

RECURSOS EDUCATIVOS SOBRE QUÍMICA ATMOSFÉRICA Y EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN URBANA POR OZONO: MATERIAL DIDÁCTICO Y PLATAFORMA INTERACTIVA

José Agustín García-Reynoso

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad 3000 Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México, C.P. 04510, México.

agustin@atmosfera.unam.mx

RESUMEN

Se presenta la página web del material didáctico utilizado para explicar la no linealidad de la producción de ozono troposférico, con el objeto de ilustrar las rutas de control de emisiones necesarias para reducir la concentración ambiental de ozono a partir de los componentes en la atmósfera. La intención principal es demostrar que es posible contribuir significativamente a la mejora de la calidad del aire, así como a la salud y el bienestar de la población y los ecosistemas urbanos mediante una comprensión profunda de la dinámica del ozono y la implementación de acciones concretas basadas en este conocimiento.

Sitio: <https://uapa.cuaed.unam.mx/node/1264>

Palabras clave: Ozono, sitio web, compuestos orgánicos volátiles, calidad del aire, óxidos de nitrógeno, química atmosférica.

ABSTRACT

The educational material in a webpage used to explain the non-linearity of tropospheric ozone production is presented, with the aim of illustrating the emission control routes necessary to reduce the ambient concentration of ozone from the components present in the atmosphere. The main message is that, through a deep understanding of ozone dynamics and the implementation of concrete actions based on this knowledge, it is possible to contribute significantly to the improvement of air quality, and, consequently, to the health and well-being of the population and urban ecosystems.

Keywords: Ozone, website, volatile organic compounds, air quality, nitrogen oxides, atmospheric chemistry.

INTRODUCCIÓN

Se ha desarrollado una página web con material didáctico diseñado para explicar la no linealidad en la producción de ozono troposférico con el objetivo de ilustrar las estrategias de control de emisiones necesarias para reducir la concentración de ozono en el aire. Este recurso educativo destaca la importancia de comprender las dinámicas del ozono para implementar acciones concretas que mejoren la calidad del aire, lo que impacta positivamente en la salud de la población y los ecosistemas urbanos. Está dirigida principalmente a estudiantes de las licenciaturas de Ingeniería Química (Facultad de Química) y Ciencias de la Tierra (Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra), y a los estudiantes de posgrado en Ingeniería Ambiental y Ciencias de la Tierra, además de estar disponible para cualquier persona interesada en el tema. El sitio se encuentra actualmente en el repositorio de Unidades de Apoyo para el Aprendizaje (UAPA) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Estos recursos están diseñados para ser estudiados de manera autónoma y gratuita.

La página "Control de Ozono en la Ciudad" es una unidad de apoyo para el aprendizaje que proporciona un análisis detallado sobre la contaminación atmosférica centrándose en el ozono como contaminante crítico. Se define el concepto de contaminantes y se clasifican en primarios y secundarios destacando la importancia de elaborar un inventario de emisiones como herramienta de gestión de la calidad del aire. Este inventario incluye características de las fuentes de contaminación, su ubicación y la cantidad y tipos de contaminantes emitidos, tales como los contaminantes criterio (dióxido de azufre, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, partículas y plomo), gases de efecto invernadero y sustancias tóxicas.

La utilidad de un inventario de emisiones se enfatiza en su capacidad para identificar problemas de contaminación, determinar necesidades de reducción de emisiones y evaluar la efectividad de las medidas de control. Además, se utiliza el modelo cinético empírico (EKMA, por sus siglas en inglés) como un método para

Introducción



Observatorio de la Tierra de la NASA. (s. f.). [Ozono sobre la Ciudad de México] [fotografía]. Tomada de https://eoimages.gsfc.nasa.gov/images/imagerecords/145000/145062/mexicofires_amo_2019104.jpg

Figura 1. Sección de introducción de la página control de ozono en la ciudad. Fuente: Sitio repositorio UAPA

explicar la no-linealidad de la contaminación atmosférica y, con este modelo, estimar las reducciones necesarias en las emisiones para controlar las concentraciones de ozono a partir de la reducción de sus precursores (García-Reynoso, *et al.*, 2023).

