

## LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

### THE AIR POLLUTION

Estudiante Rossana de la Caridad Bueno Hernández<sup>1</sup> (0000 0002 4817 4021) \*,

[rossanacbh@gmail.com](mailto:rossanacbh@gmail.com)

Estudiante Lauren Serpa Cañete<sup>2</sup> (0000 0001 7048 9540) \*

Estudiante Melissa Acosta Mesa<sup>3</sup> (0000 0002 1265 0663) \*

Estudiante Lilian Rodríguez Gil<sup>4</sup> (0000 0003 4959 4551) \*

\*Universidad de Matanzas. Vía Blanca Km 3½, Matanzas, Cuba. CP: 40 400.

#### Resumen

Este trabajo tiene como objetivo definir la contaminación, sus principales fuentes, los agentes contaminantes mundial. Está presente en todas las sociedades, independientemente del nivel de desarrollo socioeconómico, y constituye un fenómeno que tiene particular incidencia sobre la salud del hombre. La importancia de los sistemas de vigilancia de la calidad del aire. Enfatiza en la contaminación de ambientes exteriores y expone una síntesis de la manifestación histórica de este problema. También aborda La contaminación del aire es actualmente uno de los problemas ambientales más severos a nivel su repercusión como problema de salud, a través de ejemplos en distintos países de América.

Palabras claves: *contaminación del aire; hombre; problemas ambientales.*

#### Abstract

*Air pollution is currently one of the most severe environmental problems in the world. It is present in all societies, regardless of the level of socioeconomic development, and constitutes a phenomenon that has a particular impact on human health. The work aims to define pollution, its main sources, pollutants and the importance of air quality surveillance systems. It emphasizes the pollution of outdoor environments and presents a synthesis of the historical manifestation of this problem. It also addresses its impact as a health problem, through examples in different countries of America.*

*Keywords: Air pollution; human; environmental problems.*

---

Cada año, cientos de millones de personas sufren de enfermedades respiratorias y otras asociadas con la contaminación del aire, tanto en ambientes interiores como exteriores. Existen grupos poblacionales expuestos a fuentes fijas de contaminantes atmosféricos que carecen de zonas de protección sanitaria; industrias que cuentan con chimeneas de baja altura, lo que aumenta la acción contaminante de sus

emanaciones, y en muchas ocasiones no disponen de medidas de control para la disminución de la contaminación a la atmósfera.

La contaminación del aire es uno de los problemas más serios a los que la sociedad tiene que hacer frente. En Cuba la contaminación del aire tiene sus causas en la utilización por las industrias de tecnologías obsoletas según en las actividades productivas y otras fuentes como el transporte automotor, entre otros elementos contaminantes, aunque en menor medida, esta situación ha propiciado la implementación de una serie de normativas para enfrentar estas situaciones.

La contaminación atmosférica se refiere a la presencia en el aire de sustancias químicas, agentes biológicos y factores físicos en concentraciones que pueden provocar perjuicios a la salud o bienestar al hombre, así como daños a los ecosistemas y otros objetos del medio ambiente.

Los agentes biológicos son seres vivos microscópicos de naturaleza diversa (bacterias, virus, ácaros del polvo, caspa de la piel, hongos y parásitos) que son capaces de producir efectos adversos como infecciones, procesos tóxicos o alérgicos para la salud de las personas (*Agente biológico*, 2020).

Los contaminantes biológicos del aire se encuentran en todo hogar, escuela, locales de trabajo y de uso público. Las fuentes incluyen el aire exterior y las propias personas donde se alojan virus y bacterias, en los animales (insectos y otros artrópodos, y mamíferos) que eliminan alérgenos, en las superficies interiores y en cualquier receptáculo de agua donde los hongos y bacterias puedan crecer (*Agente biológico*, 2020).

#### Contaminación microbiológica

Alteración de un proceso, producto o sistema por la introducción de un agente contaminante ajeno a ese medio (microorganismos), causando inestabilidad o variaciones en el medio que se encuentra.

El SARS-CoV-2 se incluye en la lista de agentes biológicos que son patógenos humanos.

El SARS-CoV-2 puede infectar las vías respiratorias superiores e inferiores. Se transmite principalmente por el contacto directo con las secreciones respiratorias (gotículas generadas con la tos o estornudos) o con mucosas de nariz, boca u ojo de una persona infectada.

La infección producida por el SARS-CoV-2, provoca neumonía y síndrome de distrés respiratorio agudo siendo denominada Covid-19. En pocos meses, la enfermedad se expandió por todo el mundo infectando a millones de personas y causando cientos de miles de muertes. La ruta de contagio es a través de gotas respiratorias ( $>5\mu\text{m}$ ) y por contacto con los fómites contaminados. Recientemente, la OMS ha reconocido que la transmisión aérea a través de aerosoles ( $<5\mu\text{m}$ ) que permanecen en el aire durante horas es una posible ruta de contagio al inhalar partículas virales que se depositan en las vías aéreas distales. La transmisión aérea tiene gran importancia en salud pública y en la protección de los profesionales sanitarios

siendo necesario modificar las medidas de precaución para evitar el contagio, ampliando la distancia de seguridad de 2m, sobre todo en espacios cerrados.

En la actualidad nuestro país está viviendo una difícil situación debido a la Covid-19 reportándose un incremento de casos en los últimos meses, diariamente se reportan alrededor de 1000 nuevos casos, incluyendo casos en edades pediátricas, infestándose hasta el momento 7300 pacientes, debido al no cumplimiento de las medidas de bioseguridad, como por ejemplo el debido distanciamiento social, el uso correcto del nasobuco y la desinfección constante de las manos y objetos de uso común.

A partir de un estudio poblacional se arrojó que actualmente en Cuba circulan cinco variantes y seis patrones mutacionales del SARS-CoV-2, entre ellos las variantes identificadas en Sudáfrica, California y Reino Unido, lo que se puede asociar al aumento de casos de Covid en este último mes de marzo.

Los contaminantes físicos son diferentes formas de energía que pueden producir alteraciones en el medio y afectar la salud de las personas. Básicamente, las formas de energía capaces de afectar la salud de las personas son las radiaciones, el ruido y las vibraciones (energía vibratoria) y la energía térmica (incremento de la temperatura ambiente). Al adicionarse al ambiente, su sola presencia altera la calidad de sus componentes, es decir son caracterizados por un intercambio de energía entre persona y ambiente en una dimensión y/o velocidad tan alta que el organismo no es capaz de soportarlo (*Contaminación ambiental debida a factores físicos*, 2019).

