



LABORATORIO DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y CAMBIO CLIMÁTICO.

- **DR. BARRERA LÓPEZ VALTER ARMANDO**
- **IBQ. FUENTES MARTÍNEZ AXEL TECPATL**
- **GARCÍA GUERRERO CLAUDIA LIZBETH**

INCIDENCIA INSTITUCIONAL

- SEMARNAT, INECC, SEGAM-SLP, SSALUD-SLP, SCT-SLP, SAGARPA, etc.

SERVICIOS A LA UNIVERSIDAD.

Apoyo a facultades de la UASLP (LICENCIATURA: Ingeniería (Ambiental, Química), Ciencias Químicas, Ciencias Sociales y Humanidades (Geografía), Medicina Ciencias Ambientales y Salud), del Hábitat; POSGRADO: PMPCA, etc).

-Asociación a redes nacionales (Red Nacional de Carbono Negro, Red Mexicana de Aerobiología, Red Temática de Contaminación Atmosférica y Mitigación del Cambio Climático - CONACYT, etc.).

VISION INTEGRAL

- Calidad del Aire.
- Cambio Climático.
- Ciudades Sustentables. (Control de Emisiones / Mejora de movilidad).
- Efectos Salud Pública.
- Educación.

16 ODS
IPCC - ONU

3 SALUD Y BIENESTAR



7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE



9 INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA



11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES



12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES



13 ACCIÓN POR EL CLIMA



15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES



EQUIPOS AUTOMÁTICOS

- ✓ Estación Meteorológica (9 parámetros)
- ✓ Carbono Negro (BC)

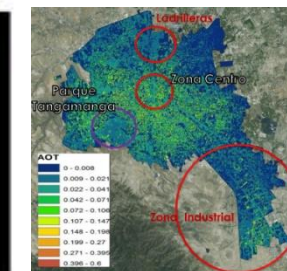
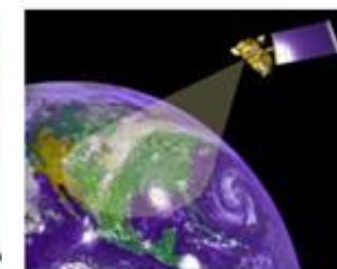
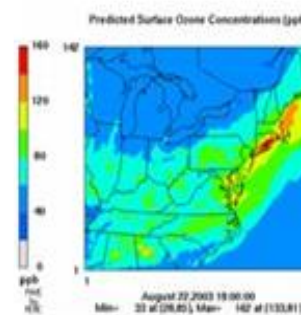
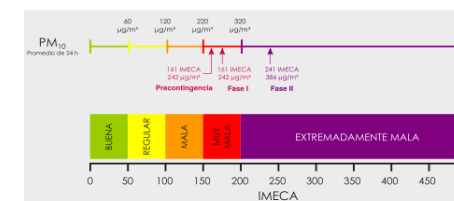
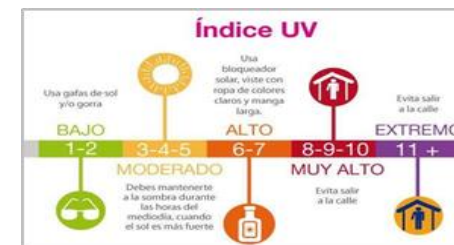
EQUIPOS MANUALES

- ✓ PM2.5. Equipos Mini Vol. (caracterización)
- ✓ PM10. Equipo Hi-Vol. (caracterización)
- ✓ Lluvia Ácida (12 especies químicas)
- ✓ Polen. Equipo caza-esporas Hirst. (Bioaerosoles)

SITUACIÓN:

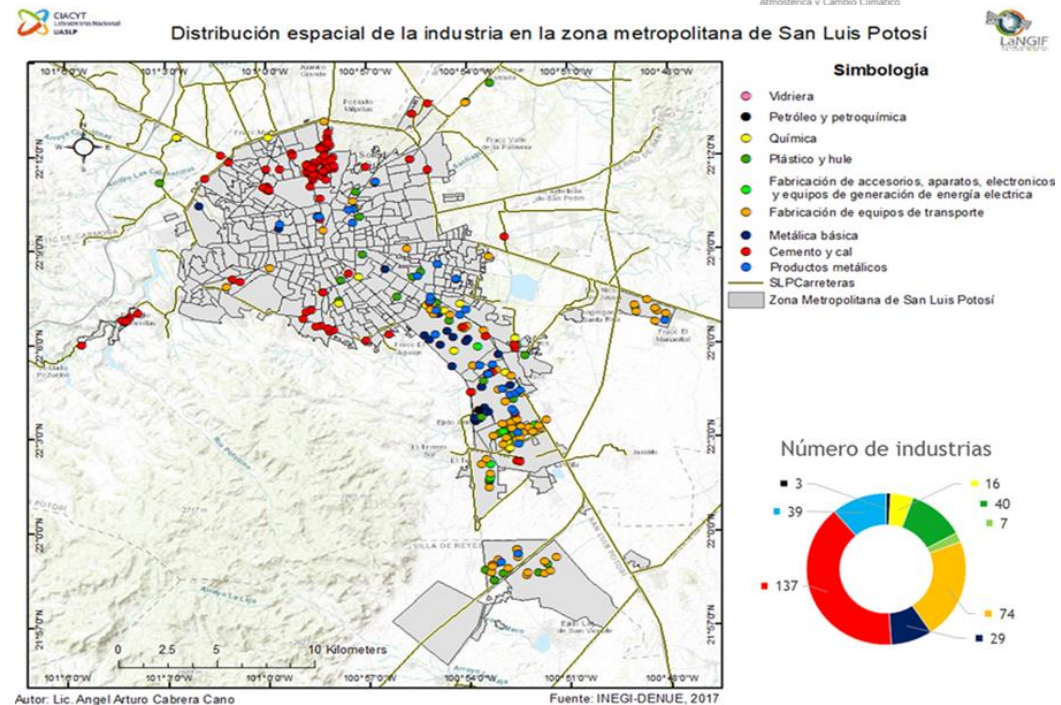
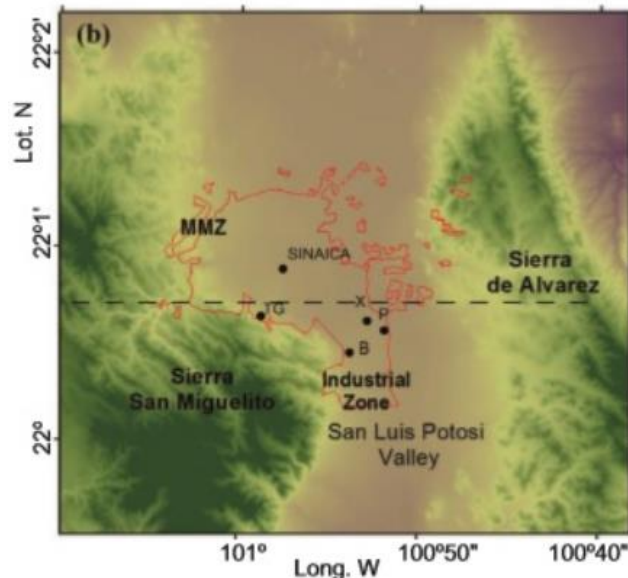
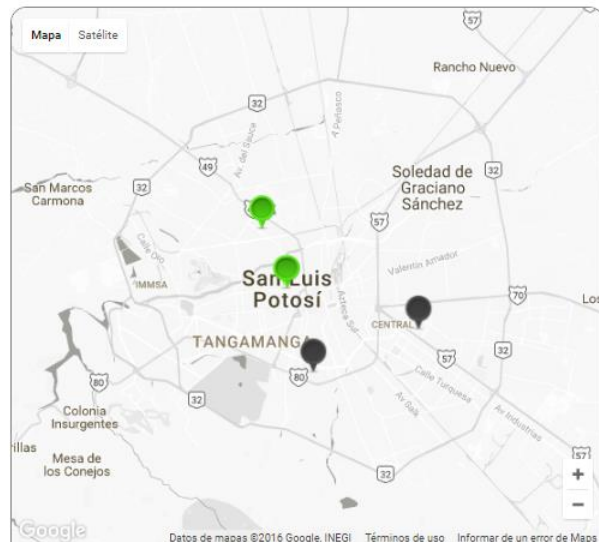
(20 % de los equipos han sido adquiridos y 80 % en préstamo. Los análisis químicos especializados han sido colaboración externa.

Al momento se han capacitado y trabajado con cerca de 25 estudiantes de la UASLP en 3 años.



Zona Metropolitana de San Luis Potosí

Red de monitoreo: San Luis Potosí (SLP)



4 ESTACIONES DE MONITOREO

- BIB: CO, NO₂, O₃, SO₂, PM₁₀, **PM_{2.5}**
- DIF: CO, NO₂, O₃, SO₂, PM_{2.5}, **PM₁₀**
- 1MAYO: CO, NO₂, O₃, SO₂, **PM₁₀, PM_{2.5}**
- IPAC: CO, NO₂, O₃, SO₂, **PM₁₀, PM_{2.5}**

San Luis Potosí creció alrededor de una intensa actividad minero-metalúrgica.

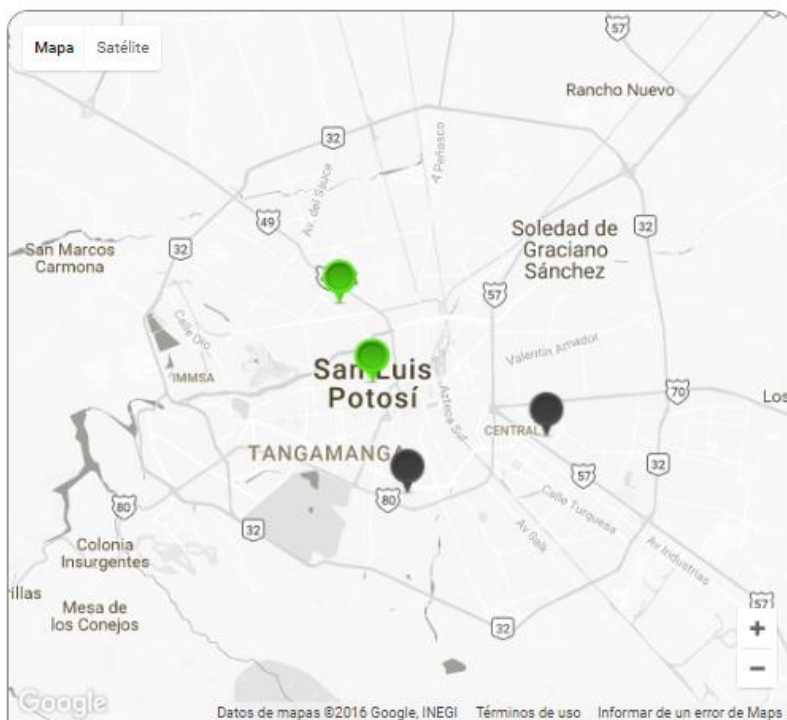
La población de la ciudad San Luis Potosí + Soledad de Graciano Sánchez, superan un 1 M de habitantes (CONAPO, 2015).

- En 1982, se instaló una industria de Zinc que es actualmente es una de las más importantes en América Latina.
- Cuenta con una extensa industria manufacturera alrededor y más de 120 ladrilleras dentro de la ciudad.

La Red de Monitoreo provee información insuficiente para dar un análisis de la problemática por contaminación del aire en la ciudad de SLP.

Zona Metropolitana de San Luis Potosí

Red de monitoreo: San Luis Potosí (SLP)



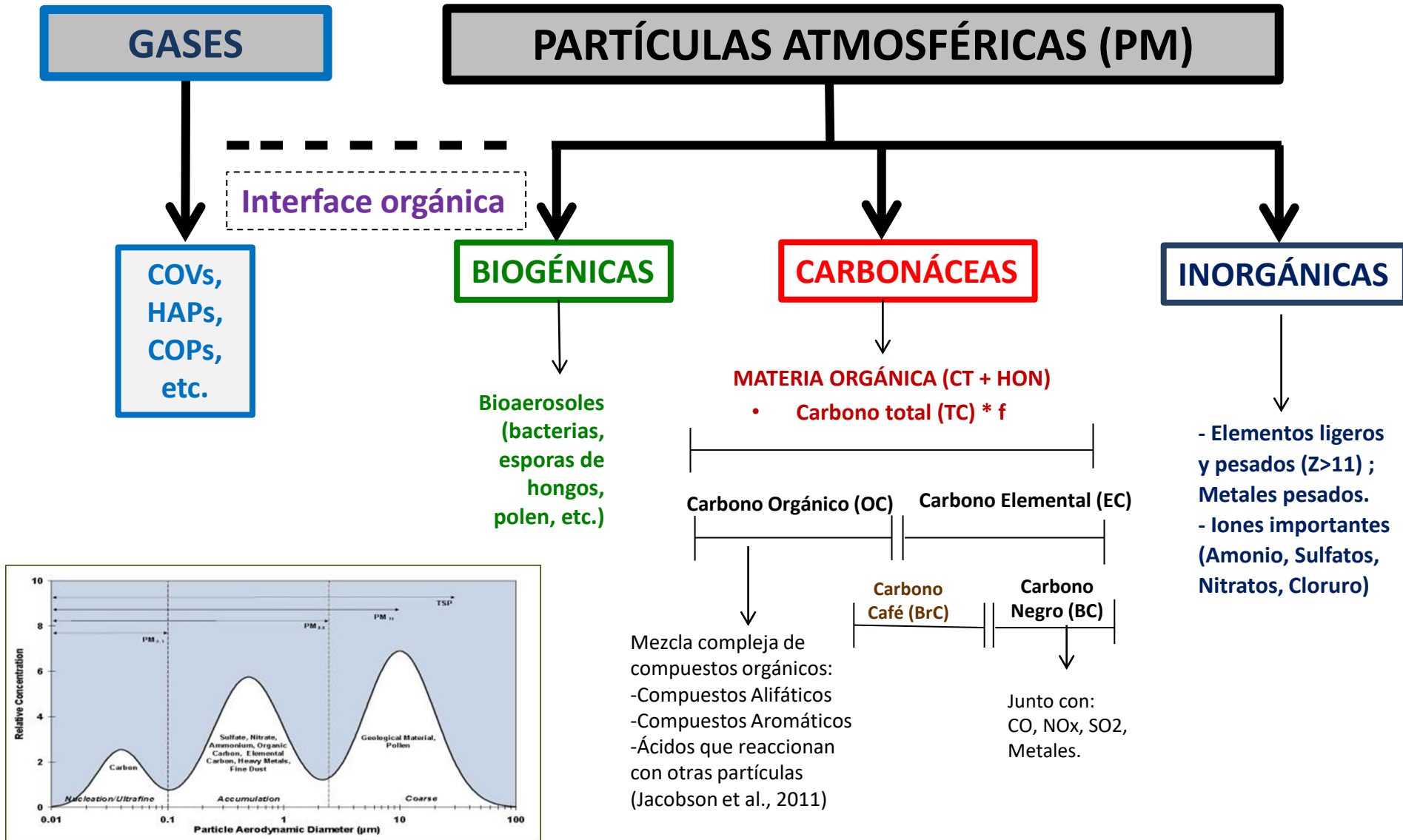
4 ESTACIONES DE MONITOREO

- **BIB:** CO, NO₂, O₃, SO₂, PM₁₀, **PM_{2.5}**
- **DIF:** CO, NO₂, O₃, SO₂, PM_{2.5}, **PM₁₀**
- **1MAYO:** CO, NO₂, O₃, SO₂, **PM₁₀, PM_{2.5}**
- **IPAC:** CO, NO₂, O₃, SO₂, **PM₁₀, PM_{2.5}**



