



UTN FACULTAD
REGIONAL
DELTA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

FUNDACIÓN REGIONAL DELTA



TRABAJO FINAL INTEGRADOR (TFI)
“MURALES ECOLÓGICOS: EL ARTE DE LA
SOSTENIBILIDAD”

POSGRADO: ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL

DOCENTE: DR. ALEJANDRO MALPARTIDA

AUTOR: LIC. MATIAS EZEQUIEL SOLUAGA

ING. PABLO NOGUES, JUNIO 2024

Índice

Introducción	2
Antecedentes	4
Análisis de Fundamento.	5
1.1. Marco Teórico	5
1.2. Marco Legal	6
1.3. Marco Contextual	6
1.3.1 Población y Muestra	7
1.3.2 Descripción de la Avenida 9 de Julio	10
Capítulo 1	12
Contaminación vehicular: Causas y efectos	12
Emisiones de CO ₂ en el sector de transporte.....	13
Efectos de la contaminación vehicular sobre la salud.....	13
Efectos de la contaminación vehicular sobre la vegetación.....	16
Impactos de la contaminación vehicular sobre la salud de la fauna.....	18
Lluvia Ácida	19
Calentamiento Global y Cambio Climático.....	20
Capítulo 2	24
Pinturas fotocatalíticas TiO ₂	25
2.1 Fundamento de la fotocatalisis	26
2.2 Eficiencia y actividad fotocatalíticas	27
2.3 Desinfección fotocatalítica con TiO ₂	31
2.4 Degradación de contaminantes ambientales por medio de pinturas fotocatalíticas.....	33
2.5 Factores críticos en la formulación de pinturas fotocatalíticas.....	36
Capítulo 3	38
Huella de Carbono: Características y cálculo	38
Emisiones de CO ₂ de los automóviles	39
Absorción de CO ₂ de los arboles mediante la fotosíntesis	39
Fórmula de la Huella de Carbono/Datos del experimento.....	40
Conclusión	48

RESUMEN

La contaminación del aire provocado por la combustión vehicular, es uno de los mayores problemas para los seres humanos debido a que disminuye la calidad de vida de las personas, provocando graves consecuencias para la salud. Además, es una de las principales preocupaciones medioambientales a nivel mundial, ya que contamina el entorno, daña a la biodiversidad y contribuyen significativamente a la liberación de Gases de Efecto Invernadero (GEI), que son los grandes responsables del calentamiento global. En la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, el 80% de la contaminación del aire se produce por los gases que emiten los vehículos, sumado a la problemática en la reducción de espacios verdes que tiene dicha ciudad, estos espacios absorbían y reducían la acumulación de gases, como el Dióxido de Carbono mediante el proceso de fotosíntesis. Ante este panorama, decidimos buscar alternativas factibles que reduzcan la contaminación atmosférica, ayuden al medio ambiente y optimice la calidad de vida de los seres vivos. Es por ello, que el desarrollo del siguiente trabajo de proyecto tiene como objetivo determinar, por medio de análisis, la reducción de la Huella de Carbono (emisiones de CO₂) generados por las combustiones de vehículos particulares (puntualmente automóviles) mediante la utilización de pinturas fotocatalíticas en murales ecológicos de lugares públicos. Este tipo de tecnologías innovadoras en pinturas actúan como catalizadores para contener las sustancias contaminantes presentes en el aire. Para la confección del presente trabajo se llevó a cabo el cálculo de la huella de carbono producidos por los vehículos en horarios picos, durante un período mensual, y así estimar las reducciones de gases (CO₂) utilizando estos tipos de materiales novedosos.

PALABRAS CLAVES: CABA (Ciudad Autónoma de Buenos Aires), CO₂ (Dióxido de Carbono), GEI (Gases de Efecto Invernadero), Huella de Carbono (HC), Dióxido de Titanio (TiO₂), Tn (Toneladas).

“La humanidad se encuentra... ante un gran problema de la búsqueda de nuevas materias primas y nuevas fuentes de energía que nunca se agotan. Mientras tanto, no debemos perder lo que tenemos, sino que debemos dejar lo más posible para las generaciones venideras.”

Svante Arrhenius

Introducción

El medio ambiente juega un papel fundamental en la civilización en general, ya que es clave para la subsistencia de la vida en la Tierra. La supervivencia del ser humano es quizás imposible sin un entorno adecuado y paradójicamente el desarrollo de las actividades antropogénicas como el uso indiscriminado de combustibles fósiles y la urbanización masiva han afectado negativamente en los ecosistemas. Desde el desarrollo en los medios de transporte y el proceso de expansión de las poblaciones han provocado un escenario que atenta contra la calidad de vida de todas las especies que habitan en este planeta. Uno de los principales problemas más preocupantes a nivel mundial en la actualidad es la “contaminación vehicular”, que es producida por cualquier vehículo de transporte y es el mayor responsable de la contaminación del aire y de la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) mediante la utilización de combustibles fósiles. El incremento acelerado del volumen vehicular y la reducción de espacios verdes en las ciudades, producto de la urbanización, han facilitado el deterioro del medio en donde vivimos.

Estudios recompilados en el año 2.020, revelaron que se emitieron alrededor de 32.284 millones de Toneladas de Dióxido de Carbono (CO₂) a nivel mundial, y otros tipos de contaminantes tóxicos, provocados por las combustiones vehiculares, afectando de manera directa en la salud de 7 millones de personas aproximadamente en todo el mundo. Los principales países responsables de este tipo de emisiones son: China, EEUU, Unión Europea, India y Rusia; con la particularidad de que son los países con mayor densidad poblacional en todo el planeta. Según los datos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, quien lleva adelante tareas de control y fiscalización de las emisiones de gases contaminantes provenientes de los automotores, la República Argentina emite aproximadamente 189 millones de Toneladas de CO₂ anuales, situándola en el número 154 del ranking mundial de los países de mayor emisión.

En la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), un 80% de la contaminación del aire de la Ciudad se produce por los gases que emiten los vehículos, tanto colectivos como los automóviles particulares. Otro dato fundamental es que el área mencionada tiene un gran déficit respecto a los espacios verdes, que posee una capacidad de 5,9 m² per cápita, este dato es un promedio aproximado, ya que en algunos barrios la cantidad disminuye. Es decir, que existe menos cantidad de vegetación, como los árboles, que ayuden a mitigar dichas emisiones mediante la absorción de CO₂ en el proceso de fotosíntesis. Esta cifra está por debajo de lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), el cual establece que en las ciudades haya un mínimo de 10 m² de espacio verde por habitante, por lo que esta cifra se encuentra casi a la mitad de lo recomendado.

En síntesis, los vehículos son considerados importantes agentes de contaminación ambiental. En la actualidad, aparecen como elementos indispensables en el funcionamiento de las sociedades modernas y los ecosistemas urbanos, circulando millones de vehículos de diversas características por las calles de todo el mundo, generando las emisiones de millones de toneladas de contaminantes nocivos. Esta problemática hace que cada vez sean más las consecuencias ambientales, afectando en la salud de todos los seres vivos que convivimos con ello.

Este problema comenzó a surgir en las últimas décadas como una preocupación real e inminente. Es por eso que se han buscado diversas alternativas que reduzcan y mitiguen las emisiones de CO₂ hacia la atmósfera y, por consiguiente, mejorar la calidad de vida de los seres vivos, contribuyendo con el medio ambiente. La pregunta central del trabajo es ¿Las pinturas fotocatalíticas podrán mitigar las emisiones de CO₂ producto de las combustiones vehiculares en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires?

¿Se podrá reemplazar la ausencia de espacios verdes con este tipo de pinturas? ¿Cuáles son las características más relevantes de este tipo de pinturas, el cual son consideradas como innovadoras? La hipótesis central es que las pinturas fotocatalíticas poseen grandes propiedades para contrarrestar las emisiones vehiculares, ya que generan la absorción del CO₂ mediante el proceso de carbonatación. Se considera como un avance tecnológico innovador, utilizado para luchar contra la contaminación atmosférica y, además, su composición es amigable con el medio ambiente. Lo que puede ser una alternativa para mitigar la absorción de CO₂ y otros contaminantes en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Es por ello que, el objetivo de investigación del siguiente trabajo de proyecto es determinar, por medio de análisis y cálculos, la reducción de la Huella de Carbono (emisiones de Dióxido de Carbono – CO₂) generados por las combustiones de vehículos particulares (automóviles) mediante la utilización de pinturas fotocatalíticas en murales ecológicos de lugares públicos. Se elige este tipo de tecnologías innovadoras en pinturas a base de Dióxido de Titanio (TiO₂) que actúan como catalizadores para contener las sustancias contaminantes presentes en el aire. El proyecto se centrará en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) en horarios pico, durante un periodo mensual, esto se debe a que CABA es uno de los lugares más importantes y transitados por vehículos en la República Argentina. Además, se encuentra ubicado geográficamente en sectores urbanísticos desarrollados, con reducción de espacios verdes.

Para cumplir con esta meta proyecto, el presente trabajo estará conformado por 3 (tres) Capítulos: El primer Capítulo consiste en especificar, describir las causas y consecuencias de la contaminación vehicular, los efectos en la salud humana e impacto en el medio ambiente. El segundo Capítulo se hablará sobre las pinturas fotocatalíticas, fundamento, eficiencia y actividad fotocatalítica; descripción del Dióxido de Titanio (TiO₂) en diversas pruebas realizadas, etc. El tercer Capítulo trata sobre la Huella de Carbono, características, normativa vigente del cálculo de la Huella de Carbono, el análisis de la absorción de CO₂ y resultado cuantificado.

ANTECEDENTES:

Si bien no existen pruebas contundentes, se supone que la primera vez que el hombre contaminó el aire fue cuando descubrió el fuego. Sin embargo, en esa época, la contribución del hombre a la contaminación del aire probablemente era menor que la provocada por fuentes naturales.

El siguiente avance que tuvo serias consecuencias para la contaminación del aire fue el establecimiento de numerosas comunidades permanentes. En un inicio, el hombre vivía en grupos nómadas relativamente pequeños. Frecuentemente, esos grupos vivían en un lugar sólo por un tiempo y el daño ambiental que causaban era mínimo. Eso comenzó a cambiar con la formación de comunidades agrarias permanentes. Estudios científicos de la contaminación del aire, se demostraron dos consecuencias notables de sedentarización del hombre: un impacto ambiental mayor, más intenso y el agotamiento de combustible para generar fuego en ciertas localidades.

Durante los siglos XII y XIII, en Europa, la obtención de madera para el combustible se tornó tan difícil que fue necesario un combustible alternativo, y el carbón fue el elemento considerado como la solución. En principio, se creía que el carbón era un don del cielo porque existía en abundancia y era lenta la combustión. El oscuro humo denso que produce se estimó simplemente como una desventaja menor. Pero, en realidad, esto era secundario comparado con lo que vendría.

A mediados del siglo XVIII, en Europa comenzó la Revolución Industrial y el movimiento se expandió rápidamente por el mundo. Las distintas industrias emergentes requerían energía, y en esa época significaba combustión de carbón. Uno de los efectos más notorios de este suceso, fue en el medio ambiente, el cual aumentó de forma exponencial la contaminación en general. Con la introducción de la maquinaria impulsada por carbón y posteriormente por otras combustiones fósiles, las emisiones de gases nocivos se elevaron, contaminando al aire y contribuyendo al calentamiento global. La quema de carbón y otros combustibles fósiles liberaron grandes cantidades de CO₂ y otros GEI a la atmósfera, creando un desequilibrio en el ciclo del carbono.

Durante el siglo XIX y a principios del siglo XX, el carbón también era la fuente principal de calor, energía y contaminación en el mundo. Sin embargo, empezó a tener competencia cuando en 1.859 se inició, en Pensilvania, la perforación del pozo petrolero, de rápidos beneficios comerciales. La refinación de petróleo y la industria automovilística experimentaron un extraordinario crecimiento en el siglo XX, junto con sus diversas industrias derivadas, como el acero y la fabricación de caucho.

La Segunda Guerra Mundial y sus consecuencias aumentaron y aceleraron la arremetida del hombre en la atmósfera, prácticamente inadvertida. La proliferación de la industria petroquímica y el desarrollo de la industria nuclear abrieron el camino. No obstante, la industria del transporte, con sus quemados de combustibles fósiles, permanece hasta hoy como la causa principal de contaminación. Esta industria es directamente responsable de casi 60% de toda la contaminación atmosférica. Se sabe que el smog que caracteriza a las principales ciudades del mundo proviene de los gases emitidos por el transporte.

ANÁLISIS DE FUNDAMENTO

1.1 MARCO TEÓRICO:

En el siguiente marco teórico para las emisiones vehiculares, se describirán los conceptos y regulaciones que se llevan a cabo en la República Argentina:

Regulaciones Ambientales:

La República Argentina, como signataria de varios acuerdos internacionales sobre medio ambiente y cambio climático, debe cumplir con los estándares establecidos por organizaciones como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Estos acuerdos incluyen límites y directrices sobre las emisiones vehiculares.

Legislación Nacional:

La República Argentina cuenta con leyes y regulaciones específicas ([tabla 1](#)) relacionadas con la calidad del aire y las emisiones vehiculares. Como, por ejemplo, la Ley Nacional de Tránsito, el cual establece requisitos para la inspección técnica de vehículos, que puede incluir prueba de emisiones. Además, puede haber normativas específicas sobre emisiones de vehículos en áreas urbanas o regionales.

Normativas de Control de Emisiones de CO2:

La Argentina puede adoptar estándares de control para las emisiones de CO2 similares a los establecidos por las Normas internacionales, como la Norma ISO 14.064, en el cual se definen los límites para realizar el cálculo e informe de la Huella de Carbono de una empresa o individuo. Facilitando así, la inclusión sobre temas relacionados a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

Tecnología de Control de Emisiones:

En este trabajo de proyecto se utilizará para el control de emisiones, las pinturas fotocatalíticas a base de Dióxido de Titanio (TiO₂), el cual posee una tecnología innovadora en pinturas, que actúa como catalizador para contener las sustancias contaminantes presentes en el aire.