Contaminación acústica: Los sonidos indeseados constituyen el estorbo público más generalizado en la sociedad actual. La contaminación sonora, representa un problema ambiental para el hombre por las afectaciones a la salud que pueden ocasionar, los peligros por ruido actualmente están identificados como un gran problema a resolver por la salud ambiental. La liberación de energía física puede ser súbita y no controlada, como el caso de un ruido fuerte explosivo o mantenido y más o menos bajo control como en las condiciones de trabajo con la exposición a largo plazo a niveles inferiores de ruido constante (*Contaminación Acústica: causas, consecuencias y soluciones.*, 2021).

Contaminación térmica: La contaminación térmica se produce cuando un proceso altera la temperatura del medio de forma indeseada o perjudicial. Un cambio artificial de la temperatura puede tener efectos negativos para algunos seres vivos en un hábitat específico ya que cambia las condiciones naturales del medio en que viven. Estos cambios de temperatura provocan un <shock térmico> en los ecosistemas (Máxima Uriarte, 2020).

Contaminación lumínica: Los dos aspectos principales a tener en cuenta para hablar de contaminación lumínica son el cielo y la iluminación artificial. La contaminación lumínica es la contaminación producidas por las emisiones de luz que proviene de fuentes artificiales con altas intensidades. Es el brillo que se ve

en el cielo por las noches provocado por la iluminación ineficiente. En vez de enviar la luz hacia el suelo, la luz se emite hacia el cielo. Ejemplo de ello son las farolas y luces mal diseñadas que emiten la luz hacia el cielo, como las farolas tipo globo o las farolas que no están bien protegidas o que no cuentan con una pantalla. La buena iluminación es aquella que es eficiente y que dirige la luz hacia el suelo y hacia los lados. Esta iluminación no produce deslumbramientos y es uniforme (*Contaminación lumínica*, 2021).

La contaminación de interiores o contaminación indoor puede llegar a ocasionar problemas de salud, entre los cuales se pueden resaltar los siguientes: neumonía, principalmente en los niños, pues más de la mitad de las defunciones de niños menores de cinco años causadas por infección aguda de las vías respiratorias inferiores se deben a la inhalación de partículas del aire de interiores contaminado con combustibles sólidos, cardiopatía isquémica. También puede provocar neumopatía obstructiva crónica, donde más de una tercera parte de las defunciones debidas a neumopatía obstructiva crónica entre adultos de países de ingresos bajos y medianos se deben a la exposición al aire contaminado de interiores. Además del cáncer de pulmón.

También suele producirse el síndrome del edificio enfermo (SEE) debido a la contaminación indoor. El síndrome del edificio enfermo no se considera como una enfermedad del edificio en sí sino como el conjunto de enfermedades que sufren sus ocupantes y que están ocasionadas o estimuladas por la contaminación del aire en los espacios cerrados o el mal estado del edificio. Para que se pueda considerar un SEE, al menos deben estar afectados un 20 % de los ocupantes, con síntomas tales como resfriados, congestión nasal y de los senos frontales, afonía, alteraciones del gusto y el olfato, sequedad e irritación de las vías respiratorias (nariz, garganta), de la piel, de los ojos, cefalea, dificultades en la concentración, fatiga, alergias o hipersensibilidades de origen poco conocido, y que se presenten con carácter persistente. Comúnmente, todos estos síntomas suelen desaparecer al abandonar el edificio, ya sea de modo inmediato o al cabo de unos días.

El nombre de la contaminación atmosférica se aplica por lo general a las alteraciones que tienen efectos perniciosos en los seres vivos y los elementos materiales, y no a otras alteraciones inocuas. Los principales mecanismos de contaminación atmosférica son los procesos industriales que implican combustión, tanto en industrias como en automóviles y calefacciones residenciales, que generan dióxido y monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y azufre, entre otros contaminantes. Igualmente, algunas industrias emiten gases nocivos en sus procesos productivos, como cloro o hidrocarburos que no han realizado combustión completa. La contaminación atmosférica puede tener carácter local, cuando los efectos ligados al foco se sufren en las inmediaciones del mismo, o planetario, cuando por las

características del contaminante, se ve afectado el equilibrio del planeta y zonas alejadas a las que contienen los focos emisores (*Contaminación atmosférica*, 2012).

La contaminación de la atmósfera se da principalmente por la presencia de dos formas de contaminantes: los gaseosos y los sólidos en suspensión (Estela Raffino, 2020).

**Gaseosos:** en ambientes exteriores e interiores los vapores y contaminantes gaseosos aparece en diferentes concentraciones. Los contaminantes gaseosos más comunes son el dióxido de carbono, el monóxido de carbono, los hidrocarburos, los óxidos de nitrógeno, los óxidos de azufre y el ozono. Diferentes fuentes producen estos compuestos químicos pero la principal fuente artificial es la quema de combustible fósil. La contaminación del aire interior es producida por el consumo de tabaco, el uso de ciertos materiales de construcción, productos de limpieza y muebles del hogar. Los contaminantes gaseosos del aire provienen de volcanes, e industrias. El tipo más comúnmente reconocido de contaminación del aire es la niebla tóxica (smog). La niebla tóxica generalmente se refiere a una condición producida por la acción de la luz solar sobre los gases de escape de automotores y fábricas (Estela Raffino, 2020).

**Sólidos en suspensión:** Se trata de materiales sólidos poco afectados por la gravedad, que pueden permanecer en el aire, deteriorando su calidad y pudiendo ser respiradas junto con el aire. A veces son lo suficientemente oscuras y grandes como para verlas, en forma de humo. Ejemplos de ello son las cenizas volcánicas y los aerosoles (Estela Raffino, 2020).

Otra forma de clasificación de estas sustancias contaminantes de la atmósfera sería en naturales (aquellas provenientes de accidentes y efectos ambientales en los que no interviene el hombre, como volcanes o meteoritos) y artificiales (aquellos derivados de la acción directa o indirecta del ser humano).

*Fuentes que provocan la contaminación del aire:*

**Fuentes Naturales:** se encuentra el polvo, humo, pulverización de agua marina, gases sulfurosos, polen, incendios forestales.

**Fuentes Puntuales:** se caracterizan por ser estacionarias o estar en un punto fijo como las plantas de energía, refinerías de petróleo y fábricas.