AÑO		2019		2020		2021	
		Porcentaje de Datos medidos (%)	Tiempo de Operación (meses)	Porcentaje de Datos medidos (%)	Tiempo de Operación (meses)	Porcentaje de Datos medidos (%)	Tiempo de Operación (meses)
DIF	PM ₁₀	42	6	58	9	39	6
	NO ₂	93	12	75	11	92	12
	SO ₂	64	9	87	11	65	10
	PM _{2.5}	24	4	19	3	0	0
BIBLIOTECA	PM ₁₀					54	12
	NO ₂					28	5
	SO ₂					31	12
IPAC	PM _{2.5}					96	12
	NO ₂					77	11
	SO ₂					86	12

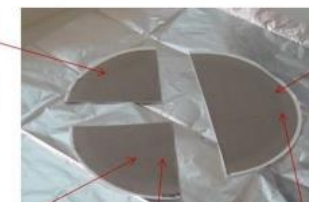
CLASIFICACIONES	GASES	PARTÍCULAS ATMOSFÉRICAS (PM)
<ul style="list-style-type: none"> Contaminantes Criterio. (NOM) 	<p>SO₂= Dióxido de Sulfuro CO= Monóxido de Carbono O₃= Ozono NO₂= Dióxido de Nitrógeno</p>	<p>PM₁₀ PM_{2.5} (Pb)</p>
<ul style="list-style-type: none"> Compuestos Tóxicos. (Algunos normados en otros países o señalados internacionalmente) 	<p>COVs, HAPs (BaP) BTEX, Organoclorados COPs, Dioxinas Y Furanos, Plaguicidas, etc.</p>	<p>Metales Pesados (Hg, V, As, Mn, Ni, Cr, Cu, Cd,.) Bioaerosoles (PM₁, Ultrafinas)</p>
<ul style="list-style-type: none"> Compuestos y Gases de Efecto Invernadero. (CyGEI). (Acuerdo Internacional) 	<p>CO₂=Bióxido de Carbono CH₄= Metano N₂O= Oxido Nitroso CFCs, SF₆, HCFC, PFC, NF₆, EH, HaloCarbonos o sus mezclas.</p>	<p>CN (BC, Carbono Negro)</p>



- El término aerosol atmosférico se define como un sistema relativamente estable disperso de líquidos o de partículas sólidas suspendidas dentro de sistema gaseoso.
- El término aerosol y partículas o Particulate Matter (PM) generalmente se utiliza de manera indistinta en la literatura de la química atmosférica para referirse sólo a las partículas suspendidas.
- El término se utiliza para partículas < 100 μm .
- Provocan efectos a nivel, local, regional y global.
- Se clasifican de acuerdo a su tamaño, masa, densidad, morfología y composición química. Son afectados (P, T, %H, Vientos, etc).



Thermal Optical
Analysis.



PIXE.

ICP.

Ion Chromatography.

XRF

TIPOS DE ANÁLISIS PARA PMs

• ANÁLISIS GRAVIMÉTRICO.

Determinación de la masa total medida.

- **TÉCNICAS ANALÍTICAS NUCLEARES PIXE y/o XRF.** Determinación de la concentración de elementos ligeros y pesados ($Z > 11$) Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Mo, Ba, Pb, Cd, Sn, Sb.

• ANÁLISIS DE TRANSMITANCIA TERMO ÓPTICA PARA CARBONO TOTAL.

Determinación de carbono orgánico (OC), elemental (EC) y total (TC).

- **CROMATOGRAFÍA DE IONES (IC).** Determinación de aniones y cationes (inorgánicos y orgánicos).

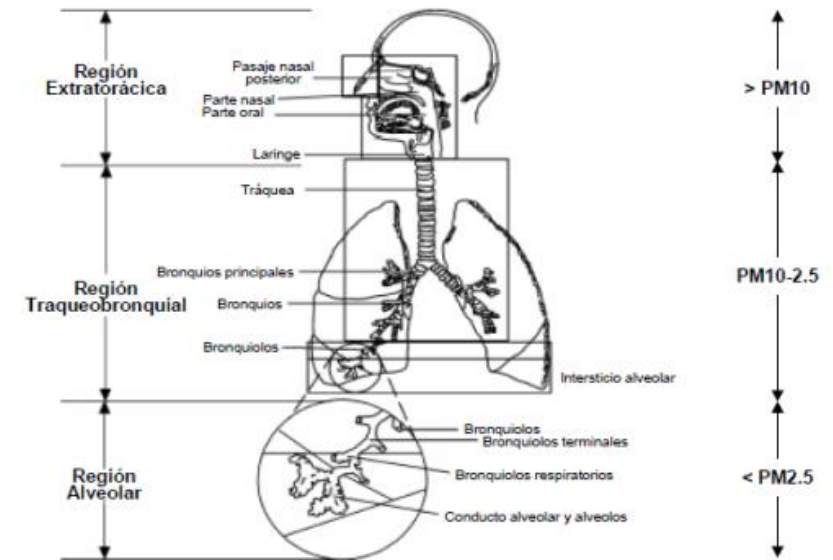
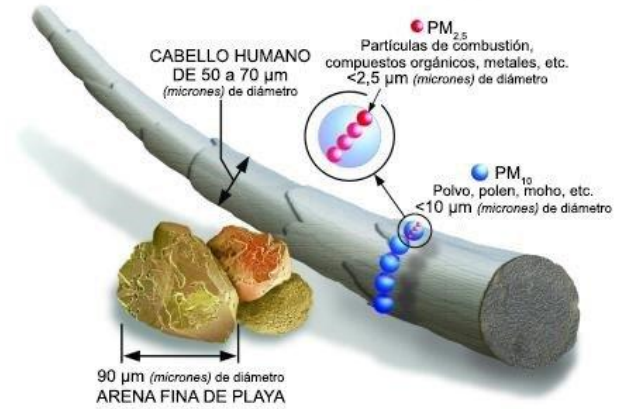
Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Cl⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, Oxalato, F⁻, Acet., Glicol., Prop., Form., MSA, Piruv., Br⁻, PO₄³⁻ y Levoglucosan.

- **TÉCNICA DE EMISIÓN EN PLASMA INDUCTIVAMENTE ACOPLADA (ICP).** Determinación de otras especies químicas.

Na, P, Sr, V, Cu, Ba, Ni, Pb, Li, Sc, Mn, Co, Ga, Ge, As, Se, Rb, Sr, Y, Zr, Mo, Cd, Sn, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Tl



- El tamaño de las partículas está directamente relacionado con su potencial para causar problemas de salud, ya que su capacidad de ingreso al sistema respiratorio humano será mayor a medida de que el tamaño sea más fino.
- Las partículas más pequeñas corresponden a las “ultrafinas”, las cuales son menores de $0.1 \mu\text{m}$, y por tanto, tienen mayor capacidad de ingreso, incluso pueden infiltrarse hasta el torrente sanguíneo.
- Exposición crónica aumenta el riesgo de mortalidad, en especial en aquellas debidas a problemas cardiovasculares, cáncer pulmonar. (*COMEAP, 2009; Brook et al., 2010) y derrames cerebrales, son las más comunes (**WHO, 2014). Y por exposición aguda a bajas o medias concentraciones, aumenta los efectos adversos cardiorrespiratorios y muertes asociadas por ataques al corazón y enfermedades respiratorias. (WHO, 2006; Atkinson et al., 2005; Faustini et al., 2011).
- Existe una mortalidad asociada por la contaminación del aire 15 % mayor para aquella población que habita en las grandes ciudades con respecto a localidades más pequeñas (WHO, 2014).
- En 2018, la OMS estimó que cerca de 7 M de personas mueren cada año en todo el mundo por la exposición a las partículas finas contenidas en el aire contaminado.
- En México, los últimos indicadores de la Secretaría de Salud, muestran el incremento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares principalmente en las ciudades más grandes del país (SINAIS, 2014).



*(EPA, 2002).

PROYECTOS REALIZADOS EN SLP (2017-2021).

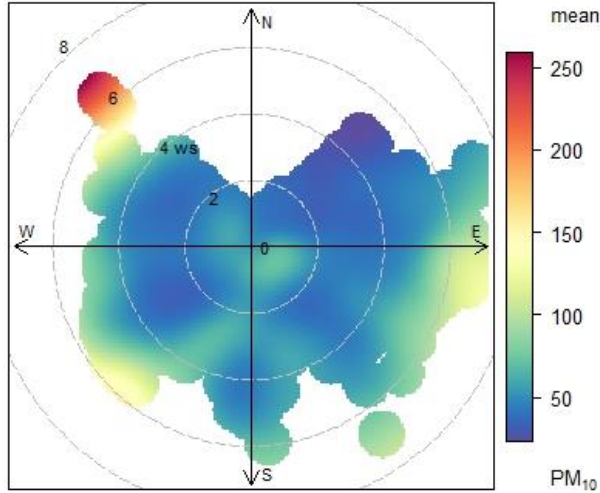
ZONA NORTE DE LA CIUDAD DE SLP

- Campaña de caracterización de $PM_{2.5}$ en Estación Biblioteca (2017-2018). (N= 100) Análisis de XRF, TC; masa total 70 %, Modelo de receptor PMF).
- Monitoreo de Carbono Negro (CN) en tiempo real mediante equipo Etalometro (2018-2019). (Zona Norte 13 meses continuos + Zona Sur 11 meses)
- Medición de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) en la zona NE de SLP 2018-2019. (45 muestras)
- Monitoreo de PM_{10} en tiempo real mediante equipo Dusttrack (2018-2019). (6 meses).

ZONA SUR DE LA CIUDAD DE SLP.

- Campaña de caracterización de PM_{10} en Estación Psicología (2018 y 2019). (N=80 +...) (Análisis de XRF; Z>12).
- Estudio de caracterización de Bioaerosoles en SLP (2018-2019). (13 meses continuos) (caracterización de polen + microscopia SEM).
- Monitoreo de Carbono Negro (CN) en tiempo real mediante equipo Etalometro (2020).
- Lluvia ácida (Deposito Atmosférico) (2021).





RESULTADOS DE GRAVIMETRÍA DE PMS EN SLP

Estación de Monitoreo	Biblioteca 2017 PM _{2.5}	Biblioteca 2018 PM _{2.5}
Concentración (µg/m ³)	26.41 (5.37)	21.26 (4.60)
No. de Muestras	53 - 43	49 - 38
Días que excede NOM y (OMS)	2 (25)	2 (13)
DESV.ST	14.72	15.46
Mediana	27.78	19.06
(PM _{2.5} /PM ₁₀)	n=28 (0.51)	n=23 (0.40)

RESULTADOS DE PMs EN SLP.

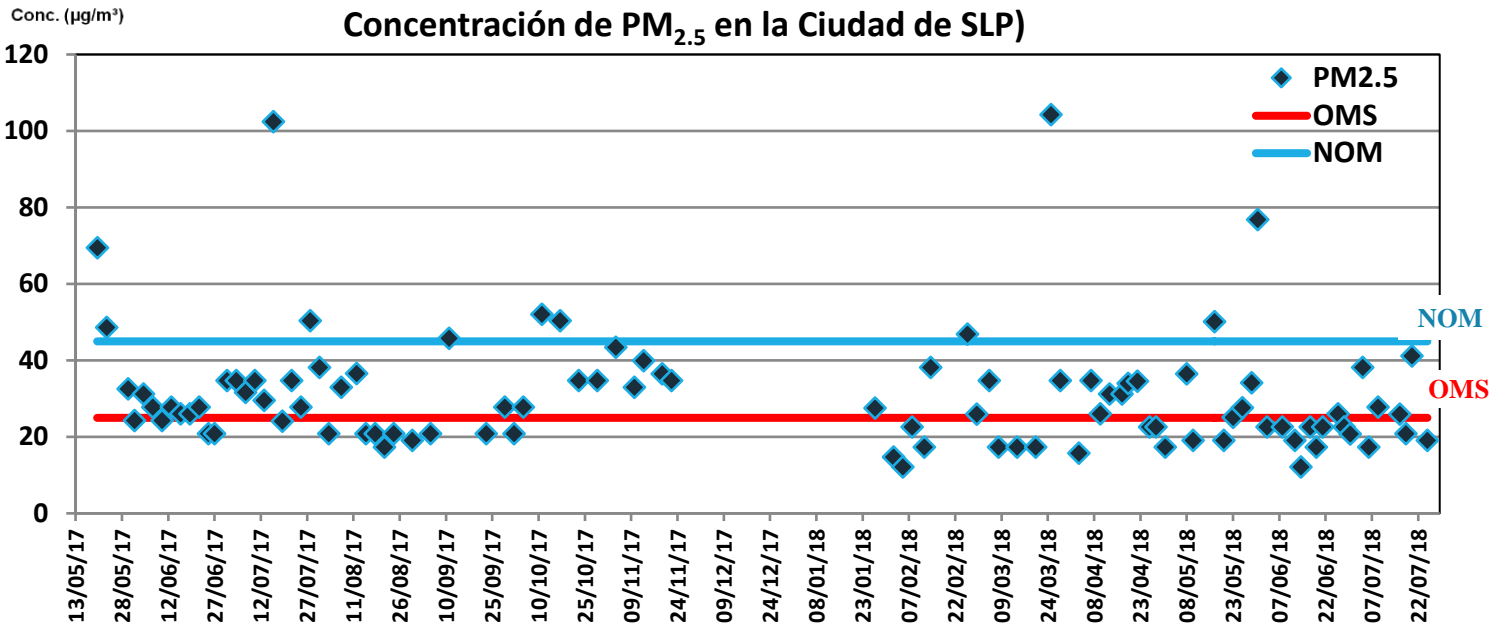
Los datos de concentraciones diarias promedio, no representan las altas concentraciones horarias que se presentan durante varios días. Debido a concentraciones muy bajas durante las noches y a las variables meteorológicas.

Durante los años del 2017 y 2018, se tienen más de 100 valores de concentraciones horarias mayores a 200 µg/m³ reportadas por el equipo automático de SEGAM.

