



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

**PRIMER TALLER DE GESTAS DE CALIDAD DEL AIRE ABRIL 2014**

**GESTION DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA LA TOMA DE DECISIONES**

# **PRIMER TALLER DE GESTAS DE CALIDAD DEL AIRE ABRIL 2014**

José Segundo Juan Silva Cotrina  
**Director General de Investigación y Asuntos  
Ambientales, SENAMHI PERU**

[jsilva@senamhi.gob.pe](mailto:jsilva@senamhi.gob.pe)



PERÚ

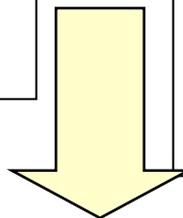
Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

**POBLACION HUMANA  
MUNDIAL:  
7 MIL MILLONES.**

**EXIGE:  
MAS PRODUCCION**

**BIENES Y SERVICIOS:**  
**Mas alimentos**  
**Mas vestido**  
**Mas vivienda**  
**Mas energía**  
**Mas confort**  
**Mas diversión, etc...**



**MAYOR GENERACIÓN Y  
LIBERACION DE RESIDUOS AL  
AMBIENTE**

**DETERIORO AMBIENTAL**



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

## COMPOSICION DEL AIRE ATMOSFERICO

COMPONENTE	VOLUMEN EN %
NITROGENO	78,03
OXIGENO	20,98
ANHIDRIDO CARBONICO	0,03
GASES NOBLES	0,92
AGUA	VARIABLE
TOTAL	100

**PERÚ****Ministerio  
del Ambiente****Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI**

Gas	% en volumen		% en volumen	Tiempo de permanencia aproximada
Permanentes	Nitrógeno	N2	78,094	1 000 000 años
	Oxígeno	O2	20,946	5 000 años
	Argón	Ar	0,934	-
	Neón	Ne	0,0018	-
	Helio	He	0,00052	10 000 000 años
	Criptón	Kr	0,00011	-
	Xenón	Xe	0,0000087	-
Variables	Dióxido de Carbono	CO2	0,03	15 años
	Metano	CH4	0,00014	5 años
	Hidrogeno	H2	0,005	7 años
	Oxido Nitroso	N2O	0,0025	8 años
	Ozono	O3	0,0002	2 años
Muy Variables	Agua	H2O	0,004 - 4	10 días
	Monóxido de Carbono	CO	0,0001	180 días
	Dióxido de nitrógeno	NO2	0,000001	6 días
	Amoniaco	Nh3	0,0000001-0,000001	7 días
	Dióxido de azufre	SO2	0,00000002	3 días
	Sulfuro de Hidrogeno	SH2	0,00000002	2 días
	Partículas < PM10; PM2.5; PM1	μ		Depende del tamaño



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

# METODOS DE MEDICION

Existe una gran variedad de metodologías para muestreo de los contaminantes del aire, dentro del monitoreo atmosférico; sin embargo, todas ellas pueden ser clasificadas en cinco tipos genéricos:

- muestreadores pasivos,
- muestreadores activos,
- analizadores automáticos en línea,
- sensores remotos y
- bioindicadores.



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

# PRIMERA ETAPA

## MUESTREO DE LA CALIDAD DEL AIRE

# MÉTODOS PASIVOS



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

# MÉTODOS PASIVOS

Estos métodos de muestreo colectan un contaminante específico por medio de adsorción y/o absorción en un sustrato químico seleccionado. Después de su exposición por un periodo adecuado de muestro (Hora, semana, mes o inclusive un año), la muestra se lleva al laboratorio donde se realiza la desorción del contaminante para su análisis cuantitativo. Los equipos utilizados se conocen como muestreadores pasivos que pueden ser tubos, discos, jarras, placas, etc.

Ventajas: Simplicidad en la operación y bajo costo (no requiere de energía eléctrica.

Desventaja: No desarrollados para todos los contaminantes; solo dan valores promedios del periodo de muestreo; no tienen gran exactitud (solo son referenciales); en general requieren de análisis de laboratorio.

# Passive sampling (diffusion technique)

- Advantages: • Disadvantages
  - Inexpensive (per unit) – Low temporal resolution
  - Easy to install – Long processing time
  - Permits good spatial coverage Only gases, not PM



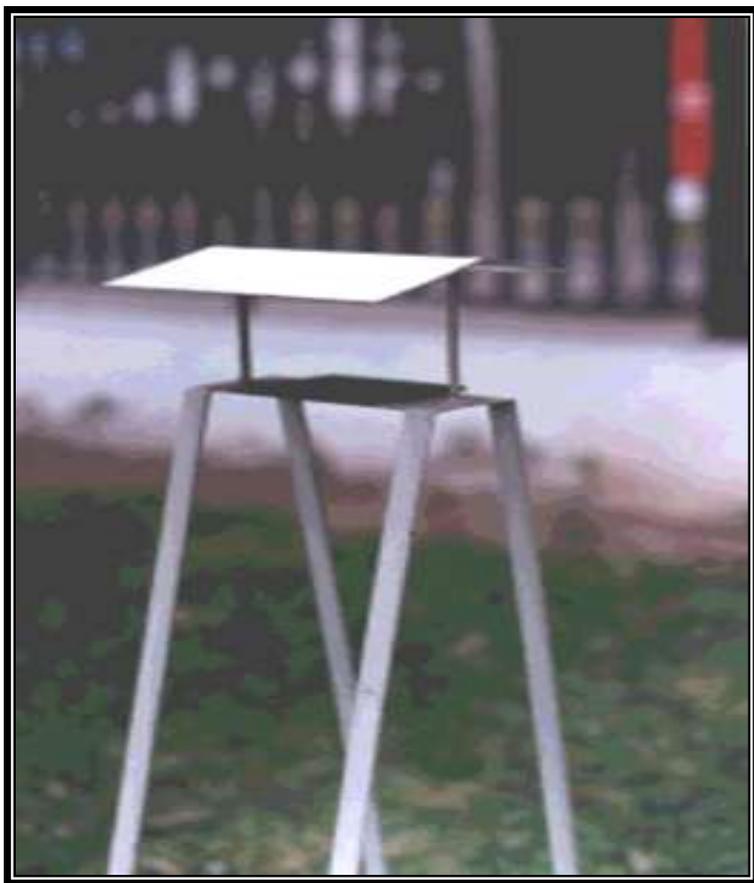


PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

# MUESTREO DE CONTAMINANTES SÓLIDOS SEDIMENTABLES O POLVO ATMOSFÉRICO SEDIMENTABLE



ESTACIÓN DE MONITOREO DE  
CONTAMINANTES SÓLIDOS  
SEDIMENTABLES (CSS)



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI

# MONITOREO CONTAMINANTES PARTICULADOS





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

# **SEGUNDA ETAPA**

## **MUESTREO DE LA CALIDAD DEL AIRE**

# **MÉTODOS ACTIVOS**



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

# MÉTODOS ACTIVOS

Captura de las sustancias contaminantes del aire por bombeo con energía eléctrica a través de un medio de recolección física o química.

El volumen bombeado incrementa la sensibilidad por que se puede obtener valores promedio diarios.

Se clasifican en Burbujeadores (Gases) e impactadores (Partículas)

Equipos mas importantes:

Burbujeadores (Gases): Trend de muestreo

Impactadores (particulas): Hi-Vol (PTS, PM10, PM2.5).

Ventajas: fácil de operar, confiables y costo relativamente bajo.

Desventajas: No reportan los valores extremos diarios, solo promedios de 24 horas; requieren de análisis de laboratorio.



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

# MÉTODOS ACTIVOS

Con los resultados del análisis de laboratorio del material de recolección utilizado:  
Físico o químico y

El calculo a través de formulas matemáticas, se determina la concentración del  
contaminante del aire en estudio:

Se usan como datos:

El volumen total de aire muestreado y caudal del gas.



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

## MÉTODOS ACTIVOS

**PARTISOL 2000**



**PARTISOL  
DICHOTOMUS 2025**



Partisol  
Dichotomous 2025:

Para colección  
simultánea de  
material  
particulado  
Grueso: PM10 y  
Fino: PM2.5



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

## MÉTODOS ACTIVOS



**Equipo Muestreador de  
material particulado HIGH VOL**



**Equipo Muestreador de  
material particulado LOW VOL**



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

## DIFERENTES REDES DE MONITOREO

Semiautomáticas



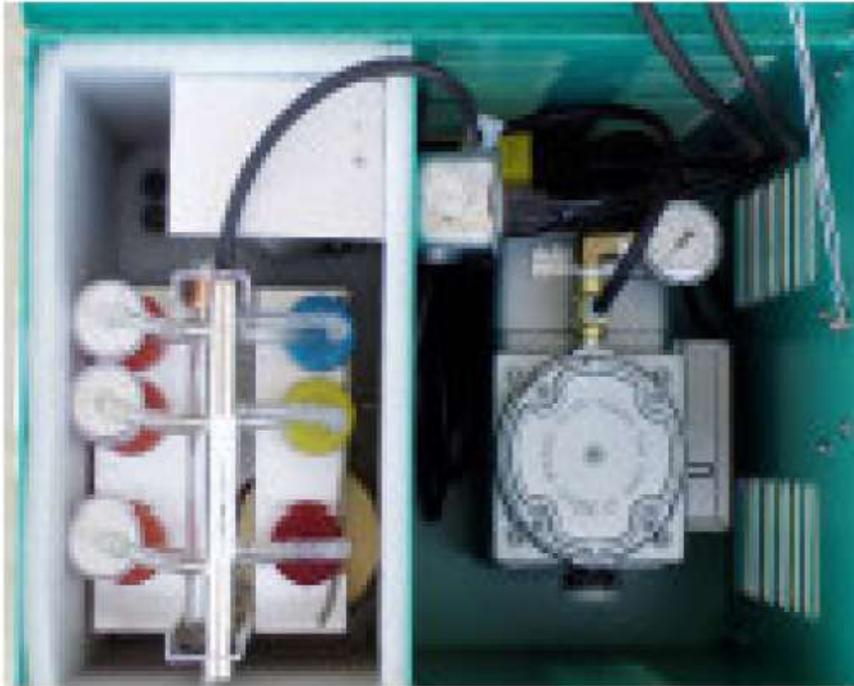


PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

## MÉTODOS ACTIVOS



Equipo Muestreador de gases



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

# TERCERA ETAPA

MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE

# MÉTODOS AUTOMÁTICOS



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

# METODOS AUTOMÁTICOS

Son los mejores por su mediciones en alta resolución y en forma continua

Miden los contaminantes **criterio, tóxicos (Hg) y los COVs**

Una vez que se carga la muestra, el sistema da las concentraciones en forma automática y en tiempo real.

Los equipos se clasifican en:

Analizadores de gases contaminantes del aire

Monitores de partículas contaminantes del aire.

**Ventajas:** Valores en tiempo real, alta resolución, valores máximos y mínimos. Los valores máximos permiten establecer situaciones de alerta para establecer medidas de contingencia.

**Desventajas:** Costo elevado en adquisición, operación, mantenimiento y calibración. Requiere de personal técnico altamente capacitado.



