

HOMOLOGACIÓN DEL CÁLCULO DEL INDICADOR DE CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE MATERIAL PARTICULADO PM2.5 EN EL AIRE

Resolución de la Comisión Especial de Estadística Ambiental- CEEA 003-2016

HOMOLOGACIÓN DEL CÁLCULO DEL INDICADOR DE CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE MATERIAL PARTICULADO PM2.5 EN EL AIRE

Con el fin de dar cumplimiento a los objetivos y metas planteados en el plan de trabajo de la Comisión y en beneficio de la construcción y definición de indicadores que repliquen la situación real del sector de Ambiente y que sirvan para la comparación nacional e internacional. La Comisión Especial de Estadística Ambiental, mediante la reunión mantenida, el día 03 de junio de 2016, estableció, discutió y consensuó la metodología de cálculo del indicador de Concentración promedio anual de material particulado PM2.5 en el aire, resolviendo:

METODOLOGÍA DE CÁLCULO DEL INDICADOR DE CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE MATERIAL PARTICULADO PM2.5 EN EL AIRE

Nombre del Indicador: Concentración promedio anual de material particulado PM2.5 en el aire.

Definición: Muestra la concentración promedio anual de material particulado PM2.5 presente en la atmósfera, como consecuencia de la entrada en suspensión de material particulado de diámetro aerodinámico menor a 2.5 micrones.

Fórmula de cálculo del Indicador:

$$CPM2.5 = \frac{\sum_{k=1}^n PM2.5_k}{N}$$

Donde:

CPM2.5= Concentración de Material Particulado PM2.5 promedio anual.

PM2.5_k= Concentración promedio mensual de Material Particulado PM2.5 observado en el mes k.

N= Número de meses monitoreados en el año establecido.

Definiciones de las Variables Relacionadas en el Cálculo Oficial del Indicador Concentración promedio anual de material particulado PM2.5 en el aire.

PM2.5.- Se designa como PM2.5 al material particulado de diámetro aerodinámico menor a 2.5 micrones. (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Norma de Calidad del Aire Ambiente o Niveles de Inmisión. Libro VI. Anexo 4).

Material Particulado.- Está constituido por material sólido o líquido en forma de partículas, con excepción del agua no combinada, presente en la atmósfera. (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Norma de Calidad del Aire Ambiente o Niveles de Inmisión. Libro VI. Anexo 4).

HOMOLOGACIÓN DEL CÁLCULO DEL INDICADOR DE CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE MATERIAL PARTICULADO PM2.5 EN EL AIRE

Monitoreo.- Es el proceso programado de coleccionar muestras, efectuar mediciones, y realizar el subsiguiente registro, de varias características del ambiente, a menudo con el fin de evaluar conformidad con objetivos específicos. (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Norma de Calidad del Aire Ambiente o Niveles de Inmisión. Libro VI. Anexo 4).

Norma de calidad de aire ambiente o nivel de inmisión.- Es el valor que establece el límite máximo permisible de concentración, a nivel del suelo, de un contaminante del aire ambiente durante un tiempo promedio de muestreo determinado, definido con el propósito de proteger la salud y el ambiente. Los límites permisibles descritos en esta norma de calidad de aire ambiente se aplicarán aquellas concentraciones de contaminantes que se determina fuera de los límites del predio de los sujetos de control o regulados. (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Norma de Calidad del Aire Ambiente o Niveles de Inmisión. Libro VI. Anexo 4).

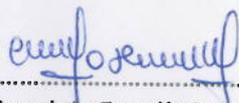
El Anexo 4, Norma de Calidad del Aire Ambiente o Niveles de Inmisión del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, manifiesta que el promedio aritmético de la concentración de PM2.5 de todas las muestras en un año no deberá exceder de quince microgramos por metro cúbico (15 µg/m³)

CONCLUSIONES

Los valores del indicador muestran la concentración promedio de material particulado (PM2.5) presente en la atmósfera en un año determinado, sea por actividades humanas o por procesos naturales, cuyo valor límite se establece en la normativa vigente para este contaminante.

HOMOLOGACIÓN DEL CÁLCULO DEL INDICADOR DE CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE MATERIAL PARTICULADO PM2.5 EN EL AIRE

Instituciones Miembros de la Comisión que Sumillan el Acta: Resolución de la Comisión Especial de Estadística Ambiental- CEEA 003-2016



.....
**Instituto Nacional de Estadística y Censos
Presidencia de la Comisión**



.....
**Ministerio del Ambiente
Miembro de la Comisión**



.....
**Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos
Miembro de la Comisión**



.....
**Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo
Miembro de la Comisión**

FICHA METODOLÓGICA

NOMBRE DEL INDICADOR

Concentración promedio anual de material particulado $PM_{2.5}$ en el aire

DEFINICIÓN

Muestra la concentración promedio anual de material particulado $PM_{2.5}$ presente en la atmósfera, como consecuencia de la entrada en suspensión de material particulado de diámetro aerodinámico menor a 2.5 micrones.