Objetivos:

El trabajo de proyecto tiene como objetivo principal analizar un caso hipotético de contaminación vehicular en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, por medio de cálculos, se busca cuantificar la reducción de CO2 emitidos, mediante la utilización de pinturas fotocatalíticas en murales ecológicos de espacios públicos (edificio gubernamental / establecimientos educativos) y así determinar la viabilidad del producto seleccionado.

1.2 MARCO LEGAL:

El presente trabajo se encuadra dentro de la legislación vigente detallada en la [tabla 1](#).

Tabla 1: Matriz de requisitos legales

TIPO	TEMA	AMBITO
Constitución Nacional	Art. 41 Derecho a un Ambiente sano	Nacional
Ley N° 25.675/02	Ley general del ambiente: Presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente	Nacional
Ley N° 27.520	Ley de Presupuestos mínimos de adaptación y mitigación al Cambio Climático	Nacional
Ley N° 20.284	Ley Nacional de la Salud Pública y Preservación de los recursos del Aire	Nacional
Ley N° 24.449	Ley Nacional de Transito y Seguridad Vial	Nacional

TIPO	TEMA	AMBITO
Constitución de la Provincia de Buenos Aires	Art. 28 Derecho a un Ambiente sano	Provincial
Ley N°11.723/95	Ley Integral del Medio Ambiente y los recursos naturales	Provincial
Ley N° 5.965	Ley de protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera	Provincial
Decreto N° 1.074/18	Reglamentación de Ley N° 5.965	Provincial
Res. 559/2019	Obtención de licencia de emisiones gaseosas a la atmósfera (LEGA)	Provincial

TIPO	TEMA	AMBITO
Decreto N° 646/95	Anexo I, 9. Emisión de contaminantes.	Nacional
Res. N° 1.270 / 2002	Emisiones de gases contaminantes, ruido y radiaciones	Nacional
Res. N° 385/18	Certificación de emisiones gaseosas.	Nacional
Res. N° 383/21	Etiquetado de CO2 y eficiencia energética vehicular	Nacional

TIPO	TEMA	AMBITO
Ley N°3.871	Adaptación y Mitigación al Cambio Climático	CABA
Ley N° 1.356/04	Control de la calidad del aire	CABA
Decreto N° 1.074/18	Reglamentación de Ley 5.965	Provincial
Res. N° 559/2019	Obtención de licencia de emisiones gaseosas a la atmósfera (LEGA)	Provincial

1.3 MARCO CONTEXTUAL:

➤ 1.3.1 POBLACIÓN Y MUESTRA

CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES (CABA)

La Ciudad de Buenos Aires o Ciudad Autónoma de Buenos Aires, también llamada Capital Federal por ser sede del gobierno federal, es la capital de la República Argentina. Está situada en la región centro – este del país, sobre la orilla occidental del Río de la Plata, en plena llanura pampeana. Los resultados definitivos del censo del 2.022 estiman la población de la ciudad en 3.121.707 habitantes, y la de su aglomerado urbano, el Gran Buenos Aires, en 17.541.141 habitantes; siendo la mayor área urbana del país, la segunda de Sudamérica, Hispanoamérica y del hemisferio sur, y una de las 20 mayores ciudades del mundo. Es, junto a São Paulo y Ciudad de México, una de las tres ciudades latinoamericanas de categoría alfa, según el estudio GaWC (*Globalization and World Cities*). La Ciudad de Buenos Aires se encuentra entre las ciudades con mayor calidad de vida de América Latina, y su renta per cápita se ubica entre las tres más altas de la región. Es la ciudad más visitada de América del Sur.

El tejido urbano se asemeja a un abanico que limita al sur, oeste y norte con la provincia de Buenos Aires y al oeste con el río. Oficialmente la ciudad se encuentra dividida en 48 BARRIOS que derivan, los más antiguos, de las parroquias establecidas en el siglo XIX. La metrópolis es una ciudad autónoma que constituye uno de los 24 distritos en los que se divide el país. Tiene sus propios poderes ejecutivo, legislativo y judicial, además de su propia policía.



Mapa Satelital de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. [Mapa satelital de Buenos Aires | Gifex](#)

Distribución espacial, composición y crecimiento

La superficie de la Ciudad es algo superior a los 200 Km² y su perímetro, 60 Km. Cerca de tres millones de habitantes residen en ella distribuidos en barrios que, desde el punto de vista político-administrativo, se agrupa en 15 COMUNAS. La densidad de la población es de más de 15.000 habitantes por kilómetro cuadrado. Las zonas centro y norte son los espacios territoriales más densamente poblados.

En la composición de la población las mujeres son la mayoría: hay 120 mujeres por cada 100 varones. Teniendo en cuenta la edad de los habitantes, se considera que la Ciudad posee una población envejecida. La población de 65 años y más representa más de 16% del total, y la de menos de 15 años supera el 17%. La edad promedio de la población ronda los 40 años: 42 años las mujeres y 37 años los varones. Como ocurre en la mayoría de los territorios, las mujeres viven más que los varones. En la ciudad, en promedio, la esperanza de vida al nacer es 82 años para las mujeres y 75 años para los varones.

Buenos Aires fue, y sigue siendo, receptora de inmigrantes provenientes del resto del país y de otros países. El 38% de sus residentes nacieron fuera de ella. Por otra parte, en promedio, anualmente nacen 14 niños por cada mil habitantes y fallecen 10 personas cada mil habitantes.

Clima

La Ciudad de Buenos Aires posee un **clima benigno todo el año**. Con una temperatura media anual de 18°C (64°F), son escasos los días de calor y frío intensos, lo que permite visitar la Ciudad en cualquier época del año.

Por su situación geográfica, el mes más frío es julio. Aunque no se presentan heladas (la temperatura mínima media del año ronda los 6,7°C), es necesario salir con un abrigo de lana, una campera o sobretodo y bufanda. En invierno el frío es moderado durante el día, pero por las noches baja considerablemente la temperatura.

En verano el calor es húmedo (la temperatura máxima media ronda los 30,6°C). Las mañanas son calurosas, mientras que hacia el mediodía y las primeras horas de la tarde las temperaturas aumentan de manera significativa. A la noche, el calor disminuye levemente, por lo que se usa ropa fresca y liviana, y no hay necesidad de abrigos.

Las temporadas más lluviosas son el otoño y la primavera (de marzo a junio y de septiembre a diciembre). Son generalmente lloviznas o lluvias breves que no impiden el desarrollo de las distintas actividades y permiten caminar por la calle con paraguas o impermeable. En los días soleados de otoño y primavera las mañanas son frescas, la temperatura aumenta de forma agradable hacia el mediodía y desciende por la noche.

Perfil Urbano

Su perfil urbano es marcadamente ecléctico. Se mezclan, a causa de la inmigración, los estilos art decó, art Nouveau, neogótico y el francés borbónico. Por esto último se la conoce en el mundo por el apodo de "París de América". El rascacielos es otro elemento muy común del panorama urbano porteño. Fue elegida por la Unesco como Ciudad del Diseño en 2.005 y como Capital Mundial del Libro de 2.011.

Cultura y esparcimiento

La Ciudad de Buenos Aires se destaca por tener una vida cultural muy activa. Gran parte de la oferta de actividades culturales se desarrolla a través de distintos organismos, establecimientos y eventos dependientes del Gobierno de la Ciudad: 30 bibliotecas, 11 museos, 7 teatros, 43 centros culturales barriales, los centros culturales Recoleta y General San Martín, el Planetario Galileo Galilei, el Instituto Histórico de la Ciudad y los diferentes festivales organizados por el GBA, entre otros.

Estos organismos, en el año 2011, ofrecieron más de 8.000 actividades culturales (funciones de teatro, cine, música, danza, murga, malabares, exposiciones y otras) a las que concurrieron más de 4.000.000 de asistentes.

Turismo

Durante los últimos años el sector de hoteles de la Ciudad de Buenos Aires continuó su proceso de crecimiento. El número de viajeros que visitaron la Ciudad entre enero y marzo de 2012 fue 1.152.136.

El 42% son personas que viven en alguna Provincia y visitan la Ciudad, y el 58% provienen del exterior del país.

Transporte

Mensualmente, entre 195 y 200 millones de pasajeros utilizan los distintos medios de transporte urbano y suburbano de la Ciudad. De ellos, alrededor de 26 millones lo hacen en subterráneo y premetro y aproximadamente 26 millones, en tren; el resto se traslada en las líneas de colectivos que cumplen la totalidad de su recorrido en la Ciudad y en las que se dirigen, también, hacia el Gran Buenos Aires. En la Ciudad circulan más de 38.500 taxis.

Con destino al exterior del país, mensualmente, salen cerca de 25.000 pasajeros desde el aeropuerto Jorge Newbery; una cifra levemente menor ingresa desde el extranjero. Por otra parte, salen por mes 240.000 pasajeros desde el Aeropuerto con destino a las distintas provincias del país. En el puerto de la Ciudad el movimiento de pasajeros es intenso: en promedio, entran y salen 220.000 pasajeros a Buenos Aires, por mes. Dependiendo de la época, el movimiento varía significativamente: durante el verano mensualmente parten casi 140.000 pasajeros, mientras que en invierno la magnitud desciende a 85.000.

Fundaciones de Buenos Aires

La Ciudad de Buenos Aires fue fundada dos veces. La primera fundación ocurrió en 1536, cuando el colonizador español Pedro de Mendoza estableció el primer asentamiento. Lo nombró Ciudad del Espíritu Santo y Puerto de Nuestra Señora del Buen Ayre. La segunda y definitiva fundación fue realizada por Juan de Garay en 1580, quien denominó el sitio Ciudad de Trinidad y Puerto de Santa María de los Buenos Ayres.

Durante la segunda mitad del siglo XIX, el puerto fue el punto de llegada de la gran corriente inmigratoria promovida por el Estado argentino para poblar la nación. Españoles, italianos, sirio-libaneses, polacos y rusos le imprimieron a Buenos Aires el eclecticismo cultural que la distingue. Desde 1.880 la Ciudad Autónoma de Buenos Aires se transforma en la capital de la República Argentina.

A lo largo del siglo XX, sucesivas migraciones (internas, de países latinoamericanos y de Asia) terminaron de conformar a Buenos Aires como una ciudad cosmopolita en la que conviven personas de diversas culturas y religiones.

Constitución de 1.994

En el año 1.994, la Convención Constituyentes reformó la Constitución de la Nación Argentina y estableció un régimen de gobierno autónomo para la Ciudad de Buenos Aires. Esta reforma estableció también, que el Congreso de la Nación convocaría a los habitantes de la Ciudad para que eligieran a sus representantes a fin de dictar el estatuto organizativo de sus instituciones. Producidas tales elecciones, y constituida la Convención Constituyente, el 1° de octubre de 1.996, se culminaron las sesiones, sancionando la Constitución de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

La Constitución de la Ciudad resultó ser un hito y punto de partida para la concreción de la autonomía de la Ciudad, que se construye a partir de la elección por el voto directo de sus ciudadanos del primer jefe de Gobierno y de su Legislatura.

División política y organización jurídica

El Gobierno de la Ciudad está organizado a través de un Poder Ejecutivo, un Poder Legislativo y un Poder Judicial:

El Poder Ejecutivo está compuesto por el jefe de Gobierno de la Ciudad, el Vice jefe de Gobierno, el jefe Gabinete de Ministro y 9 Ministros con atribución de competencias específicas (Justicia y Seguridad, Hacienda, Desarrollo Social, Salud, Ambiente y Espacio Público, Educación, Desarrollo Económico, Cultural y Desarrollo Urbano).

El Poder Legislativo se organiza mediante la Legislatura de la Ciudad de Buenos Aires, compuesta por 60 legisladores con mandatos de períodos de cuatro años y renovables por mitades cada dos años.

El Poder Judicial está integrado por el Tribunal Superior de Justicia, el Consejo de la Magistratura, el Ministerio Público, el Fuero Contencioso Administrativo, Tributario, el Fuero Contravencional y de Faltas.

1.3.2 La Avenida 9 de Julio

La Avenida 9 de Julio es un ícono de Buenos Aires que, con su nombre dedicado al día de declaración de la independencia de la Argentina, es paso obligado para todo aquel que quiera llevarse una imagen típica porteña.

La Ley N° 8.885 que permitió su construcción fue de 1.912 pero se inauguró recién en 1.937, bajo la presidencia de Agustín P. Justo, con un trazado de cinco manzanas, desde Bartolomé Mitre a Tucumán. Su creación previó el crecimiento del distrito y estuvo en línea con la ampliación de otras arterias como la Avenida Corrientes que para su inauguración ya había ensanchado sus primeras cuadras.

Considerada por muchos como “la Avenida más ancha del mundo”, lo cierto es que tiene un ancho de 140 metros y en su recorrido une los barrios de Constitución y Retiro. Su construcción demandó 43 años.

Un monumento privilegiado que vio crecer a la histórica Avenida es el Obelisco, ya que fue levantado en la Plaza de la República en 1.936 por obra del arquitecto Alberto Prebisch. Con sus 67,50 metros y 1.800 toneladas es la postal clásica de Buenos Aires y uno de sus lugares desde donde se puede apreciar la magnitud de la tradicional Avenida.

Es que caminar por esta histórica Avenida es también pasear junto a históricos edificios como el Teatro Colón, reabierto en 2.010 tras su restauración; el Edificio del Plata, en donde funcionó el antiguo Mercado del Plata; y hoy es sede del Gobierno de la Ciudad; o el del viejo Ministerio de Obras Públicas, emplazando a lo largo de la traza, que alojó a la antena para la primera transmisión televisiva del país, en 1.951.,

Desde 2.013 la recorre el Metrobús 9 de Julio, que permitió un ordenamiento del tránsito en la zona e impulsa la movilidad sustentable; la línea de subte C ya conectada parte de su trayecto desde 1.934.

Otro paseo imperdible es cruzar por los pasajes subterráneos que conectan Carlos Pellegrini y Cerrito, a la altura del Obelisco, a través de las Galerías 9 de Julio renovadas recientemente.