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

## METODOS AUTOMÁTICOS

EQUIPO ANALIZADOR GASES	METODO/PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO
Analizador de CO	Infrarrojo no dispersivo/Radiación infrarroja pasa a través de una celda conteniendo la muestra del gas CO y la absorción cuantitativa es medida en un fotómetro no dispersivo. La absorción medida es convertida en una señal eléctrica que es relacionada con la concentración del CO en el aire.
Analizador de SO2	Fluorescencia UV/Se excita las moléculas de SO2 con Ruv en el intervalo 230 a 190 nm, las cuales luego decaen a su nivel energético fundamental, emitiendo una radiación fluorescente característica. La intensidad de la radiación emitida es directamente proporcional a la concentración del gas SO2 en el aire.
Analizador de H2S	Fluorescencia UV/
Analizador de NO2	Quimioluminiscencia/Reacción química que produce luz fluorescente que es medida por un detector que produce una señal eléctrica que es proporcional a la concentración del NO o NO2
Analizador de O3	Fotometría UV/Ruv de 254 nm de longitud de onda pasa por la celda conteniendo la muestra de aire con O3. Hay otra celda con aire de referencia sin O3. Los detectores miden la intensidad de luz transmitida a través de cada celda. El instrumento determina la concentración de O3 computando la atenuación de luz en las dos celdas.
EQUIPO MONITOR PARTICULAS	
Monitor continuo de PM10	Microbalanza oscilatoria de elementos cónicos/ La muestra de aire pasa a través de un filtro que es parte de un sistema que vibra a su resonancia característica. El material particulado colectado sobre el filtro aumenta la masa vibrante y por lo tanto decrece la frecuencia de oscilación en forma proporcional. La concentración del material particulado es calculado a partir de una calibración que relaciona la frecuencia de vibración y la cantidad de material particulado, teniendo en cuenta el volumen de muestra de aire.
Monitor continuo de PM2.5	Microbalanza oscilatoria



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

# Estación Automática de Monitoreo de la Calidad del Aire Municipalidad de Ate-Senamhi





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

## Implementación de la Estación y operación de los Equipos automáticos de gases



- Los equipos de gases (ozono troposférico  $O_3$ , dióxido de azufre  $SO_2$ , óxidos de nitrógeno  $NO_x$ ) implementados y puestos en operación en la estación de Calidad del aire de Ate-Senamhi



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

## Monitor Continuo de Partículas PM-10 implementado en la estación de calidad del aire de Ate-Senamhi



TEOM 1405  
Thermo SCIENTIFIC

TEOM Data		
Value	MC (µg/m³)	104.00
	30-Min MC (µg/m³)	97.73
	1-Hr MC (µg/m³)	114.47
	8-Hour value (µg/m³)	107.88
Alert	12-Hr MC (µg/m³)	140.56
Time	24-Hr MC (µg/m³)	113.28
	Total mass (µg)	304.78
<hr/>		
Age	Filter loading	17.18 %
	Frequency	2542187 Hz
	Noise	0.00 dB



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

## TEOM (Tapered element oscillating microbalance)



# TEOM (Tapered element oscillating microbalance)

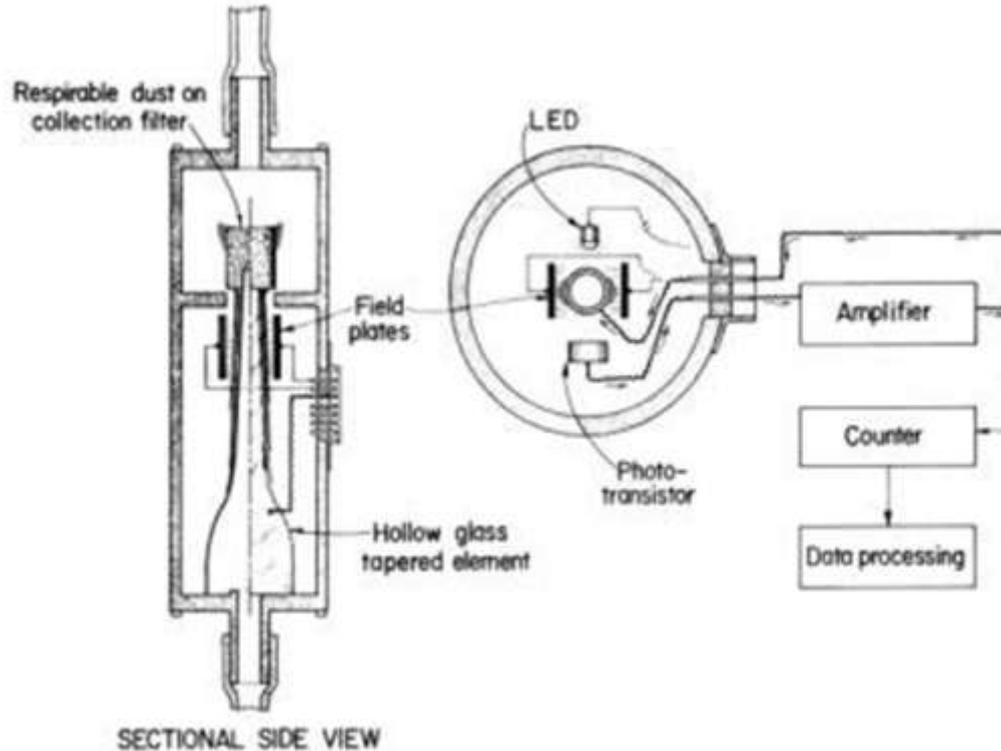


FIGURE 14-7. Typical Arrangement for TEOM® Dust Sensor.

# Funcionamiento y Operación de los equipos automáticos de gases



- Verificando y Cambiando de filtro de los equipos de gases en operación continua, obteniendo datos instantáneos de los equipos de gases ( $O_3$ ,  $SO_2$ ,  $NO_x$ ) vía online.



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

# **METODOS DE BIOINDICADORES**



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

# MUESTREO CON BIOINDICADORES

Implica el uso de especies vivas, generalmente vegetales como árboles y plantas, donde su superficie funge de receptora de contaminantes

Se usan en la estimación de algunos factores ambientales, particularmente de sus efectos. Como el uso de la capacidad de la planta para acumular contaminantes o la estimación de los efectos de los contaminantes en el metabolismo de la planta o en la apariencia de la misma, entre otros.

**Ventajas:** Bajo costo, útiles para identificar la presencia y efectos de los contaminantes.

**Desventajas:** Pese a que se han desarrollado guías metodológicas, todavía no se han resuelto del todo, **los problemas de estandarización y armonización de estas técnicas.**

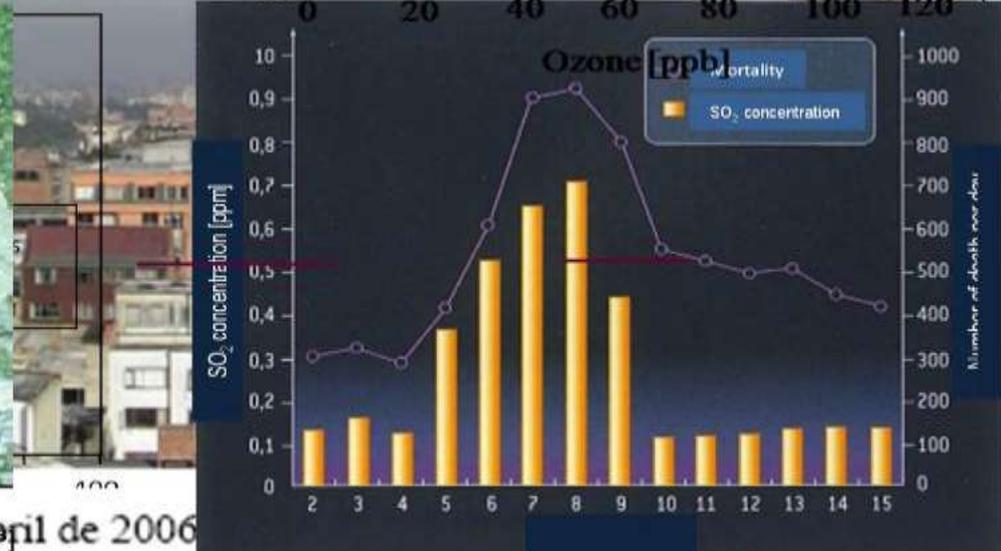
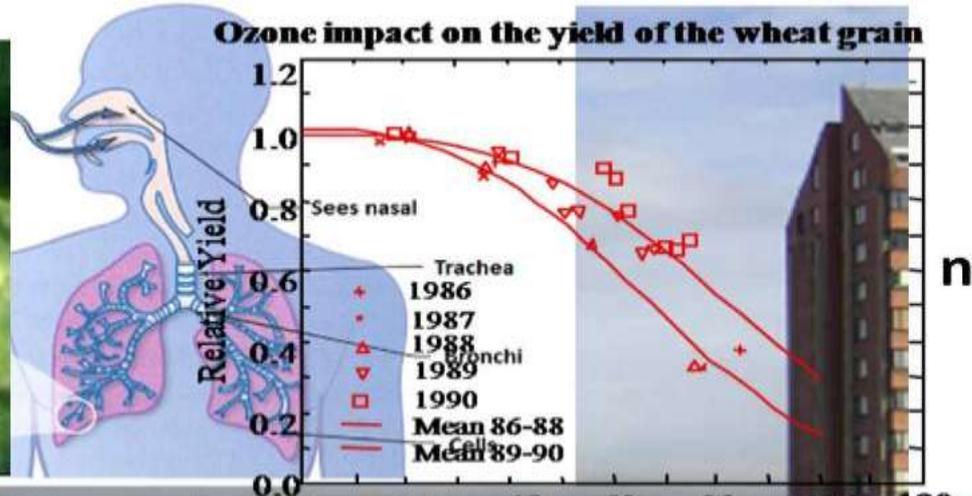


PERÚ

Ministerio del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI

# Efectos de la contaminación del aire



Change in PM10 daily concentrations [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] Foto tomada el 20 de abril de 2006



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

# **METODOS DE SESORES REMOTOS O SATELITALES**



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

# METODOS SATELITALES

**Son los Métodos ópticos de percepción remota y se basan en las técnicas espectrométricas. Consisten en que transmiten un haz de luz de cierta longitud de onda a la atmósfera y miden la energía absorbida.**