FÓRMULA DE CÁLCULO

$$CPM2.5 = \frac{\sum_{k=1}^n PM2.5_k}{N}$$

Donde:

- CPM2.5:** Concentración de material particulado $PM_{2.5}$ promedio anual.
PM2.5k: Concentración promedio mensual de material particulado $PM_{2.5}$ observado en el mes k.
N: Número de meses monitoreados en el año establecido.

DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES RELACIONADAS

PM2.5.- Se designa como $PM_{2.5}$ al material particulado de diámetro aerodinámico menor a 2.5 micrones. (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Norma de Calidad del Aire Ambiente o Niveles de Inmisión. Libro VI. Anexo 4).

Material Particulado.- Está constituido por material sólido o líquido en forma de partículas, con excepción del agua no combinada, presente en la atmósfera. (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Norma de Calidad del Aire Ambiente o Niveles de Inmisión. Libro VI. Anexo 4).

Monitoreo.- Es el proceso programado de coleccionar muestras, efectuar mediciones, y realizar el subsiguiente registro, de varias características del ambiente, a menudo con el fin de evaluar conformidad con objetivos específicos. (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Norma de Calidad del Aire Ambiente o Niveles de Inmisión. Libro VI. Anexo 4).

Norma de calidad de aire ambiente o nivel de inmisión.- Es el valor que establece el límite máximo permisible de concentración, a nivel del suelo, de un contaminante del aire ambiente durante un tiempo promedio de muestreo determinado, definido con el propósito de proteger la salud y el ambiente. Los límites permisibles descritos en esta norma de calidad de aire ambiente se aplicarán aquellas concentraciones de contaminantes que se determina fuera de los límites del predio de los sujetos de control o regulados. (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Norma de Calidad del Aire Ambiente o Niveles de Inmisión. Libro VI. Anexo 4).

El Anexo 4, Norma de Calidad del Aire Ambiente o Niveles de Inmisión del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, manifiesta que el promedio aritmético de la concentración de $PM_{2.5}$ de todas las muestras en un año no deberá exceder de quince microgramos por metro cúbico ($15 \mu g/m^3$)

METODOLOGÍA DE CÁLCULO

El monitoreo de la calidad del aire, se realiza de acuerdo a lo establecido en el Anexo 4 de la Norma de Calidad Aire Ambiente o Nivel de Inmisión del Libro VI del TULSMA. En la norma vigente se menciona en los numerales 4.1.4. De los métodos de medición de los contaminantes criterio del aire ambiente lo siguiente: "4.1.4.1. La responsabilidad de la determinación de las concentraciones de contaminantes criterio, a nivel del suelo, en el aire ambiente recaerá en la Autoridad Ambiental de Aplicación responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental. Los equipos, métodos y procedimientos a utilizarse en la determinación en la concentración de contaminantes, serán aquellos descritos en la legislación ambiental federal de los Estados Unidos de América (Code of Federal Regulations) por Directiva de la Comunidad Europea y normas ASTM y cuya descripción general

se presenta en la Tabla 2”

Para la obtención de la concentración de $PM_{2.5}$ en el aire, se suma las concentraciones promedio mensuales de $PM_{2.5}$ registradas en las estaciones de monitoreo en las ciudades disponibles, dividido para el número de meses monitoreados en el período de análisis.

Tiempo de muestreo: Periodo de 24 horas continuas.

A nivel internacional, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), en el Manual de Aseguramiento de Calidad de Aire - Sistemas de Medición de la contaminación - Volumen II, recomienda que para que un dato sea válido se requiere que el 75% de las muestras programadas deben ser recogidas y validadas con éxito (9 meses válidos).

De aplicarse el criterio anteriormente descrito, se considerará válido un monitoreo cuando:

- Equipos automáticos.- El cálculo de la concentración mensual cuenta con al menos 23 días de datos válidos

LIMITACIONES TÉCNICAS

Los responsables de realizar el monitoreo de la calidad del aire y de la recolección de información son los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales de Quito y Cuenca, particularmente en Cuenca la estación de monitoreo fue implementada por el Ministerio del Ambiente a través de la firma de un convenio marco de cooperación interinstitucional. Considerando que la responsabilidad del monitoreo de la calidad del aire, no está a cargo de la Autoridad Ambiental Nacional, esto se convierte en una limitación técnica respecto a la generación de información.