La cantidad en las concentraciones no representan la toxicidad existente en la ciudad.

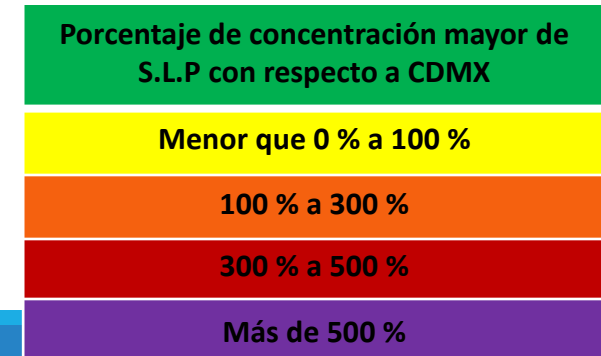
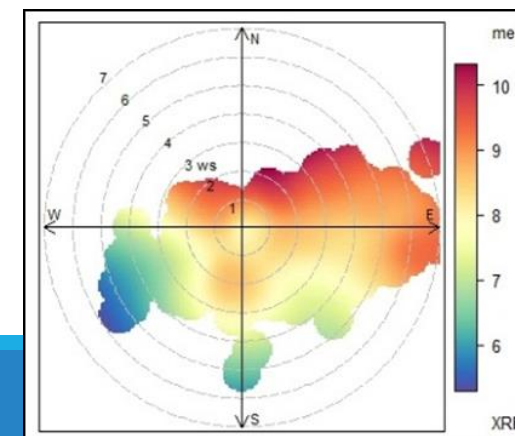
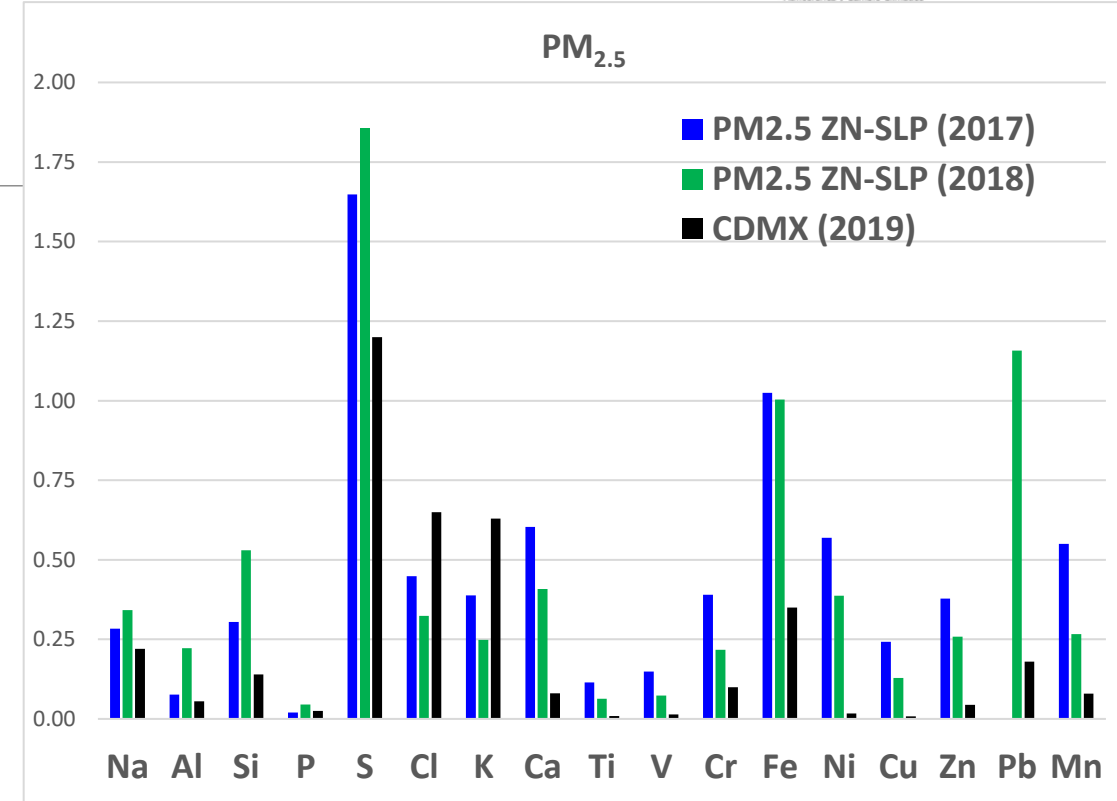
Es necesario realizar la especiación química de las PMs para determinar sus fuentes de emisión.

BIB 2017



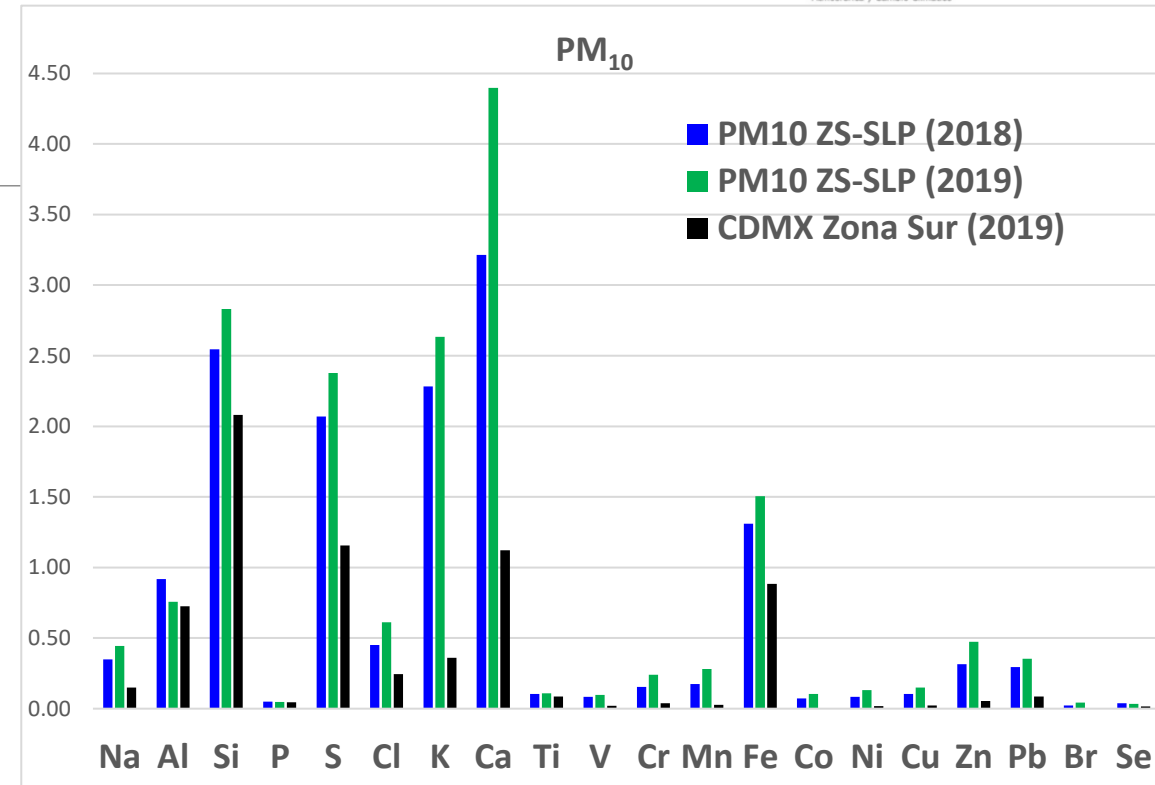
COMPARACIÓN DE PM_{2.5} ZONA NORTE DE ZMSLP CON LA CDMX

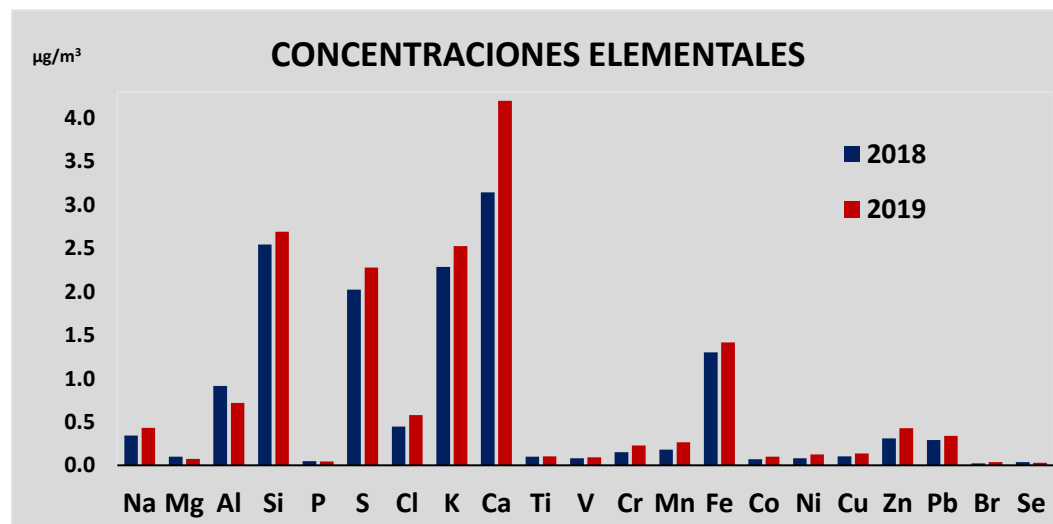
Z	PM2.5 ZN-SLP (2017)	PM2.5 ZN-SLP (2018)	CDMX (2019)	Diferencia SLP/CDMX
	Concentración (µg/m ³)	Concentración (µg/m ³)	Concentración (µg/m ³)	%
Na	0.28 (2.19E-02)	0.34 (3.25E-02)	0.22	55
Al	0.08 (1.54E-03)	0.22 (1.33E-02)	0.055	303
Si	0.3 (1.12E-02)	0.53 (4.53E-02)	0.14	278
P	0.02 (1.20E-04)	0.05 (3.99E-04)	0.025	80
S	1.65 (2.59E-01)	1.86 (3.06E-01)	1.2	54
Cl	0.45 (1.74E-02)	0.32(1.05E-02)	0.65	-50
K	0.39 (1.30E-02)	0.25 (7.04E-03)	0.63	-60
Ca	0.6 (3.81E-02)	0.41 (2.07E-02)	0.08	410
Ti	0.11 (2.35E-03)	0.06 (1.04E-03)	0.009	606
V	0.15 (3.43E-03)	0.07 (1.34E-03)	0.014	427
Cr	0.39 (1.53E-02)	0.22 (6.56E-03)	0.1	117
Fe	1.02 (8.35E-02)	1.00 (1.03E-01)	0.35	186
Ni	0.57 (2.85E-02)	0.39 (1.51E-02)	0.017	2175
Cu	0.24 (6.69E-03)	0.13 (2.72E-03)	0.008	1513
Zn	0.38 (1.45E-02)	0.26 (8.17E-03)	0.044	486
Pb	2.33 (4.44E-01)	1.16 (1.84E-01)	0.18	543
Mn	0.55 (5.68E-02)	0.27 (1.17E-02)	0.079	237



COMPARACIÓN DE PM₁₀ ZONA SUR DE ZMSLP CON LA CDMX

	PM10 ZS-SLP (2018)	PM10 ZS-SLP (2019)	CDMX Zona Sur (2019)	Diferencia SLP/CDMX 2019
Z	Concentración (µg/m ³)	Concentración (µg/m ³)	Concentración (µg/m ³)	%
Na	0.35 (6.50E-02)	0.44 (1.78E-01)	0.15	196
Al	0.92 (1.81E-01)	0.76 (5.39E-02)	0.724	4
Si	2.55 (1.22E+00)	2.83 (1.10E+00)	2.081	36
P	0.05 (7.10E-06)	0.05 (4.34E-06)	0.045	4
S	2.07 (3.11E-01)	2.38 (5.31E-01)	1.156	106
Cl	0.45 (3.81E-03)	0.61 (7.19E-03)	0.245	149
K	2.28 (1.00E-02)	2.63 (1.93E-04)	0.36	632
Ca	3.21 (1.71E+00)	4.4 (1.18E+00)	1.122	292
Ti	0.1 (1.76E-04)	0.11 (2.21E-04)	0.086	26
V	0.08 (8.92E-05)	0.1 (1.01E-04)	0.02	390
Cr	0.15 (3.97E-04)	0.24 (7.14E-04)	0.039	513
Mn	0.17 (5.45E-04)	0.28 (1.08E-03)	0.026	982
Fe	1.31 (1.44E-01)	1.5 (1.66E-01)	0.884	70
Co	0.07 (4.65E-05)	0.1 (8.99E-05)	-	-
Ni	0.08 (6.90E-05)	0.13 (1.37E-04)	0.018	630
Cu	0.1 (1.08E-04)	0.15 (1.98E-04)	0.022	573
Zn	0.31 (7.30E-03)	0.47 (1.25E-02)	0.053	792
Pb	0.29 (4.78E-03)	0.35 (9.39E-03)	0.085	317
Br	0.02 (1.86E-06)	0.04 (9.64E-06)	-	-
Se	0.04 (1.20E-05)	0.03 (3.74E-06)	0.016	115





	Año 2018	Año 2019
Concentraciones gravimétricas (µg/m ³)	50.43 (2.83)	54.84 (3.89)
No. Muestras	47	43
Mediana	52.08	65.97
Máximo	74.68	80.96
Desv.Est	14.66	14.74
No. días que excede NOM-025	7	9
No. días que excede OMS	27	25

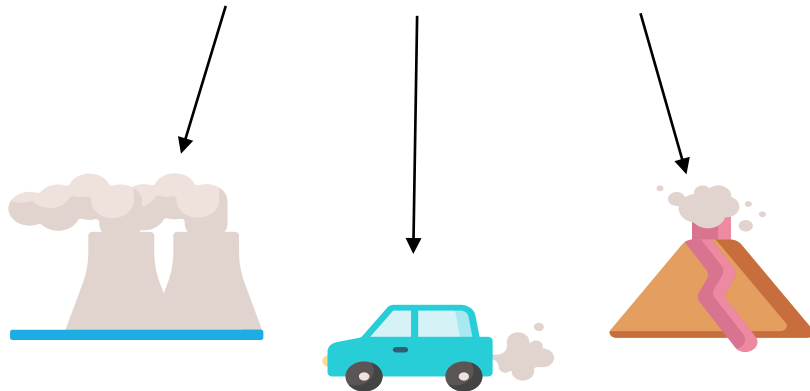
- Se encontraron altas concentraciones en metales pesados como V, Fe, Ni, Cu, Pb y Zn, asociados a fuentes de emisión de origen antropogénico, consecuencia de la gran cantidad de industria metal-mecánica, de fundición, minera, y otras.

- Al realizar la comparación de las concentraciones obtenidas de los metales más tóxicos con la normativa internacional se encontró que Mn, Cr, Ni, Pb y Cr fueron mayores que el límite establecido.