**Posibilitan medir en tiempo real las concentraciones de diversos contaminantes.**

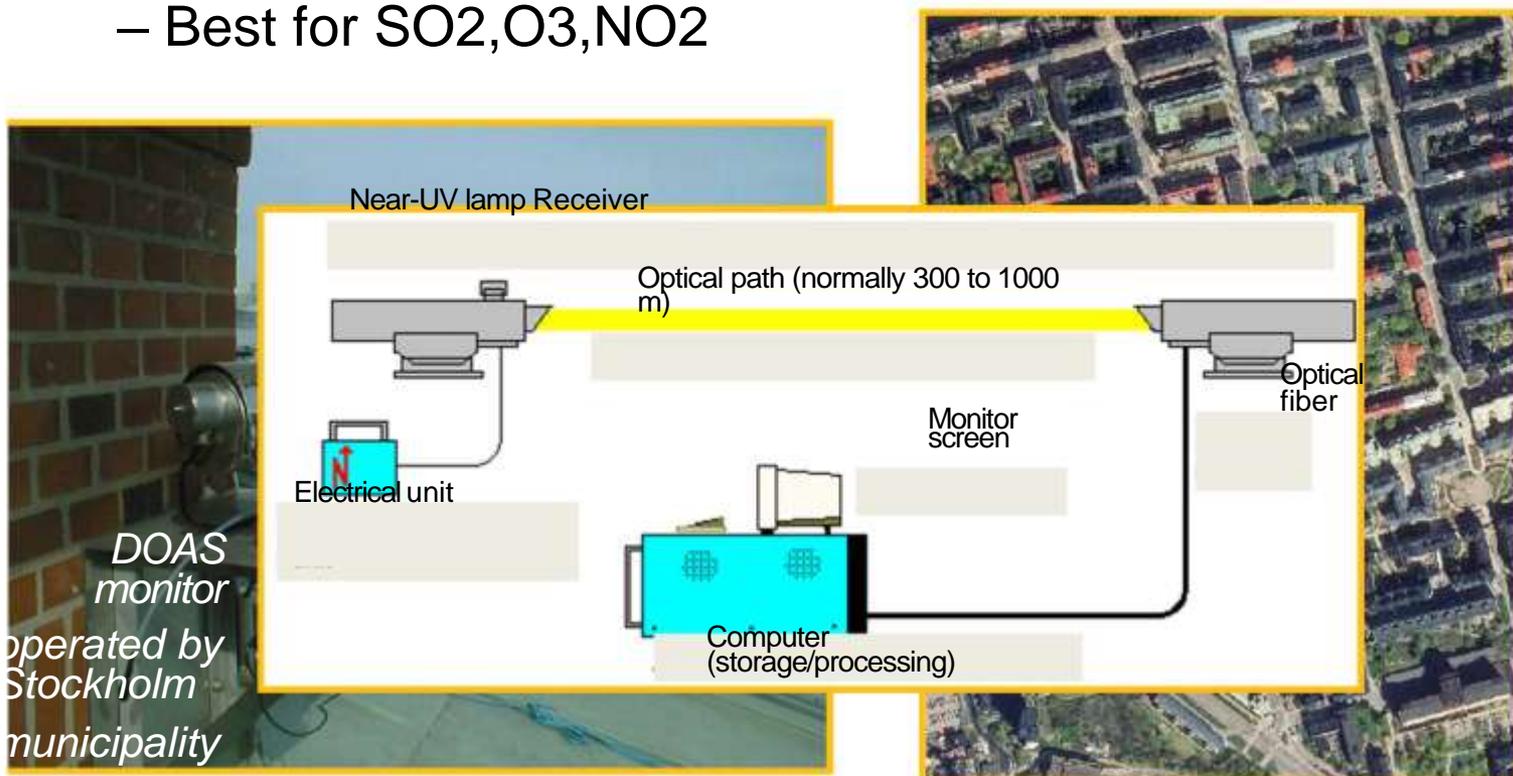
**Los equipos utilizados son los sensores remotos.**

**Ventajas: Valores en tiempo real, alta resolución, mediciones de emisiones de fuentes específicas, mediciones integradas de multicomponentes a lo largo de una trayectoria y mediciones verticales en la atmósfera.**

**Desventajas: Costo muy elevado, requieren de personal altamente capacitado para la operación y calibración, no son siempre comparables con los analizadores automáticos convencionales**

## Remote monitoring gases (DOAS)

- Advantages
  - Spatial integration
  - Low-cost operation
  - Best for SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>
- Disadvantages
  - Expensive
  - NO complicated



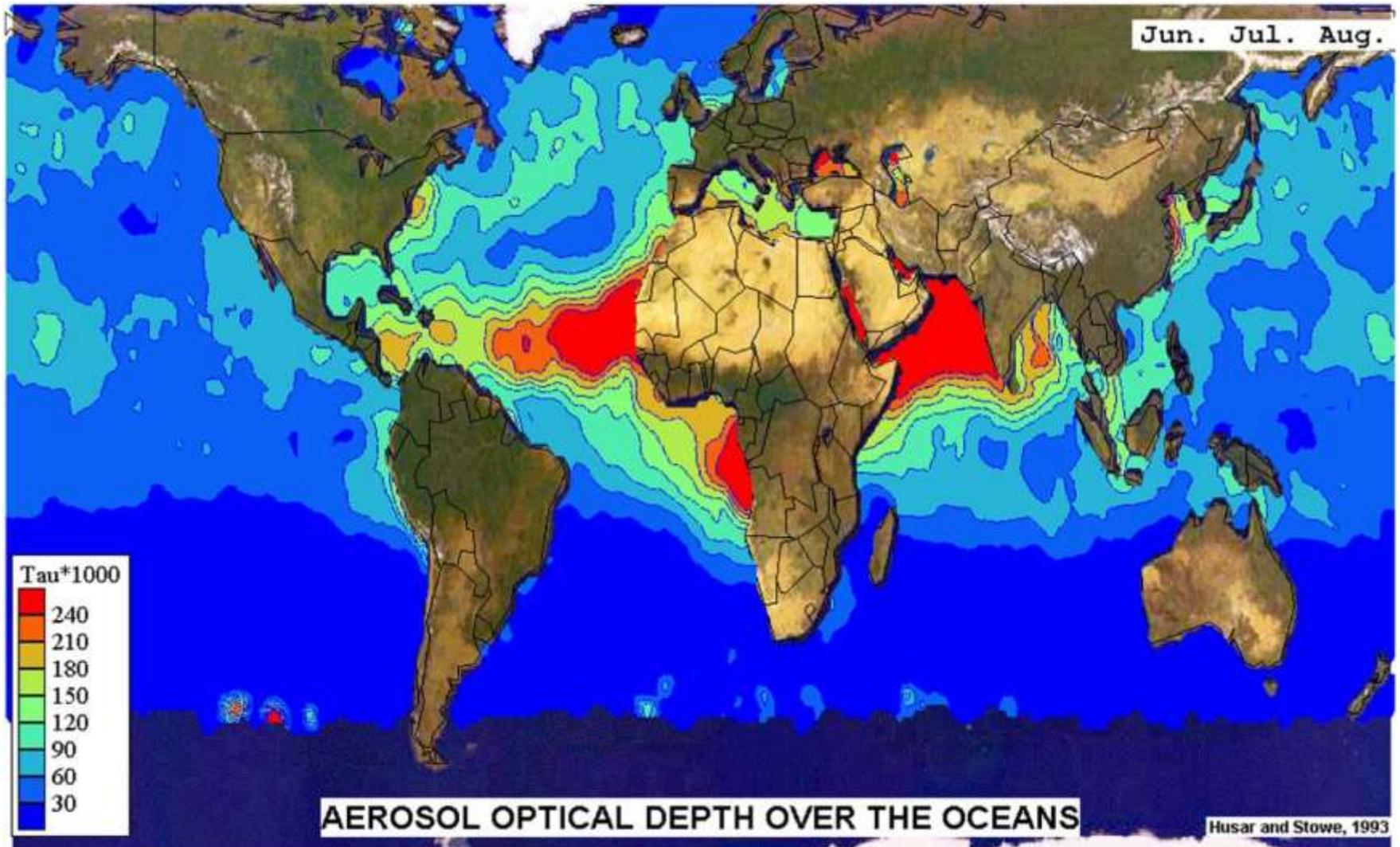


PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

# NOAA AVHRR Aerosol Optical Depth





PERÚ

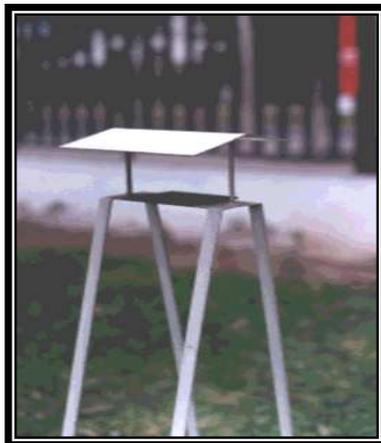
Ministerio del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI

# Metodos y Equipos de Monitoreo



Tubos de difusión



Colectores de polvo atmosférico



Analizadores Automáticos



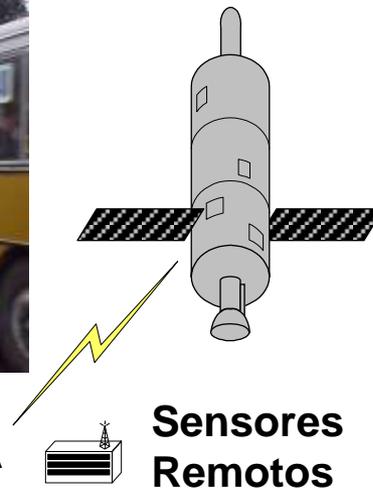
M. de alto volumen



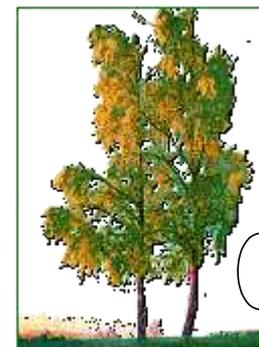
Tren de muestreo



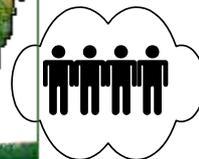
ESTACION METEOROLOGICA AUTOMATICA



Sensores Remotos



Bioindicadores





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

# **RED DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE**

## **DEFINICIÓN**

La vigilancia de la calidad del aire se efectúa a través del Monitoreo Atmosférico, temporal o permanente, mediante muestreo o monitoreo continuo a tiempo real, de acuerdo a los objetivos del estudio o Proyecto.

## **OBJETIVOS**

Generar información derivada, como sustento técnico, para la toma de decisiones que requiere la gestión de la calidad del aire.

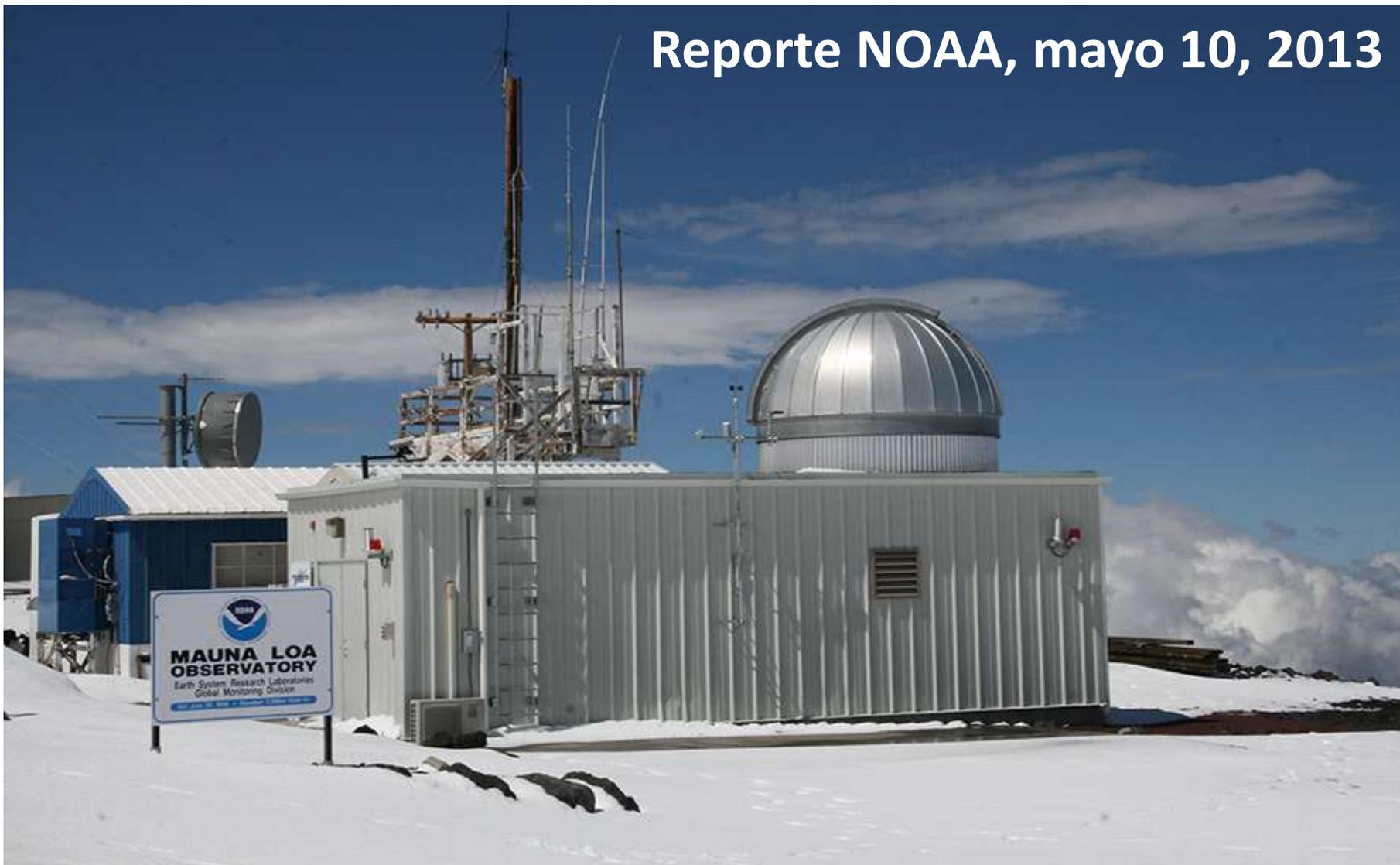


PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

## Reporte NOAA, mayo 10, 2013





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI



**NOAA**

NATIONAL OCEANIC AND  
ATMOSPHERIC ADMINISTRATION  
UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE

Quick Launch News 5/10/2013

# **Carbon Dioxide at NOAA's Mauna Loa Observatory reaches new milestone: Tops 400 ppm**

On May 9, the daily mean concentration of carbon dioxide in the atmosphere of Mauna Loa, Hawaii, surpassed 400 parts per million (ppm) for the first time since measurements began in 1958.