Otras arterias que rinden homenaje a la Declaración de la Independencia de la Argentina son la Avenida Congreso, referida al de Tucumán en donde se firmó la emancipación, o la Avenida Independencia; además, la Ciudad posee muchas calles que recuerda a los participantes de aquella histórica reunión, como por ejemplo Anchorena, Darragueira, Gascón, Medrano o Paso, entre otros.



“Postal de la 9 de Julio tomada desde un dron”, Juan Carlos Salgado (feb., 2022). LA NACION, [9 de Julio: el antes, durante y después de la construcción de la icónica avenida porteña - LA NACION](#)

CAPÍTULO 1 - CONTAMINACIÓN VEHICULAR: CAUSAS Y EFECTOS

El ser humano, en su cotidianidad, se encuentra relacionado con importantes contribuyentes de la contaminación atmosférica: el uso de aerosoles, los procesos industriales y la combustión, como los vehículos, el cual son los principales contaminantes.

Como mencionamos anteriormente, este proyecto se centra en la contaminación producto de los motores de combustión, es decir, la contaminación vehicular. En la sociedad actual, el vehículo de mayor circulación para el transporte de pasajeros es el de motor como los autos particulares o de utilización diaria.

Existen tres grandes tipos de propulsión en cuanto se refiere a los automóviles: el primero son los motores de vapor, fueron los iniciales motores utilizados, los cuales se usaban como recurso para la combustión leña o carbón, lo cual permitirá generar el calentamiento de agua y por medio de la presión del vapor se convertía esta energía en movimiento; el segundo tipo de motor es de combustión interna, el más utilizado en la actualidad, el cual consiste en que por medio de un combustible y oxígeno se genera una combustión que es convertida en energía mecánica. Por último, está el motor eléctrico; por medio de baterías, almacena la electricidad para luego convertirla en energía mecánica.

En la actualidad, los combustibles utilizados son derivados del petróleo, como la gasolina, Diesel y el gas natural; un recurso natural que escasea en el mundo y que cada vez más es solicitado en mayor cantidad por métodos de vida de la sociedad.

El automóvil es símbolo de progreso ya que, gracias a su desarrollo, las sociedades rompieron fronteras, facilitando el transporte de carga y pasajeros sin importar las distancias, pero esta solución de movilidad tiene grandes repercusiones en la salud del ser humano y en la vida del medio ambiente. Los motores de combustión interna generan emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂), Monóxido de Carbono (CO), Hidrocarburos (HC) y Óxidos de Nitrógeno (NO_x) que son liberados a la atmósfera en importantes cantidades, estas proporciones de contaminación que se arrojan en el aire están directamente relacionadas con el aumento de la población; a medida que las personas adquieren mayor número de vehículos y las empresas fabrican incontrolablemente estos artefactos, la contaminación aumenta, no sólo por las emisiones inyectadas a la atmósfera. Los automóviles son contaminantes durante todo su ciclo de producción, uso, consumo y desecho.

La contaminación vehicular no está sólo ligada a la contaminación atmosférica; la industria automotriz genera procesos y subproductos que influyen considerablemente en la contaminación. Desde su producción, el automóvil debe pasar por distintas industrias, como por ejemplo, la industria de las pinturas, que contaminan el recurso atmosférico e hídrico; la industria del plástico, por ser este producto un derivado del petróleo contribuye al agotamiento de recursos naturales y a la modificación de los ecosistemas, con otro agravante: las piezas construidas para vehículos son desechables, es decir, al terminar su vida útil son reemplazados por piezas nuevas y las anteriores caen en rellenos sanitarios, lo cual afecta a la tierra y la atmósfera; y así se podría continuar con cada una de las industrias que deben intervenir en este producto: aceites, tapicería, llantas, aires acondicionados, combustible, repuestos y demás; una lista interminable de materiales y procesos nocivos para el medio ambiente.

Los gases de escape de los vehículos de motor también producen gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático. El principal gas de efecto invernadero producido por los vehículos es el Dióxido de Carbono (CO₂), pero también producen óxido nitroso y metano.

EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO EN EL SECTOR DE TRANSPORTE

La acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera contribuye al cambio climático. El más frecuente de esos gases, es el Dióxido de Carbono (CO₂), se libera cuando los combustibles fósiles (como el carbón, el petróleo y el gas natural) y los derivados del petróleo que se utilizan con frecuencia para impulsar el transporte (la gasolina, combustible Diesel, y combustible para aviones) se queman. El cambio climático impone costos a las personas y a los países de todo el mundo.

El transporte es la mayor fuente de emisiones de gases de efecto invernadero en el planeta, sobre todo en los países de mayor desarrollo o de mayor concentración de habitantes, como lo son: Estados Unidos, China, Unión Europea, etc. Que son los principales responsables de este acontecimiento. Las emisiones de gases CO₂ representan aproximadamente el 97 por ciento del potencial de calentamiento global de todas las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes del transporte. Antes de la pandemia de Coronavirus (COVID-19), las emisiones de CO₂ procedentes del transporte habían aumentado (en cantidad y como porcentaje de las emisiones) durante varios años.

En 2021, las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero de todas las fuentes ascendieron a 40.800 millones de toneladas métricas.

EFFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN VEHICULAR SOBRE LA SALUD

En este capítulo abordaremos el tema de los efectos de la contaminación vehicular sobre la salud en los seres humanos, como los síntomas, enfermedades, etc. Y como afecta en la biodiversidad este tipo de contaminación.

Como sabemos, la contaminación vehicular es un peligro ambiental conocido para la salud. Durante las últimas décadas, a medida que los estudios sobre este tipo de contaminación avanzaban, la preocupación por la salud pública se expandía hasta incluir las enfermedades respiratorias, cardiovasculares, diabetes mellitus, obesidad; y trastornos reproductivos, neurológicos y del sistema inmunológico (G. Osorio y R. Viganó, 2007).

La exposición a la contaminación vehicular está asociada con el estrés oxidativo y la inflamación de las células humanas, lo que puede sentar las bases para enfermedades crónicas y el cáncer. El organismo internacional de investigación del cáncer de la Organización Mundial de la Salud (OMS) clasificó la contaminación del aire producidos por las emisiones vehiculares como cancerígenas para el ser humano.

Esto se debe a las mezclas de sustancias peligrosas en la combustión interna de combustibles fósiles que son emitidas en el medio ambiente. Las emisiones de vehículos, los aceites combustibles y el gas natural que calienta los hogares, los productos derivados de la fabricación y generación de energía, en particular las centrales eléctricas que funcionan a base de carbón, y los humos de la producción de

productos químicos, son las principales fuentes de contaminación del aire provocadas por las personas.

La naturaleza libera sustancias peligrosas al aire, como el humo de los incendios forestales, que generalmente son provocados por personas; las cenizas y gases de erupciones volcánicas; y gases como el metano, que se generan de la descomposición de la materia orgánica en el suelo.

La contaminación del aire relacionada con el tráfico vehicular de las emisiones de vehículos motorizados, puede ser la forma más reconocible de contaminación atmosférica. Contiene la mayoría de los elementos de la contaminación del aire provocada por las personas: ozono troposférico, diversas formas de carbono, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, compuestos orgánicos volátiles, hidrocarburos aromáticos policíclicos y material particulado fino (PM).

- El **OZONO (O₃)**, es un gas atmosférico, con frecuencia se denomina smog cuando se encuentra a nivel del suelo. Se crea cuando las sustancias contaminantes emitidas por automóviles, centrales eléctricas, calderas industriales, refinerías y otras fuentes reaccionan químicamente en presencia de la luz solar.
- Las **GASES NOCIVOS**, entre ellos el Monóxido de Carbono (CO), los Óxidos de Nitrógeno (NO_x) y los Óxidos de Azufre (SO_x), son componentes de las emisiones de los vehículos motorizados y los productos derivados de procesos industriales.
- El **MATERIAL PARTICULADO (PM)** está compuesto de sustancias químicas como sulfatos, nitratos, carbono o polvos minerales. Las emisiones industriales y de vehículos producidas por la combustión de combustibles fósiles, el humo del cigarrillo y la quema de materia orgánica, como los incendios forestales, contienen PM.
- Una subcategoría de los PM, los **Materiales Particulados Finos (PM 2,5)**, son 30 veces más delgados que un cabello humano. Se puede inhalar profundamente hacia el tejido pulmonar y contribuir a problemas de salud graves. El PM 2,5 es responsable de la mayoría de los efectos en la salud debido a la contaminación del aire.
- Los **COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COV)**, se vaporizan a temperatura ambiente o una temperatura aproximada, por lo que se designan como volátiles. Se denominan orgánicos porque contienen carbono. Los COV son emitidos por pinturas, artículos de limpieza, pesticidas, algunos muebles e incluso materiales artesanales como el pegamento. La gasolina y el gas natural son fuentes importantes de COV, las cuales se liberan durante la combustión.
- Los **HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (HAP)**, son compuestos orgánicos que contienen carbono e hidrógeno. Se sabe que 100 HAP están muy esparcidos en el medio ambiente, de los cuales 15 se enumeran en el informe sobre Carcinógenos. Además de la combustión, muchos procesos industriales como la fabricación de productos industriales como la fabricación de productos de hierro, acero y caucho; y la generación de energía también producen HAP como producto derivado. Los HAP también se encuentran en el material particulado.

Relación entre Contaminación Vehicular y Alergias

El aumento repentino de los niveles de contaminantes ambientales debido al desarrollo industrial y el tráfico de vehículos de motor urbano ha afectado la calidad del aire y, en consecuencia, la gravedad y la mortalidad por enfermedades alérgicas. Los contaminantes ambientales actúan sobre el sistema inmunológico y respiratorio en desarrollo, lo que aumenta la posibilidad de efectos negativos sobre la maduración estructural y funcional del aparato respiratorio en los niños.

Los factores ambientales como la contaminación ambiental pueden influir en el epigenoma, ocasionando cambios en los cromosomas que afectan la actividad y expresión de los genes, modificando el riesgo de enfermedades alérgicas.

La contaminación del aire causa morbilidad y mortalidad significativas en pacientes con enfermedades inflamatorias de las vías respiratorias, como rinitis alérgicas, rinosinusitis crónica, asma y enfermedad pulmonar obstructiva crónica. El estrés oxidativo en pacientes con enfermedades respiratorias puede inducir inflamación eosinofílica en las vías respiratorias, aumentar la sensibilización alérgica atópica y aumentar la susceptibilidad a infecciones. Además, ocurre generación de estrés oxidativo por los contaminantes, jugando un papel en la inflamación alérgica de las vías respiratorias.

La interacción de las exposiciones ambientales en interiores, exteriores y los factores del huésped pueden afectar el desarrollo y progresión de enfermedades alérgicas de por vida.

Las exacerbaciones de asma relacionadas con la contaminación vehicular se deben a factores climáticos que favorecen la acumulación de contaminantes del aire a nivel del suelo, como el caso de los vehículos de motor.

Algunos factores que contribuyen al aumento de síntomas pulmonares incluyen:

- Una función ciliar alterada de las células epiteliales.
- Aumento de la permeabilidad del epitelio de las vías respiratorias.
- Cambios inflamatorios en las células respiratorias.
- Modulación de la muerte y del ciclo de las células del sistema respiratorio.

Los contaminantes del aire relacionados con el tráfico producidos por los vehículos de motor se componen de una mezcla compleja de PM 10 o PM 2,5 y emisiones gaseosas que incluyen óxidos de nitrógeno (NOx), Monóxido de Carbono (CO), ozono y otros contaminantes del aire. La evidencia sugiere que los contaminantes del tráfico se asocian con el crecimiento pulmonar reducido, función pulmonar más baja, desarrollo y exacerbación del asma.

Estudios realizados comprobaron que vivir dentro de los 300 m. de una avenida interestatal o autopista se asocia con un aumento de tres veces en las probabilidades de asma. Las personas que viven dentro de los 800 m. de un sitio industrial tienen 47% más probabilidades de tener asma.

Los escapes de automóviles, camiones y plantas de energía son las fuentes más importantes de Dióxido de Nitrógeno al aire libre, el cual es un precursor del smog fotoquímico que se encuentra en las regiones urbanas e industriales. La exposición al dióxido de nitrógeno se asocia con un aumento de las visitas a la sala de urgencias, las sibilancias y el uso de medicamentos entre los niños con asma. El dióxido de nitrógeno induce la nitración de alérgenos, lo que conduce a una mayor alergenicidad del polen en áreas contaminadas y un mayor riesgo para la salud humana.

El ozono se genera en el suelo por reacciones fotoquímicas que involucran dióxido de nitrógeno, hidrocarburos y radiación UV, induce daño epitelial y respuestas inflamatorias en las vías respiratorias superiores e inferiores con aumento de la hiperreactividad de las vías respiratorias.

El ozono disminuye la función pulmonar, incrementa los síntomas de asma, ocasiona mayor número de hospitalizaciones por exacerbaciones y elevación de la mortalidad. El mayor requerimiento de medicamentos de rescate entre los niños que usan tratamiento de mantenimiento es otra consecuencia de la exposición al ozono. Un aumento de 50 ppb en el procedimiento normalizado de operación en una hora, se ha asociado con una mayor probabilidad de sibilancias (35%) y opresión torácica (47%).

Consecuencias neuroconductuales de la contaminación del aire relacionada con el tráfico

La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera la contaminación del aire como el cuarto factor de riesgo de mortalidad global (Vaughan, 2016). Estudios han demostrado que la contaminación del aire debida a las emisiones de gasolina y Diesel de los motores de combustión interna de automóviles, camiones, locomotoras y barcos provocan 800.000 muertes prematuras anualmente en el mundo debido a complicaciones pulmonares, cardiovasculares y neurológicas. Se ha observado que las personas que viven y trabajan en zonas de tránsito de vehículos tienen una alta susceptibilidad a la ansiedad, depresión y los déficits cognitivos. La información sobre los mecanismos que potencialmente conducen a los efectos perjudiciales para la salud mental en relación a la contaminación vehicular está aumentando gradualmente. Varios estudios han sugerido que este tipo de contaminación está asociado con efectos adversos en el sistema nervioso central, principalmente debido al estrés oxidativo y la neuroinflamación.