Dentro del monitoreo de material particulado, existen factores que limitan la obtención del dato, los mismos se detallan a continuación:

1. Pérdidas de energía eléctrica
2. Rotación de personal
3. Falla de los equipos (Problemas en el motor y en los carbones del motor)
4. Problemas en la parte administrativa por parte de los GAD (Movilización de equipos para mantenimiento).
5. Falta de presupuesto para la adquisición de repuestos y accesorios

UNIDAD DE MEDIDA O EXPRESIÓN DEL INDICADOR	<p>CPM_{2.5}: Microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</p> <p>PM_{2.5k}: Microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</p> <p>N: Número (Nro.)</p>
INTERPRETACIÓN DEL INDICADOR	Los valores del indicador muestran la concentración promedio de material particulado ($PM_{2.5}$) presente en la atmósfera en un año determinado, sea por actividades humanas o por procesos naturales cuyo valor límite se establece en la normativa vigente para este contaminante.
FUENTE DE DATOS	<p>Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, Secretaría de Ambiente, Informes anuales sobre la calidad del aire en Quito.</p> <p>Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Cuenca, Empresa Pública Municipal de Movilidad, tránsito y transporte de Cuenca. Informes anuales sobre la calidad del aire en Cuenca.</p>
PERIODICIDAD DEL INDICADOR	Anual
DISPONIBILIDAD DE LOS DATOS	<p>En Quito desde el 2005 hasta el 2015, a través de las siguientes estaciones de monitoreo: Belisario, Camal, Carapungo, Centro, Cotocollao, y Jipijapa.</p> <p>En Cuenca desde el 2013 hasta el 2015, a través de la siguiente estación de monitoreo: Municipio.</p>

Estación	X	Y
	WGS 84 17S	
Quito		
- Belisario	779389	9980085
- Camal	777160	9972341
- Carapungo	784154	9989120
- Centro	777160	9975660
- Cotocollao	778585	9988076
- Jipijapa	780503	9982298
Cuenca		
- Municipio	722201	9679917

NIVEL DE DESAGREGACIÓN

GEOGRÁFICO

GENERAL

No aplica.

OTROS ÁMBITOS

No aplica.

INFORMACIÓN GEO-REFERENCIADA

Sistema de referencia:

Sistema de Coordenadas UTM, Datum WGS 84, Zona 17S

Formato de información georeferenciada:

Formato punto: Shapefile (*.shp)

RELACIÓN CON INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN NACIONAL E INTERNACIONAL

Plan Nacional para el Buen Vivir 2013 – 2017

Objetivo 7: Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global.

Política 7.8: Prevenir, controlar y mitigar la contaminación ambiental en los procesos de extracción, producción, consumo y postconsumo.

Política Ambiental Nacional.

Política 4: Prevenir y controlar la contaminación ambiental para mejorar la calidad de vida.

Estrategia 1: Prevención de la contaminación y mitigación de sus efectos, así como reparación del ambiente.

Comunidad Andina de Naciones (CAN).

Indicador N° 48: Concentración de PM_{2.5} en el aire.

Marco de Desarrollo de Estadísticas Ambientales (MDEA)

Componente 1 Condiciones y Calidad ambiental 1.3.1 Calidad del Aire: Niveles de concentración de material particulado (MP_{2.5}).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE LA CONSTRUCCIÓN DEL INDICADOR

Acuerdo Ministerial No. 061. Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, Libro VI de la Calidad Ambiental (2015).

Acuerdo Ministerial No. 097 - A., a través del Registro Oficial No. 387 del 04 de noviembre de 2015. Expide los Anexos del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Libro VI. Anexo 4. Norma de Calidad del Aire Ambiente o Nivel de Inmisión, (2015).

Marco para el Desarrollo de Estadísticas Ambientales (MDEA) de la División de Estadística de las Naciones Unidas (2013).

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), Manual de Aseguramiento de Calidad de Aire - Sistemas de Medición de la

	contaminación - Volumen II, (1998) Estándares Primarios y Secundarios Ambientales de Calidad de Aire de los Estados Unidos. Anexo 40 CFR 50, (1971).	
FECHA DE ELABORACIÓN DE LA FICHA METODOLÓGICA	Diciembre, 2009.	
FECHA DE LA ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN DE LA FICHA	Mayo, 2016.	
CLASIFICADOR SECTORIAL	Ambiente	02
ELABORADO POR	Comisión Especial de Estadística Ambiental	

ANEXOS

ANEXO 1: Algoritmo de cálculo del Indicador

SINTAXIS

1. ENCABEZADO DE SINTAXIS

- * TÍTULO DE LA SINTAXIS:
- * Concentración Promedio Anual de Material Particulado PM2.5 en el Aire

- * OPERACIÓN ESTADÍSTICA:
- * Indicadores de Calidad de Aire-INEC

- * ENTIDAD EJECUTORA:
- * Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC)