**Fuentes Móviles:** abarcan todas las formas de transporte y los vehículos automotores.

**Fuentes de área:** son todas aquellas actividades que en conjunto afectan la calidad del aire, como el uso de madera, imprentas, tintorerías o actividades agrícolas

Debidas a la actividad humana

1. **Combustión:** la generación de Energía y Vapores: humos negros y gases (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, CO, Vapores bencénicos, HCL, NO), las emisiones de vehículos: CO, hidrocarburos, óxidos de

nitrógeno y los procesos de calentamiento y tueste: polvos y humos, gases (SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, HF, SiF<sub>4</sub>), procesos de fundición, manufactura de: acero, cal, cementos, cerámicas.

2. Minería y canteras: el polvo de las extracciones y los humos de los vertidos
3. Actividades con olores nocivos: despojos de animales, sangre seca, preparación de comidas, cocción de pescados, pegamentos
4. Procesos químicos: Polvos y humos: no tóxicos, tóxicos (Be, Pb, As, Cd) y gases (HCl, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, HF, H<sub>2</sub>S)
5. Procesos nucleares o atómicos: entre otras fuentes las centrales nucleares y/o los procesos asociados, basura radioactiva y gases.

#### *Marco regulatorio en Cuba para la contaminación atmosférica*

La NC 93-02-202 de 1987 establece los requisitos higiénicos sanitarios en cuanto a las concentraciones máximas admisibles de sustancias contaminantes del aire y los radios mínimos admisibles de las zonas de protección en torno a empresas industriales y demás fuentes contaminantes. También establece las metodologías de cálculos de dispersión de los contaminantes expulsados a través de chimeneas, de las alturas mínimas admisibles de estas últimas y de las zonas de protección en torno a las industrias, de la misma forma establece las fórmulas para determinar la sombra aerodinámica de edificaciones y la dispersión de sustancias en esta, del mismo modo relaciona el volumen de información necesario para realizar los cálculos. Los valores de las concentraciones máximas admisibles que aparecen en la norma fueron tomados de la lista oficial de la URSS No. 3086-84. Se establece que el valor de concentración máxima (C<sub>m</sub>) del contaminante que surge por expulsiones de emisores debe ser menor o igual al valor de su concentración máxima admisible.

La NC 39: 1999 trata sobre la calidad del aire y los requisitos higiénicos-sanitarios que deben existir para mantenerla, esta ley sustituye la NC 93-02-202. Se eliminan los apartados 1.1 y 1.2 que son los valores de concentraciones máximas admisibles. El aspecto 4.2 de la NC 93-02-202 que establece la fórmula para determinar la zona de protección sanitaria de una industria u otra fuente contaminante, se mantiene en la nueva norma incluyendo una segunda nota al final de la primera, que habla de las zonas de protección sanitarias en centrales termoelectricas y grandes calderas. El apartado 4.4 de la NC 93-02-202 habla de los radios mínimos admisibles de protección sanitaria respecto a los límites de las zonas habitables, en el caso de la nueva norma se incluye un tercer párrafo que expresa que estos radios mínimos admisibles se considerarán radios mínimos recomendables; plantea que en la microlocalización, las autoridades sanitarias y de planificación física son las encargadas de aprobar las zonas de protección, sobre la base del cumplimiento de las condiciones higiénicas del aire.

Se exigirá la consideración de sombras aerodinámicas, así como la realización de cálculos de dispersión de contaminantes en chimeneas y conductos, aspectos que aparecen conceptualizados en la NC 93-02-202. La NC 39 sustituye el radio mínimo admisible de 50 m que aparece en su antecesora por radio mínimo recomendable de 50 m. El apartado 4.5 de la NC 93-02-202 que trata acerca de los radios mínimos en torno a las empresas industriales y otras fuentes emisoras y divide estas en clases según los tipos de industrias; sufre sus modificaciones en la NC 39, por ejemplo para todos los elementos de la clase V, se sustituye el radio mínimo admisible de 50 m, por radio mínimo recomendable, también se sustraen, añaden o trasladan algunas de las instalaciones que en este apartado aparecen.

La NC 111: 2004 es otra de las normativas que tratan acerca de la calidad del aire, presenta las reglas para la vigilancia de esta en asentamientos humanos y tiene como antecedente la NC 39 de 1999. Esta norma establece tres tipos de organización de la vigilancia: regional, urbano y local. En la norma aparece un apartado acerca de cómo se realiza la elección de los sitios de muestreo teniendo en cuenta una serie de puntos valorativos, también se clasifican los contaminantes principales, las sustancias o agentes contaminantes específicos y los indicadores o índices indirectos. Establece dos tipos de monitoreo ambiental de calidad sanitaria del aire: *sistemáticos y especiales*.

La NC TS 803: 2010 trata el tema de Calidad del aire-Emisiones máximas admisibles de contaminantes a la atmósfera en fuentes fijas puntuales de instalaciones generadoras de electricidad y vapor, con el fin de proteger la salud humana y el medio ambiente, se entienden como fuentes fijas puntuales las chimeneas o conductos de escape a través de los que se emiten gases producto de la combustión. Tiene como documentos de referencia la NC 39: 1999 y la NC 111: 2004. Se aplican en la norma diferentes términos y definiciones tales como *base húmeda y base seca*, también el concepto de *biomasa* como producto compuesto total o parcialmente por materia vegetal de origen agrícola o forestal y puede ser utilizado como *combustible* que es la sustancia sólida, líquida o gaseosa empleada para producir energía en forma de calor útil a través de la *combustión* como reacción química en la que se combina un combustible con un comburente (generalmente oxígeno). Recoge el concepto de *contaminante atmosférico* como sustancia que ha sido incorporada directa o indirectamente a la atmósfera en cantidades suficientes para poder afectar la salud humana, los ecosistemas y el medio ambiente en general. En la norma se listan las unidades de medida con sus conversiones, así como los prefijos y factores. En el término cinco de la norma se habla de los requisitos que deben cumplir las fuentes fijas para evitar la contaminación excesiva de la atmósfera; entre estos requisitos se encuentra la altura para garantizar el cumplimiento de las Cma en el aire, según se especifica en la NC 39. Aparece conceptualizada en la norma la expresión *Emisiones Máximas Admisibles (EMA)* como concentración de

los contaminantes en los gases secos que se expulsan a la atmósfera por las fuentes fijas y se representan en unidades de  $mg/Nm^3$ , lo que corresponde al contenido en peso del contaminante por unidad de volumen del gas seco expulsado a la atmósfera, en condiciones de temperatura y presión normales. Para la medición de las emisiones se presentan un conjunto de fórmulas y expresiones matemáticas.