CONTAMINACIÓN VEHICULAR SOBRE LA VEGETACIÓN

La contaminación vehicular puede provocar la inclusión, en el medio ambiente y en la propia vegetación arbórea próxima a las avenidas de diversas sustancias químicas y partículas e incluso de algunos microorganismos y sustancias radiactivas; es decir, de contaminantes. El movimiento de los automóviles provoca emisiones de los motores y desplazamientos de partículas que tienen como consecuencia en el medio natural de productos muy escasos o ajenos a él: óxidos de azufre, de nitrógeno y de carbono, hidrocarburos, partículas sólidas (que frecuentemente contienen metales pesados), etc. La acción de tales contaminantes sobre los vegetales depende, entre otros factores, de la peculiar organización de éstos (organismos fotosintetizadores con transporte de sustancias por floema, xilema y circulación de gases a través de estomas, carencia de un sistema excretor, pero presencia de vacuolas celulares, células provistas de pared celular con plasmodesmos, etc.) y de su carácter sésil. Conviene recordar, además, que resulta ingenuo creer que la presencia o mayor disponibilidad de algunos contaminantes, y más concretamente de CO₂, resulte beneficiosa para la vegetación (José A. Rodríguez, 1.993).

Efectos de contaminantes sobre la vegetación

La mayor parte de los contaminantes afectan al suelo y el primer nivel de respuesta de los vegetales está en la raíz y en las micorrizas, formas especiales de simbiosis entre el aparato radicular de las plantas y algunos hongos que viven en el suelo. La formación, desarrollo y mantenimiento de la simbiosis micorrícica resulta afectada por diversos contaminantes. Generalmente, las raíces afectadas

por contaminantes muestran menores crecimientos, por lo que puede observarse una caída en la relación entre raíz y parte aérea, con los consiguientes efectos sobre las tasas de transpiración y otras.

En relación a los gases contaminantes vehiculares, el más importantes de los óxidos de nitrógeno y de azufre, desde el punto de vista de sus consecuencias perniciosas sobre la vegetación, es el anhídrido sulfuroso, que mediante la adición de agua se transforma en ácido sulfuroso, SO_3H_2 . Es un residuo de la combustión de los carburantes utilizados en automoción o de otros combustibles, que penetra fácilmente hasta el mesófilo gracias a que las estomas se abren cuando aumenta la luz y la humedad atmosférica e incluso ante la presencia de dosis no demasiado elevadas de anhídrido sulfuroso. Las secuelas varían según la especie vegetal, el medio edafoclimático, la presencia o ausencia de otros contaminantes atmosféricos (ozono, óxidos de nitrógeno, etc.) y la exposición (crónica o aguda). En las hojas de los árboles muy expuestos a este contaminante pueden apreciarse necrosis en el mesófilo, desintegración de orgánulos celulares, plasmólisis y muerte de las células afectadas, con las consiguientes clorosis, necrosis marginales e intercostales en las hojas tiernas también, en ápices, flores y frutos; no se conocen suficientemente, sin embargo, los efectos del anhídrido sulfuroso sobre las raíces de las plantas es conocido incluso a nivel popular que distintos líquenes muestran una gran sensibilidad al SO_2 , variable entre unos y otros, por lo que su presencia sobre las ramas de los árboles u otros sustratos puede ser utilizada como indicadora del grado de contaminación por anhídrido sulfuroso.

El ozono es un contaminante que aparece como consecuencia de la automoción, actividades industriales, etc.; pero su fácil difusión en las capas atmosféricas más bajas dificulta que produzca daños en el arbolado cuando el tránsito de automóviles es la única fuente de ozono. La vegetación afectada por exceso de ozono muestra, además de perturbaciones funcionales en las células oclusivas de las estomas (pérdida de turgencia y los consiguientes cierres, caída de la transpiración y de la respiración), alteraciones en el funcionamiento de las membranas celulares y de orgánulos (por ejemplo, en los cloroplastos y, por tanto, en la fotosíntesis) e interferencias en el metabolismo de proteínas e hidratos de carbono. La sintomatología de daños por exceso de ozono incluye la aparición, preferentemente en hojas ya maduras, de manchas oleosas, manchas que tienden a aumentar de tamaño y a dar origen a zonas marchitas o necróticas.

El tránsito vehicular, además, genera material particulado que contienen metales pesados en su composición, material que suele ingresar en la raíz y su medio circundante, ocasionando problemas graves en tallos, hojas y en medida más graves en cloroplastos y mitocondrias o, en general en membranas (muy afectadas tras la formación de radicales libres). Se estimula la senescencia (que puede llegar a manifestarse en la muerte de hojas u otros órganos o de la planta completa) y se altera el metabolismo de nutrientes y diversos metabolismos.

En relación a los elementos químicos, respecto a los vegetales, pueden clasificarse en esenciales, beneficiosos, tóxicos e indiferentes o de acción desconocida. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que tanto los elementos esenciales como los beneficiosos se convierten en tóxicos cuando se alcanzan concentraciones superiores a un determinado umbral. Los elementos que son esenciales, tóxicos, etc. Para las plantas, no siempre tienen el mismo carácter para los animales: el cromo es esencial para el hombre y los animales superiores, pero no parece serlo para las plantas; el silicio es esencial para los vertebrados y para las gramíneas, pero no para otro grupo de animales o plantas, etc. En definitiva, la vegetación presenta mecanismos de respuesta y defensa muy heterogéneos ante la presencia de elementos nocivos, pero no son bastos a elevadas concentraciones de elementos tóxicos como lo son las combustiones vehiculares.

IMPACTOS DE LA CONTAMINACIÓN VEHICULAR EN LA SALUD DE LA FAUNA

La contaminación por combustibles fósiles es una de las principales causas de la degradación del medio ambiente y de los ecosistemas terrestres. El uso de estos combustibles, como el petróleo y el carbón, libera una gran cantidad de gases de efecto invernadero y otros contaminantes al aire, lo que puede tener graves consecuencias respiratorias para la vida silvestre (Warren R. Price, 2.018).

Los contaminantes emitidos por la quema de combustibles fósiles pueden tener efectos directos e indirectos en los ecosistemas terrestres. La lluvia ácida, por ejemplo, puede dañar la vegetación y los suelos, lo que a su vez puede afectar negativamente en la fauna que depende de ellos en su alimentación. Además, los contaminantes pueden afectar la calidad del agua y del suelo, lo que puede tener un impacto en la vida acuática y en la cadena trófica de los ecosistemas mencionados.

La contaminación por combustibles fósiles también puede tener efectos a largo plazo en la biodiversidad de los ecosistemas. El cambio climático, un resultado directo de la quema de combustibles fósiles, puede alterar los patrones de migración y reproducción de la fauna, lo que puede llevar a la extinción de muchas especies. Además, los contaminantes también pueden afectar la calidad de los hábitats naturales, lo que puede reducir la cantidad de especies que pueden sobrevivir en un área determinada.

Efectos de la contaminación de combustibles fósiles en los Océanos y cuerpos de agua

La contaminación de los combustibles fósiles es uno de los mayores problemas ambientales de nuestro tiempo. La quema de combustibles fósiles como el petróleo, el gas y el carbón liberan dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero a la atmósfera, lo que contribuye al cambio climático. Además, la contaminación de los océanos y cuerpos de agua por los combustibles fósiles puede tener graves consecuencias para la vida silvestre que depende de estos hábitats.

Otro aspecto relevante en relación a la contaminación mencionada es que puede tener una serie de efectos negativos para la vida silvestre. Uno de los efectos más notables es la acumulación de petróleo y otros productos químicos en el agua. Esto puede afectar la capacidad de los animales acuáticos para respirar, alimentarse y reproducirse. Además, la contaminación puede causar la muerte de animales y plantas acuáticas, lo que puede alterar los ecosistemas acuáticos de manera significativa.

Adicional efecto importante en la contaminación de cuerpos de agua por los combustibles fósiles, es el aumento de la temperatura del agua. Esto puede tener efectos negativos en la vida silvestre que depende de estos hábitats, ya que muchos organismos acuáticos son sensibles a los cambios en la temperatura. Además, la contaminación puede afectar la calidad del agua, lo que genera un impacto negativo en la salud de los animales y plantas acuáticas.

En definitiva, la contaminación vehicular puede tener graves consecuencias para la vida silvestre que dependen de los océanos y cuerpos de agua. Desde la acumulación del petróleo y otros productos químicos en el agua hasta el aumento de la temperatura y la disminución de la calidad del agua, los efectos pueden ser significativos y duraderos.

LLUVIA ÁCIDA

Una de las principales causas que generan las emisiones contaminantes de los vehículos es la “lluvia ácida”, el cual es un fenómeno que consiste en la disminución del pH del agua de lluvia, es decir, las gotas de lluvia se vuelven más ácidas (Garcés, L. y Hernández, M., 2.004).

Esto se debe a los óxidos de nitrógeno y de azufre, que en absoluto se forman exclusivamente en los motores de los automóviles, se transforman en ácido nítrico, sulfuroso y sulfhídrico por la presencia de cierto grado de humedad ambiental. Conjuntamente con el cloro, responsable de la formación de ácido clorhídrico, son subproductos de procesos industriales o domésticos; todos ellos se originan, generalmente, por combustiones, pueden ser trasladados a grandes distancias (a veces, hasta 2.000 km), y originar lo que mencionamos anteriormente, la lluvia ácida: precipitación acuosa con un pH frecuentemente menor de 4 (y no es raro que llegue incluso a 3) pero en todo caso inferior al normal en el agua de lluvia, el cual es de 5,7.

Las consecuencias de este tipo de fenómeno se describirán a continuación:

- **Ríos y lagos:** Los efectos de la lluvia ácida sobre estos cuerpos de agua generan la disminución del pH, provocando su acidez y ocasionando la muerte de distintas especies de peces. Una consecuencia grave de la lluvia ácida es la disminución en la cantidad del fitoplancton, ya que este grupo de animales es fundamental en la cadena trófica acuática.
- **Plantas:** Produce un retardo en el crecimiento debido a las disminuciones de nutrientes, lo que favorece el ataque de plagas y enfermedades. También genera un deterioro en la corteza, la pérdida de color en las hojas y la defoliación gradual.
- **Seres humanos:** Solo afecta de manera indirecta, mediante los precursores de la lluvia ácida. Produce o empeora enfermedades cardiovasculares y respiratorias. Los óxidos de nitrógeno también producen ozono al nivel del suelo, el cual provoca enfermedades respiratorias tales como neumonía y bronquitis, y puede incluso causar daños permanentes en los pulmones.
- **Construcciones:** Afecta a la cultura de la zona, puesto que los ácidos de las gotas de lluvia corroen y destruyen edificios, estatuas, monumentos históricos, arqueológicos, etc.

CALENTAMIENTO GLOBAL Y CAMBIO CLIMÁTICO

Como lo describió el físico y químico sueco Svante Arrhenius (1.903), el calentamiento global es el aumento a largo plazo de la temperatura general del planeta. Aunque esta tendencia al calentamiento se ha prolongado durante mucho tiempo, su ritmo ha aumentado significativamente en los últimos cien años debido a la quema de combustibles fósiles, que en la actualidad se debe a causas antropogénicas, principalmente por la emisión indiscriminada de los vehículos a combustión interna. A medida que la población humana ha aumentado, también lo ha hecho el volumen de combustibles fósiles quemados. Los combustibles fósiles incluyen el carbón, el petróleo y el gas natural, y su quema provoca lo que se conoce como el “efecto invernadero” en la atmósfera de la Tierra.

El efecto invernadero se produce cuando los rayos del sol penetran la atmósfera, pero cuando ese calor se refleja en la superficie no pueden escapar de regreso al espacio. Los gases producidos por la quema de combustibles fósiles impiden que el calor abandone la atmósfera. Estos gases de efecto invernadero son: Dióxido de Carbono (CO₂), clorofluorocarbonos (CFC), vapor de agua, metano (CH₄) y óxido nitroso (NO_x). El exceso de calor en la atmósfera ha provocado que la temperatura global promedio aumente con el tiempo, lo que también se conoce como calentamiento global.

El calentamiento global ha presentado otro problema llamado “cambio climático”. A veces estas frases se usan indistintamente, sin embargo, son diferentes. El cambio climático se refiere a cambios en los patrones climáticos y las estaciones de crecimiento en todo el mundo. También se refiere al aumento del nivel del mar causado por la expansión de mares más cálidos y el derretimiento de capas de hielo y glaciares. El calentamiento global provoca el cambio climático, que plantea una grave amenaza para la vida en la Tierra en forma de inundaciones generalizadas y condiciones climáticas extremas. Los científicos continúan estudiando el calentamiento global y su impacto en la Tierra.

Efectos del calentamiento global

Un informe científico publicado por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas (IPCC) describe los graves efectos del calentamiento global y el cambio climático global de la siguiente manera:

Altas temperaturas: La crisis climática ha aumentado la temperatura global promedio y está provocando temperaturas extremas más frecuentes, como olas de calor. Las temperaturas más altas pueden probar un aumento de la mortalidad, una reducción de la productividad y daños a la infraestructura. Los miembros más vulnerables de la población, como los ancianos y los niños, serán los más afectados.

También se espera que el aumento de las temperaturas provoque un cambio en la distribución geográfica de las zonas climáticas. Estos cambios están alterando la distribución y abundancia de muchas especies de plantas y animales, que ya están bajo presión por la pérdida de hábitat y la contaminación.

Además, es probable que los aumentos de temperatura influyan en la fenología: el comportamiento y los ciclos de vida de las especies animales y vegetales. Esto, a su vez, podría dar lugar a un mayor número de plagas y especies invasoras, y a una mayor incidencia de determinadas enfermedades humanas.

Mientras tanto, los rendimientos y la viabilidad de la agricultura y la ganadería, o la capacidad de los ecosistemas para proporcionar servicios y bienes importantes (como el suministro de agua limpia o aire fresco y limpio) podrían verse disminuidos.