Normativa internacional de concentraciones límite de metales pesados (µg/m ³).						
	Pb	V	Mn	Ni	Cr(vi)	Año
NAAQs GB3095-1996	1					1996
NAAQs GB3095-2012	0.5				0.000025	2012
WHO	0.5	1	0.15	0.025	0.00025	2000
EU-(Directiv2004/107/EC)				0.02		2004
India	0.5			0.02		2009

- Dado que el sistema atmosférico es bastante complejo, desde hace más de 30 años, se han desarrollado modelos matemáticos que busquen predecir dicho comportamiento y que ayuden a la visualización futura de eventos posibles ante diversas condiciones.
- Los modelos de receptor se basan en la conservación de la masa, puesto que buscan reconstruirla matemáticamente en la muestra, utilizando el balance de masas. Entre el que destaca, el modelo de Factorización de Matriz Positiva (PMF).

$$C_{Total} = C_a(ind.) + C_b(f.vehiculares) + C_c(emision\ de\ volcan) + \dots$$

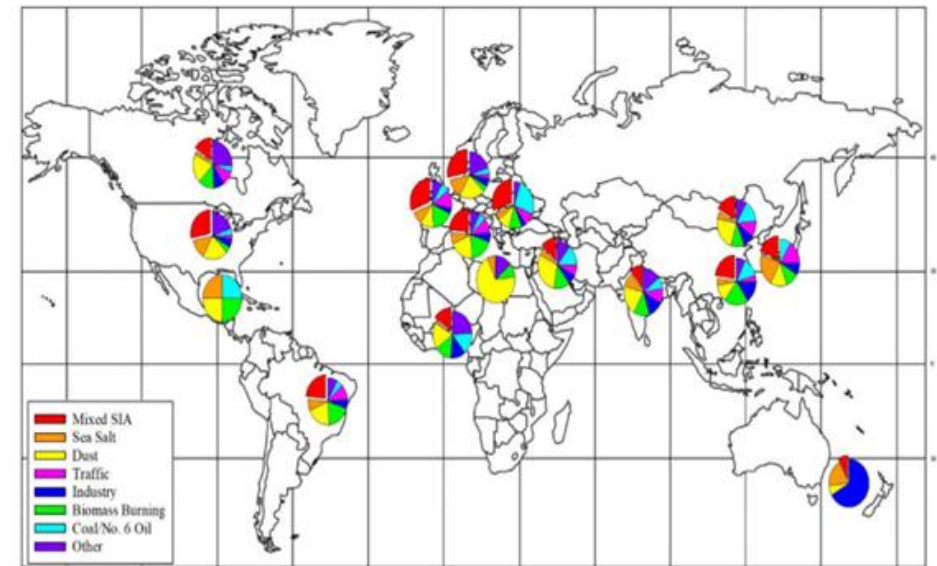


Cerca de 500 publicaciones de PMF en los últimos 30 años

Aplicación

- Medio ambiente
- Social
- Económico
- Salud

PMF
Distribución de fuentes medidas regionales para PM₁₀



*(Hopke et al., 2020).

TÉCNICAS DE ANÁLISIS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE ESPECIES QUÍMICAS EN PM_{2.5}



CROMATOGRAFÍA DE IONES (IC).

Determinación de aniones y cationes (inorgánicos y orgánicos).

Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Cl⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, Br⁻, PO₄³⁻



TÉCNICAS XRF.

Determinación de la concentración de elementos ligeros y pesados (Z>11)

Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Se, Br, Ba, Pb, Cd.



ANÁLISIS DE TRANSMITANCIA TERMO ÓPTICA PARA CARBONO TOTAL.

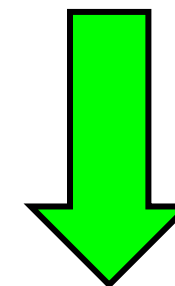
Determinación de carbono orgánico (OC), elemental (EC) y total (TC).



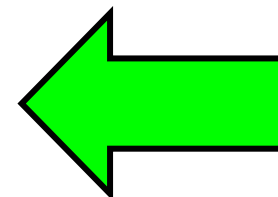
=
=

% Reconstrucción de masa gravimétrica

70% M_R(2017)



Modelo PMF



El modelo de PMF fue desarrollado por la US-EPA y se ha puesto a disposición de la comunidad científica. Es un modelo multivariado que descompone una matriz de dimensiones $i \times j$ en dos matrices: contribuciones de factores (g) y perfiles de factores (f), con el objetivo de identificar un número de factores, el perfil de las especies de cada fuente, y la contribución de la cantidad de masa por cada factor de cada muestra individual como se muestra en la ecuación:

$$x_{ij} = \sum_{k=1}^p g_{ik} f_{kj} + e_{ij}$$

Donde:

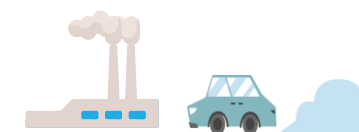
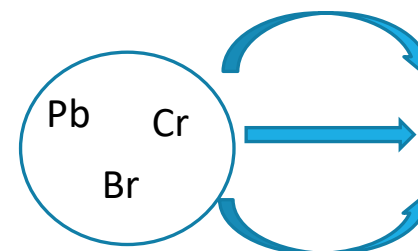
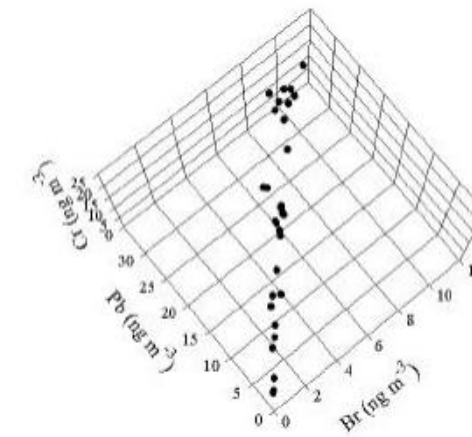
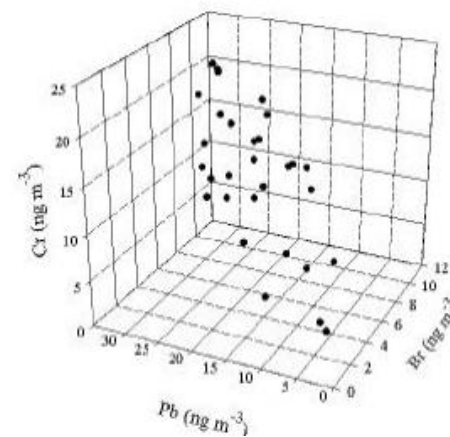
i = número de muestras

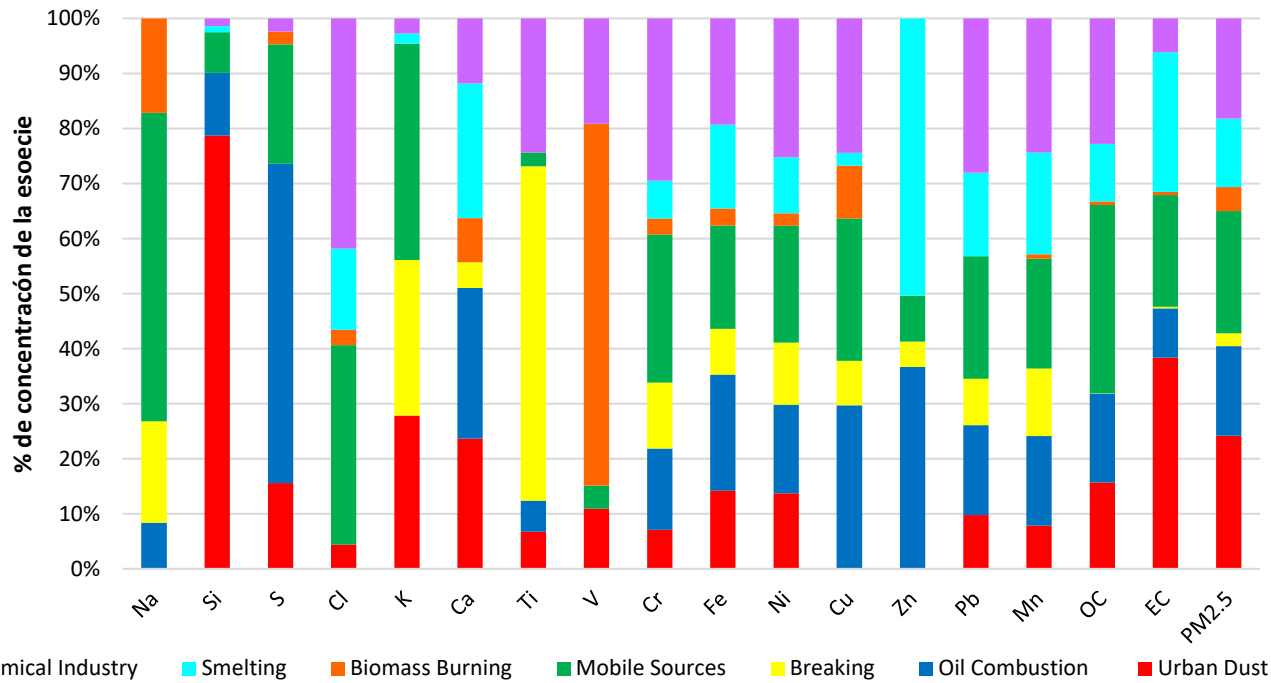
j = especies químicas medidas

g_{ik} = contribución de la fuente (k) en la muestra (i)

f_{kj} = fracción de la especie (j) en la fuente (k)

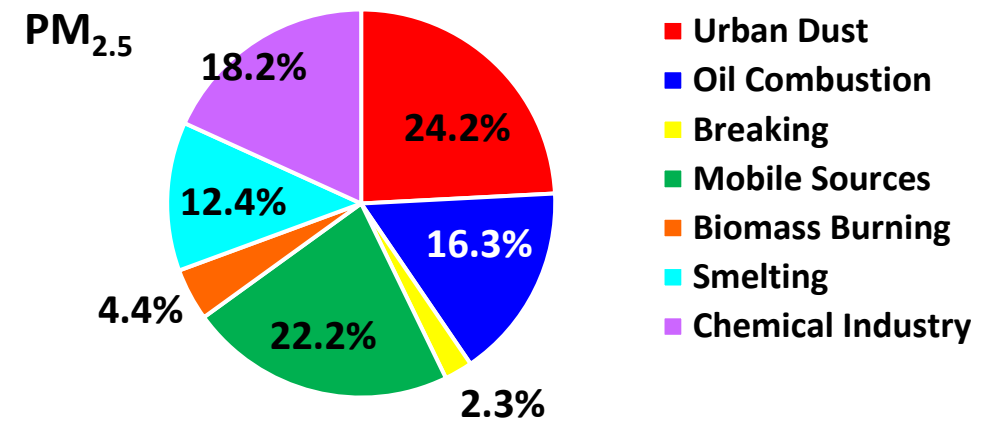
e_{ij} = error residual





Después de aplicarse las 2 técnicas se logró la reconstrucción de masa gravimétrica de aprox. 70 %, lo faltante se debe a diversos tipos de iones, otros elementos pesados ($Z > 30$) y partículas biogénicas que no se pueden evaluar con las tecnologías empleadas. Se empleó el modelo de PMF de la US-EPA para conocer la contribución de las principales fuentes emisoras en la zona.

Contribución de principales fuentes emisoras 2017



Periodo de muestreo: mayo a noviembre del 2017.

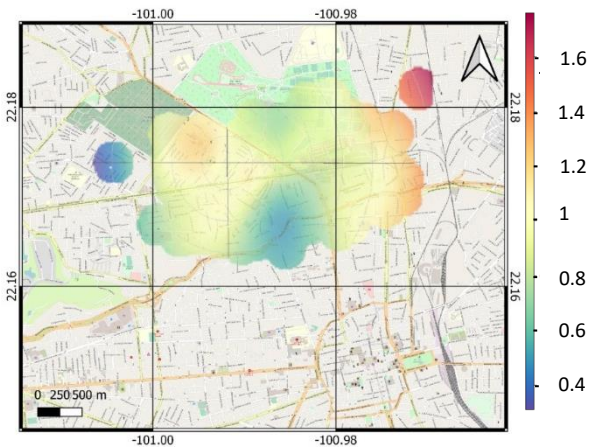
Estación de monitoreo: "Biblioteca"

Número de muestras: 49 muestras colectadas formado por 17 elementos químicos.

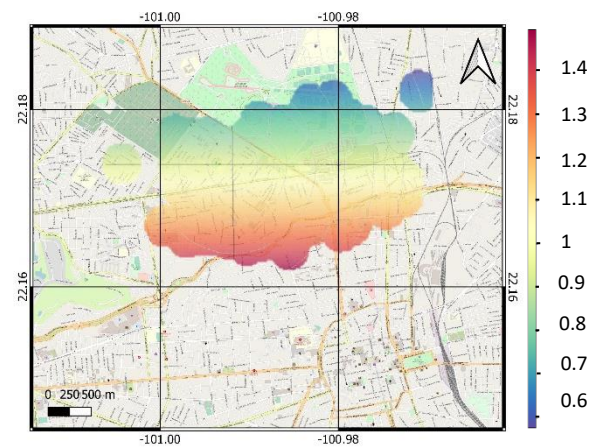
Porcentaje de masa gravimétrica reconstruida: 70% M_R

PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DE LAS FUENTES EMISORAS DE PM_{2.5}