La NC 872:2011 trata de la Seguridad y Salud en el Trabajo- Sustancias nocivas en el aire de la zona de trabajo-Evaluación de la exposición laboral-Requisitos generales. La norma establece los requisitos generales para la evaluación de la exposición laboral a las sustancias nocivas presentes en el aire de la zona de trabajo y recoge los valores límites admisibles de exposición. La norma se aplica en todas las actividades laborales donde se empleen, manipulen, produzcan, transporten y/o almacenen sustancias nocivas. Excluye los requisitos y valores límites admisibles de exposición de las sustancias radiactivas y de las biológicas. Tiene como referencias normativas la NC 229:2002 Seguridad y salud en el trabajo. Productos químicos peligrosos. Medidas para la reducción del riesgo y la DG 01:2003 Disposición general. Instrumentos de medición sujetos a la verificación y los campos de aplicación donde serán utilizados. En la NC 872 destacan términos como *concentración letal media (CL<sub>50</sub>) en el aire*, que no es más que la concentración de la sustancia nociva al exponer por inhalación a animales de laboratorio por períodos de dos horas para ratones y cuatro para ratas, provocando la muerte del 50 % de estos en un periodo de dos semanas; *dosis letal media tanto oral como cutánea* y *efecto adverso de salud*. La *exposición laboral* que no es más que el contacto del trabajador a través de la respiración con la sustancia nociva presente en el aire del ambiente laboral, los *límites admisibles de exposición laboral (LAEL) a la sustancia nociva* que es la concentración de la sustancia nociva a la que el trabajador se expone en su jornada de trabajo a lo largo de su vida laboral. Las categorías de los LAEL que se establecen según las Normas Cubanas son *concentración promedio admisible (CPA)* y *concentración máxima admisible (CMA)*. Aparecen las clases de toxicidad por sustancia nociva y los límites admisibles de los LAEL. Además, se listan los requisitos generales de métodos e instrumentos para la medición de las concentraciones de sustancias nocivas y se realiza la determinación y evaluación de las concentraciones de estas.

La NC 1020:2014 tiene como tema central la Calidad del aire-Contaminantes-Concentraciones máximas admisibles y valores guías en zonas habitables. Esta norma establece las concentraciones máximas admisibles (CMA) de contaminantes en el aire en zonas habitables, así como los valores guías (VG) de calidad del aire (GCA) que constituyen referencias de gran importancia para la propuesta de normas de calidad del aire (NCA) y tiene como referencia normativa la NC 111. Los CMA se recogen en la tabla 1



de esta norma, así como las denominaciones de contaminantes, los tiempos de exposición y métodos analíticos de referencia o alternativos. Destaca el carácter obligatorio del cumplimiento de los CMA en las zonas habitables del país. Las GCA se establecen en la tabla 2 de esta norma, estas no son de obligatorio cumplimiento, pero el incumplimiento reiterado en asentamientos humanos implicará el análisis conjunto de la situación de la calidad del aire en el territorio por parte de las autoridades ambientales y sanitarias competentes.

*Tipos de Monitoreo: En asentamientos humanos y zonas de trabajo.*

NC 111:2004 (concentraciones máximas admisibles de sustancias contaminantes del aire para zonas habitables).

En nuestro país se encuentra en vigencia la Norma Cubana NC 39: 1999 "Calidad del aire, requisitos higiénicos sanitarios que regula los niveles de inmisión y los radios admisibles de protección sanitaria en función de las complejidades de las fuentes involucradas.

Los sitios en donde se ubiquen con carácter permanente o transitorio los dispositivos que cuenten con fuentes de aspiración de aire para realizar el monitoreo manual de gases y aerosoles, o registradores automáticos, serán denominados estaciones de monitoreo *activo*. En caso de que los dispositivos de monitoreo no cuenten con fuentes de aspiración, estos sitios serán denominados como puntos fijos de *monitoreo pasivo* de indicadores o índices indirectos de contaminación del aire.

*Planes de monitoreo ambiental de la calidad del aire*

Se establecen dos tipos de planes de monitoreo ambiental de la calidad sanitaria del aire: sistemáticos y especiales.

Programas de monitoreo periódicos sistemáticos: Se desarrollan en el marco y de acuerdo a los objetivos específicos de un Sistema de vigilancia y control de la contaminación del aire, entre éstos la obtención de información periódica y sistemática referente a la calidad del aire y sus tendencias. En los mismos se da prioridad al muestreo de los contaminantes clasificados como principales, así como aquellos contaminantes clasificados como específicos que de acuerdo a las emisiones de las fuentes específicas de un territorio determinado, las exposiciones habituales estimadas o potenciales en situaciones de contingencia, la acción tóxica de los mismos, la susceptibilidad específica de la población o grupos expuestos u otras situaciones por las que la vigilancia sistemática de los mismos se considere prioritaria para cada territorio o asentamiento humano.

Planes de monitoreo especiales: Se establecen con límites de tiempo previamente determinados para su ejecución, tanto para la realización de investigaciones concretas referentes a la calidad del aire con el objetivo de dar respuesta a situaciones concretas, tales como: la evaluación y seguimiento de situaciones

de emergencias ambientales, conflictos o quejas, o en la caracterización de los "niveles de contaminación de fondo de agentes contaminantes del aire" (niveles de base) en el marco del proceso de evaluación de impacto ambiental (EIA) de un proyecto de inversión.

La NC 111: (2004) establece las reglas para el desarrollo de la vigilancia de la calidad del aire en los asentamientos humanos, de acuerdo al grado de contaminación se determina el Índice de Calidad del Aire (ICA), teniendo en cuenta las concentraciones máximas admisibles establecidas en la NC 39: (1999). La misma tiene una escala de seis categorías (Buena, Aceptable, Deficiente, Mala, Pésima y Crítica).

Acciones generales a ejecutar según la categoría del Índice de la Calidad del Aire:

Los programas de descontaminación del aire en los asentamientos humanos se ejecutan sobre la base de los niveles o categoría del Índice de Calidad del Aire determinado por los datos obtenidos en el proceso de vigilancia mediante el monitoreo.