Las temperaturas más altas aumentan la evaporación del agua, lo que, junto con la falta de precipitaciones, aumentan los riesgos de sequías graves. Las bajas temperaturas extremas (olas de frío, días helados) podrían volverse menos frecuentes. Sin embargo, el calentamiento global afecta la previsibilidad de los acontecimientos y, por lo tanto, nuestra capacidad de responder eficazmente.

Sequía e incendios forestales: Debido al cambio climático, muchas regiones ya se enfrentan a sequías más frecuentes, graves y duraderas. Una sequía es un déficit inusual y temporal en la disponibilidad

de agua causado por la combinación de falta de precipitaciones y mayor evaporación (debido a las altas temperaturas). Se diferencia de la escasez de agua, que es la falta estructural de agua dulce durante todo el año como resultado del consumo excesivo de agua.

Las sequías suelen tener efectos en cadena, por ejemplo, en la infraestructura de transporte, la agricultura, la silvicultura, el agua y la biodiversidad. Reducen los niveles de agua en los ríos y las aguas subterráneas, impiden el crecimiento de árboles y cultivos, aumentan los ataques de plagas y alimentan los incendios forestales.

Con un aumento de la temperatura media mundial de 3°C, se prevé que las sequías se producirán con el doble de frecuencia, generando grandes pérdidas económicas a nivel global. Las sequías más frecuentes y graves aumentarán la duración y la gravedad de la temporada de incendios forestales. El cambio climático también está ampliando el área en riesgo de incendios forestales. Las regiones que actualmente no son propensas a incendios podrían convertirse en área de riesgo.

Disponibilidad de agua dulce: A medida que el clima se calienta, los patrones de lluvia cambian, la evaporación aumenta, los glaciares se derriten y el nivel del mar aumenta. Todos estos factores afectan la disponibilidad de agua dulce.

Se espera sequías más frecuentes y graves, y el aumento de la temperatura del agua provoquen una disminución de la calidad del agua. Estas condiciones fomentan el crecimiento de algas y bacterias tóxicas, lo que empeorará el problema de la escasez de agua que ha sido causada en gran medida por la actividad humana.

También es probable que el aumento de los chaparrones (lluvias extremas repentinas) influya en la calidad y cantidad de agua dulce disponible, ya que las aguas pluviales pueden provocar que aguas residuales sin limpiar entren en las aguas superficiales.

Además, se prevé cambios en la dinámica de la nieve, los glaciares, y los patrones de lluvia, lo que pueden provocar una escasez temporal de agua. Los cambios en los caudales de los ríos debido a la sequía también pueden afectar el transporte interior y la producción de energía hidroeléctrica.

Inundaciones: Se espera que el cambio climático provoque un aumento de las precipitaciones en muchas zonas. El aumento de las precipitaciones durante períodos prolongados provocará principalmente inundaciones fluviales (ríos), mientras que los aguaceros breves e intensos pueden provocar inundaciones pluviales, donde las precipitaciones extremas provocan inundaciones sin que ninguna masa de agua se desborde.

Las inundaciones de los ríos son un desastre natural, junto con las tormentas, ha provocado muertes, ha afectado a millones de personas y ha provocado enormes pérdidas económicas en las últimas décadas. Es probable que el cambio climático aumente la frecuencia de las inundaciones en los próximos años.

Se prevé que las fuertes tormentas se vuelvan más comunes e intensas debido al aumento de las temperaturas, y se espera que las inundaciones repentinas sean más frecuentes.

En algunas regiones, ciertos riesgos, como las inundaciones de principio de primavera, podrían disminuir en el corto plazo con menos nevadas invernales, pero el mayor riesgo de inundaciones

repentinas en zonas montañosas que sobrecargan el sistema fluvial puede compensar esos efectos en el mediano plazo.

Aumento del nivel del mar y zonas costeras: El nivel del mar aumentó a lo largo del siglo XX y la tendencia se ha acelerado en las últimas décadas.

El aumento se debe principalmente a la expansión térmica de los océanos debido al calentamiento. Pero el derretimiento del hielo de los glaciares y de la capa de hielo de la Antártida también contribuye. Se prevé que en algunas partes del Planeta experimentarán un aumento medio del nivel del mar de 60 a 80 cm hacia fines de siglo, dependiendo principalmente del ritmo al que se derrita la capa de hielo de la Antártida.

Además, se prevé que el aumento del nivel del mar reducirá la cantidad de agua dulce disponible, a medida que el agua de mar se adentra aún más en las capas freáticas subterráneas. También es probable que esto provoque una intrusión mucho mayor de agua salada en cuerpos de agua dulce, lo que afectará a la agricultura y al suministro de agua potable.

Esto afectará la biodiversidad en los hábitats costeros, los servicios y bienes naturales que proporcionan. Se perderán muchos humedales, lo que amenazará a especies únicas de aves y plantas, y eliminará la protección natural que estas áreas brindan contra las marejadas ciclónicas.

Biodiversidad: El cambio climático está ocurriendo tan rápido que muchas especies de plantas y animales están luchando para hacerle frente. Hay pruebas claras que demuestran que la biodiversidad ya está respondiendo al cambio climático y seguirá haciéndolo. Los impactos directos incluyen cambios en la fenología (el comportamiento y los ciclos de vida de las especies animales y vegetales), la abundancia y distribución de las especies, la composición de la comunidad, la estructura del hábitat y los procesos ecosistémicos.

El cambio climático también está generando impactos indirectos sobre la biodiversidad a través de cambios en el uso de la tierra y otros recursos. Estos pueden ser más dañinos que los impactos directos debido a su escala, alcance y velocidad. Los impactos indirectos incluyen: fragmentación y pérdida de hábitat; sobreexplotación; contaminación del aire, agua y suelo; y la propagación de especies invasoras. Reducirán aún más la resiliencia de los ecosistemas al cambio climático y su capacidad para prestar servicios esenciales; como la regulación del clima, los alimentos, el aire y agua limpios, y el control de las inundaciones o la erosión.

Suelo: El cambio climático puede agravar la erosión, la disminución de la materia orgánica, la salinización, la pérdida de biodiversidad del suelo, los deslizamientos de tierra, la desertificación y las inundaciones. El efecto del cambio climático sobre el almacenamiento de carbono en el suelo puede estar relacionando con los cambios en las concentraciones de CO₂ atmosféricos, el aumento de las temperaturas y los cambios en los patrones de precipitación. Los episodios de precipitaciones extremas, el rápido derretimiento de la nieve o el hielo, las altas descargas de los ríos y el aumento de las sequías son fenómenos relacionados con el clima que influyen en la degradación del suelo. La deforestación y otras actividades humanas (agricultura, esquí, etc.) también influyen. Se espera que los suelos salinos aumenten en las zonas costeras como resultado de la intrusión agua salada desde la costa debido al aumento del nivel mar y (periódicamente) bajas descargas de los ríos.

Aguas continentales: Se prevé que el cambio climático provocará cambios importantes en la disponibilidad de agua en ciertas regiones, debido a patrones de lluvia menos predecibles y tormentas más intensas.

Esto dará como resultado una mayor escasez de agua, y un mayor riesgo de inundaciones en gran parte del continente. Los cambios resultantes afectarán a muchas regiones terrestres y marinas, a muchos entornos y especies naturales diferentes.

La temperatura del agua es uno de los parámetros centrales que determinan la salud general de los ecosistemas acuáticos porque los organismos marinos tienen un rango específico de temperaturas que pueden tolerar. Los cambios climáticos han aumentado la temperatura del agua de ríos y lagos, y ha disminuido la capa de hielo, afectando así la calidad del agua y los ecosistemas de agua dulce.

Ambiente marino: Los impactos del cambio climático, como el aumento de la temperatura de la superficie del mar, la acidificación de los océanos, los cambios en las corrientes y los patrones de viento, alterarán significativamente la composición física y biológica de los océanos.

Los cambios en las temperaturas y la circulación oceánica tienen el potencial de cambiar la distribución geográfica de los peces. El aumento de la temperatura del mar también podría permitir que las especies exóticas se expandan a regiones donde antes no podían sobrevivir. La acidificación de los océanos, por ejemplo, tendrá un impacto en varios organismos secretores de carbonato de calcio. Estos cambios tendrán impactos inevitables en los ecosistemas costeros y marinos, lo que tendrá importantes consecuencias socioeconómicas para muchas regiones.

CAPÍTULO 2 – PINTURAS FOTOCATALÍTICAS (TiO₂)

El aumento de la concentración de CO₂ en la atmósfera, procedente de la quema de combustibles fósiles en fuentes fijas y móviles, se denomina “efecto invernadero antropogénico” y constituye una importante preocupación medioambiental. La comunidad científica está muy preocupada por el aumento resultante de la temperatura atmosférica media, por lo que se ha aplicado una gran diversidad de métodos. Se han realizado procesos termoquímicos, electroquímicos, fotocatalíticos, fotoelectroquímicos, así como una combinación de procesos de generación de electricidad solar y procesos de división del agua para reducir los niveles atmosféricos de CO₂. Los métodos fotocatalíticos son respetuosos con el medioambiente y logran reducir la concentración de CO₂ atmosférico y producir combustibles y/o compuestos orgánicos útiles al mismo tiempo. Los fotocatalizadores más comunes para la reducción de CO₂ son los inorgánicos, los semiconductores a base de carbono y los híbridos a base de semiconductores, que combinan estabilidad, bajo costo y estructura, adecuada para realizar reacciones redox (oxido-reducción).

En los últimos años, ha surgido un importante interés por la tecnología fotocatalítica alternativa para la descontaminación química y biológica del aire. Los procesos de oxidación avanzada (POA) como la fotocatálisis heterogénea es un proceso que se caracteriza por emplear un semiconductor susceptible a ser activado por radiación ultravioleta-visible, generando reacciones redox que son capaces de mineralizar contaminantes ambientales y producir sustancias inocuas. Una de las aplicaciones emergentes de la fotocatálisis heterogénea ha sido la incorporación de fotocatalizadores basados en nanopartículas de Dióxido de Titanio (TiO₂) a pinturas arquitectónicas para exteriores (murales ecológicos), aportándoles propiedades autolimpiantes, desinfectantes y descontaminantes del aire. Para este trabajo de proyecto utilizaremos el ejemplo de PINTURAS BLATEM ECO AIR Fotocatalíticas. Estas pinturas fotocatalíticas son una innovadora tecnología autosustentable, ya que tiene la capacidad de utilizar como fuente de energía la radiación solar o la iluminación artificial de ambientes, por ejemplo, interiores, para la oxidación de los compuestos orgánicos volátiles (COV), contaminantes en fase gaseosa como Dióxido de Carbono (CO₂), Monóxido de Carbono (CO), Óxidos Nitrosos (NO_x), Óxidos de Azufre (SO_x) y la eliminación de microorganismos. En este capítulo abordaremos en materia de síntesis, las propiedades y aplicaciones de las pinturas fotocatalíticas, así como sus desafíos en la descontaminación del aire.

La fotocatálisis es una reacción de oxidación que se produce por la activación de un catalizador por medio de una fuente de luz natural o artificial en presencia de oxígeno. En este proceso, los compuestos orgánicos (contaminantes) pueden ser degradados y/o mineralizados total o parcialmente. Los productos de la reacción de mineralización, es posible eliminarlos mediante lavado con agua.

El proceso de fotocatálisis heterogénea emplea materiales semiconductores como el Dióxido de Titanio (TiO₂), Óxido de Zinc (ZnO), Óxido de Hierro III (Fe₂O₃) entre otros. Cuando existe una mineralización en el proceso fotocatalítico se ha demostrado la conversión de contaminantes orgánicos en Agua (H₂O) y Dióxido de Carbono (CO₂). Y se ha demostrado ampliamente la degradación de compuestos a compuestos oxidados como los ácidos carboxílicos de cadena corta, H₂O y CO₂.

Entre los catalizadores semiconductores, el Dióxido de Titanio (TiO₂) ha ganado mayor interés en la investigación y desarrollo de la tecnología de fotocatálisis. Este semiconductor es uno de los más activo bajo la energía del fotón de 300 nm <math>< 390\text{ nm}</math> y permanece estable después de ciclos catalíticos repetidos. El TiO₂ actualmente, es el fotocatalizador más utilizado debido a sus características de ser un material con gran cantidad de sitios activos, inerte, no tóxico, biocompatible,

insoluble en agua, y, además, abundante en la naturaleza y de bajo costo. El efecto fotocatalítico del TiO₂ se conoce desde 1.972 cuando se descubrieron su alto potencial de oxidación por medio de la electrólisis del agua utilizando luz visible. Luego en 1.976, estudios realizados determinaron la capacidad del TiO₂ para ser utilizado como fotocatalizador heterogéneo en procesos químicos útiles.

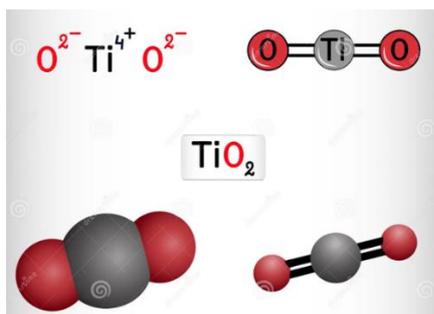
La tecnología fotocatalítica para la descomposición del aire, se aplica a las obras de ingeniería por medio del aire, se aplica a las obras de ingeniería por medio de diferentes productos, tales como: pavimentos fotocatalíticos percolados, tratamientos superficiales fotocatalíticos a partir de emulsiones, pavimentos fotocatalíticos a partir de pinturas, cubiertas impermeabilizantes fotocatalíticas, pinturas minerales con base silicato fotocatalíticas, pinturas minerales con base cal fotocatalítica, pinturas para interiores fotocatalíticas, entre otros.

Los materiales fotocatalíticos pueden ofrecer otras propiedades, tales como: bactericidas, viricidas, autolimpiantes o desodorizantes. Estos nuevos materiales son herramientas prometedoras para mejorar la calidad de vida de la sociedad.