- * UNIDAD TÉCNICA RESPONSABLE:
- * Dirección de Estadísticas Agropecuarias y Ambientales (DEAGA)

```
*****  
* Software estadístico: SPSS 21  
*****  
* Elaborado por:  
* Wilson Monteros.  
* Dirección de Estadísticas Agropecuarias y Ambientales (DEAGA)  
* Instituto Nacional de Estadística y Censos  
*****  
* Revisado por:  
* Jenny Argüello  
* Dirección de Estadísticas Agropecuarias y Ambientales (DEAGA)  
* Instituto Nacional de Estadística y Censos  
* JennyElizabeth.Arguello@inec.gob.ec  
*****  
* Aprobado por:  
* María José Murgueitio  
* Directora de Estadísticas Agropecuarias y Ambientales  
* Instituto Nacional de Estadística y Censos  
* mariajose_murgueitio@inec.gob.ec  
*****
```

2. Código de la Sintaxis

```
GET  
FILE='C:\Users\wmonteros\Desktop\Base Material Particulado PM2.5.sav'.  
DATASET NAME Conjunto_de_datos3 WINDOW=FRONT.  
  
VARIABLE LABELS AÑO 'Año del Indicador'.  
  
VARIABLE LABELS Código 'Código del Cantón'.  
  
VARIABLE LABELS CANTÓN 'Identificador del Cantón'.  
  
VARIABLE LABELS Estación 'Nombre de la Estación'.  
  
VARIABLE LABELS Conteo 'Número de Meses'.
```

*****Estaciones*****

```
USE ALL.
COMPUTE filter_$(Estación = 'Centro').
VARIABLE LABEL filter_$ "Estación = 'Centro' (FILTER)".
VALUE LABELS filter_$ 0 'Not Selected' 1 'Selected'.
FORMAT filter_$ (f1.0).
FILTER BY filter_$.
EXECUTE.
```

freq Estación.

filter off.

*****Parte I*****

```
RENAME VARIABLES ENERO=CMPE.
RENAME VARIABLES FEBRERO=CMPE.
RENAME VARIABLES MARZO=CMPE.
RENAME VARIABLES ABRIL=CMPE.
RENAME VARIABLES MAYO=CMPE.
RENAME VARIABLES JUNIO=CMPE.
RENAME VARIABLES JULIO=CMPE.
RENAME VARIABLES AGOSTO=CMPE.
RENAME VARIABLES SEPTIEMBRE=CMPE.
RENAME VARIABLES OCTUBRE=CMPE.
RENAME VARIABLES NOVIEMBRE=CMPE.
RENAME VARIABLES DICIEMBRE=CMPE.
```

execute.

```
compute PM2.5k = sum.1(CMPE, CMPE, CMPE,
CMPE, CMPE, CMPE, CMPE, CMPE, CMPE, CMPE, CMPE, CMPE).
execute.
```

```
VARIABLE LABELS PM2.5k 'Concentración mensual de material particulado PM2.5
observado en el mes k. (Mensual)'.

```

*****Parte II*****

```
COMPUTE N=NVALID(CMPE, CMPE, CMPE,
CMPE, CMPE, CMPE, CMPE, CMPE, CMPE, CMPE, CMPE, CMPE).
VARIABLE LABELS N 'Número de Meses'.
EXECUTE.
```

*****Parte III*****

Cálculo Concentración de material particulado PM2.5 promedio anual*

```
COMPUTE CPM2.5=PM2.5k / N.
VARIABLE LABELS CPM2.5 'Concentración de material particulado PM2.5 promedio
anual'.
EXECUTE.
```

* Tablas personalizadas.

CTABLES

/VLABELS VARIABLES=AÑO Estación CPM2.5 DISPLAY=LABEL

/TABLE AÑO [C] BY Estación [C] > CPM2.5 [S][MEAN]

/CATEGORIES VARIABLES=AÑO Estación ORDER=A KEY=VALUE EMPTY=EXCLUDE

/TITLES

TITLE='Concentración de material particulado PM2.5 promedio anual, según desglose de años'

CAPTION='Fuente: Inamhi' 'Elaborado por: Instituto Nacional de Estadística y Censos -INEC '.

* Tablas personalizadas.

CTABLES

/VLABELS VARIABLES=AÑO Estación CPM2.5 DISPLAY=LABEL

/TABLE AÑO [C] BY Estación [C] > CPM2.5 [S][MEAN]

/CATEGORIES VARIABLES=AÑO Estación ORDER=A KEY=VALUE EMPTY=EXCLUDE

/TITLES

TITLE='Concentración de material particulado PM2.5 promedio anual, según desglose de años'

CAPTION='Fuente: Temperaturas Inamhi' 'Elaborado por: Wilson Monteros ' 'Instituto Nacional de Estadística y Censos -INEC'.