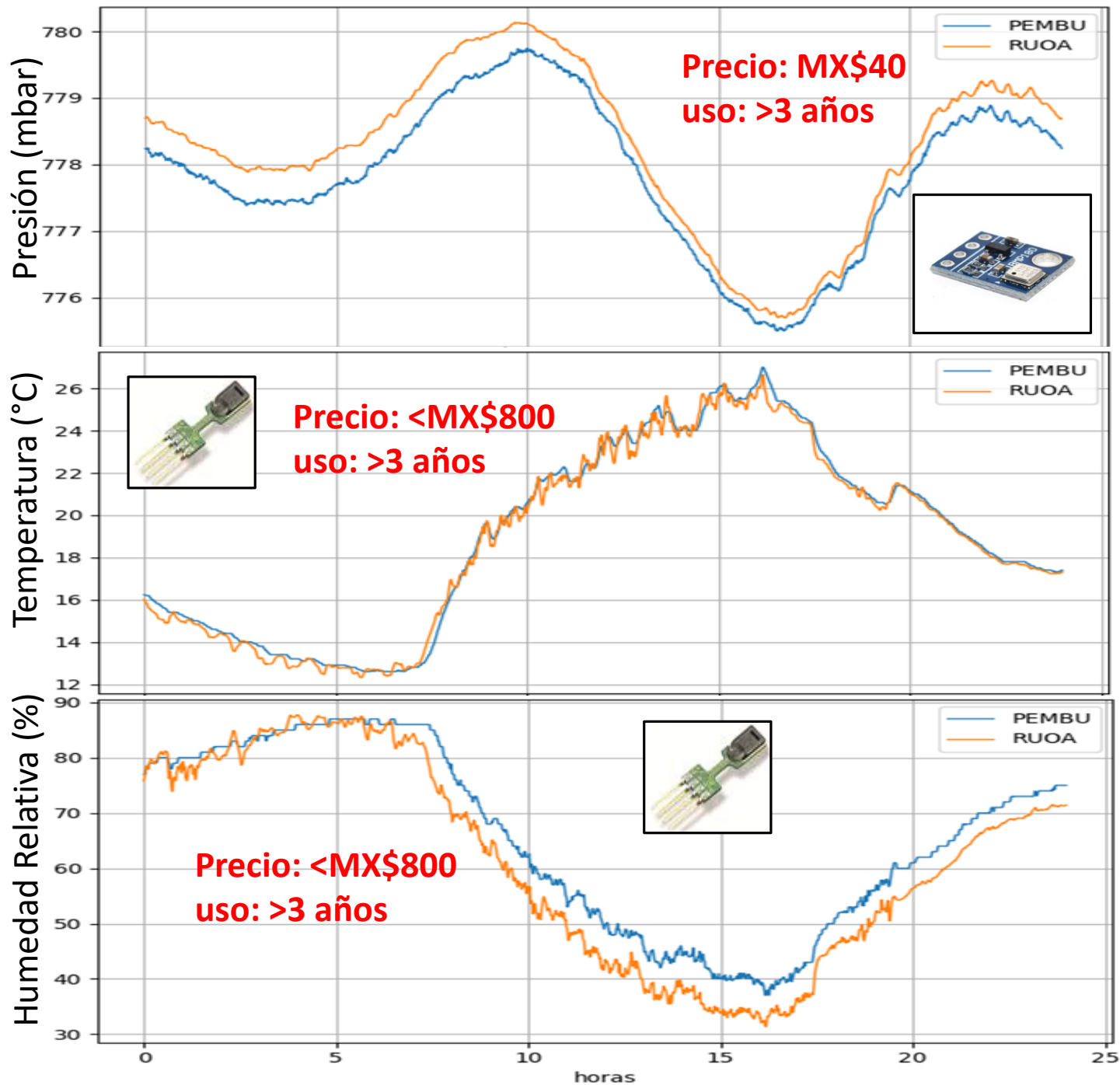
Prototipo #2



Mtro. Miguel Robles

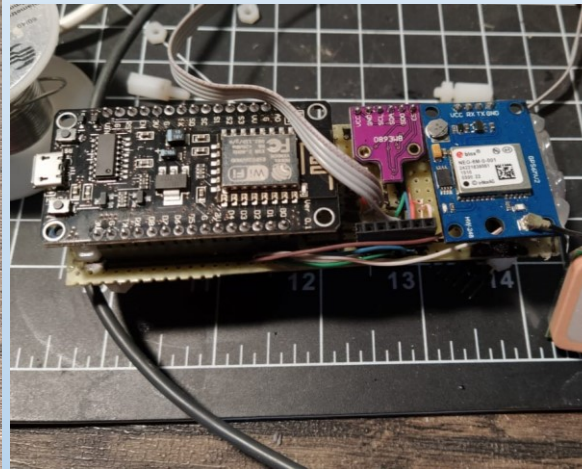


Prototipo #1





# PEMBU: Sensores de $PM_{1.0}$ , $PM_{2.5}$ y $PM_{10}$

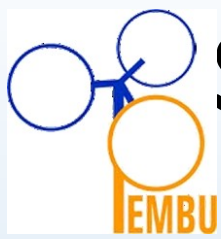


**Mtro. Miguel Robles**

TABLA DE DATOS ×  
 fecha: 2022-03-22

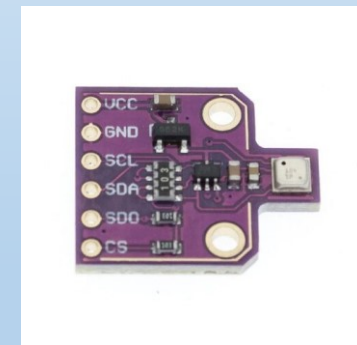
PM1.0	PM2.5	PM10	Temp°c	Hum	presio	Gas	Date/Hour
40.00	66.00	90.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2022-03-22 08:16:00
34.00	58.00	72.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2022-03-22 08:17:00
30.92	50.42	63.92	0.00	0.00	0.00	0.00	2022-03-22 08:18:00
30.67	50.75	65.08	0.00	0.00	0.00	0.00	2022-03-22 08:19:00
29.92	50.17	64.75	0.00	0.00	0.00	0.00	2022-03-22 08:20:00
30.42	49.42	62.75	0.00	0.00	0.00	0.00	2022-03-22 08:21:00
30.25	49.67	65.25	0.00	0.00	0.00	0.00	2022-03-22 08:22:00
29.75	48.50	61.58	0.00	0.00	0.00	0.00	2022-03-22 08:23:00
30.67	50.17	65.33	0.00	0.00	0.00	0.00	2022-03-22 08:24:00
30.83	49.92	64.42	0.00	0.00	0.00	0.00	2022-03-22 08:25:00
31.08	51.75	65.83	0.00	0.00	0.00	0.00	2022-03-22 08:26:00

Se esta replicando el PEMBU en Yucatán (Dr. Bernardo Figueroa, Instituto de Ingeniería-UNAM)



# Sensores de $PM_{1.0}$ , $PM_{2.5}$ y $PM_{10}$ <sup>29</sup> Características principales

- **Alta capacidad de almacenamiento (16GB microSD)**
- **Respaldo de datos automático\***
- **Comunicación Wi-Fi (transferencia de datos y servidor embebido)**
- **Software de respaldo y despliegue de datos (en servidor)\***
- **Variables:  $PM_{1.0}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , VOC\*, Temperatura\*, HR\*, Presión, Latitud, Longitud.**
- **Sensores: PMSA 3001, BME680 y GPS**



\*en desarrollo