Para la construcción, las pinturas poseen tres funciones básicas: embellecer, proteger y mantener. Las pinturas se pueden definir como productos formulados a partir de pigmentos que son dispersos en sustancias aglutinantes o ligantes, utilizando solventes donde se incorporan diferentes aditivos según el tipo de pintura y sus propiedades particulares. Las pinturas fotocatalíticas son envoltentes de edificación que contienen pigmentos a base de fotocatalizadores, otorgándole propiedades de autolimpieza y descontaminación del aire. Para evitar la degradación de la matriz orgánica propia de la formulación, se agregan ligantes minerales que le proporcionan características de durabilidad a la pintura.

DIÓXIDO DE TITANIO (TiO₂)

PROPIEDADES	
Densidad	4,23 g/cm ³
Masa Molar	79,9378 g/mol
Punto de fusión	1.843 °C
Punto de ebullición	2.972 °C
Composición química	Ti (59.93%), Oxígeno (40.55%)
Nro. de CAS	1317-80-2
Grupo	Titanio 4, Oxígeno 16
Configuración electrónica	Titánio [Ar] 3d 2 4s 2; Oxígeno [He] 2s 2 2p 4



Dióxido de Titanio molécula, fórmula del TiO₂. [Dióxido de titanio, molécula. Es óxido: vector de stock \(libre de regalías\) 2086908097 | Shutterstock](#)

2.1 Fundamento de la fotocatalisis

Los procesos de oxidación avanzada (POA) son algunos de los métodos existentes para la degradación de contaminantes orgánicos presentes en el medioambiente, donde se aprovecha la alta reactividad del radical hidroxilo para oxidar y mineralizar la materia orgánica.

La fotocatalisis heterogénea es un proceso de oxidación avanzada que utiliza el método fotoquímico para degradar moléculas orgánicas mediante la ruptura de enlaces estructurales usando un semiconductor de banda ancha.

El proceso fotocatalítico heterogéneo está basado en la fotoexcitación de un sólido semiconductor de banda ancha, este es irradiado con fotones (luz) de una energía igual o superior a su Band-gap. La absorción de un fotón generará que un electrón de la banda de valencia sea enviado a la banda de conducción, provocando un hueco con carga positiva en la banda de valencia; creando un par electrón-hueco (ecuación 1). Los huecos (h^+) interactúan con el agua de su entorno produciendo radicales OH, ecuaciones 2 y 3, que poseen un potencial oxidativo alto (aproximadamente 1,7 mV), como se indica en las ecuaciones 4 y 5:

- 1- $TiO_2 + hv \rightarrow e^- + h^+$
- 2- $H_2O + h^+ \rightarrow H^+ + OH$
- 3- $H_2O + e^- \rightarrow H_2 + OH^-$
- 4- **Comp. Org. / microorg. + OH \rightarrow Prod. Degr.**
- 5- **Comp. Org. / microorg. + h^+ \rightarrow Prod. Degr.**

La ilustración esquemática de la brecha de banda de energía, en estudios previos se señalan que estos pares e^-/h^+ fotogenerados pueden migrar a la superficie del catalizador y reaccionar con especies adsorbidas o próximas a las superficies, pero también pueden sufrir procesos de recombinación, que disminuirán la eficiencia de la reacción fotocatalítica, esto se esquematiza en la **imagen 1**. Con el fin de minimizar los procesos de recombinación e incrementar al máximo el aprovechamiento de la radiación incidente, sobre todo cuando se trata de luz solar, uno de los principales retos actuales es el desarrollo de materiales fotocatalíticos nuevos o modificados (dopajes aniónicos y/o catiónicos, composites, depósitos de nanopartículas metálicas, acoplamiento de semiconductores, etc.) que mejoren su eficiencia operando con un mayor intervalo de longitudes de onda. Las investigaciones en fotocatalisis se han centrado en mejorar el rendimiento de absorción en el espectro visible emitida por el sol a fin de hacer rentable la aplicación de esta técnica, considerada una tecnología sustentable energéticamente.

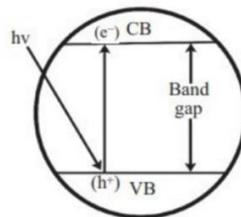
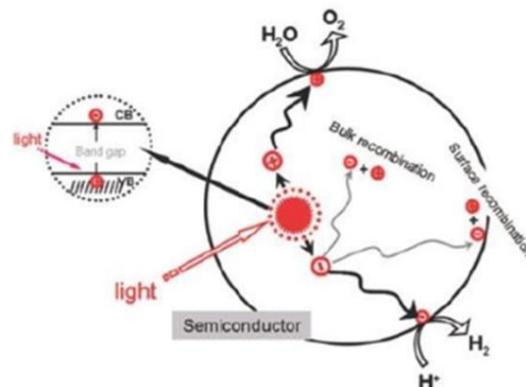


Imagen 1 - Esquemática de las bandas de energía del TiO_2 . Diagrama de la banda de energía de una partícula esférica de dióxido de titanio. [content \(utp.edu.co\)](http://content.utp.edu.co)



Mecanismo para la actividad fotocatalítica en la superficie del semiconductor bajo la irradiación de luz. "Esquema de la reacción producida en TiO₂". <https://www.shutterstock.com/es/image-vector/titanium-dioxide-molecule-oxide-formula-tio2-2086908097>

2.2 Eficiencia y actividad fotocatalítica

La fotocatalisis basada en semiconductores podría realizar la producción de combustibles químicos, la transformación/degradación no selectiva de contaminantes orgánicos e incluso la inactivación de microorganismos mediante el uso de la conversión de energía solar a química, por lo que esta técnica posee un significado científico de mucha importancia y un gran potencial de aplicación. La clave para determinar la eficiencia fotocatalítica radica en los fotocatalizadores con propiedades y características robustas en la absorción de radiación en el espectro visible y alta estabilidad. Los factores que afectan la actividad fotocatalítica son: el rango de absorción de luz, la separación de carga fotogenerada y el proceso catalítico superficial. En consecuencia, el diseño actual de los materiales fotocatalizadores se centra en los siguientes aspectos: extender la respuesta espectral al rango visible/infrarrojo mediante el desarrollo de nuevos semiconductores orgánicos; fabricar de manera racional hetero uniones covalentes/no covalentes con el objetivo de mejorar la separación de carga fotogenerada; introducir centros catalíticos altamente activos en la superficie del fotocatalizador para facilitar las reacciones catalíticas; enfatizar simultáneamente la aplicación de técnicas in-situ y cálculo teórico para descubrir la relación entre la estructura del fotocatalizador y la reactividad en profundidad.

Hay muchos factores que afectan la eficiencia del fotocatalizador, y está directamente relacionada con la tasa de desinfección, degradación o mineralización. Algunos factores importantes son el pH, la carga del catalizador, la temperatura, la intensidad de la luz y la longitud de onda. Todos estos factores definen el uso práctico y comercial de esta tecnología. Por ejemplo, el pH afecta la reacción al cambiar los portadores de carga en la superficie del fotocatalizador y, lo que es más importante, se desplaza la posición de la banda de valencia y conducción.

Se han calculado la eficiencia de la absorción, fotónica y cuántica para tener en cuenta el rendimiento fotocatalítico de pinturas formuladas a base de agua con TiO₂ anatasa, dopado con carbono. Los resultados mostraron buenos resultados para la oxidación del acetaldehído (conversión entre 37% y 55%) en interiores bajo fuentes de luz visible; y la degradación de óxido de nitrilo (conversiones entre 13% y 35%) en exteriores bajo radiación UV visible.

La acción de las pinturas fotocatalíticas con respecto a la eliminación de contaminantes en interiores depende de numerosos parámetros, entre ellos: la cantidad y el tamaño de nanopartículas (NP) de

TiO₂ incrustado en las pinturas, la intensidad de la luz, temperatura superficial y humedad relativa (HR).

La estabilidad y la actividad fotocatalítica de las películas de pintura son dos aspectos importantes a considerar en el desarrollo de una pintura fotocatalítica eficiente. Es necesario lograr un equilibrio entre estos dos aspectos, para que la pintura sea eficaz sin acelerar la autodegradación de la matriz orgánica de las mismas.

Síntesis y modificación de nanopartículas de TiO₂.

El rendimiento fotocatalítico del TiO₂ depende en gran medida de su estructura óptica y electrónica, propiedades morfológicas, cristalinidad, (nano) tamaño y química de superficie. La formación de defectos en nanomateriales semiconductores es un proceso crítico que afecta las actividades fotocatalíticas y las implicaciones ambientales de estos materiales. Estudios muestran que el dióxido de titanio a nano escala, como nanomaterial semiconductor modelo, exhibe propiedades de generación de defectos dependientes de las facetas, durante el tratamiento térmico bajo diferentes atmósferas. La formación/eliminación de defectos superficiales bajo tratamiento térmico es un proceso dinámico que implica el escape y la recuperación de oxígeno superficial.

La aplicación de TiO₂ generalmente se basa en una o una mezcla de fases cristalinas de TiO₂. Existen tres polimorfos comunes del dióxido de titanio, a saber, anatasa (tetragonal), rutilo (tetragonal), brookita (ortorrómbica) y el bronce (monoclínico), este último es raro porque se sintetiza principalmente mediante tratamiento a alta presión y se puede sintetizar fácilmente en el laboratorio. Al calentarse a temperaturas en rangos de 400°C a 1.000°C, tanto la anatasa como la brookita se convierten en rutilo, que es más estable a todas las temperaturas y presiones por debajo de 60 kbar, según cálculos termodinámicos.

Entre los tres tipos de fases, la anatasa presenta la mayor actividad fotocatalítica, lo que se debe a los siguientes aspectos:

- 1- La banda prohibida de la anatasa es de 3,19 eV, mientras que la del rutilo y la brookita son de 3,0 eV y 3,11 eV, respectivamente. Por lo tanto, el par electrón-hueco de la anatasa tiene un potencial más positivo con respecto al rutilo y la brookita, lo que mejora la capacidad de oxidación.
- 2- La superficie de anatasa tiene una capacidad de adsorción más fuerte para H₂O, O₂ y OH, lo que conduce a una alta actividad fotocatalítica porque la capacidad de adsorción de la superficie tiene una influencia dramática en la actividad fotocatalítica durante la reacción fotocatalítica.
- 3- En comparación con el rutilo y la brookita, la anatasa generalmente exhibe un tamaño de grano más pequeño y un área de superficie específica más grande en el proceso de cristalización, lo que mejora la actividad fotocatalítica.

Con el volumen de producción cada vez mayor de nanopartículas de dióxido de titanio, se han generado varias rutas de síntesis con diferentes materiales de entrada y reacciones, lo que da como resultado una reactividad, cristalinidad, áreas superficiales y distribuciones de tamaño diferenciales. Es decir, las propiedades de las nanopartículas dependen del método de preparación. Una variedad de métodos sintéticos, como hidrólisis, procesamiento sol-gel, precipitación a granel, secado por aspersión, liofilización, secado en caliente aspersión, vaporización láser y condensación controlada, técnicas hidrotermales y micro emulsiones (o micelas inversas) se han estudiado para preparar

nanopartículas. De estos métodos, la técnica de micro emulsión permite un fácil control del tamaño de partícula.

La banda prohibida del TiO₂ limita su absorción de luz visible ($\lambda < 400$ nm). Por lo tanto, se han utilizado varios métodos para mejorar esta propiedad del TiO₂, como la modificación con metales (dopaje y carga de nanopartículas), dopaje de no metales, hetero unión con otros semiconductores, sensibilización e introducción de sitios defectuosos.

Con respecto a lo afirmado anteriormente (A. Lee, 2.017), se evaluaron recubrimientos fotocatalíticos conformales de TiO₂ dopado con nitrógeno para membranas activadas por luz solar, utilizando el método de síntesis en fase de vapor a través de la deposición de capa atómica. Este enfoque ofrece compatibilidad con prácticamente cualquier membrana inorgánica porosa y permite el control uniforme y conforme de los materiales exclusivamente en la superficie de los sustratos, incluidas las superficies internas de los sustratos porosos, y el control del espesor a nivel atómico y el ajuste del tamaño de los poros.

Ahora bien, se formularon pinturas fotocatalíticas para la descontaminación de aire interior utilizando diferentes cantidades de TiO₂ dopado con carbono (F. Salvadores, 2.020). Se desarrolló un estudio de cinética intrínseca empleando acetaldehído como principal contaminante y analizando la formación de intermediarios de reacción. En base a las predicciones del modelo y la energía de banda prohibida del fotocatalizador, se determinó que 386 nm era la longitud de onda máxima a la que el fotocatalizador era activo.

Las nanoestructuras de TiO₂ dopadas con metales (M = Fe, Co y Ni) se pueden sintetizar mediante el método de micro emulsión inversa. Se demostró que el rendimiento fotocatalítico puede mejorar debido a la presencia de dopantes que en algunos casos crean inhibidores para recombinación electrón-hueco, entre estos dopantes se encuentran: Oro (Au), Platino (Pt), Cobre (Cu), Plata (Ag) como los metales que mejor comportamiento tienen en estabilizar los electrones en la banda de conducción y no permitir la recombinación de los electrones del semiconductor base.

Otro comportamiento de interés en la modificación/dopado del TiO₂ con 0,1% (p/p) de manganeso ya que este es capaz de degradar óxido nítrico (NO) hasta un 95% en condiciones de iluminación interior. Los resultados indican que la concentración de manganeso en la estructura cristalina de TiO₂ juega un papel importante para la reacción fotocatalítica en la región visible del espectro.

Por otra parte, se investigó el efecto de las propiedades de una micro emulsión en la morfología de las nano partículas de Paladio (Pd) formadas en la superficie de TiO₂ y el efecto del tamaño y la distribución de Paladio en la superficie y las propiedades fotocatalíticas de Pd – TiO₂ (M. Dlugokecka, 2.017). Se descubrió que la composición de la micro emulsión es un parámetro crucial para determinar las características de los catalizadores basados en TiO₂ cubiertos por nanopartículas metálicas. La actividad fotocatalítica más alta bajo radiación visible se observó para la muestra de Pd – TiO₂ (diámetro promedio de 2,4 nm) obtenida usando 0,1% mol de Pd en la micro emulsión que contenía 1,5% en peso de agua y 82,8% en peso de ciclohexano con un tamaño de gota promedio de $2,83 \pm 0,18$ nm.