Cuando la Categoría de la Calidad del Aire se valore de buena se establecerán planes dirigidos a promover la misma e impedir su incremento y a la educación ambiental de empresarios y población. Cuando se evalúe de aceptable la categoría se establecerán planes dirigidos a impedir su incremento y lograr su progresiva reducción hasta alcanzar una calidad de "Buena". Mala es otra de ellas, cuando la calidad del aire sea valorada de mala se intensificarán las acciones de vigilancia y control de las fuentes emisoras y de monitoreo ambiental, en correspondencia con la situación de atención creada. Además, establecerán planes a diferentes plazos, dirigidos a impedir el incremento de la misma y lograr su progresiva reducción hasta alcanzar progresivamente una calidad de "Aceptable" y progresivamente de "Buena". Pésima, cuando sea valorada por esta categoría, se implementará de inmediato un plan de medidas urgentes de control de las fuentes emisoras previamente elaborado, dirigidas a impedir el empeoramiento y lograr una rápida mejoría de la situación, mediante la inmediata reducción de las emisiones principales, a la vez que se notificará de la situación a las autoridades sanitarias del territorio; se intensificará el monitoreo ambiental, dirigido a evaluar el comportamiento de la situación ambiental y la efectividad de las acciones de control establecidas, en correspondencia con la situación de alerta.

Se informará sistemáticamente la evolución de la situación ambiental existente mediante los medios masivos de difusión hasta el mejoramiento de la misma al menos hasta alcanzar la calidad de Mala, luego "Aceptable" y entre lo que cabe "Buena" con vistas a la reducción de las actividades en exteriores de toda la población. La última categoría es crítica y cuando se evalúe de ella, será necesario implementar de inmediato un plan de medidas urgentes de control de las fuentes emisoras previamente elaborado, dirigidas a impedir el empeoramiento y lograr por todos los medios disponibles y factibles la rápida mejoría de la situación, mediante la reducción inmediata de todas las emisiones posibles del territorio, a

la vez que se notificará de inmediato la situación a las autoridades sanitarias del territorio; se intensificará el monitoreo ambiental. Se informará sistemáticamente la evolución de la situación ambiental existente mediante los medios masivos de difusión hasta el mejoramiento de la misma al menos hasta alcanzar la calidad de Mala. Se establecerán planes a diferentes plazos, dirigidos a impedir el incremento de los niveles de contaminación y lograr su progresiva reducción hasta alcanzar progresivamente las categorías de "Mala", "Aceptable" y "Buena".

NC 872:2011 (concentraciones máximas admisibles de sustancias nocivas en el aire de la zona de trabajo).

Los límites admisibles de exposición laboral (LAEL) a la sustancia nociva: son las concentraciones de la sustancia nociva en el aire de la zona de trabajo a las que un trabajador puede exponerse repetidamente en jornadas diarias de ocho horas (8 h) y no más de 44 semanales, durante su vida laboral, sin provocar en él y(o) en su descendencia efectos adversos de salud.

La concentración de la sustancia nociva en el aire de la zona de trabajo equivalente al 50 % del valor del límite admisible de exposición correspondiente. El nivel de acción permite determinar cuándo la exposición del trabajador puede estarse aproximando al LAEL y, en estos casos, se deban adoptar medidas preventivas apropiadas.

*Métodos e instrumentos para la medición de las concentraciones de las sustancias nocivas:*

El procedimiento de la toma de muestras para la determinación de las concentraciones correspondientes de las sustancias nocivas en el aire, permitirá que aquella se pueda ejecutar en la zona de trabajo y, específicamente, en la zona respiratoria del trabajador expuesto, durante la realización de su actividad laboral habitual y sin interferir en ella. El equipo o aparato para la toma de muestras de aire constará básicamente de un colector que garantice la retención cuantitativa (no menor que 95 %) de la sustancia nociva a analizar, un medidor de volumen o gasto de aire de las muestras y un aparato de aspiración, u otro sistema apropiado que satisfaga los restantes requerimientos establecidos en esta norma. Se dispondrá, además, de los medios de medición necesarios y suficientes para medir la temperatura del aire, la presión atmosférica y el tiempo de duración de cada muestra.

El proceso de determinación y evaluación de las concentraciones de las sustancias nocivas en el aire de la zona de trabajo se realizará de acuerdo con las regulaciones vigentes establecidas en el DG 01:2003, del Servicio Nacional de Metrología (SENAMET) de la Oficina Nacional de Normalización. La determinación de las concentraciones de las sustancias nocivas en el aire cuyos LAEL establecidos en esta norma cubana estén expresados solo por la categoría de CMA, se realizará mediante la toma de

muestras continuas o discontinuas, de duraci3n no mayor que 30 min cada una, durante la jornada laboral diaria.

Luego se realiza una comparaci3n de la concentraci3n de la sustancia nociva con la CMA y CPA seg3n sea el caso.

Al finalizar la determinaci3n de las concentraciones de las sustancias nocivas en el aire, se confeccionar3 un informe de las mediciones realizadas por cada trabajador o zona de trabajo, que se entregará al solicitante para que este realice la evaluaci3n higi3nico-sanitaria y se ejecuten las acciones que correspondan.

*Marco regulatorio de aquellos contaminantes m3s comunes presentes en Cuba.*

Seg3n la NC 111: (2004) a lo largo de los a3os se ha realizado constantemente estudios y an3lisis que permiten mantener el monitoreo de la contaminaci3n ambiental tanto en zonas urbanas como industrial. En nuestro pa3s se ha garantizado evitar los acercamientos urbanos en zonas de industrializaci3n evitando consigo la contaminaci3n en sectores poblacionales y enfermedades tanto en la poblaci3n como en las mismas empresas industrializadas, pues son numerosas los componentes que pueden llegar a afectar como lo es el di3xido de azufre ( $SO_2$ ) proviene de las actividades antropog3nicas, particularmente por la combusti3n del carb3n y petr3leo.

Las fuentes m3viles, fundiciones, siderurgia, refin3rias son algunas de las principales fuentes; el valor nacional para  $SO_2$  es de  $20 \mu g/m^3$  (24 horas). Exposiciones en periodos cortos a altas concentraciones pueden producir en la poblaci3n vulnerable irritaci3n del tracto respiratorio, reacciones asm3ticas y afecciones respiratorias. Las grandes termoele3ctricas representan una de las principales fuentes de contaminaci3n por lo que su control y monitoreo es indispensable produciendo a veces un total de emisiones es de 1 467 kg/h.

Las fuentes naturales m3s comunes del di3xido de nitr3geno ( $NO_2$ ) son los incendios forestales y de pastos, y la actividad volc3nica; en tanto que la principal fuente antropog3nica es la quema de combustibles f3siles. El  $NO_2$  da3a el sistema respiratorio porque es capaz de penetrar las zonas m3s profundas de los pulmones irrit3ndolos.