El contenido de la página también aborda la influencia de factores como la topografía y las condiciones meteorológicas en la calidad del aire proponiendo que las emisiones son el principal aspecto sobre el cual se puede actuar para mejorar esta calidad. En la parte final se presentan recomendaciones para reducir las emisiones como el uso de combustibles menos contaminantes y la mejora de la eficiencia de combustión en equipos industriales y en los hogares.

MÉTODO

Estructura de la página web

La página está desarrollada de manera que facilita la navegación y comprensión del contenido relacionado con el control del ozono en la ciudad. A continuación se presenta una descripción de las secciones incluidas en el índice.

1. Introducción: sección que presenta el contexto general sobre la contaminación atmosférica y la importancia del ozono como contaminante (Figura 1).
2. Contenido: muestra el resumen de los temas que se abordarán en el documento, proporcionando una visión general de los aspectos tratados.

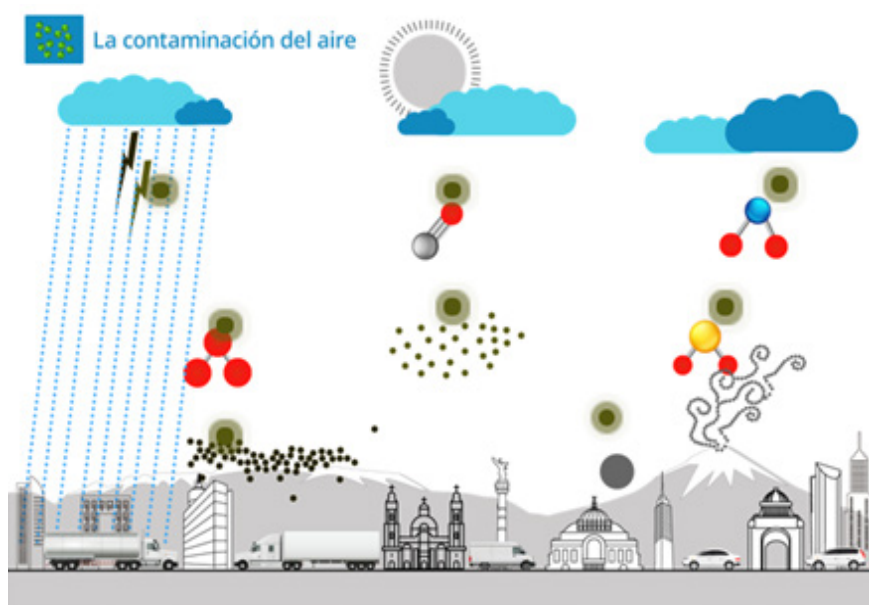


Figura 2. Ilustración interactiva sobre los contaminantes atmosféricos y sus efectos. Fuente: Sitio repositorio UAPA