Una innovación importante fue que se presentaron nanopartículas híbridas de ferrita de cobalto y dióxido de titanio (CoFeO₄-TiO₂) mediante enfoques de impregnación y semilla, basados en el método de micro emulsiones aceite/agua de nanopartículas individuales de CoFeO₄ y TiO₂ (A. A. Rodriguez, 2017). El tratamiento térmico aplicado permitió la cristalización de la capa de nanopartículas de TiO₂ anatasa dentro de las nanopartículas de CoFeO₄ de tipo espinela cúbica. Las

características de nanopartículas híbridas sintetizadas son adecuadas para aplicaciones potenciales en el campo de la fotocatalisis.

En el campo de aplicación en la síntesis de materiales fotocatalisis se encuentra la aplicación por vía micro emulsión (ME) que se describe como una ruta sencilla para la síntesis de nanopartículas de TiO₂ dopado con Silicio (Si), demostrando buena actividad fotocatalítica en el espectro UV-Visible. Una de las aplicaciones de las cuales se tienen excelentes resultados fueron las que se plantean la idea de que las hetero estructuras del acoplamiento de BiOI (abono natural) con TiO₂ tendrían excelentes propiedades fotocatalíticas inducidas por luz visible (Z. Liu, 2.012). Dado que el complejo proceso de nucleación y crecimiento de nano cristales es difícil de controlar, las micro emulsiones inversas, se consideran un excelente medio de reacción para la preparación de nanopartículas.

El inconveniente de la síntesis micelar es la bajo concentración de masa de los organosoles producidos y la ultra alta concentración de tensioactivos estabilizadores (generalmente alrededor del 10% en peso y más). Este problema se debe a la baja capacidad de solubilización de las micro emulsiones inversas para los reactivos de partida (1-5% en volumen). Como resultado, la síntesis micelar de organosoles concentrados requiere etapas adicionales de concentración y limpieza. Se ha estudiado que la electroforesis es un método prometedor para la separación y concentración de nanopartículas de TiO₂. Es importante tomar en cuenta el efecto de los tensoactivos en la síntesis controlada por fase y propiedades fotocatalizadoras de nanopartículas de TiO₂. En algunos casos, el surfactante reduce la energía necesaria para aumentar el área interfacial y formar nanopartículas más pequeñas. Además, el tamaño de partícula afecta la composición de la fase. Se comprobó que en la síntesis por micro emulsión con surfactantes aniónicos como el dodecilsulfato sódico (SDS), a pH ácidos, la fase de TiO₂ es anatasa pura porque la protonación del grupo de cabeza de SDS negativo favorece la formación de la micela.

En las micro emulsiones tradicionales que se usan en la síntesis de nanopartículas de TiO₂, los tensioactivos del sistema pueden bloquear los canales de los poros de las nanopartículas sintetizadas, lo que hace que los productos tengan baja actividad fotocatalítica. Para resolver este problema, investigadores se han centrado en las micro emulsiones sin surfactantes (SFME). Las SFME están compuestas de agua aceite y un solvente anfótero. Las nanopartículas de TiO₂ con alta actividad fotocatalítica se han preparado mediante el método hidrotermal de micro emulsión libre de tensioactivos (SFME) a temperaturas bajas utilizando sistemas acetato de etilo/propan-2-ol/agua como plantillas.

Entre las investigaciones que realizaron estas aplicaciones que fabricaron nanofibras jerárquicas de TiO₂ con microestructuras distintivas mediante electro hilado en micro emulsiones seguido de pirólisis (J. Zhang, 2.017). Los resultados demostraron que este método es simple y se obtiene rendimientos fotocatalíticos mejorados. En particular, es sencillo regular la estructura de las nanofibras jerárquicas con un área de superficie específica más grande.

Hay que tener en cuenta los riesgos de liberación de nanopartículas para la salud humana y el impacto ambiental. Se ha llevado a cabo un enfoque de diseño más seguro para el desarrollo de tales pinturas fotocatalíticas utilizando nanopartículas de TiO₂ anatasa recubiertas con aditivos, como moléculas o polímeros de especies bioinspiradas para modular sus propiedades fotocatalíticas, mejorar su adhesión a la matriz de la pintura y evitar su liberación de la pintura a lo largo de su ciclo de vida. Se reportó la estabilización electrostática en medios acuosos con tampones de pirofosfato de diferente rango de pH seguido del recubrimiento con moléculas bioinspiradas (lisina, deferoxamina, dopamina) y polímeros (ácido poliacrílico, polietilenglicol, poli dopamina) de nanopartículas de TiO₂ fotocatalíticas esféricas de 4-5 nm para el desarrollo de pintura fotocatalítica más segura por diseño.

En este sentido, se han desarrollado nuevos tipos de nanopartículas de TiO₂ fotocatalíticas siguiendo dos enfoques de síntesis; el primero ya mencionado consiste en recubrir nanopartículas de TiO₂ comerciales con polímeros bioinspirados y el segundo consiste en injertar nanopartículas de TiO₂ en nano cristales de celulosa (CNC) formando híbridos TiO₂-CNC. La evaluación se realizó en función a su capacidad para degradar COV (m-xileno).

Por otra parte, investigaciones centraron su análisis en la separación de materiales de TiO₂ por medio del método de alcoholisis solvotérmica, logrando estructuras de armazón personalizadas mediante la adición de diferentes plantillas de alcoholes (B. Zhenfeng, 2.020). Este método puede controlar la formación y el crecimiento de nanomateriales en cristales bien definidos, morfologías jerárquicas, estructuras porosas y facetas de cristal expuestas.

Estudios se procedieron a formular una pintura fotocatalítica a base de nanopartículas de TiO₂ en su forma anatasa modificadas con Hidróxido de Aluminio Al (OH)₃ y varios recubrimientos organosilanos (ortosilicato de tetraetilo, propiltrimetoxisilano, trietoxi(octadecil) silano y trimetilclorosilano). Se empleó en la investigación un enfoque de hidrólisis fácil en etanol para recubrir las nanopartículas de TiO₂ original. Se encontró que le TiO₂ modificado revestido al 20% en peso sobre el sustrato cerámico eliminaba ~18% de óxido nítrico (NO) bajo una hora de irradiación UV.

Ahora bien, en estudios previos desarrollaron híbridos de hetero unión de nano láminas de TiO₂/nanovarillas de Óxidos de Níquel (NiO) a través de una ruta hidrotermal, obteniendo fotocatalizadores en radiación de luz visible para la degradación de fenol, y una eficiencia superior al 90% después de 6 ciclos de degradación fotocatalítica para azul de metilo (J. Chen, 2.017).

En otro estudio realizado se sintetizaron y caracterizaron TiO₂ hidrogenado, TiO₂ dopado con flúor hidrogenado. Se reveló que la hidrogenación mejoró la degradación por irradiación solar modificando simultáneamente banda prohibida de TiO₂ a un ancho favorecido por la luz visible y creando más sitios de Ti³⁺. Sin embargo, la degradación fotocatalítica no fue mejorada por el dopaje no metálico (J. Shi, 2.020).

Aunque el TiO₂ se ha utilizado ampliamente como fotocatalizador práctico para la descomposición de COV y se ha desarrollado muchos métodos para modificar su actividad fotocatalítica, el problema de la desactivación del fotocatalizador es un tema importante para la aplicación. Se le atribuye a la acumulación de intermedios de reacción recalcitrantes en la superficie del fotocatalizador como uno de los motivos de desactivación. Para regenerar el fotocatalizador desactivado, se han informado muchos métodos en la literatura. Entre estos métodos se encuentran: tratamiento sintético y aire sintético, uso de agentes basicantes como Hidróxido de Sodio (NaOH), Hidróxido de Amonio (NH₄OH), radiación UV, lavado, entre otros.

2.3 Desinfección fotocatalítica con TiO₂

Desinfección significa destruir los microorganismos por oxidación de la membrana celular o por desnaturalización de su ADN. El proceso de luz ultravioleta funciona apuntando al ADN de los microorganismos, el peróxido de hidrógeno y el ozono oxidan el objetivo. La fotocatalisis destruye a los virus, bacterias y en algunos casos cuando ocurre una mineralización los convierte en dióxido de carbono y agua.

Las nanopartículas de TiO₂ representa los nanomateriales fotocatalíticos más utilizados para la desactivación de varios microorganismos, incluidos los virus, como polio virus 1, virus de la hepatitis

B, virus del herpes simple y bacteriófago MS2. Las nanopartículas de TiO₂ se vuelven antibacterianas mediante el proceso de fotoactivación y presentan absorción de ciertas longitudes de onda que dependen de su fase inorgánica (anatasa, rutilo o brookita). En el proceso fotocatalítico con TiO₂ se generan especies reactivas de oxígeno en la superficie, estas especies causan en las células bacterianas interrupción de su respiración, por medio de la peroxidación de los fosfolípidos de la membrana de las células.

Se ha demostrado que el TiO₂ con una banda prohibida amplia sólo puede ejercer sus propiedades antibacterianas bajo la luz ultravioleta. Sin embargo, el TiO₂ al ser dopados con metales de transición como las nanopartículas de Plata (Ag), se logra activar en luz visible. Además, la plata tiene fuertes actividades antibacterianas contra bacterias Gram Positivas y Gram Negativas, como *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. Asimismo, las nanopartículas de Plata tienen un área de superficie específica alta que hace más fácil liberar iones de Plata (Ag⁺) y luego matar las bacterias. Los haluros de plata podrían actuar como un buen candidato de fotocatalizador de luz visible para la eliminación de contaminantes cuando se pueden elegir las condiciones ambientales adecuadas para evitar su fotodescomposición. Se descubrió que los catalizadores AgI/TiO₂ y AgBr/TiO₂ son muy efectivos para matar bacterias en el espectro visible.

La investigación sobre la inactivación de virus con fotocatalisis de luz visible aún es limitada, especialmente la coexistencia de virus y su bacteria huésped. Se ha investigado el rendimiento de desinfección de las nanofibras de Cu-TiO₂ preparadas bajo luz visible para sistema mixto virus/bacterias. En términos de eliminación del *bacteriófago* y *escherichia coli* se obtuvo como resultado que las nanofibras de Cu-TiO₂ exhiben una alta eficiencia de eliminación. La eficiencia de eliminación del *bacteriófago* aumentó con el aumento de la dosis del catalizador, la intensidad de la luz y la temperatura, pero disminuyó con el aumento de la concentración inicial de virus. La eficiencia antimicrobiana del TiO₂ dopado con cobre (Cu-TiO₂), también se ha evaluado contra *staphylococcus aureus* (Gram positivo) bajo irradiación de luz visible, utilizando una fracción diminuta de Cu (0,5 mol %) mediante la técnica sol-gel.

En este mismo orden, en ensayos donde se caracterizaron una nueva pintura fotocatalítica basada en TiO₂ dopado con cobre, con eficiencia antimicrobiana para ser certificada y producida a escala industrial. Se demostró un alto rendimiento en la generación de reacciones fotocatalíticas en todo el espectro visible 400-700 (R. Bucuresteanu, 2.021).

La pintura generó especies reactivas de oxígeno con efecto inhibitor contra variedades de cepas microbianas probadas luego de 2 hs. de exposición en condiciones de luz visible y luz azul (470 nm). Actualmente, se están realizando estudios *in situ* de larga duración en áreas de atención médica. Así mismo, en análisis produjeron recubrimientos delgados de nanopartículas de TiO₂ sintetizadas por llama mediante deposición termoforética directa sobre sustratos de aluminio y comprobaron que se puede prevenir la formación de biopelículas de hongos y bacterias (*Candida albicans*, *Aspergillus niger*, *staphylococcus aureus* y *streptococcus mutans*) y el efecto sinérgico de las nanopartículas de TiO₂ con radiación UV (G. De Falco, 2.017).

Los materiales libres de metales han surgido como un nuevo tipo de fotocatalizador para diversas aplicaciones, incluida la degradación de contaminantes orgánicos, la desinfección bacteriana y viral. Tiene ventajas únicas de abundancia en la tierra, bajo costo y respeto al medio ambiente. La utilización de grafeno como soporte fotocatalizador para mejorar la calidad fotocatalítica ha sido ampliamente investigada. Los fotocatalizadores de grafeno/TiO₂ mostraron absorción de luz visible y también absorción de luz visible y la inactivación fotocatalítica de microorganismo.

En una investigación se evidenció la capacidad de inactivación de *Aspergillus niger* mediante pinturas fotocatalíticas con TiO₂ dopado con carbono, donde después de 7 días se observó una disminución del 74,8% de los conidios, estructuras de resistencia de *Aspergillus niger* (cepa ATCC 16404), bajo condiciones de lámparas de luz visible blanca fría (360-720 nm) y lámparas de luz negra UV (300-400 nm), (S. M. Zacarías, 2.018).

De igual forma en otro estudio realizado se verificó la actividad fungicida de pinturas acrílicas que contienen microesferas meso porosas de TiO₂ utilizando *Monascus Ruber* como microorganismos representativos. Comprobando la formación de un halo de inhibición bajo luz visible. Además, se evidenció la actividad fotocatalítica de la pintura bajo UV y luz solar, a partir de la degradación del colorante azul de metileno con el tiempo (J. Morín, 2.020).

Por otra parte, en otras pruebas se trabajaron en la incorporación de TiO₂ modificado con nitrógeno en recubrimientos de construcción, comprobando propiedades antimicrobianas bajo irradiación solar artificial. Las fotocatalíticas diseñadas con nanopartículas de TiO₂ tienen las perspectivas de ser una hoja de ruta en la nanociencia para la auto esterilización contra la propagación enfermedades transmisibles a través de su poder desinfectante (M. Janus, 2.019).

2.4 Degradación de contaminantes ambientales por medio de pinturas fotocatalíticas

Las pinturas fotocatalíticas representan una tecnología de remediación prometedora que tiene potencial para aplicarse en edificios ventilados mecánicamente para mejorar la calidad del aire interior. Las pinturas fotocatalíticas se utilizan normalmente para eliminar los contaminantes como los Óxidos de Nitrógeno (NO_x) y los compuestos orgánicos volátiles (COV).