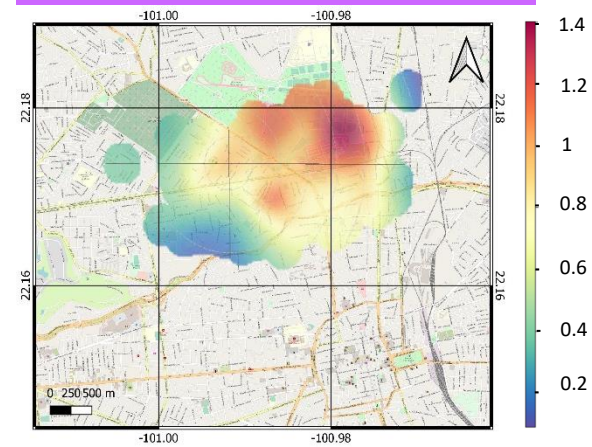
**Polvo Urbano
(Urban Dust).**



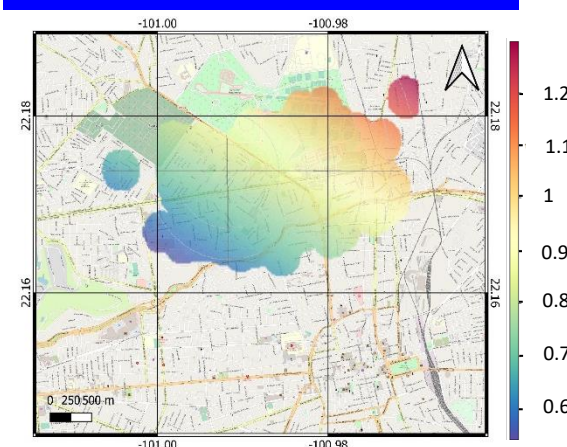
**Fuentes móviles
(Mobile sources).**



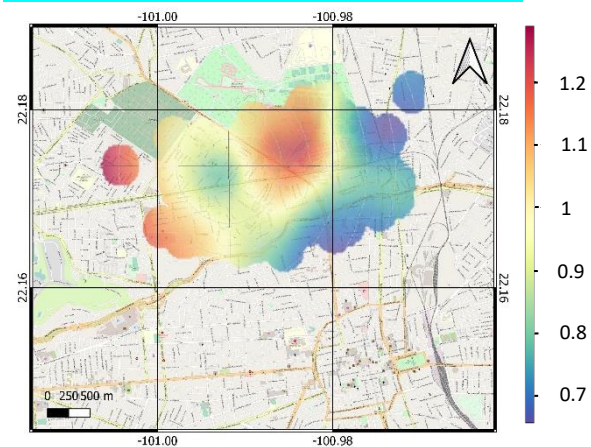
**Industria química
(Chemical industry).**



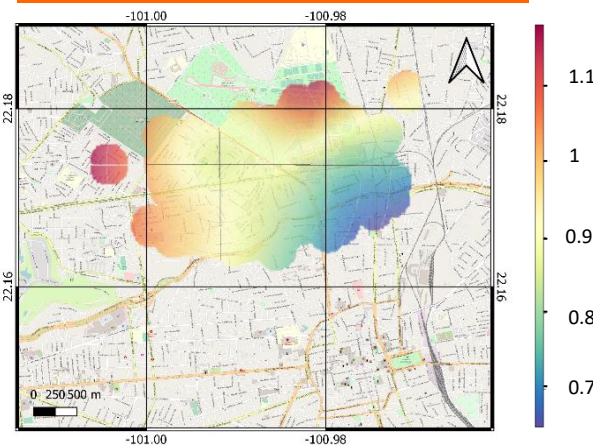
**Quema de combustibles fósiles
(Oil Combustion).**



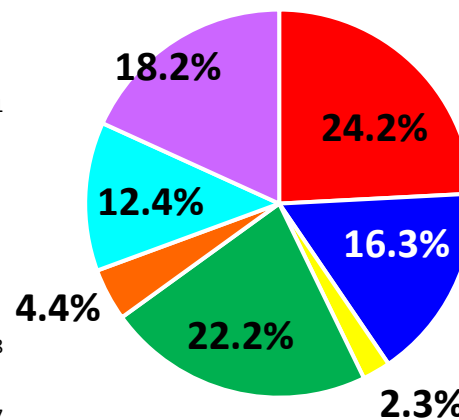
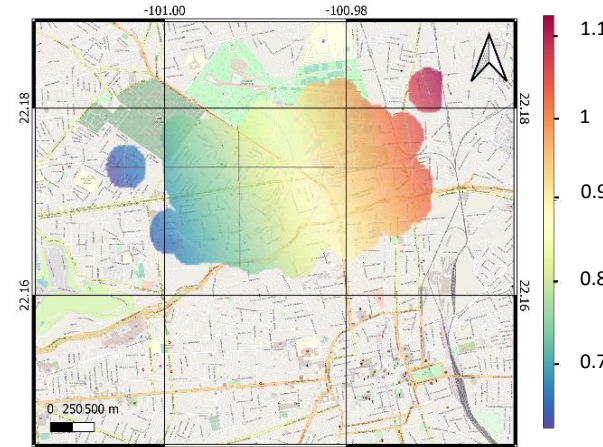
**Fundición
(Smelting).**



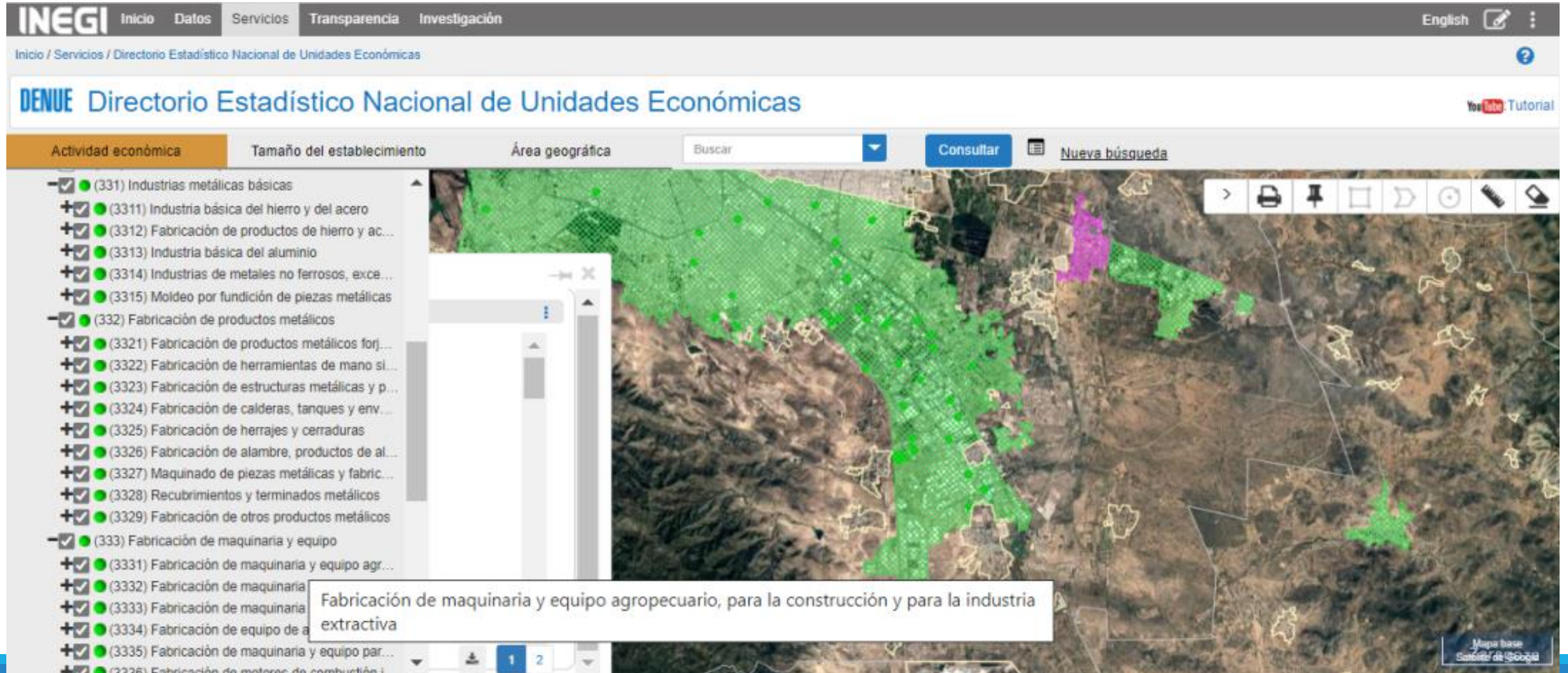
**Quema de biomasa
(Biomass Burning).**



**Frenado
(Braking).**



Mediante una búsqueda de actividades económicas registradas en el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), se identificaron las principales industrias de la ZMSLP.



The screenshot displays the INEGI DENUE (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas) web interface. The top navigation bar includes 'Inicio', 'Datos', 'Servicios', 'Transparencia', and 'Investigación'. The main header shows 'DENUE Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas' with a search bar and a 'Consultar' button. The search results are filtered by 'Actividad económica', 'Tamaño del establecimiento', and 'Área geográfica'. A list of economic activities is shown on the left, with checkboxes for selection. The main map area displays a satellite view of the ZMSLP region, with green and purple markers indicating the locations of the selected industrial units. A tooltip is visible over the map, displaying the text: 'Fabricación de maquinaria y equipo agropecuario, para la construcción y para la industria extractiva'. The bottom right corner of the map area contains a 'Mapa base' button and the text 'Subsistema de Geografía'.

Actividad económica Tamaño del establecimiento Área geográfica Buscar Consultar Nueva búsqueda

- (331) Industrias metálicas básicas
 - (3311) Industria básica del hierro y del acero
 - (3312) Fabricación de productos de hierro y ac...
 - (3313) Industria básica del aluminio
 - (3314) Industrias de metales no ferrosos, exce...
 - (3315) Moldeo por fundición de piezas metálicas
- (332) Fabricación de productos metálicos
 - (3321) Fabricación de productos metálicos forj...
 - (3322) Fabricación de herramientas de mano sl...
 - (3323) Fabricación de estructuras metálicas y p...
 - (3324) Fabricación de calderas, tanques y env...
 - (3325) Fabricación de herrajes y cerraduras
 - (3326) Fabricación de alambre, productos de al...
 - (3327) Maquinado de piezas metálicas y fabric...
 - (3328) Recubrimientos y terminados metálicos
 - (3329) Fabricación de otros productos metálicos
- (333) Fabricación de maquinaria y equipo
 - (3331) Fabricación de maquinaria y equipo agr...
 - (3332) Fabricación de maquinaria
 - (3333) Fabricación de maquinaria
 - (3334) Fabricación de equipo de a
 - (3335) Fabricación de maquinaria y equipo par...
 - (3336) Fabricación de motores de combustión i

Fabricación de maquinaria y equipo agropecuario, para la construcción y para la industria extractiva

Mapa base
Subsistema de Geografía

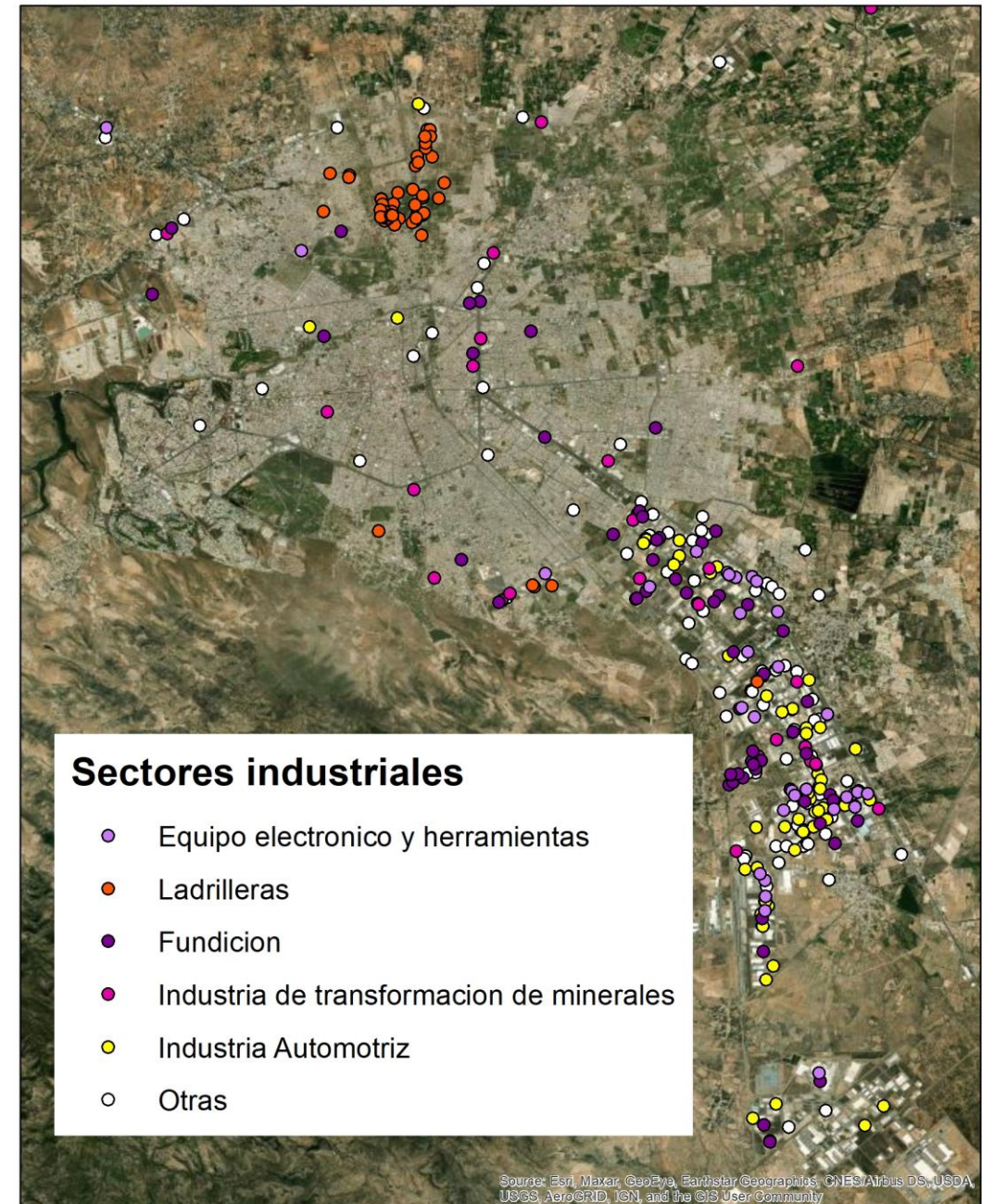
Actividad industrial en la ZMSLP

Con ayuda del programa ArcGIS, se logró desarrollar un modelo en el LaNGIF, donde se georreferenciaron las fuentes emisoras de contaminantes del depósito atmosférico, considerando las industrias registradas en el DENUE hasta 2021 (INEGI, 2021) y con base a variables como:

- tamaño de industria
- tipo de actividad
- ubicación
- procesos industriales

Como resultado se identificaron 388 industrias, cuyos principales sectores industriales son:

- Industria automotriz (20.62%)
- Fundidoras (19.59%)
- Ladrilleras (17.78%)
- Fabricación de equipo electrónico y herramientas para la industria (8.76%)
- Fabricación de productos a base de minerales (cemento, cal, vidrio, entre otros) (7.73%)
- Otras (25.52%)