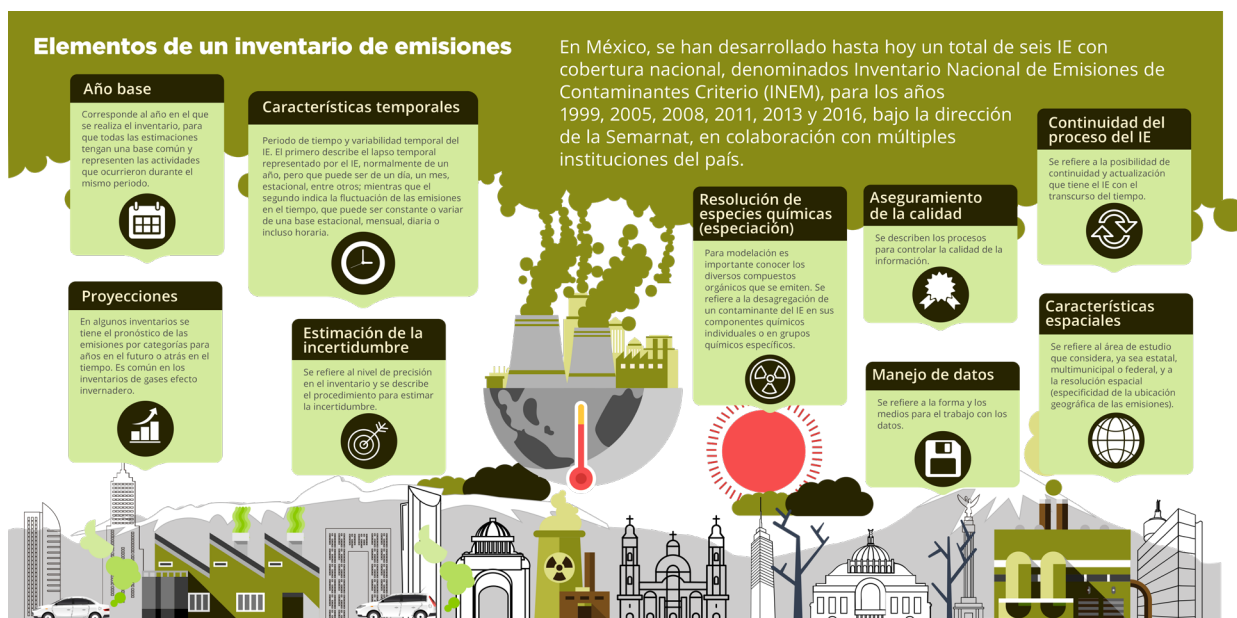


Figura 3. Infografía sobre los elementos principales de un inventario de emisiones. Fuente: Sitio repositorio UAPA

- Ozono y contaminación: esta sección explora la contaminación atmosférica (Figura 2) y la naturaleza del ozono como contaminante secundario, sus precursores y la relación entre la concentración de ozono y sus efectos en la salud y el medio ambiente.
- Calidad del aire e inventario de emisiones: se detalla cómo la calidad del aire se ve afectada por las emisiones y la meteorología así como la importancia de un inventario de emisiones para la gestión de la calidad del aire. En una infografía descargable se muestran los elementos del inventario de emisiones (Figura 3).
- Reducción de ozono: sección dedicada a las estrategias y métodos para reducir las emisiones de ozono, empleando como herramienta didáctica el modelo cinético empírico

(EKMA) mediante gráficos interactivos como el presentado en la Figura 4.

- Actividades: interactivas que permiten a los usuarios explorar y aplicar los conceptos aprendidos sobre la contaminación y el ozono.
- Actividades 1 y 2: específicamente diseñadas para profundizar en la comprensión y el aprendizaje de los temas tratados. En la Figura 5 se muestran los encabezados de ambas actividades.

Actividad 1. Obtén la relación NMHC/NO_x en la Ciudad de México

A partir del inventario de emisiones de la Ciudad de México se puede conocer en qué región del diagrama de EKMA se localiza la atmósfera de tal lugar.

Con base en la siguiente tabla, observa los valores de las emisiones totales de NO_x y de COV (anotar los valores) y calcular la relación COV/NO_x.

Actividad 2. ¿Cómo salvamos a la ciudad del ozono?

A partir de la sensibilidad al ozono y de disminuir el inventario de emisiones en la proporción de 20%, 50% y 83% a las emisiones de NO_x y COV de, exclusivamente, las fuentes móviles, se obtiene la nueva relación. Con la nueva relación, y en el diagrama de EKMA, identifica qué pasa con la concentración de ozono.

Figura 5. Actividades para profundizar sobre el tema de la contaminación por ozono. Fuente: Sitio repositorio UAPA