La contaminaci3n proviene tanto de fuentes m3viles como fijas, los porcentajes de aportes de los contaminantes emitidos var3an dependiendo del tipo de fuente; en el caso de fuentes fijas, son de relevancia en todas las ciudades, como es el mon3xido de carbono ( $CO$ ); mientras que el hidr3geno sulfurado ( $H_2S$ ) y est3n asociados solo a determinadas ciudades y en porcentajes menores. Igualmente, el di3xido de azufre ( $SO_2$ ) est3 asociado principalmente a grandes fundiciones donde representan el

mayor porcentaje de emisiones. Además, se ve reflejado en la chimenea común la cual expulsa un promedio de 20Kg/h.

Las evaluaciones de impacto ambiental deben llevar aparejados estudios de la calidad del aire para su mayor calidad y rigurosidad, o debe establecerse en un plazo lo más rápido posible el Sistema Nacional de Vigilancia de la Contaminación Atmosférica o el problema del financiamiento debe ser resuelto pues como refleja en otros estudios los daños económicos son grandes cuando no se toman las medidas adecuadas, además de los daños al hombre y al medio ambiente.

Una de las fuentes contaminantes de nuestro país se encuentra en la planta de ácido sulfúrico situada en la provincia de Matanzas y la principal emisión de ésta a la atmósfera son los gases de cola compuesto por oxígeno  $O_2$ , nitrógeno  $N_2$ , dióxido de azufre ( $SO_2$ ), entre otros.

Éstos gases son expulsados a través de chimeneas de acero inoxidable con un diámetro de 0.7m y una altura de 35m desde el nivel del piso, ubicada a la salida de la torre de absorción. El flujo de aire de 22964.3431 m<sup>3</sup>/h. La composición de los gases de cola en este flujo de aire, para un 98% de conversión y 98% de absorción. El  $SO_2$  es el principal contaminante del proceso productivo. En caso de ineficiencia en la operación de la planta genera un aumento de las emisiones de estos, con valores promedio de concentraciones, medidos en la salida de la chimenea, de 1718mg/m<sup>3</sup> y 2148mg/m<sup>3</sup> respectivamente. Estas emisiones provocan un grave perjuicio al medio ambiente, ya que estos contaminantes son causantes de la lluvia ácida y afecta además la salud humana fundamentalmente a la población dentro del área de protección sanitaria.

Puesto que para evitar afectar la vida humana se realizan mantenimientos periódicos y reparaciones al equipo tecnológico. A largo plazo se prevé la instalación de un sistema automático de control para la regulación de la concentración de ácido en la torre de absorción y a más largo plazo instalaciones de una tecnología de reconversión tecnológica de doble contacto-doble absorción.

#### *Dispersión de contaminantes atmosféricos.*

La calidad del aire local varía ampliamente, aun cuando las trazas de emisión de contaminantes gaseosos permanezcan relativamente constantes, debido a que una gran parte de los contaminantes atmosféricos son eliminados a través de varios mecanismos físicos y químicos naturales.

El perfil vertical de la temperatura del aire, es un factor determinante en el mecanismo de dispersión atmosférica de los contaminantes. Una de las características de la troposfera es la disminución gradual de la temperatura con la altura. Cuando una pequeña porción de aire está más caliente que el aire en su entorno, su menor densidad lo hace ascender. En la medida que asciende experimenta una dilatación, debido a la menor presión atmosférica que existe a mayor altura. Si se dilata adiabáticamente, su

temperatura disminuye, generándose un perfil de temperatura decreciente con la altura. El gradiente de temperatura adiabático ideal del aire seco es de aproximadamente  $-1\text{ }^{\circ}\text{C} / 100\text{ m}$ , es decir, por cada 100 m de altura, la temperatura ambiente disminuye en  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Aunque en realidad, el aire tiene un contenido de humedad y, al ascender, parte del vapor de agua presente en el aire sufre condensación, por lo que el gradiente de temperatura adiabático promedio es de  $-0,65\text{ }^{\circ}\text{C} / 100\text{ m}$ .

#### Estabilidad atmosférica

Los niveles de estabilidad atmosférica se determinan comprobando el gradiente de temperatura real con respecto al gradiente de temperatura adiabática ideal. La estabilidad se define en términos de la facilidad o dificultad impuesta por la atmósfera para el movimiento vertical de las masas de aire: una atmósfera es estable cuando impide los movimientos verticales de aire y una atmósfera es inestable cuando se favorece el movimiento ascendente de las masas de aire.

Cuando la temperatura aumenta con la altura (fenómeno denominado inversión térmica), la densidad de la masa de aire más cercana al suelo es mayor que la de la masa superior, por lo que no se produce un movimiento ascendente del aire, dificultando la dispersión de los contaminantes. Esto representa una condición de alta estabilidad atmosférica

Las inversiones térmicas se pueden generar por diferentes razones:

**Inversión por radiación:** se origina durante las noches de invierno, cuando la capa de aire cercana al suelo se enfría más rápidamente que las capas vecinas más altas. Esta inversión suele desaparecer por el día.

**Inversión por subsidencia:** se debe a la presencia de sistemas de alta presión (anticiclones). El movimiento descendente de las grandes masas de aire, genera un calentamiento por compresión al aire cercano a la superficie terrestre. Esta inversión puede durar días o meses.

**Inversión frontal:** se origina cuando se encuentran frentes fríos y cálidos, donde la masa de aire frío circula bajo la capa de aire caliente.

La estabilidad atmosférica se clasifica en base a los criterios establecidos por Pasquill y Gifford (1961), que consideran seis categorías de estabilidad, de acuerdo a la velocidad del viento, nubosidad y radiación solar.

A → atmósfera muy inestable

B → atmósfera moderadamente inestable

C → atmósfera levemente inestable

D → atmósfera neutra

E → atmósfera moderadamente estable

F → atmósfera estable

#### *Emissiones gaseosas desde chimeneas*

La forma y extensión de la pluma (o penacho) de gases emitidos desde una chimenea depende del diseño de esta, de la velocidad y la temperatura de salida de los gases, del tipo de contaminantes emitidos, del relieve y de la naturaleza del suelo, y de las condiciones meteorológicas locales.

Es importante predecir el comportamiento de una pluma, para evaluar el efecto de la emisión sobre la calidad del aire. El modelo más utilizado está basado en la suposición de que la concentración promedio del contaminante en la dirección perpendicular al viento, desde la fuente de emisión, presenta una distribución normal de Gauss.