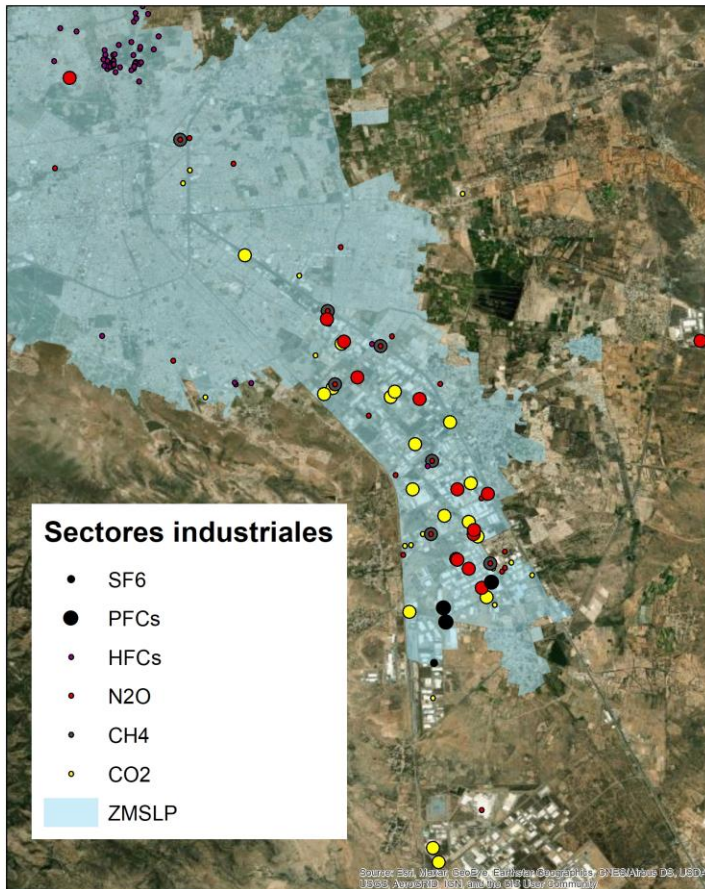
Para obtener una primer aproximación sobre el tipo de contaminantes emitidos por las industrias encontradas, se recurrió al uso de las guías de la Agencia Ambiental Europea: *air pollutant emission inventory guidebook 2019*. Algunos de los contaminantes identificados son:

GEI: CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆

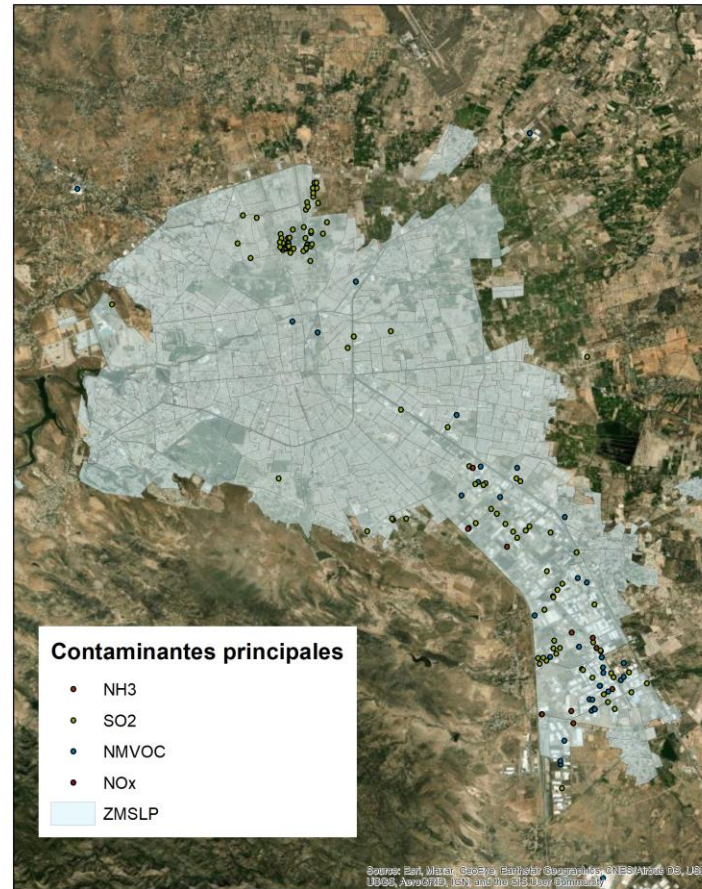
Contaminantes principales: NO_x, NMVOC, SO₂, NH₃

Otros contaminantes: Na, Ca, CO

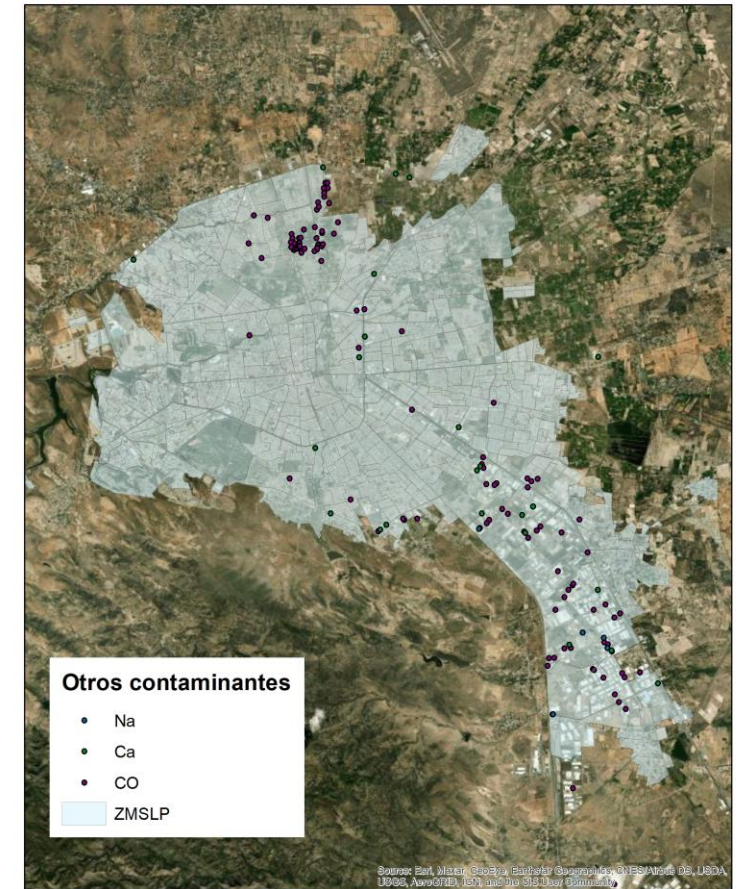
Actividad industrial en la ZMSLP



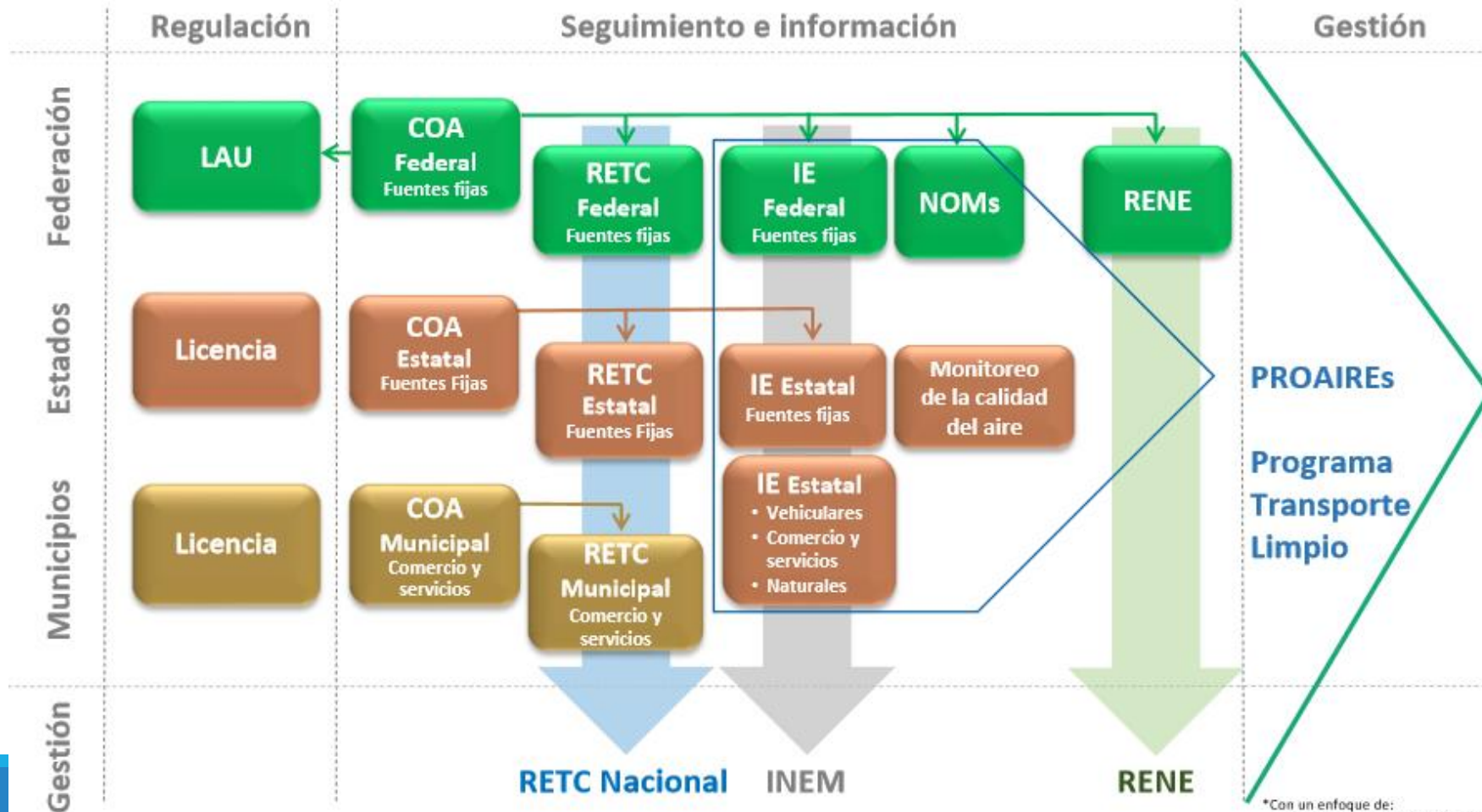
Emisiones por actividad industrial en la ZMSLP



Emisiones por actividad industrial en la ZMSLP

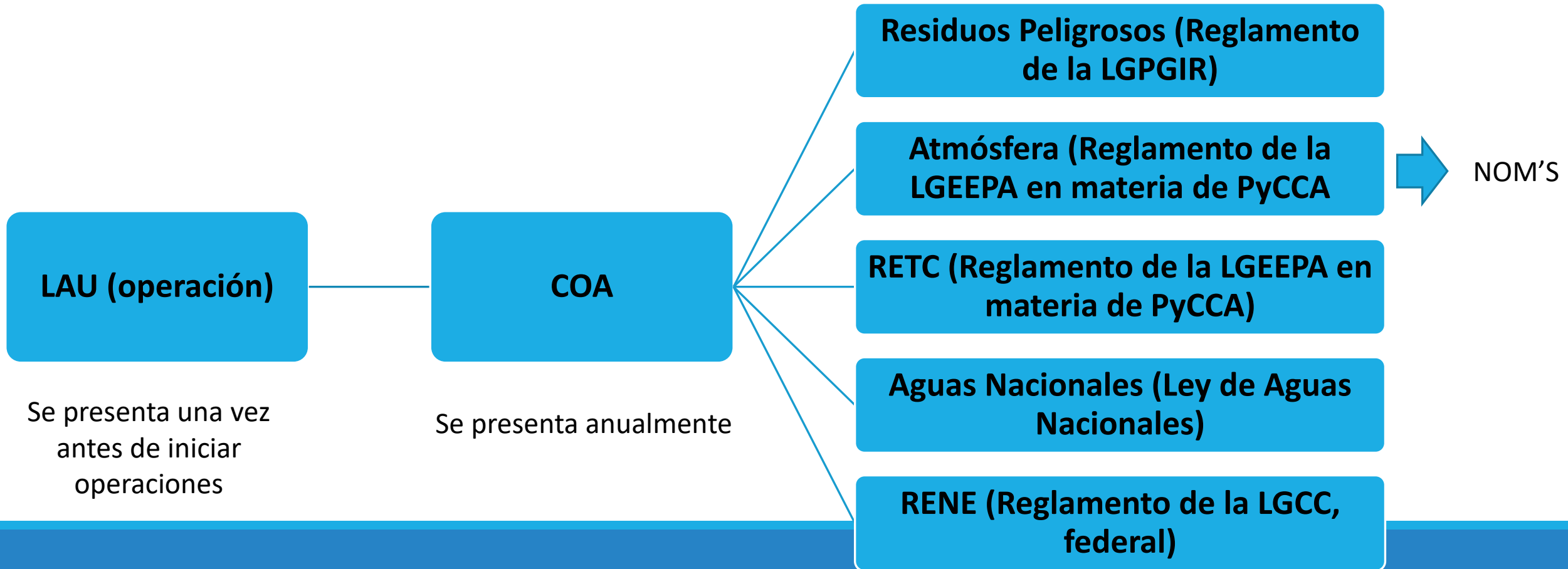


En México, existe una herramienta de gestión ambiental conocido como la Licencia Ambiental Única (LAU), instrumento que regula la operación de fuentes emisoras de contaminantes, que se presenta antes de iniciar operaciones o cuando haya alguna modificación al proceso.