The rate of increase has accelerated since the measurements started, from about 0.7 ppm per year in the late 1950s to 2.1 ppm per year during the last 10 years.



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

## USOS:

- Establecimiento de Estándares de Calidad del Aire.
- Determinar la congruencia con las normas y los criterios legales.
- Evaluación de Efectos de la Contaminación
- Estudio y Evaluación de las Interacciones entre Contaminantes.
- Elaboración de Estrategias de Gestión de la calidad del aire
- Proporcionar información de fuentes y riesgos de contaminación.
- Informar al público acerca de la calidad del aire.
- Llevar a cabo evaluaciones de tendencias a largo plazo.
- Activación de Sistemas de Alerta de Episodios Agudos de Contaminación del Aire
- Planificación del Uso del Terreno reduciendo los Efectos de la Contaminación.
- Medir los efectos de las medidas de control de la calidad del aire.
- Calibrar y evaluar modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos.



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

# ESCALA ESPACIAL– EPA PARA REDES DE MONITOREO

Microescala	Define concentraciones en volúmenes de aire asociados con dimensiones de área de algunos metros hasta 100 m.
Escala Media	Define concentraciones típicas de áreas que pueden comprender dimensiones desde 100m, hasta 0.5 Km.
Escala Local	Define concentraciones en un área con uso de suelo relativamente uniforme, cuyas dimensiones abarcan de 0.5 a 4 Km.
Escala Urbana	Define todas las condiciones de una ciudad con dimensiones en un rango de 4 a 50Km.
Escala Regional	Define generalmente un área rural de geografía razonablemente homogénea y se extiende desde decenas hasta cientos de Kilómetros.
Escala Nacional y Global	Las mediciones que corresponden a esta escala representan concentraciones características de la nación y del mundo como un todo



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

# CLASIFICACIÓN

- Vigilancia Continua y permanente.
- Vigilancia de Estudios Específicos.

## VIGILANCIA FIJA



## VIGILANCIA MOVIL





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

# ETAPAS DE UN SISTEMA DE VIGILANCIA O MONITOREO TEMPORAL

- Selección de los Contaminantes a que se desea estudiar o evaluar.
- Determinación del Número y Ubicación de las Estaciones de monitoreo.
- Selección de los Instrumentos, equipos y Técnicas.
- Definición de las Frecuencias de Muestreo.
- Aplicación de Procedimientos para el Tratamiento y Análisis de los Datos.



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

## DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE ESTACIONES

- Una vez definidos los objetivos del monitoreo, delimitadas las localidades o áreas de estudio y los parámetros que se necesitan monitorear, el paso siguiente es determinar el número de estaciones de muestreo, de manera tal que sean representativos de la calidad del aire de un lugar determinado para poder compararlos con los Estándares de calidad del aire, normas, etc
- Criterios para determinar el Número de Estaciones:
- La población que habita en el área que se pretende vigilar.
- La problemática existente en el área y la representatividad de la estación.
- Los recursos económicos, humanos y tecnológicos disponibles.
- El número y ubicación de zonas de alta contaminación (Hot spots)



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

# NÚMERO DE ESTACIONES EN FUNCIÓN A LA DENSIDAD POBLACIONAL – OMS

## Promedio de Estaciones por Contaminante

Población urbana (millones)	Parámetros de Monitoreo					
	Partículas	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	Oxidantes	CO	P.Met.
Menos de 1	2	2	1	1	1	1
1 – 4	5	5	2	2	2	2
4 – 8	8	8	4	3	4	2
Más de 8	10	10	5	4	5	3



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

## SE PUEDEN MODIFICAR ESTOS VALORES, CON LOS SIGUIENTES CRITERIOS:

- En ciudades con alta densidad industrial deben de instalarse más estaciones para medir partículas y dióxido de azufre.
- En zonas en donde se utilicen combustibles pesados se deben incrementar las estaciones de dióxido de azufre.
- En zonas con tránsito intenso se duplican las estaciones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y oxidantes.
- En ciudades con población mayor a 4 millones de habitantes, con tráfico ligero, se pueden reducir las estaciones de monóxido de carbono.
- En regiones con terreno accidentado, puede ser necesario incrementar el número de estaciones



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

## UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES

- Microgeografía del Área.
- Microclima.
- Estructura Urbana.
- Focos Contaminantes.
- Características y Densidad Demográfica.
- Consideraciones Para la ubicación de las estaciones:
- Accesibilidad.
- Seguridad contra vandalismo.
- Infraestructura. (electricidad, teléfono, etc)
- Libre de Obstáculos y fuentes de emisión cercanas.



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

<b>Obstáculo</b>	<b>Distancia</b>
Arboles y Edificios	Se recomienda radio libre de 10m., alrededor del sitio de muestreo
Fuentes de Emisión: Industriales, Comerciales o móviles	Se recomienda 20m., de distancia del sitio de muestreo

<b>Altura de toma de muestra</b>	<b>Tipo de Estudio</b>
1.5 a 2.5 m.	Para estudios epidemiológicos o de tráfico vehicular.
2.5 a 4 m y hasta 8m.	Estudios de calidad del aire de fuentes fijas.
10m.	Determinación de Parámetros meteorológicos



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

## CRITERIOS DE UBICACIÓN DE ESTACIONES

- Ser representativas del área donde se ubican
- Proporcionar datos comparables con las demás estaciones.
- Ser útiles por lo menos durante todo el periodo de tiempo del estudio.
- Ser accesibles permanentemente.
- Contar con energía eléctrica segura.
- Estar acondicionadas para resistir condiciones extremas de temperatura.



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

## TIEMPO DE TOMA DE MUESTRA:

- Es el periodo de tiempo en que se lleva a cabo la determinación de las concentraciones de los contaminantes. Mientras mas corto es el tiempo de toma de muestra, más altos serán los valores esperados.
- Este tiempo dependerá de los límites de detección del método de muestreo utilizado y de los criterios establecidos en las normas oficiales de cada país.
- La OMS recomienda lo siguiente:
  - Deben ser medidas concentraciones promedio de 24 horas.
  - El monitoreo anual se recomienda para determinar las variaciones estacionales y para obtener promedio anuales.
  - El muestreo diario se recomienda si se necesitan realizar comparaciones significativas a corto plazo.
  - Se requiere de monitoreo con resolución horaria cuando existan condiciones de episodios de contaminación



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

# **EXPERIENCIAS EN PROYECTOS DE REDES DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE**



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

**2005 – 2006; 2008-2010**

**Proyecto Fase I: “Implementación  
de un servicio de pronóstico de la  
calidad del aire en Lima-Callao”**

**Red Automática de 5 estaciones  
de Monitoreo de la Calidad del  
Aire en Lima Metropolitana**

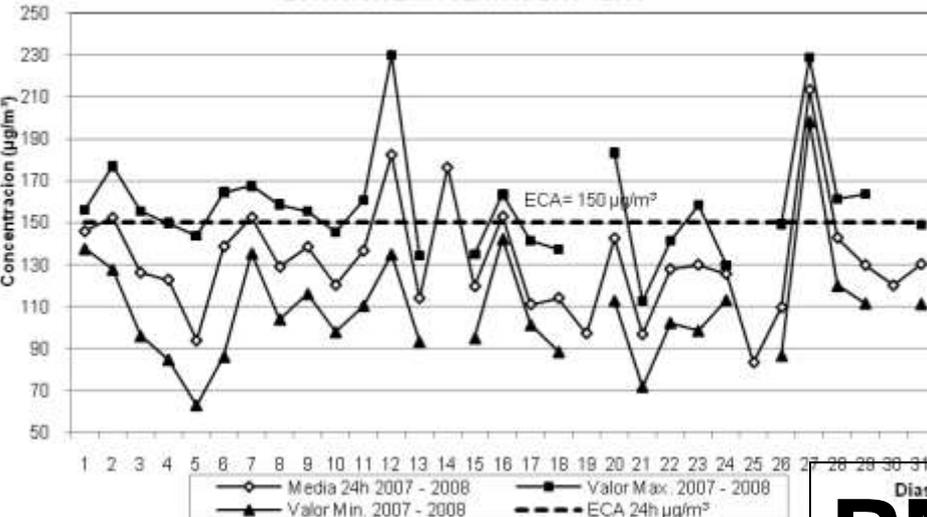


PERÚ

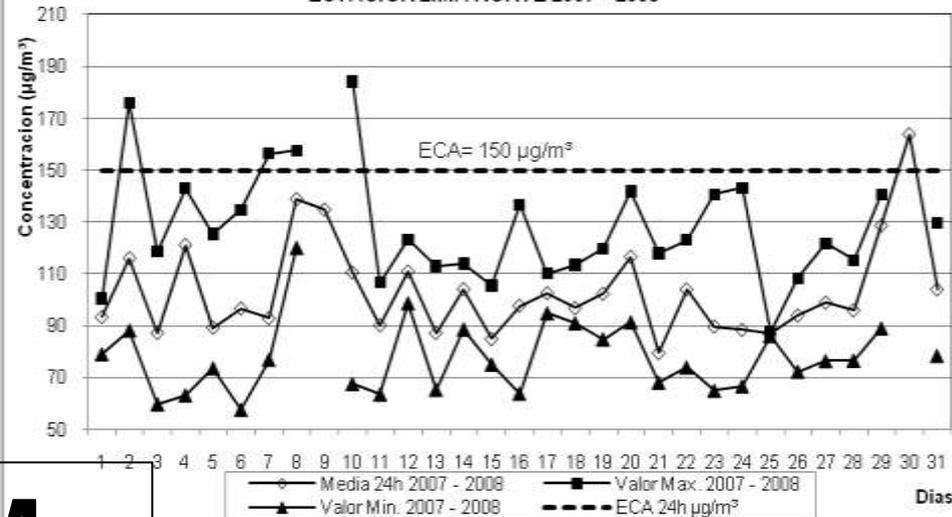
Ministerio del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI

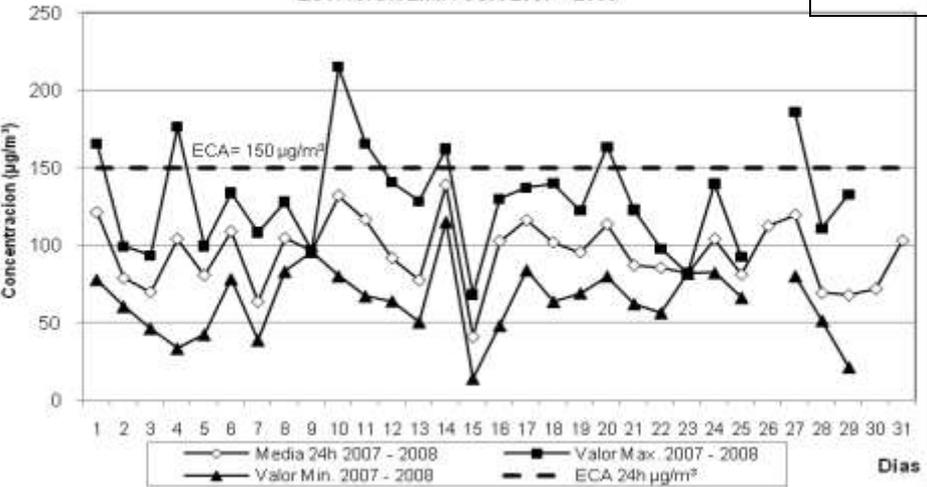
CONCENTRACION MEDIA DIARIA DE PM<sub>10</sub>  
ESTACION LIMA CENTRO 2007 - 2008



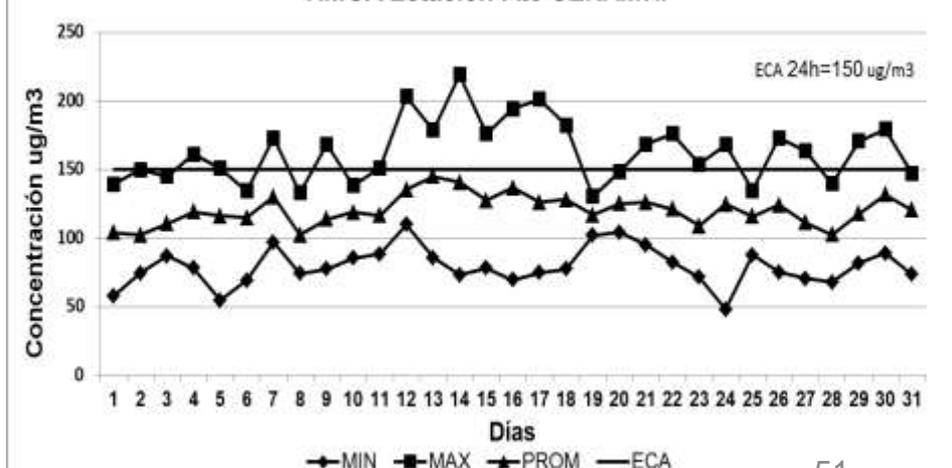
CONCENTRACION MEDIA DIARIA DE PM<sub>10</sub>  
ESTACION LIMA NORTE 2007 - 2008



CONCENTRACION MEDIA DIARIA DE PM<sub>10</sub>  
ESTACION LIMA SUR 2007 - 2008



Promedio Diario de PM-10 Mayo-Noviembre 2010  
RMCA Estación Ate-SENAMHI



PM<sub>10</sub>

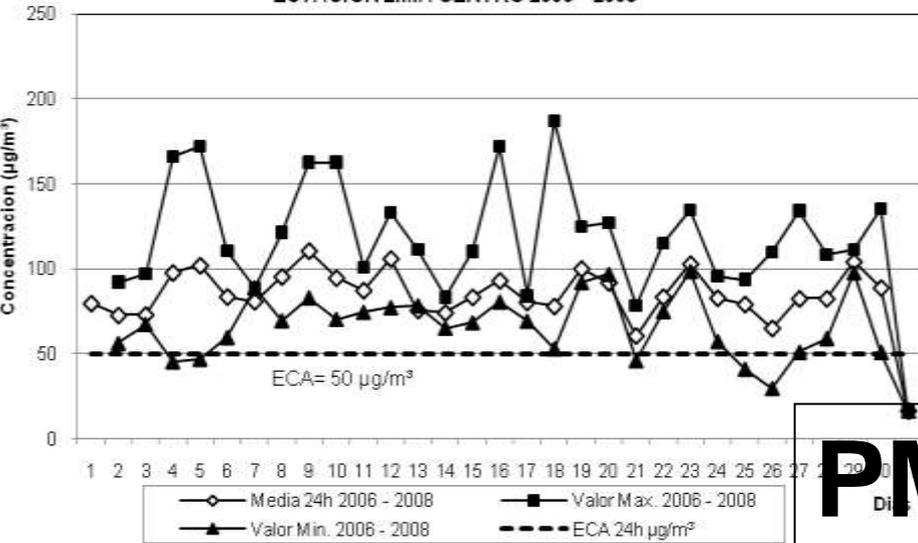


PERÚ

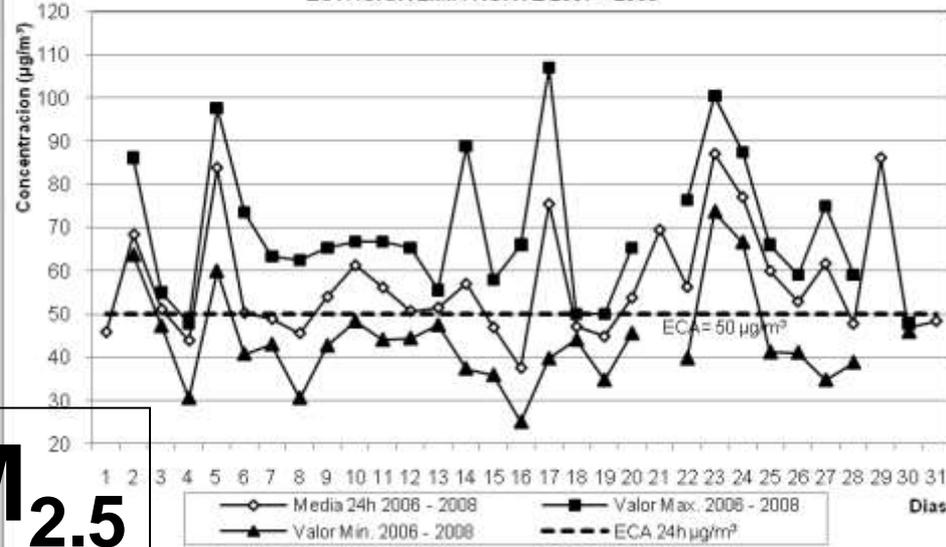
Ministerio del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI

CONCENTRACION MEDIA DIARIA DE PM<sub>2.5</sub>  
ESTACION LIMA CENTRO 2006 - 2008

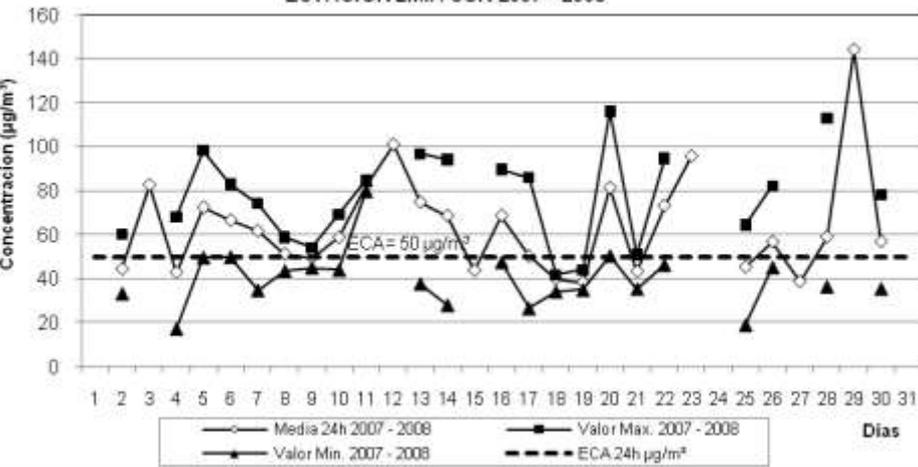


CONCENTRACION MEDIA DIARIA DE PM<sub>2.5</sub>  
ESTACION LIMA NORTE 2007 - 2008

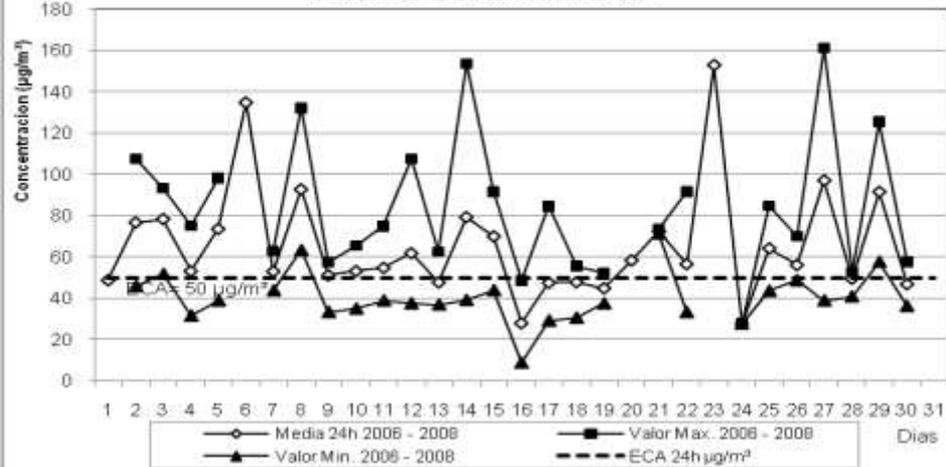


**PM<sub>2.5</sub>**

CONCENTRACION MEDIA DIARIA DE PM<sub>2.5</sub>  
ESTACION LIMA SUR 2007 - 2008



CONCENTRACION MEDIA DIARIA DE PM<sub>2.5</sub>  
ESTACION LIMA ESTE 2006 - 2008

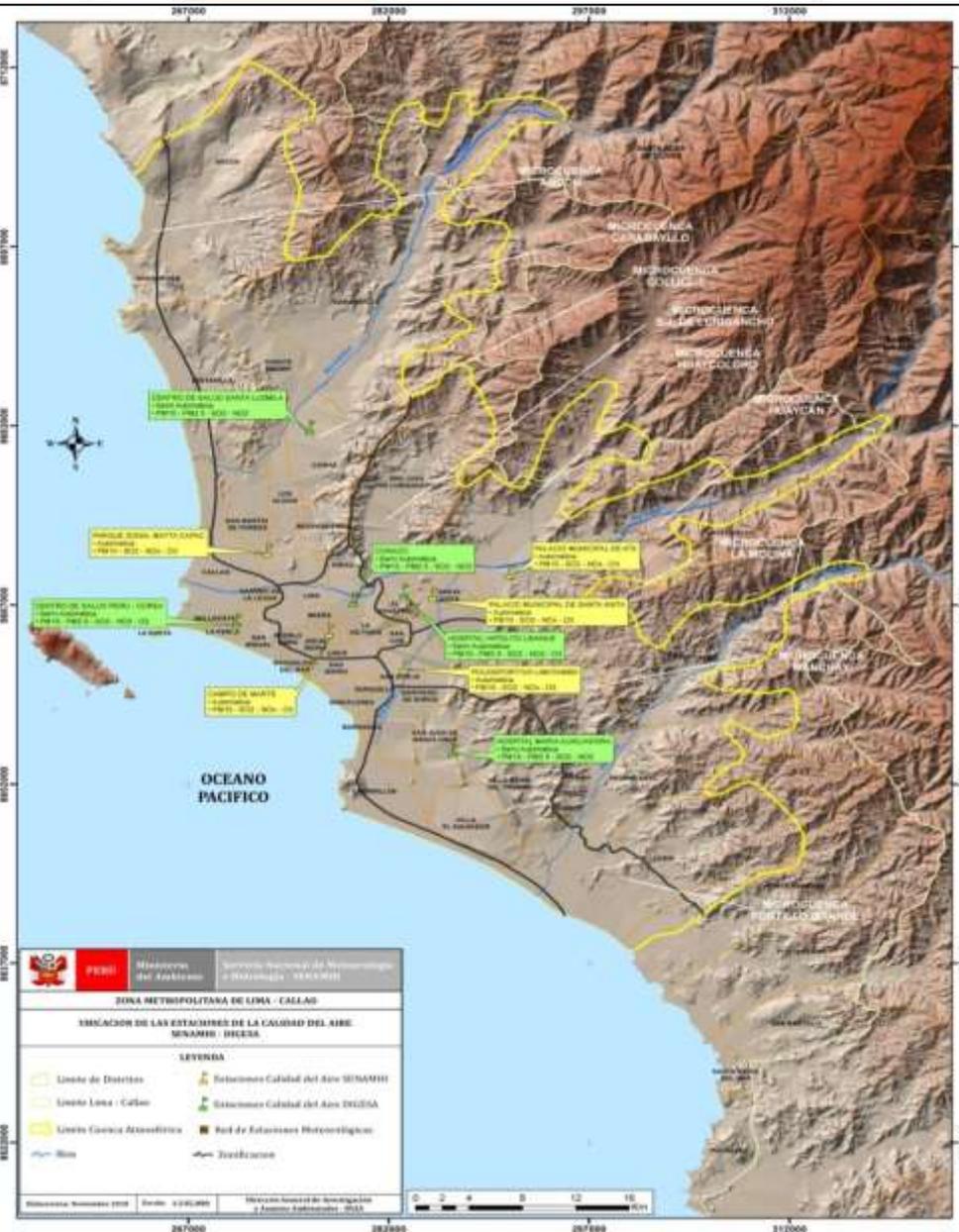




PERÚ

Ministerio del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI



## Red Automática de monitoreo de la calidad del aire en Lima-Callao:

- Lima Centro : 2 Estaciones
- Lima Norte : 2 Estaciones
- Lima este : 3 Estaciones
- Lima Sureste : 1 Estación
- Lima Sur : 1 Estación
- Lima Oeste(Callao): 1 estación



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

**2011-2012; 2013-2015**  
**Proyecto Fase II: “Ampliación,  
mejoramiento de la Red  
Automática de Monitoreo para  
el pronóstico de la calidad del  
aire de la ciudad de Lima»**  
**Red de monitoreo Fase I + Fase II:**  
**Red de 10 Estaciones**



PERÚ

Ministerio del Ambiente

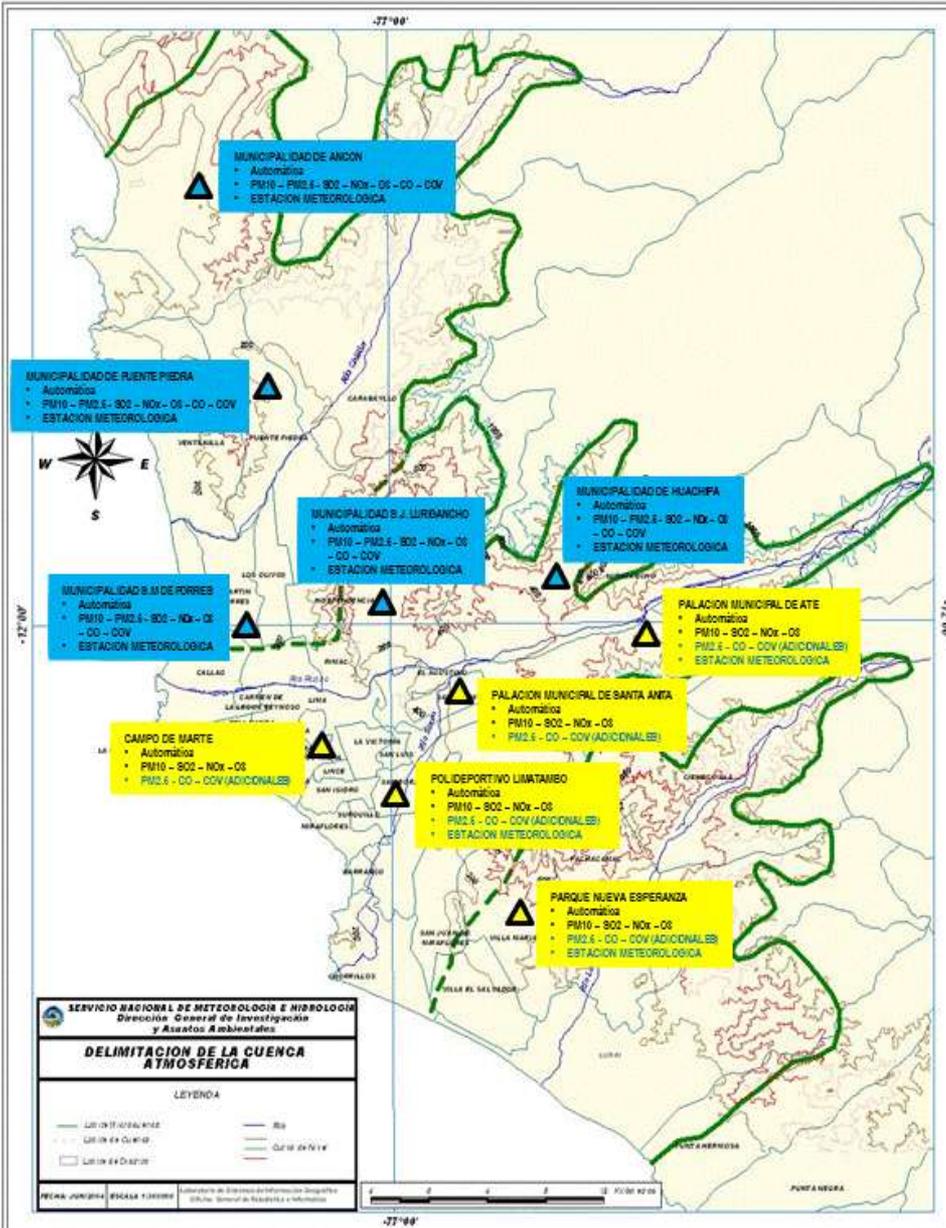
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI

# RED AUTOMÁTICA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LIMA-CALLAO:

## 1<sup>era</sup> FASE: OPERANDO

## 2<sup>da</sup> FASE Proyecto

## Ya aprobado en todos sus niveles y pasa a ejecución





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

# OPERACIONES DE EMPLAZAMIENTO DE CASETA DE ESTACIÓN MUNICIPALIDAD DE "SAN BORJA"





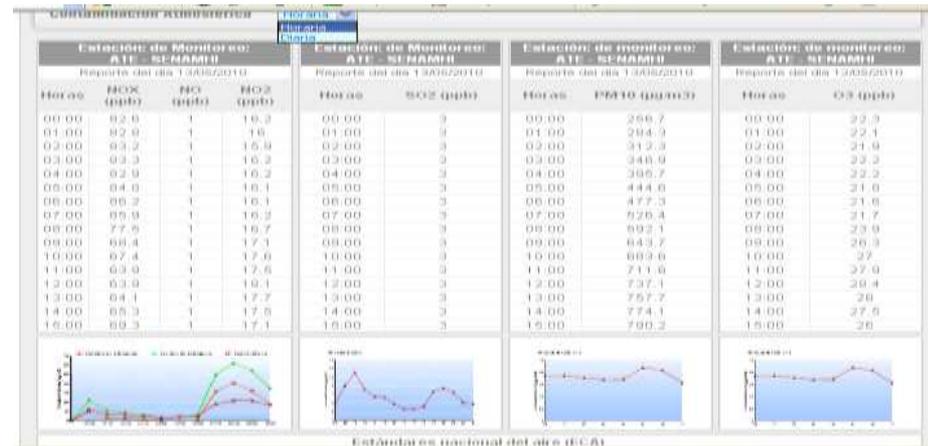
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI



## Estación de la calidad del aire en Lima





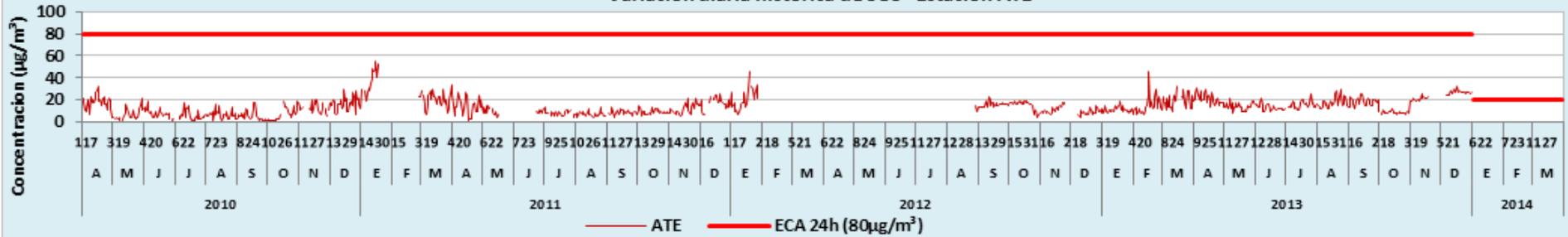
PERÚ

Ministerio del Ambiente

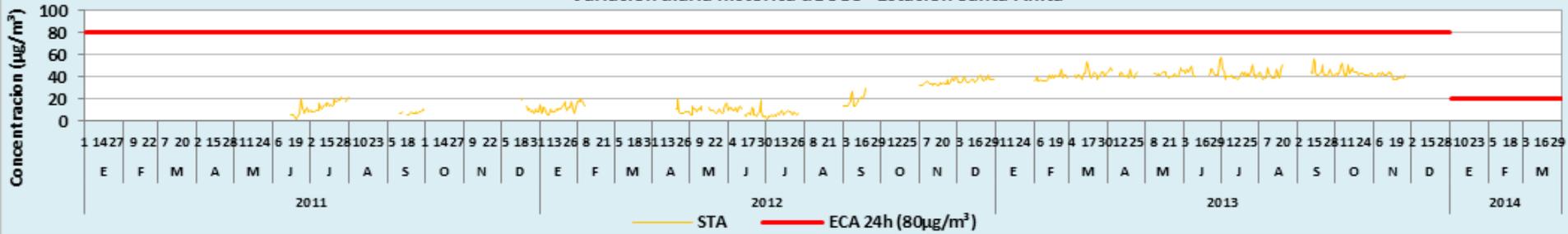
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI

# VARIACIÓN DIARIA HISTÓRICA DE DIÓXIDO DE AZUFRE

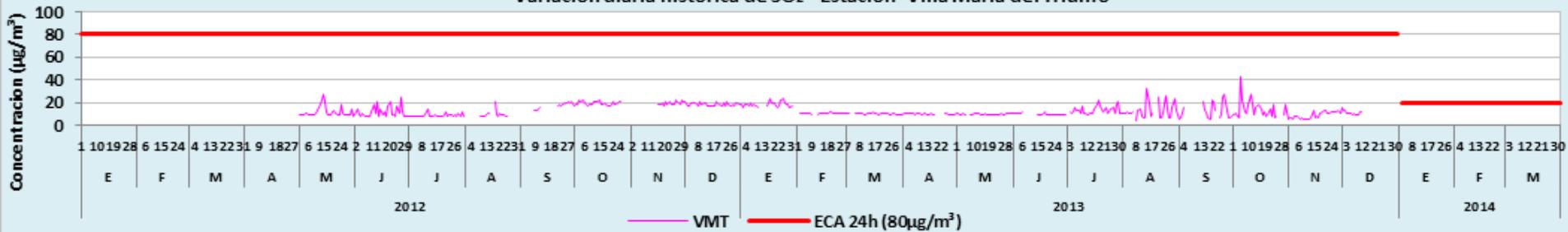
Variación diaria histórica de SO<sub>2</sub> - Estación ATE



Variación diaria histórica de SO<sub>2</sub> - Estación Santa Anita



Variación diaria histórica de SO<sub>2</sub> - Estación Villa María del Triunfo





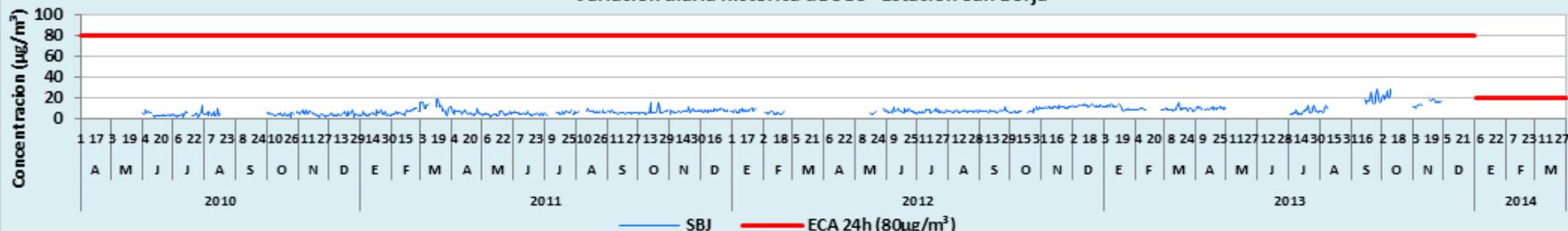
PERÚ

Ministerio del Ambiente

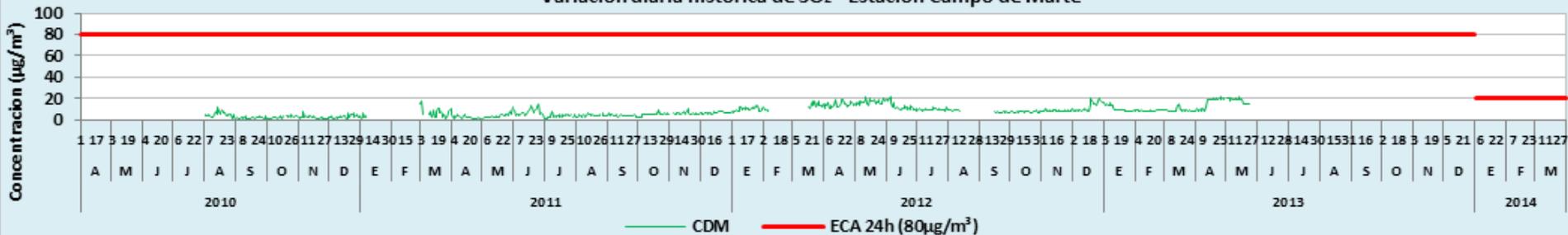
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI

# VARIACIÓN DIARIA HISTÓRICA DE DIÓXIDO DE AZUFRE

Variación diaria histórica de SO<sub>2</sub> - Estación San Borja



Variación diaria histórica de SO<sub>2</sub> - Estación Campo de Marte





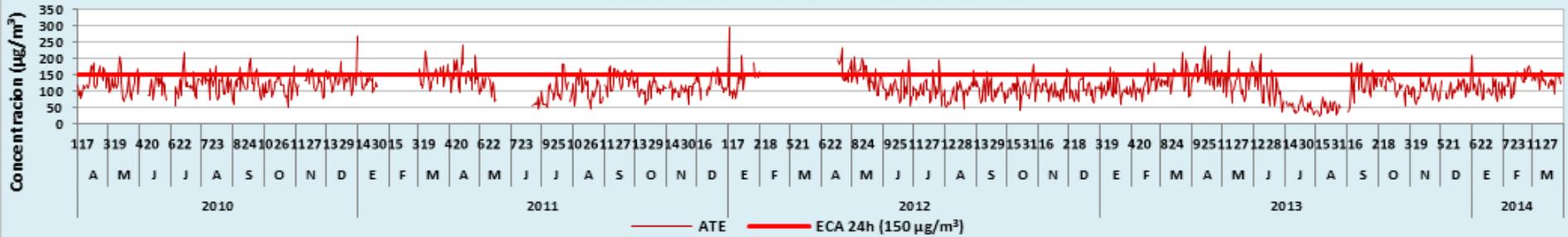
PERÚ

Ministerio del Ambiente

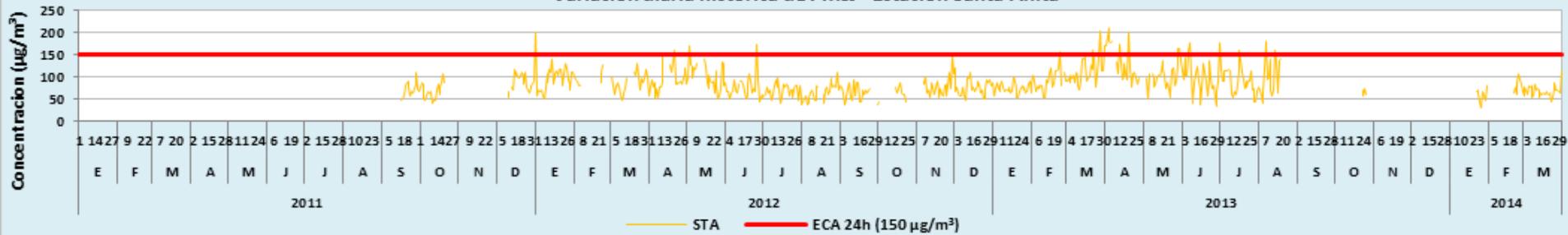
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI

# VARIACIÓN DIARIA HISTÓRICA DE MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICROMETROS

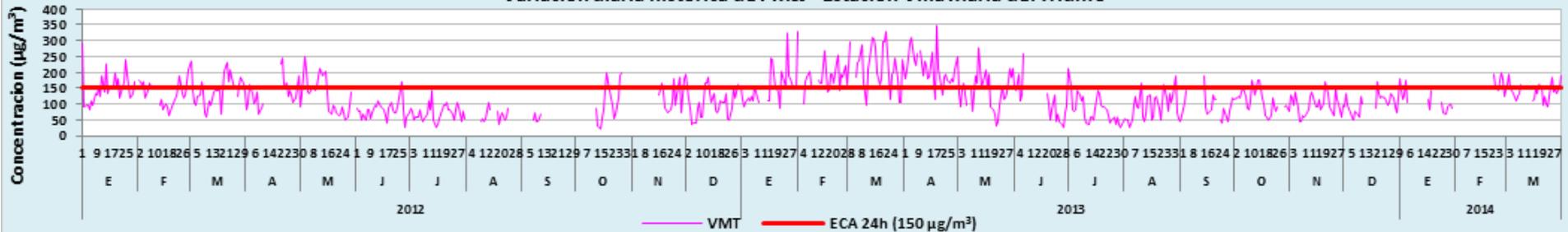
### Variación diaria histórica de PM<sub>10</sub> - Estación Ate



### Variación diaria histórica de PM<sub>10</sub> - Estación Santa Anita



### Variación diaria histórica de PM<sub>10</sub> - Estación Villa María del Triunfo





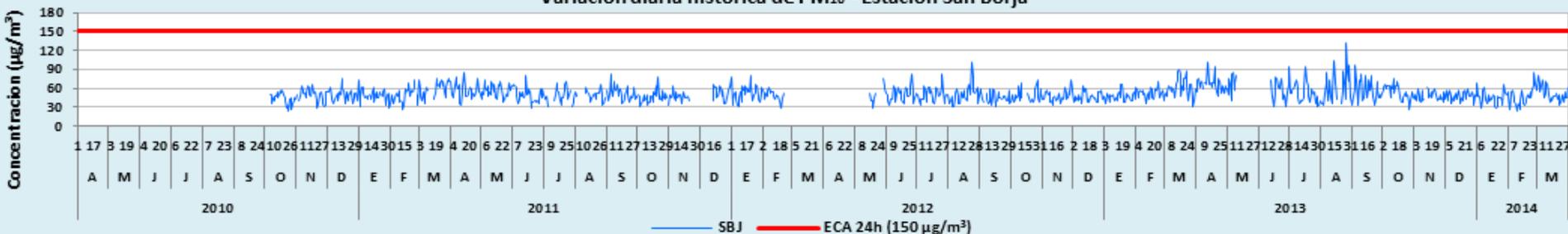
PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

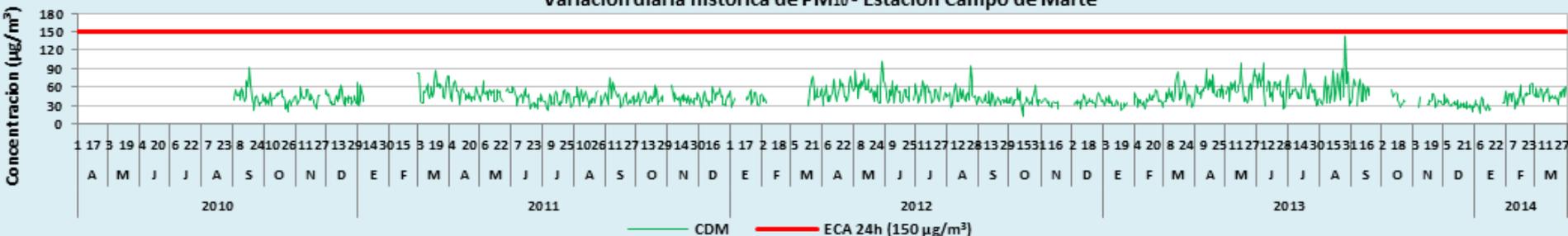
Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