En su formulación matemática más sencilla, el modelo supone condiciones de estado permanente, es decir, la tasa de emisión de contaminantes, su temperatura y velocidad de salida, así como las condiciones meteorológicas, se mantienen constantes. Además, se supone que el contaminante no sufre transformaciones químicas, es decir, es un contaminante conservativo, ni se absorbe en la superficie del suelo. Esta última condición no es aplicable en el caso de la dispersión de material particulado.

$$\text{Ecuación: } C_{x,y} = \frac{Q}{\pi * V * \sigma_y * \sigma_z} * \left[ \exp * \left( \frac{-H^2}{2 * \sigma_z^2} \right) \right] * \left[ \exp * \left( \frac{-Y^2}{2 * \sigma_y^2} \right) \right]$$

Donde:

$C_{x,y}$ : concentración a nivel del suelo en el punto x, y

X: distancia en la dirección del viento desde el punto de emisión de los gases.

Y: distancia horizontal desde el eje central de la pluma.

Q: flujo másico de contaminantes emitidos.

h: altura de la chimenea.

H: altura efectiva de elevación de la pluma.

V: velocidad del viento a la altura efectiva de la pluma.

$\sigma_y$ : coeficiente de dispersión horizontal.

$\sigma_z$ : coeficiente de dispersión vertical.

#### *Dispersión bajo condiciones de inversión térmica*

El desarrollo del modelo Gaussiano mostrado anteriormente no considera la existencia de una inversión térmica sobre la chimenea. El modelo Gaussiano se puede modificar para tener en cuenta el efecto de reflejo que tiene la capa de inversión térmica. Una modificación utilizada a menudo para las condiciones de inversión térmica es la siguiente:

$$C_{x,y} = \frac{Q}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot V \cdot \sigma_y \cdot L}} * \left[ \exp * \left( \frac{-y^2}{2 \cdot \sigma_y^2} \right) \right]$$

Donde: L es la altura de la caja de inversión térmica.

#### *Modelos para dispersión de fuentes lineales*

En algunos casos, interesa modelar el efecto de fuentes de contaminantes atmosféricos de tipo lineales.

La concentración a nivel del suelo,  $C_x$ , a una distancia X en la dirección del viento, cuando este es perpendicular a la fuente lineal, se puede estimar a partir de:

$$C_x = \frac{2 \cdot q}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot V \cdot \sigma_z}}$$

#### *Descargas de los gases residuales a la atmósfera*

Las descargas gaseosas derivadas de la combustión y de los sistemas de depuración de gases, se hacen a través de chimeneas, las que no solamente ayudan a mantener el flujo de gases, sino que permiten dispersar los gases en la atmósfera. Tales emisiones deben respetar las normas de calidad del aire, por lo que la altura y diámetro de la chimenea deben ser cuidadosamente diseñados tomando en consideración los factores meteorológicos locales.

#### *La norma 93-02-202:1987: Modelo de Transporte Gradiente K.*

En la norma 93-02-202:1987 se establecen las metodologías de cálculo de la dispersión de las sustancias contaminantes del aire expulsadas por chimeneas, de las alturas mínimas admisibles de chimeneas y de las zonas de protección sanitarias en torno a las empresas industriales y otras fuentes de contaminantes del aire.

La presente norma es aplicable al cálculo de dispersión de sustancias contaminantes del aire expulsadas por chimeneas de boca circular de instalaciones localizadas en regiones llanas o poco accidentadas con diferencias topográficas no superiores a 50 m \km, en un radio de hasta 50 veces la altura de la chimenea y fuera de las sombras aerodinámicas constituidas por edificaciones y otros obstáculos.

Los valores de las concentraciones de sustancias contaminantes calculados se suponen a sotavento de las fuentes de emisión en la capa de aire cercana a la superficie terrestre y formados bajo condiciones meteorológicas desfavorables.

En esta norma se emplea un intervalo promedio fijo de 20 min (concentración instantánea).

El valor de la concentración máxima ( $C_m$ ) de una sustancia contaminante del aire, provocado por las expulsiones de una fuente de emisión dada, estará restringido por el valor de su concentración máxima admisible ( $C_{ma}$ ).

$$C_m \leq C_{ma}$$



Cuando la fuente de emisión se pretenda localizar en una zona donde ya existan concentraciones de fondo (Cf) significativas de la sustancia contaminante, entonces es necesario el cumplimiento de:

$$C_m + C_f \leq C_{ma}$$

Cuando existan concentraciones de fondo apreciables, en las fórmulas de cálculo el valor de la concentración máxima admisible se sustituirá por la diferencia  $C_{ma} - C_f$ .

Cuando se expulsan a la atmósfera simultáneamente varias sustancias de acción similar la concentración higiénica se define por el valor de la concentración máxima relativa ( $Q_m$ ) de los contaminantes, donde  $Q_m \leq 1$ .

El cálculo de  $Q_m$  se realiza acorde con la altura física de la chimenea (Hf).

Cuando  $H_f < 200$

$$Q_m = \frac{C_m(a)}{C_{ma}(a)} + \frac{C_m(b)}{C_{ma}(b)} + \dots + \frac{C_m(n)}{C_{ma}(n)} \leq 1$$

Cuando  $H_f > 200$

$$Q_m = \sqrt{\left(\frac{C_m(a)}{C_{ma}(a)}\right)^2 + \left(\frac{C_m(b)}{C_{ma}(b)}\right)^2 + \dots + \left(\frac{C_m(n)}{C_{ma}(n)}\right)^2} \geq 1$$

Donde:

$C_m(a)$ ,  $C_m(b)$ ,  $C_m(n)$  son concentraciones máximas en el aire de las sustancias contaminantes a, b, ..., n respectivamente.

$C_{ma}(a)$ ,  $C_{ma}(b)$ ,  $C_{ma}(n)$  concentraciones máximas admisibles correspondientes.

En el caso de contaminantes capaces de sufrir transformaciones químicas en el aire que den lugar a compuestos secundarios de mayor peligrosidad que los iniciales, los cálculos se realizarán teniendo en cuenta estas nuevas sustancias.

En las fórmulas empleadas para determinar las concentraciones máximas de sustancias contaminantes aparece la constante A con un valor de 200, que define las condiciones naturales de difusión más adversas.

*Concentración máxima admisible de un contaminante expulsado caliente para las peores condiciones meteorológicas.*

El valor máximo probable de la concentración ( $C_m$ ) de un contaminante expulsado caliente a la atmósfera a través de una chimenea bajo condiciones meteorológicas desfavorables se determina por la fórmula siguiente:

$$C_m = \frac{A * M * F * m * n}{H^2 * \sqrt[3]{V * \Delta T}}$$

Donde:

A: constante de estratificación térmica atmosférica que define las condiciones de difusión de los contaminantes del aire.