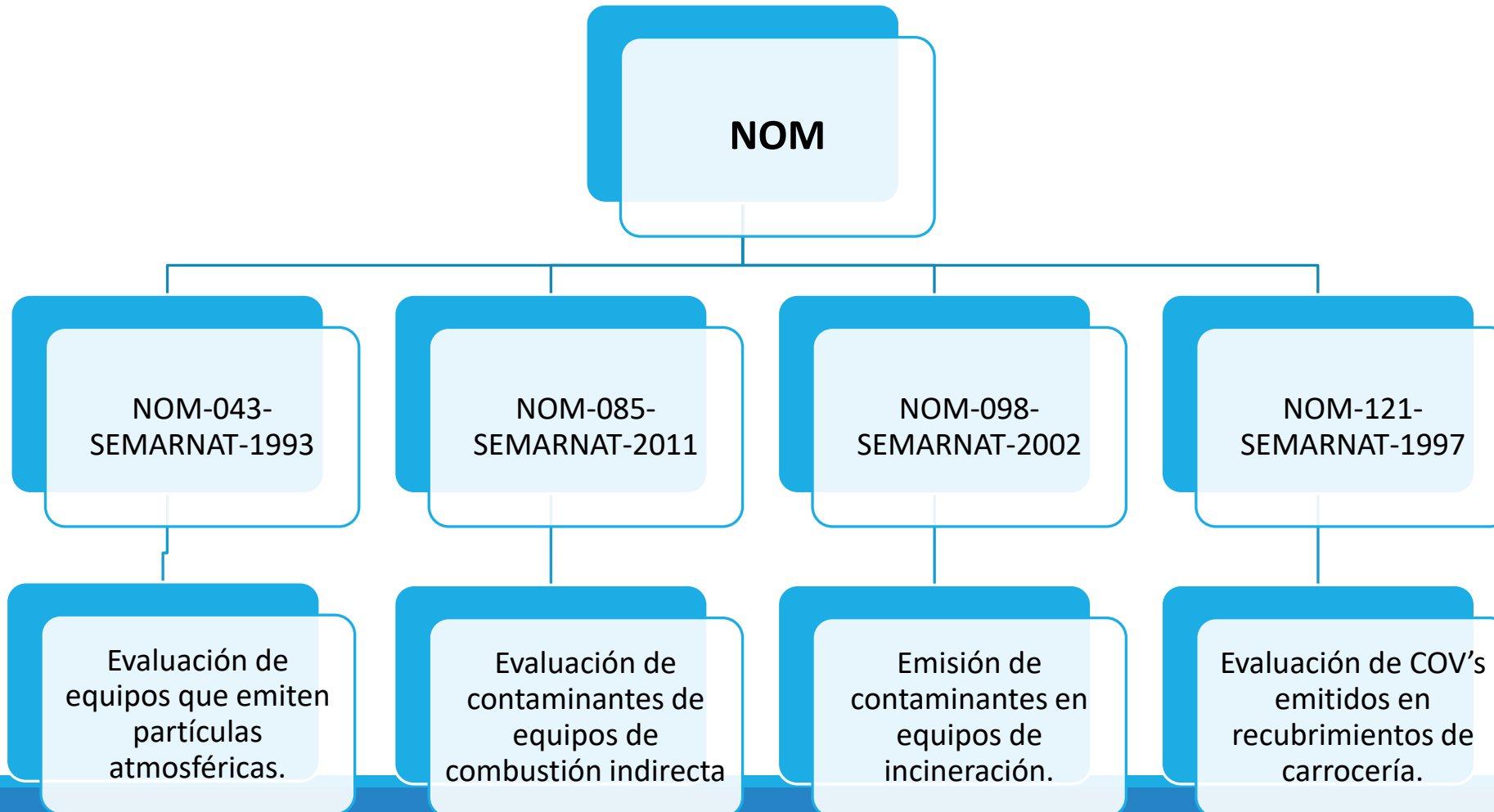


*Con un enfoque de:
• Defensoría Intersectorial

Una vez obtenida la LAU, las industrias deben reportar cada año la Cedula de Operación Anual (COA), que sirve para reportar las emisiones y transferencias de contaminantes para establecimientos sujetos a las leyes ambientales en México.



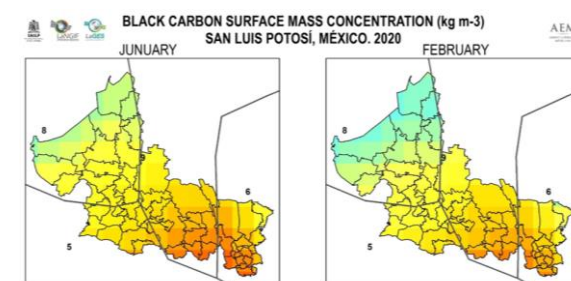
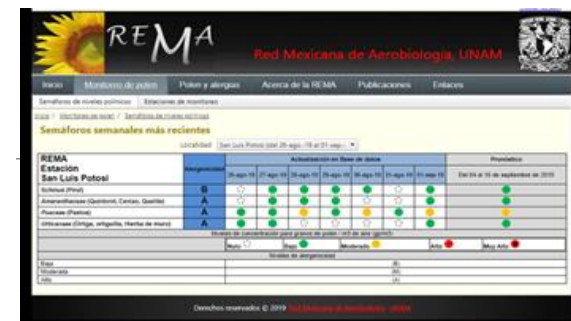
En materia de contaminación a la atmósfera, existen distintas normas bajo las cuales se regulan los equipos de combustión o emisión de contaminantes. Entre las más importantes se encuentran:



En el año 2020, en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí sólo 60 industrias de un total de 380 reportaron sus emisiones en el RETC de acuerdo a la normativa. (local y federal)

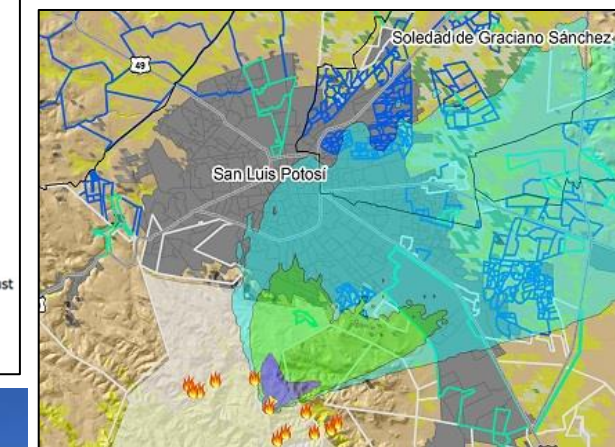
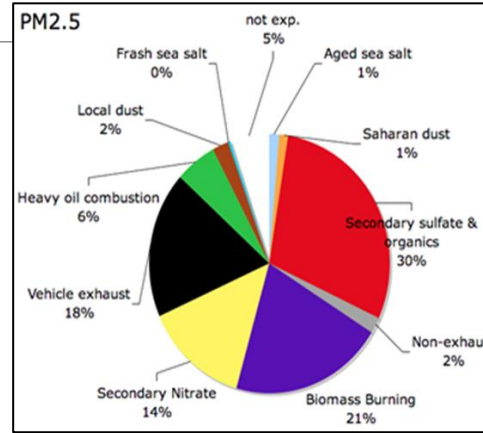
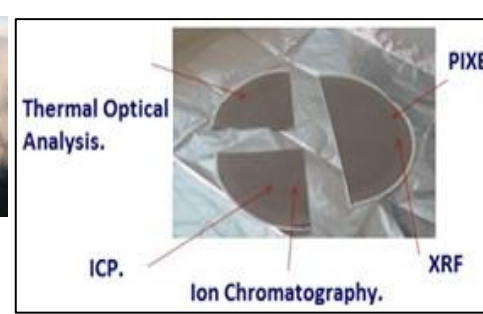
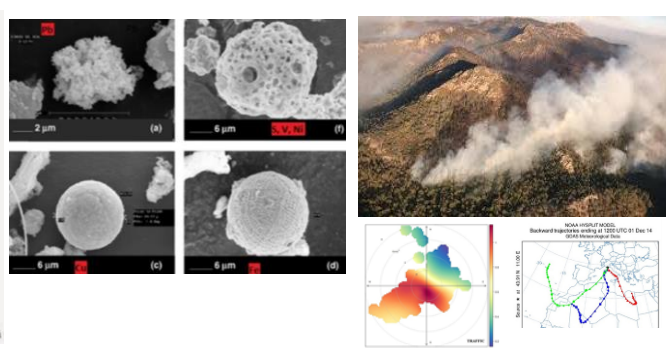
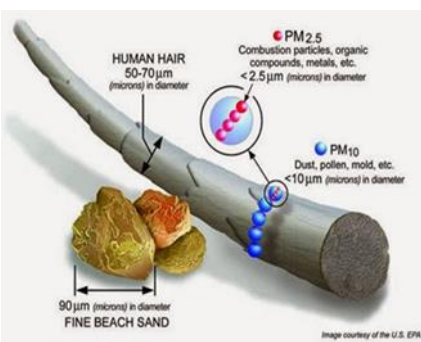
CONCLUSIONES

- **No basta un sistema de monitoreo** en una ciudad para conocer los impactos de la contaminación del aire o evaluar la calidad del aire.
- La medición de los **Contaminantes Criterio no indica la verdadera toxicidad** en las ciudades.
- Existen **ciudades medianas con mayor toxicidad** en el aire que la propia ZMCM.
(SLP; Si, bajo ciertas condiciones)
- Es necesario **evaluar la composición química** de las Partículas Atmosféricas en las principales ciudades de México.
- Determinar contribución de las principales **fuentes de emisión** de las especies más tóxicas.
- Proponer **nuevos indicadores de la calidad del aire**, que sean modernos con las dinámicas de las ciudades.
- Proponer **nuevas normas** de calidad del aire como horarias o para emisiones extraordinarias como en incendios.
- Propiciar sistemas de **movilidad masivos** en las ciudades “antiguas” y planear vialidades amplias en sus nuevos fraccionamientos.
- Generar medidas para las ciudades “antiguas” que no reduzcan las pocas vialidades funcionales, disminuyan la velocidad promedio y aumenten las emisiones de contaminantes producidos por fuentes móviles.
- Se requiere más apoyo de todos los actores e la sociedad para la evaluación de las fuentes industriales.
- Reubicación de ladrilleras y de la planta de Zinc. **!URGE!**
- **Se requiere mayor apoyo para que esta información llegue a la sociedad, mediante el establecimiento de nexos con las autoridades gubernamentales estatales.**





Laboratorio de Contaminación Atmosférica y Cambio Climático



Gracias por su atención.

Dr. Valter Armando Barrera

valter.barrera@uaslp.com

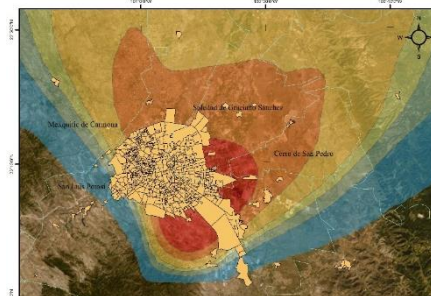
CIACyT 826 2300
ext. 4280

LABORATORIO UNIVERSITARIO DE LA UASLP.

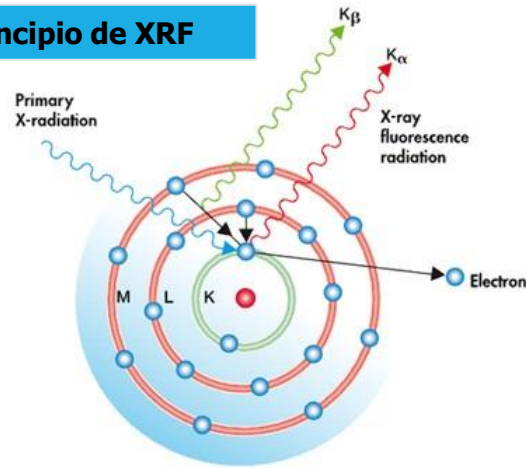
Un sistema de monitoreo en una ciudad no basta para conocer los impactos y evaluar la calidad del aire. La medición de los Contaminantes Criterio ya no indica la verdadera toxicidad existente en las ciudades grandes, ni medianas, ni en las Agro ciudades.

- ✓ Por lo cual, el laboratorio universitario desarrolla un modelo innovador de monitoreo automático de contaminantes del aire específicos en tiempo real para la creación de un sistemas de alerta, de consulta fácil para la población y generación de datos propios de la UASLP.
- ✓ El grupo LANGIF, ha evaluado la composición química (biológicas, orgánicas e inorgánicas) de las Partículas Atmosféricas en la ZMSLP en los últimos 3 años, que bajo ciertas condiciones presenta mayor toxicidad que la ZMCM como en el caso de los metales pesados y HAPs.
- ✓ Trabaja en propuestas nacionales de nuevas normas de calidad del aire para las especies más tóxicas y sus fuentes de emisión (industrias, ladrilleras), así como de tipo horario para emisiones extraordinarias como incendios mediante evaluaciones en estaciones de monitoreo y por imágenes satelitales.
- ✓ Elabora herramientas de gestión de la contaminación del aire en el Estado (inventarios de emisión, ProAire, etc). Asimismo, evalúa parámetros locales y estatales para la generación de bases de datos propias, que coadyuven en el alcance de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU.
- ✓ Se trabaja en la evaluación de los sistemas de movilidad masivos, en la mejora y planeación de vialidades que propicien una mayor velocidad promedio y disminuyan las emisiones de contaminantes producidos por fuentes móviles.

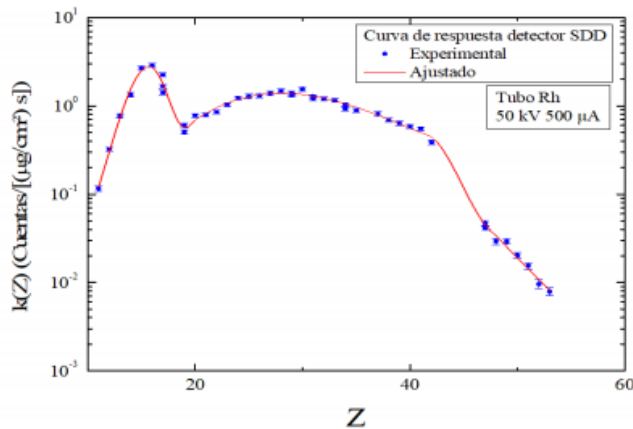
Podría ser el representante de la UASLP en la operación, aplicación, verificación e incluso creación de programas estatales y nacionales, así como en NOMs (Ejemplos: NOM 025-SSA-2014 y NOM 172-SEMARNAT-2019) .



Principio de XRF



CURVA DE CALIBRACION DEL SISTEMA DE DETECCIÓN PARA Kα.



Concentraciones determinadas con XRF y los valores certificados del material de referencia SRM 2783 (mg/kg)

Z	Medido	Certificado
Na	2110 (340)	1860 (100)
Mg	7062(697)	8620 (520)
Al	21060 (1337)	23210 (530)
Si	53965 (3569)	58600 (1600)
K	4769 (443)	5280 (520)
Ca	14300 (960)	13200 (1700)
Ti	1370 (150)	1490 (240)
V	49 (20)	48.5 (6)
Cr	157 (40)	135 (25)
Mn	410 (60)	320 (12)
Fe	25100 (1500)	26500 (1600)
Ni	61 (20)	68 (12)
Cu	440 (60)	404 (42)
Zn	1558 (131)	1790 (130)
Pb	390 (100)	317 (54)

$$k(Z) = \frac{N_x}{(\rho t)T}$$

donde k(Z) es la sensibilidad del detector, Nx el número de fotones incidentes en el detector, (ρt) la densidad de la muestra o patrón y T el tiempo de análisis.

CÁLCULO DE CONCENTRACIONES ELEMENTALES

$$C_i = \frac{N_{x,i}}{t_i} \cdot \frac{A_f}{K_z \cdot V}$$

OBTENCIÓN DE INCERTIDUMBRES

$$u_{C_i} = C_i \left[\frac{u^2(N_{X,i})}{N_{X,i}^2} + \frac{4u^2(D)}{D^2} + \frac{u^2(k_i)}{k_i^2} + \frac{u^2(T)}{T^2} + \frac{u^2(F_R)}{F_R} + \frac{u^2(t)}{t^2} \right]^{1/2}$$

Ci la concentración del elemento,
Nx,i es el número de fotones en el pico de rayos X del elemento i,
D el diámetro de depósito en el filtro,
ki es la respuesta del detector,
T el tiempo de irradiación sobre la muestra y
t el tiempo de muestreo.