# VARIACIÓN DIARIA HISTÓRICA DE MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICROMETROS

Variación diaria histórica de PM<sub>10</sub> - Estación San Borja



Variación diaria histórica de PM<sub>10</sub> - Estación Campo de Marte



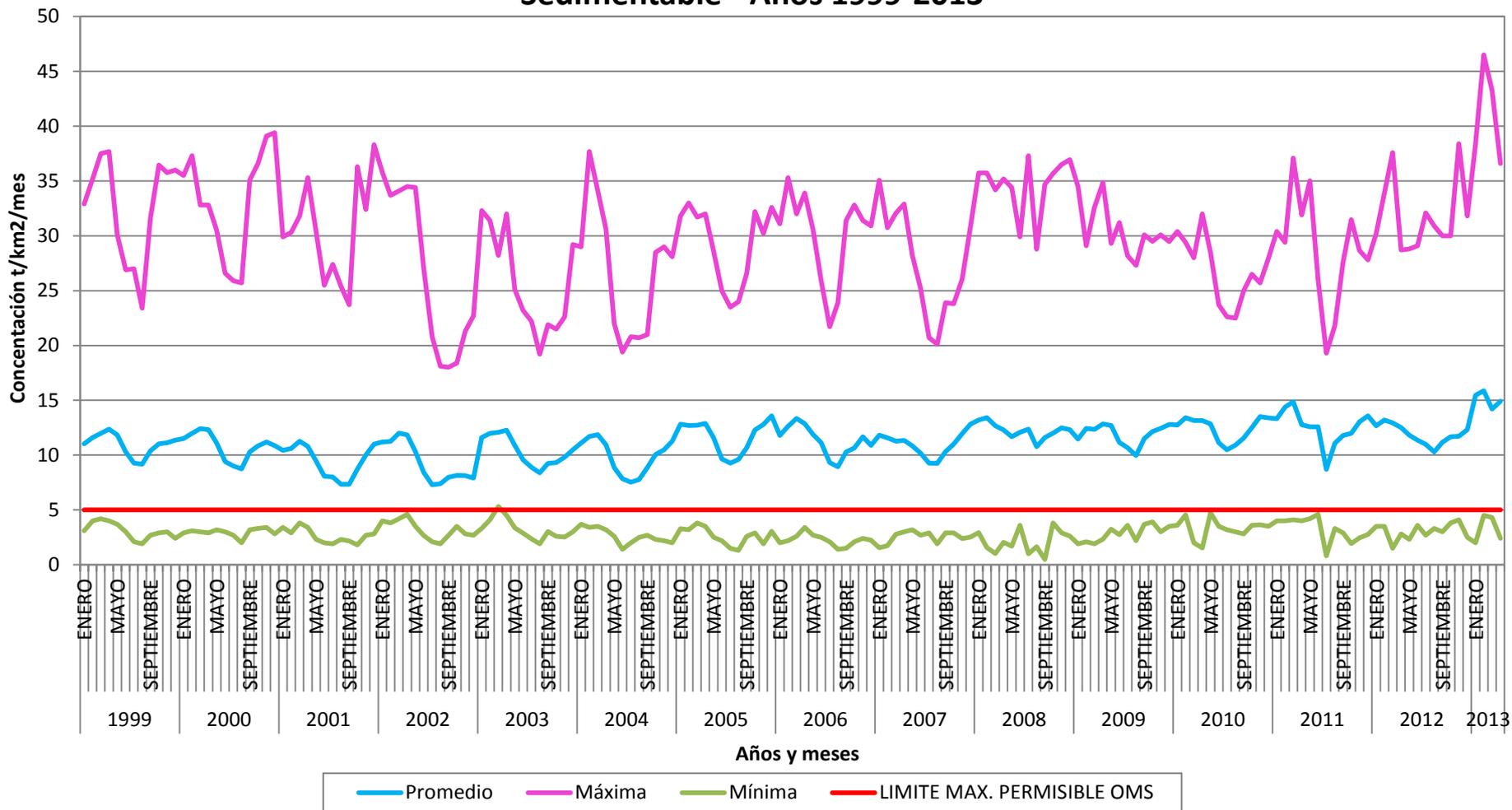


PERÚ

Ministerio del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI

## Concentraciones Máximas, Mínimas y Promedios de Polvo Atmosférico Sedimentable - Años 1999-2013





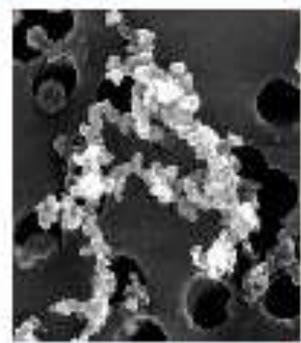
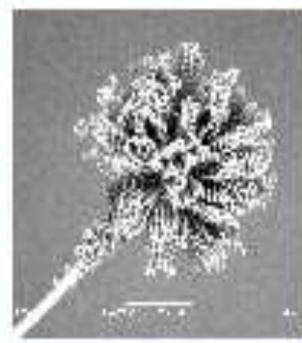
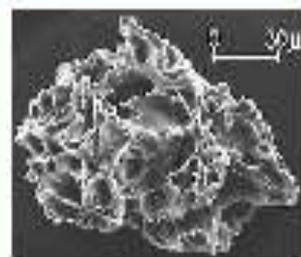
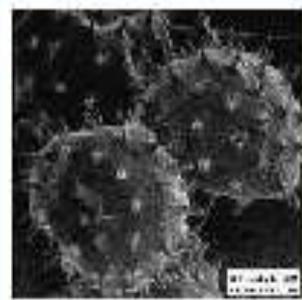
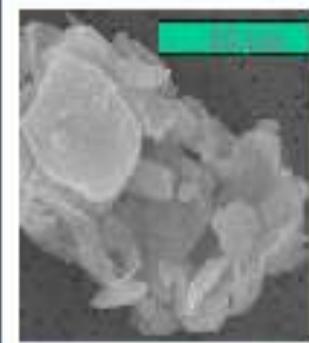
PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

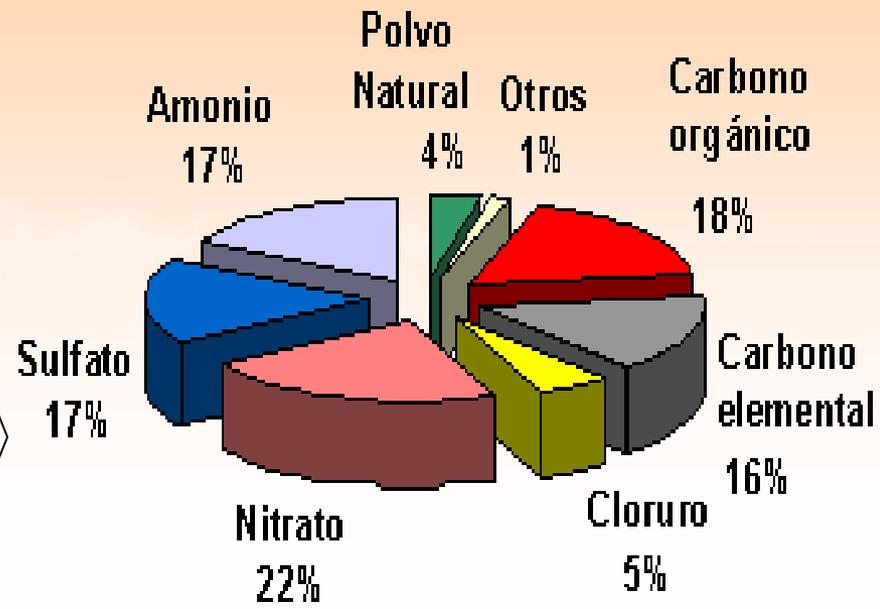
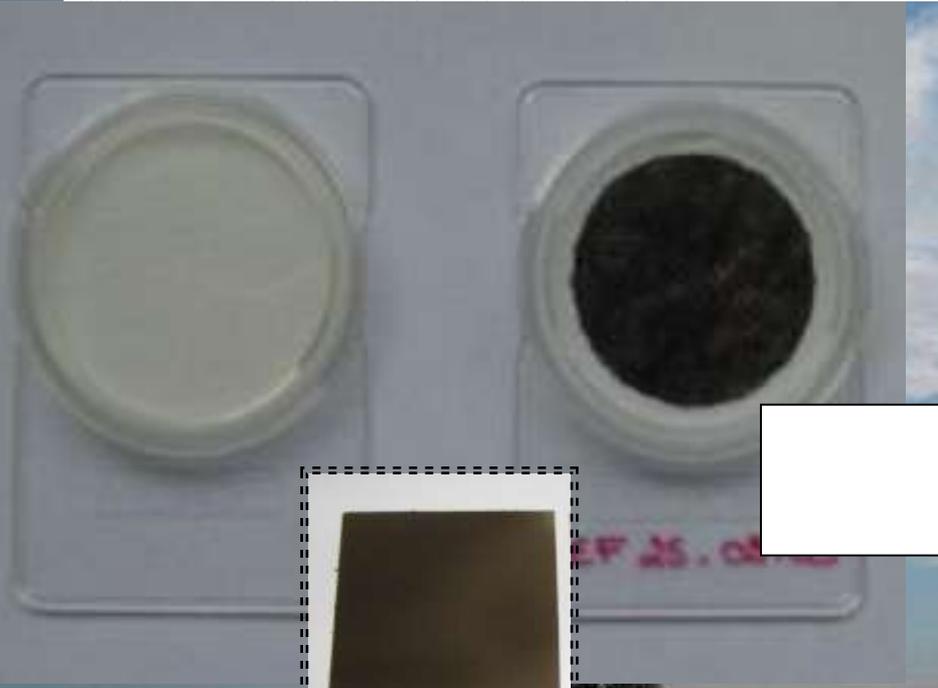
Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

## **CONTAMINANTES QUE SE VIGILARÁN:**

- **Particulas : PM10**
- **Particulas : PM2.5**
- **Gases:**
  - Dioxido de Azufre**
  - Oxidos de Nitrogeno**
  - Ozono Troposferico**
  - Monoxido de carbono**
- **Meteorologia: Precipitación, T, HR, V (VV y DD), Presión, R Solar y Ruv.**



Imágenes de microscopio electrónico de escáner o de transmisión. De izquierda a derecha: partícula procedente del desierto (fuelle: A. Gaudichet, LISA); polen hibiscus (fuelle:<http://uq.edu.au/nanoworld>); ceniza procedente de una erupción volcánica del Mount St. Helens (fuelle:<http://volcanoes.usgs.gov>); mohos de interiores (fuelle:M. Boissier, CSTB); partícula de hollín (MPI de Química, Mainz).





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

# **El programa de vigilancia de la contaminación del aire SENAMHI / DGIA**

**1999- a la actualidad**

## **RESULTADOS**

- **BOLETINES DEL 2000-A LA ACTUALIDAD**
- **RELATORIO ANUAL DE LA VIGILANCIA Y PRONÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE**
- **ARTICULOS DE INVESTIGACION CON EVIDENCIAS PARA LA TOMA DE DECISIONES**



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

# **Conclusiones; GENERACION Y PUBLICACION DE NORMAS PARA LA TOMA DE DECISIONES:**

- **Los estándares nacionales de calidad ambiental del aire.**
- **Los Límites Máximos Permisibles de emisiones de contaminantes.**



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

# Enfoques tradicionales en la gestión de la calidad del aire

Licencias

Monitoreo de cumplimiento

Penalización



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

# **Enfoques innovadores en la gestión de la calidad del aire**

**Prevención de la contaminación**

**Incentivos basados en el mercado**

**Negociación de los reglamentos**



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

## EN LAS REGIONES:

- Perfil de proyectos SNIP para:
- Ica
- Arequipa
- Tacna
- Y progresivamente para las 31  
Zonas de Atención Prioritaria  
en coordinación con el MINAM,  
GOREs Y Gobiernos Locales



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

## **LA LEY 24031-LEY ORGANICA DEL SENAMHI. TITULO II: FUNCIONES**

**En el Art. 4. Literal n. El SENAMHI queda encargado de organizar, normar y promover un sistema de vigilancia atmosférica del país, a fin de prevenir los peligros de la contaminación ambiental.**

### **SU REGLAMENTO: CAPITULO II: DE LA FINALIDAD Y OBJETIVOS**

#### **Art 4: Son objetivos del SENAMHI**

**Literal a. Numeral 3. La preservación del medio ambiente atmosférico mediante una vigilancia permanente de las condiciones meteorológicas que pueda favorecer la contaminación general del aire, detectando cualquier cambio en la composición de la atmósfera y su posible efecto sobre el clima**



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI

**MUCHAS GRACIAS A  
TODOS**