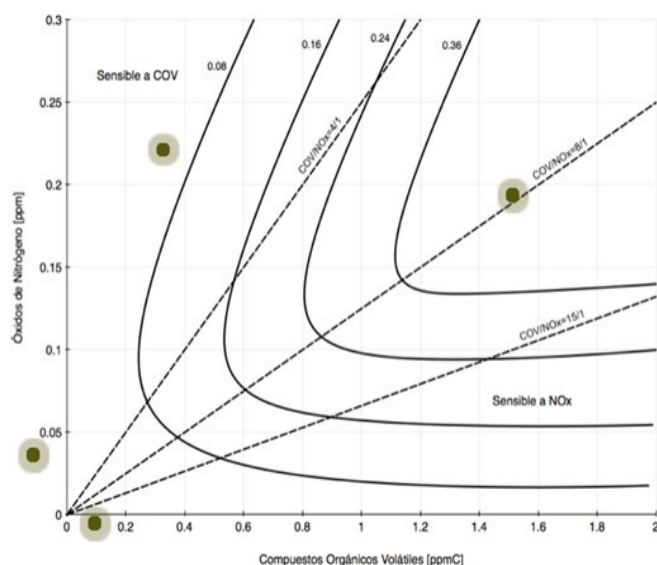


Figura 4. Diagrama EKMA donde se muestra el efecto de las concentraciones ambientales y el ozono. Fuente: Sitio repositorio UAPA

Autoevaluación. Lo que he aprendido del comportamiento del ozono

A partir de los ejercicios anteriores se puede identificar el efecto de un control de emisiones parcial en las concentraciones de ozono en la ciudad.

Figura 6. Autoevaluación para el visitante de la página. Fuente: Sitio repositorio UAPA

8. Autoevaluación: una sección que permite a los usuarios evaluar su comprensión del contenido presentado. En la Figura 6 se muestra el encabezado de la autoevaluación.
9. Fuentes: referencias y recursos adicionales que respaldan la información presentada en el sitio "Control de Ozono en la Ciudad", incluyendo estudios y publicaciones relevantes. Este índice proporciona una estructura clara y lógica que guía al lector a través de los diferentes aspectos del control del ozono y la calidad del aire, facilitando un aprendizaje integral sobre el tema.

Desarrollo de la página web

La página fue desarrollada por un equipo de profesionales.

1. Coordinación general: Jorge León Martínez
2. Coordinación de desarrollo: Edith Tapia Rangel
3. Coordinación académica: Arón Jazcilevich Diamant
4. Elaboración del contenido: José Agustín García Reynoso
5. Administración del proyecto: Moisés Cenobio Fraire Benítez
6. Coordinación de asesoría pedagógica: Elisa Campero Malo
7. Asesoría pedagógica: Miriam Díaz Herrera, Susana Claudio Vargas
8. Coordinación de corrección de estilo: Brenda Gómez Sánchez
9. Corrección de estilo: José Antonio Medina Carranza
10. Coordinación de diseño gráfico e integración: Juan de Dios Fuentes Reyes
11. Diseño gráfico e integración: José Félix Olivares Landín
12. Coordinación de programación de recursos: Juan Luis Becerril Gutiérrez

Este equipo multidisciplinario trabajó en conjunto en las diferentes etapas de la elaboración del material para asegurar que el contenido fuera riguroso, accesible y visualmente atractivo.

El sitio "Control de Ozono en la Ciudad" está disponible en <https://uapa.cuaed.unam.mx/node/1264>

AGRADECIMIENTOS

A la Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia por el apoyo recibido en la elaboración de la página y en la publicación de esta Unidad de Apoyo Para el Aprendizaje (UAPA).

Al Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático por el apoyo en la realización de este proyecto.

A los revisores por sus valiosos comentarios y sugerencias, que han sido fundamentales para mejorar la calidad de este trabajo. Su atención a los detalles y su perspectiva crítica han enriquecido nuestro enfoque y análisis, ayudando a que el material sea más accesible a un público mayor.

REFERENCIAS

- García-Reynoso, J. A. (s.f.). Control de ozono en la ciudad. Unidad de Apoyo para el Aprendizaje. Recuperado de <https://uapa.cuaed.unam.mx/node/1264>
- García-Reynoso J. A., Almanza-Veloz V., Torres-Jardón R. (2023). Ozono y su control en la Ciudad de México. Enseñanza y Comunicación de las Geociencias, 2(2), 24-27. DOI: 10.22201/cgeo.29928087e.2023.2.2.5

Manuscrito recibido: 2 de agosto de 2024

Manuscrito corregido recibido: 23 de septiembre de 2024

Manuscrito aceptado: 23 de octubre de 2024