1. **Inventarios de emisiones de contaminantes del aire y ProAires estatales.**
2. **Evaluación de Lluvia Ácida en la ZMSLP y Huasteca. Colaboración académica con la Red Mexicana Y NAPA-USA.**
3. **Medición de Carbono Negro en la Zona Huasteca. (Evaluación de riesgo y Microscopia Electrónica de Barrido).**
4. **Campaña de Monitoreo de PMs en estación de monitoreo de UASLP-Psicología 2021.**
5. **Caracterización química de partículas atmosféricas (PM10 y PM2.5) en la zona aledaña a los Azufres, Michoacán.**
6. **Evaluación de la movilidad en el centro histórico de la ciudad de SLP.**
7. **Evaluación de emisiones y medidas de alerta de incendios forestales en el Estado de SLP.**
8. Evaluación de fuentes móviles y carreteras en diversas ciudades.
9. Evaluación de PMs y Plaguicidas en Zona Media de SLP.
10. Evaluación y generación de información para objetivos del IPCC. Apoyo principal en los ejes de contaminación del aire y Movilidad a nivel estatal y nacional.
11. Medición de GEI (NO₂, SO₂, CO, CH₄, COVNM, NH₃, CO₂).
12. Medición de Contaminantes del Aire mediante imágenes satelitales. (GYCEI, CC y otros contaminantes)
13. Puesta en marcha de Laboratorio Universitario de Calidad del Aire y Cambio Climático de la UASLP.
14. Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) en la ciudad de SLP.
15. Obtención de factores de Emisión de Carbono Negro en Ladrilleras.
16. Caracterización de bioaerosoles y su relación con metales pesados mediante SEM. Red RAMA.
17. Análisis de bioindicadores (Líquenes) de calidad del aire en el Estado de SLP.
18. Análisis de bioindicadores (Hojas y arboles) de calidad del aire en el Estado de SLP.
19. Integración Del Consorcio Científico Mexicano "Geostationary Carbon Cycle Observatory" (GeoCARB) para pertenecer al Proyecto (TCCON, *Total Carbon Observing Network*) con Agencia Espacial Mexicana - INECC.
20. LABORATORIO URBANO. Ciudades Sustentables y Ordenamiento territorial.

MONITOREO DE CARBONO NEGRO (BC) MEDIANTE EQUIPO ETALOMETRO AE-33

- El BC, esta contenida en la fracción orgánica de las PMs, y es un producto de la combustión incompleta proveniente de la contaminación industrial, del tráfico vehicular, incendios, la quema de carbón y combustibles de biomasa.
- El BC es la segunda causa del CC, después del CO₂ y debido a que su vida es corta (SLCP). A pesar de su toxicidad y peligrosidad no se ha estudiado suficientemente en México.
- Propicia el calentamiento de la atmósfera y deteriora la calidad del aire.



Concentraciones de BC registradas en México			
Ciudad	Año de Muestreo	Tipo de Zona	BC (µg/m ³)
CDMX-Milagro	2006	Urb.	3.40
CDMX-UNAM	2016	Urb.	2.95
CDMX-UNAM	2015	Urb.	2.51
MTY	2015	Urb.-Ind.	2.44
GDL	2015	Urb.	2.10
Zona Sur-SLP	2020	Urb.-Ind.	2.04
TIJUANA	2010	Semiurb.	1.80
Zona Norte-SLP	2019	Semiurb.	1.11
JUR-QRO	2015	Semiurb.	0.73

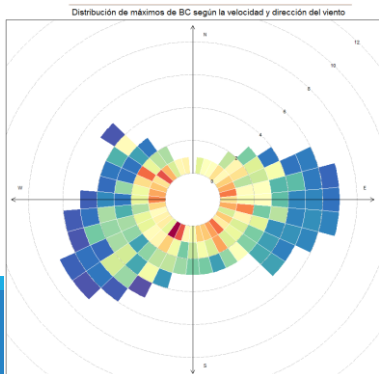
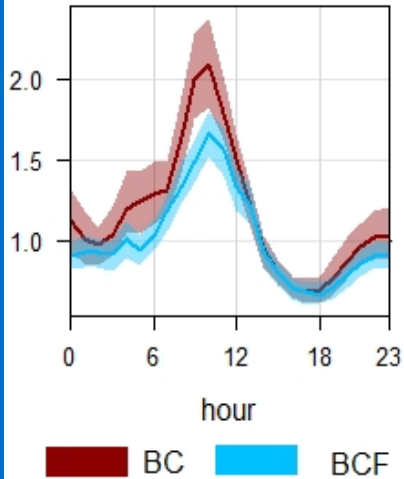
ESTACION DEL AÑO	ZONA NORTE 2019			ZONA SUR 2020		
	PM ₁₀ DUST-TRAK (µg/m ³)	PM ₁₀ BAM (SEGAM) (µg/m ³)	BC (µg/m ³)	PM _{2.5} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	BC (µg/m ³)
ESTACIÓN FRÍA	43.52	45.64	1.41 (0.24)	-	-	2.75 (0.47)
ESTACIÓN FRÍA-SECA	50.55	53.71	1.24 (0.21)	16.59	-	2.76 (0.47)
ESTACIÓN CALUROSA		50.10	0.83 (0.14)	-	35.95	1.61 (0.27)
ESTACIÓN LLUVIOSA		40.00	0.94 (0.16)	-	28.16	1.29 (0.22)
PERIODO ANUAL	48.09	47.67	1.11 (0.19)	17.06	33.62	2.04 (0.35)

El gobierno de México ha propuesto reducciones de emisiones de BC para 2030. El objetivo incondicional es reducir el 51% del volumen de emisiones para 2030, utilizando un escenario de tendencia sin acciones de cambio climático como referencia (LGCC, 2013). La SENER pedirá esta información a nivel estatal.



CARBONO NEGRO

Comportamiento horario del BC 2018-2019



Estación del año	Meses	Número de Episodios	Duración (h)	Vel. Viento (m/s)	BC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Est. Fría	Oct, Nov, Dic	12 días	04:35	0.67	6.2	133.7
Est. Seca	Ene, Feb, Mar	12 días	06:30	0.99	6.3	134.5
Est. Calurosa	Abr, May, Jun	8 días	04:17	0.59	5.7	115.8
Total		32 días	05:07	0.77	6.1	129.5

- Generalmente, los episodios ocurren por las mañanas durante es el máximo de actividades al aire libre registradas por la población.
- El 84% de los episodios proviene o tiene una influencia de la parte Este de la ZMSLP, donde se encuentran la zona de ladrilleras.
- Los restantes 3 episodios se registraron; el Viernes 7 y Sábado 8 de Diciembre y 25 de Enero provienen del suroeste (Zona Industrial). Y el Viernes 2 de Noviembre proviene del Noroeste (IMMSA). Además, se registraron por la madrugada y con menor duración (3h).
- Domingo 28 de Abril proviene del Noroeste durante el incendio en la SSM, SLP.
- Información para la mejora de la NOM172SEMARNAT 2019.

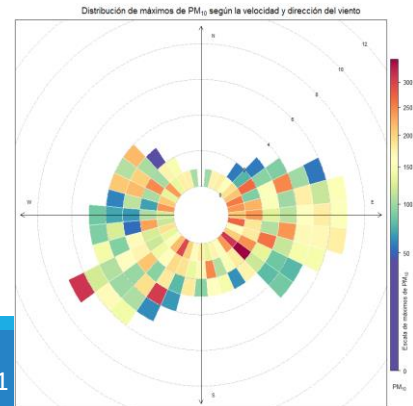
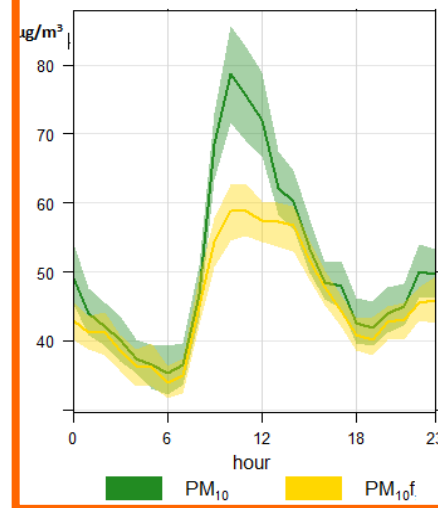
APLICACIONES DEL EQUIPO A NIVEL MUNDIAL DEL ETALOMETRO AE-33:

- - Mejora de movilidad y cambios de vialidades
- - Monitoreo estacional de quema de biomasa
- - Medición por cambio de combustibles
- - Evaluación de fuentes (estufas, ladrilleras, etc).



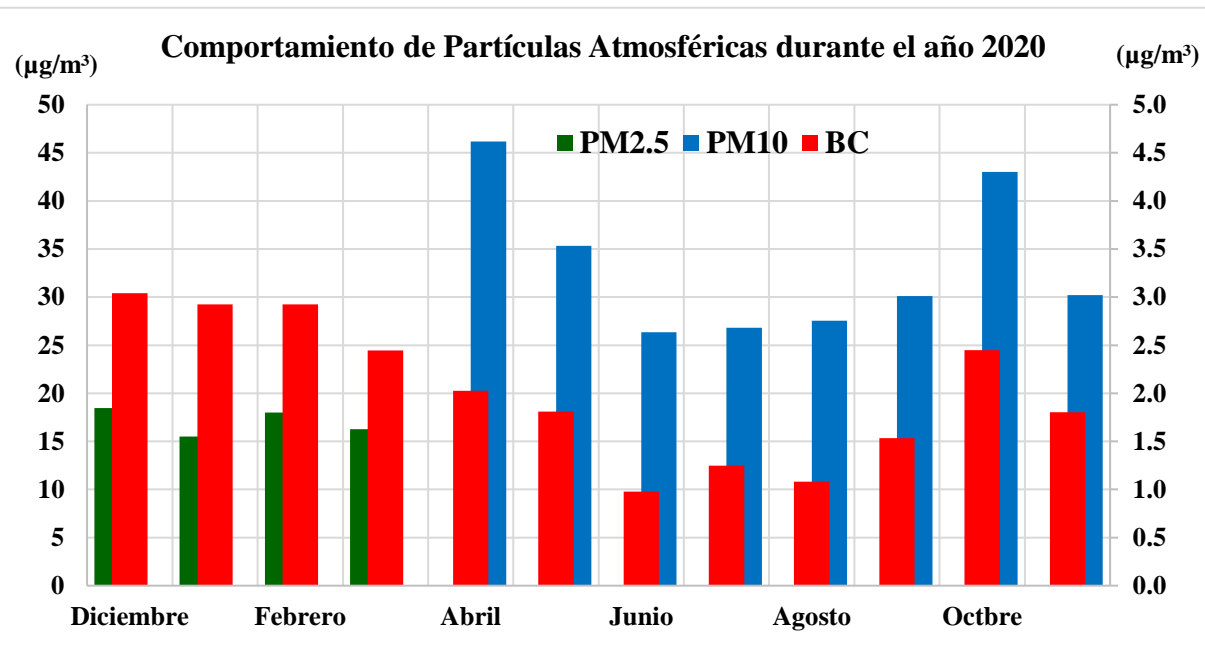
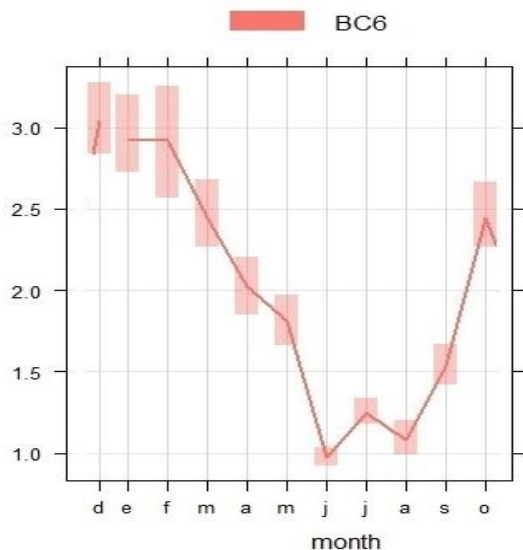
PM₁₀

Comportamiento horario de PM₁₀ 2018-2019

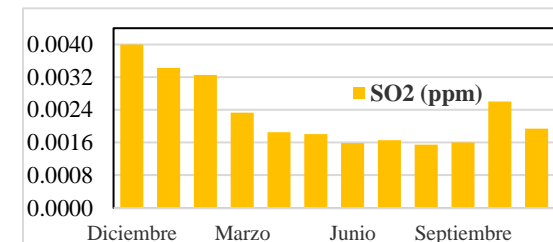
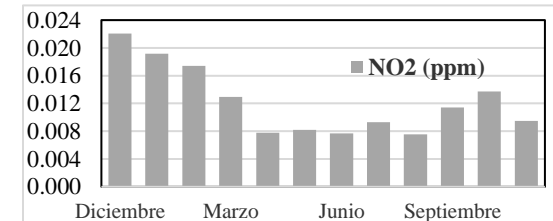


EVALUACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE PMS, BC Y SUS PRECURSORES EN LA ZONA SUR DE SAN LUIS POTOSÍ EN EL AÑO 2020.

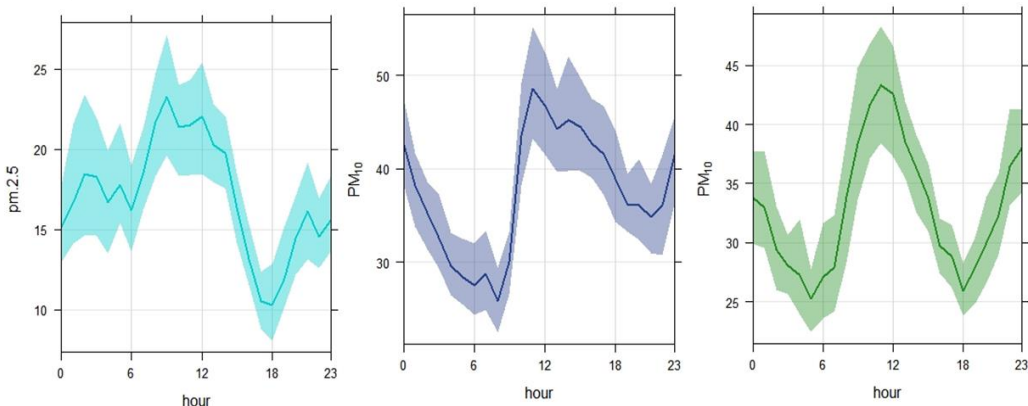
Comportamiento anual del BC



Serie de tiempo anual de gases precursores de PMS.



Comportamiento horario promedio de PMS.



a) PM_{2.5} periodo
invernal 2019-2020.
Pre-contingencia

b) PM₁₀ periodo
primavera 2020.
Contingencia

c) PM₁₀ periodo
verano 2020.
Post-contingencia



Dispersión estacional del BC en SLP durante 2020.