M: flujo máximo de la sustancia contaminante expulsada al aire.

F: coeficiente de precipitación de la sustancia contaminante en el aire.

m y n: coeficientes de condiciones de emisión a la atmósfera de la mezcla de gases y aire.

$\Delta T$ : diferencia de temperatura entre la mezcla de gases y aire ( $T_g$ ) y el aire del ambiente ( $T_a$ ).

$$\Delta T = T_g - T_a$$

V: caudal total de la mezcla de gases y aire.

$$V = \frac{\pi * D^2}{4} * W$$

Donde:

$$\pi = 3,14$$

D: diámetro de la boca de la chimenea.

W: velocidad de salida de la mezcla de gases y aire.

En el caso de las chimeneas de bocas rectangulares los cálculos de dispersión se realizan con uso de las mismas fórmulas expuestas arriba para chimeneas de boca circular, pero sustituyendo el valor del diámetro (D) por el diámetro equivalente ( $D_e$ ).

$$D_e = \frac{2 * L * b}{L + b}$$

Donde:

L y b: largo y ancho respectivo de la boca rectangular de la chimenea.

Así mismo la velocidad media de la mezcla de los gases y aire (W) se determina por:

$$W = \frac{V}{L + b}$$

Los valores de M y V se determinan por cálculos o se obtienen como resultado de investigaciones en instalaciones o plantas similares en operación.

Cuando las sustancias contaminantes sean expulsadas al aire a través de instalaciones de depuración, los valores de M y V se determinan con ajuste a la eficacia media de depuración definida para condiciones reales de operación.

Para determinar  $\Delta T$  se asume como temperatura del aire ( $T_a$ ) la temperatura media máxima del aire del mes más cálida de la región de localización de la industria. La temperatura de la mezcla de gases y aire ( $T_g$ ) se determina de acuerdo con las normas de proceso vigentes a la salida de la chimenea.

Los valores de F se asumen:

En el caso de sustancias gaseosas y partículas muy finas prácticamente no precipitables  $F = 1$ .

En el caso de polvos y hollín precipitables según la eficiencia media de las instalaciones de depuración.

El coeficiente  $m$  se determina en función del parámetro  $(f)$  por la fórmula siguiente:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \sqrt[3]{f}}$$

Donde:

$$f = 10^3 \cdot \frac{W^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}$$

El coeficiente  $n$  se determina en función de la velocidad específica del contaminante  $V_m$  por las fórmulas siguientes:

Cuando  $V_m > 2$ ;  $n = 1$

Cuando  $0.3 < V_m \leq 2$ ;  $n = 3 - \sqrt{(V_m - 0,3) \cdot (4,36 - V_m)}$

Cuando  $V_m \leq 0.3$ ;  $n = 3$

donde:

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V \cdot \Delta T}{H}}$$

Para cálculos preliminares el valor de la concentración máxima ( $C_m$ ) de un contaminante puede determinarse por:

$$C_m = A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot G$$

Donde:

G: Coeficiente auxiliar.

La contaminación atmosférica se da por la presencia de dos formas de contaminantes: los gaseosos y los sólidos en suspensión. La NC 93-02-202 de 1987 establece los requisitos higiénicos sanitarios en cuanto a las concentraciones máximas admisibles de sustancias contaminantes del aire y los radios mínimos admisibles de las zonas de protección. La NC 39: 1999 sustituye la NC 93-02-202 y trata sobre la calidad del aire y los requisitos higiénicos-sanitarios que deben existir para mantenerla. La NC 872: 2011 trata de la Seguridad y Salud en el Trabajo- Sustancias nocivas en el aire de la zona de trabajo- Evaluación de la exposición laboral-Requisitos generales. Una de las fuentes contaminantes de nuestro país se encuentra en la planta de ácido sulfúrico situada en la provincia de Matanzas.

Referencias bibliográficas

Agente biológico. (2020). [https://es.m.wikipedia.org/wiki/Agente\\_biol%C3%B3gico](https://es.m.wikipedia.org/wiki/Agente_biol%C3%B3gico)

Contaminación Acústica: causas, consecuencias y soluciones. (2021). Retrieved 26/04/2021 from [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/que-es-contaminacion-acustica-causas-efectos-soluciones&ved=2ahUKEwjRtLfjm\\_nvAhUsZn8KHdAkAjoQFABegQIAxAF&usq=AOvVaw2pXLxChq00gjrZMBTI2WEI](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/que-es-contaminacion-acustica-causas-efectos-soluciones&ved=2ahUKEwjRtLfjm_nvAhUsZn8KHdAkAjoQFABegQIAxAF&usq=AOvVaw2pXLxChq00gjrZMBTI2WEI)

*Contaminación ambiental debida a factores físicos.* (2019). Retrieved 26/04/2021 from [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.diba.cat/es/web/salutpublica/contaminacio-per-factors-fisics&ved=2ahUKEwim\\_e78nPnvAhVCWq0KHABmB78QFjABegQIAxAF&usq=AOvVaw0DZwgQZYjdoPJFgC-kmhgM](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.diba.cat/es/web/salutpublica/contaminacio-per-factors-fisics&ved=2ahUKEwim_e78nPnvAhVCWq0KHABmB78QFjABegQIAxAF&usq=AOvVaw0DZwgQZYjdoPJFgC-kmhgM)

*Contaminación atmosférica.* (2012). Retrieved 26/04/2021 from <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=54972220>

*Contaminación lumínica.* (2021). [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://es.m.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%25C3%25B3n\\_lum%25C3%25ADnica&ved=2ahUKEwjHhJWgnfnvAhUP26wKHSGPBbsQFjACegQIDRAF&usq=AOvVaw1zvVRBybQ4pFRnHgWNsYSX](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://es.m.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%25C3%25B3n_lum%25C3%25ADnica&ved=2ahUKEwjHhJWgnfnvAhUP26wKHSGPBbsQFjACegQIDRAF&usq=AOvVaw1zvVRBybQ4pFRnHgWNsYSX)

Estela Raffino, M. (2020). *Contaminación Atmosférica.* <https://concepto.de/contaminacion-atmosferica/>

Máxima Uriarte, J. (2020). *Contaminación térmica.* Retrieved 26/04/2021 from <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.caracteristicas.co/contaminacion-termica/&ved=2ahUKEwi1pcaSnfnvAhUPPq0KHQmFB7MQFjAFegQIBxAF&usq=AOvVaw3rSUPveW0H8HL9Qy64LfoR>