Uno de los COV problemáticos en ambientes interiores y exteriores es el acetaldehído. Este contaminante es tóxico, y puede ser liberado por procesos de quema y materiales de construcción en las viviendas. El mecanismo de oxidación fotocatalítica del acetaldehído, luego a ácido fórmico, para finalmente convertirse en CO₂ a través del radical hidroxilo formado durante el atrapamiento del fotocatalizador. En un estudio de pinturas fotocatalíticas con TiO₂ anatasa dopado con carbono, se observó una relación inversa entre la humedad relativa y el caudal de aire con la conversión, es decir, cuanto menor es la humedad y el caudal de aire, mayor es la conversión del acetaldehído.

El formaldehído, es uno de los peligros interiores más importantes y críticos debido a su ubicuidad y criticidad para la salud humana. Se trabajó en la mejora del contacto interfacial de nano cápsulas de melamina-grafeno/TiO₂ con puente de dopamina (D) para una degradación fotocatalítica eficiente de formaldehído gaseoso (HCHO). Los resultados fueron una degradación fotocatalítica de HCHO mayor a 92%, bajo irradiación UV a temperatura ambiente en un rango de longitud de onda de 250-380 nm (M. Zhu, 2.018).

Así mismo, se desarrollaron un fotocatalizador heteroestructurado que combina nitruro de carbono grafítico, TiO₂ y zeolitas residuales (g-C₃N₄-TiO₂/zeolitas) mediante un método de calcinación y sol-gel. Se evaluó la descomposición del formaldehído, utilizando como luz visible una lámpara xenón (Xe) de 300 W equipada con un filtro de corte de 420 nm, logrando más del 90% de oxidación en 300 min. Este resultado posiblemente se deba a la hetero unión entre g-C₃N₄ (la absorción mejorada de luz visible) y TiO₂ (transferencia rápida de electrones fotogenerados desde g-C₃N₄), así como a la adsorción de formaldehído en fase gaseosa a través de zeolitas residuales (S. H. Liu y W. X. Lin, 2.019).

El sulfuro de hidrógeno (H₂S) es un compuesto corrosivo y tóxico, que puede liberarse como subproducto de varios procesos industriales, desde industrias de reciclaje de animales, hasta industrias de procesamiento de carne, refinación de aceite, producción de celulosa y papel, plantas de tratamiento de residuos, entre otros. Estudios experimentales han reportado la degradación fotocatalítica de H₂S en fase gaseosa utilizando una pintura acrílica blanca a base de TiO₂ soportada sobre fibrocemento (cerámica), logrando eficiencias de eliminación de hasta el 94%. En otro estudio, se realizó una evaluación del gas H₂S en una compañía petrolera (unidades del complejo Coker) y la degradación fotocatalítica utilizando películas delgadas nanoestructuradas de TiO₂ meso poroso sintetizado por el enfoque hidrotermal, obteniendo una eficiencia de eliminación de H₂S de 98% con una lámpara UV.

Otro enfoque en estudio es el desarrollo de una pintura fotocatalítica compuesto por nanopartículas de TiO₂ y resina de fotopolímero para la degradación fotocatalítica de contaminantes orgánicos peligrosos, a saber, naranja de metilo (MO), azul de metileno (MB) e indol en agua. Se descubrió que la degradación fotocatalítica de estos contaminantes asistida por la luz solar fue alrededor del 90% de azul de metileno (MB) luego de transcurridos 60 min. La pintura también podría ser útil para la degradación de COV y NO_x en el aire. Las nanopartículas de TiO₂ Aeroxide P25 muestran actividad fotocatalítica para la eliminación de colorantes en experimentos con fuente de radiación UV, emitiendo principalmente UVA (315-400 nm) y UVB (280-315 nm) en menor medida, lo que abre la posibilidad para evaluar la viabilidad de uso posterior como nanopigmentos para aplicaciones fotocatalíticas.

Otros compuestos contaminantes presentes en el aire son los llamados BTEX: Benceno, Tolueno, Etilbenceno y los o-m-p xilenos, los cuales se han estudiados en aire interior y exterior debido a su toxicidad. Las principales fuentes de xilenos son los vehículos por el quemado de combustibles fósiles. Se han estudiado la degradación del m-xileno con una pintura fotocatalítica a base de nanopartículas de TiO₂ (en forma de anatasa y 85% nanopartículas de 3-5 nm), logrando el 99% de su eliminación. Se ha observado que un aumento del contenido de nanopartículas de TiO₂ y la concentración del volumen del pigmento (PVC) mejoran la eliminación de m-xileno por un factor de 3, mientras el aumento de la intensidad de la luz ($340 < \lambda < 400$ nm) mejoró la eficiencia por un factor de 5. En contraste, la alta temperatura de la superficie y la humedad relativa ralentizaron la degradación del m-xileno.

El tolueno es actualmente el COV más comúnmente encontrado en el aire, principalmente debido a su importancia y amplia aplicación en productos industriales. El uso de pinturas fotocatalíticas con nanopartículas de TiO₂ es una técnica prometedora para la conversión de tolueno a CO₂. Se ha logrado reducir a un 32,6% el tolueno del aire con pinturas acrílicas formuladas con 20% de TiO₂ (80% de anatasa y tamaño de partículas ~30 nm). El formaldehído y el acetaldehído son subproductos durante la degradación del p-xileno, mientras que el formaldehído, el acetaldehído y la acetona durante la degradación del tolueno.

Así mismo, se investigaron la degradación fotocatalítica del benceno en una pseudo pintura a base de látex acrílico mediante el uso de nano y micro partículas de TiO₂. Las propiedades mecánicas y la durabilidad de la pintura orgánica se mejoraron al agregar un aglutinante inorgánico (es decir, vidrio soluble o Metasilicato de Sodio - Na₂SiO₃) al 5 y 10% en peso. También disminuyó la decoloración de las muestras. Se encontró que bajo radiación UV el vidrio soluble aumentó la tasa de oxidación fotocatalítica hasta un 87% para las muestras que contenían un 5% en peso de nanopartículas de TiO₂ (M. Arekhi y M. Jamshidi, 2.018).

La degradación de los óxidos de nitrógeno (NO_x) por fotocatalisis heterogénea se lleva a cabo principalmente mediante el mecanismo de fotooxidación, donde se forman productos inocuos como los iones nitrato (NO₃⁻). Se ha evaluado la degradación de los óxidos de nitrógeno (NO_x) mediante la aplicación de una pintura fotocatalítica comercial (formulada a base de nanopartículas de TiO₂), resultando una reducción del 13,9% en condiciones de laboratorio y 9,8% a 10,5% en condiciones ambientales urbanas reales. La degradación de NO_x también fue evaluada bajo condiciones exteriores realistas a través de un estudio de campo al aire libre durante casi dos años, utilizando una pintura fotocatalítica mineral transparente desarrollada a base de silicato de sodio como ligante y aditivos que contenían aproximadamente 5% copolímeros de base biológica premezclado con nanopartículas de TiO₂ dopado con carbono. Demostrando la eficiencia de la pintura para eliminar contaminantes del aire exterior, sin embargo, su rendimiento a largo plazo fue bajo.

Bajo este mismo enfoque, se decidió evaluar los efectos de las condiciones atmosféricas sobre pinturas comerciales fotocatalíticas que contienen TiO₂ usando muestras sometidas a un envejecimiento acelerado dentro de una cámara climática y, naturalmente envejecido por exposición durante dos años al ambiente externo costero. La actividad fotocatalítica se evaluó bajo radiación ultravioleta y luz solar mediante la degradación de 2-propanol. Los resultados indicaron conservación del color, aumento de la hidrofilia de la superficie y mantenimiento de las propiedades fotocatalíticas (D. Enea, 2.019).

Las pinturas fotocatalíticas para interiores que contienen nanopartículas de TiO₂ pueden reducir sustancialmente las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO₂) en un rango de temperatura superficial entre 16,8-29,8°C. Esto fue observado, donde los rangos de temperatura entre 31,8-41,8°C en concentraciones de 7% de TiO₂, las pinturas fotocatalíticas generaban contaminantes nocivos como el ácido nitroso (HONO). El estudio analizado, permitió conocer las dependencias con la temperatura y la humedad de la absorción fotocatalítica de NO, NO₂ y HONO en una pintura de dispersión comercial en un reactor de flujo y se desacoplaron por primera vez. Se obtuvo una absorción decreciente de NO y NO₂ con el aumento de la humedad, y se observó lo contrario para HONO. Las diferencias se explicaron por la adsorción superficial del agua que bloquea los sitios activos para la adsorción de NO y NO₂, mientras que se propone que el HONO se oxide como nitrilo soluble en una película de agua adsorbida sobre la superficie alcalina de la pintura de dispersión. Se observaron dependencias de temperatura insignificantes/negativas para la absorción de NO/NO₂ a humedades relativas constantes, respectivamente. Por el contrario, la captación fotocatalítica de HONO aumenta con la temperatura. La implicación atmosférica de estos resultados es una mejor remediación de NO_x cuando las superficies fotocatalíticas se calientan por irradiación con luz solar (D. Pilla, 2.021).

Los óxidos de nitrógeno, NO y NO₂, son los principales contaminantes del aire exterior, producidos por la combustión de combustibles, como los automóviles y las centrales eléctricas. Dada la presencia de NO_x en el aire exterior e interior, claramente la acumulación de ácido nítrico tiene el potencial de plantear un problema para todos los productos fotocatalíticos comerciales para uso exterior o interior, no sólo en términos de reducir significativamente la capacidad de reducción de NO_x, sino también simultáneamente afectando su capacidad para destruir los COV, como el formaldehído y el acetaldehído.

Durante las últimas dos décadas se ha llevado a cabo una amplia gama de estudios de prueba de la vida real de diferentes escalas de fotocatalisis con TiO₂ en materiales de construcción, incluyendo pinturas. Sin embargo, aún falta profundizar sobre esta línea de investigación que permita establecer los beneficios de la aplicación de este tipo de pinturas para el ambiente y los seres humanos.

2.5 Factores críticos en la formulación de pinturas fotocatalíticas a base de nanosistemas de TiO₂

Morfología

La forma anatasa de TiO₂ debe incorporarse a las pinturas para mejorar la actividad fotocatalítica. Sin embargo, el uso de TiO₂ puede alterar aspectos asociados con el desempeño de la pintura, como adherencia de estela, descamación y agrietamiento. El TiO₂ puede promover la degradación de los compuestos orgánicos presentes en la misma matriz de la pintura, debido a su carácter no selectivo, para evitar este problema se debe controlar los aspectos de síntesis de las nanopartículas de TiO₂. La actividad antibacteriana de un fotocatalizador también puede depender de la relación de composición de anatasa a rutilo. La diferencia podría deberse a la variación en la actividad fotocatalítica entre las fases mencionadas anteriormente y su capacidad de generar radicales libres.

Porosidad

La estructura más porosa de la película de TiO₂ genera especies más activas y, como consecuencia, se obtiene una mayor actividad fotocatalítica de esta película, debido a los poros brindan una mayor área superficial y por ende mayores sitios activos para generar la degradación o desinfección. Además, una película con una estructura más porosa del recubrimiento da como resultado una penetración más profunda de la luz ultravioleta.

Contenido de nanopartículas de TiO₂

Uno de los temas más importantes en las pinturas fotocatalíticas es el contenido de nanopartículas de TiO₂. En general, la alta área superficial de las nanopartículas podría aumentar la adhesión interfacial entre las nanopartículas y el aglutinante (es decir, mejores propiedades mecánicas). Además, las propiedades de tracción (es decir, resistencia a la tracción, módulo, tenacidad y alargamiento a la rotura) de las pinturas fotocatalíticas que contenían nanopartículas de TiO₂ aumentó primero y luego disminuyó con contenido más altos de nanopartículas de TiO₂. Estudios han demostrado que al 2% en peso de nanopartículas de TiO₂ se logran las cantidades máximas de propiedades mecánicas y fotocatalíticas.

Naturaleza del ligante

Los aspectos más controvertidos de las pinturas fotocatalíticas está relacionado con la posible degradación de los constituyentes orgánicos del ligante durante la exposición prolongada a la radiación UV. Este comportamiento se atribuye a una unión más débil de las nanopartículas de TiO₂ a la matriz polimétrica. El punto clave en el desarrollo de pinturas estables es la creación de mejores barreras para el proceso de mineralización fotocatalítica, de modo que el aglutinante de polímero permanezca intacto por más tiempo y la pintura recubierta.

La cantidad de TiO₂ y el contenido orgánico del ligante es de importancia primordial con respecto a la formación de COV, que debe ser considerado para optimización de esta tecnología de remediación del aire basada en pinturas fotocatalíticas con nanopartículas de TiO₂. Se ha demostrado que las pinturas fotocatalíticas que contienen un aglutinante de silicato mineral exhiben emisiones muy bajas de COV en presencia de radiación ultravioleta. Se puede afirmar que el desarrollo de un ligante mineral es una innovación importante para reducir la contaminación del aire interior.

Las pinturas fotocatalíticas presentan dos fenómenos de los cuales no existe una relación directa: como es la emisión de COV y la liberación de nanopartículas de los recubrimientos, aunque ambos fenómenos son causados por la degradación fotocatalítica de la matriz orgánica de la pintura. Algunas soluciones para disminuir la liberación de partículas y COV en el aire; y por lo tanto para formular una pintura fotocatalítica “más segura por diseño”. Un primer enfoque es controlar el grado de la eficiencia fotocatalítica modificando las nanopartículas de TiO₂ en la matriz orgánica, disminuyendo su degradación mientras mantiene una óptima eficiencia fotocatalítica de las pinturas. Los recubrimientos seleccionados deben tener una buena afinidad con la matriz orgánica para tener una buena dispersión de las nanopartículas en la pintura. Otra opción es la localización (injerto) de nanopartículas de TiO₂ en partículas más grandes para evitar la liberación de nanopartículas y mejorar la afinidad entre las nanopartículas y la matriz orgánica, reduciendo la liberación de nanopartículas.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS EN EL USO DE PINTURAS FOTOCATALÍTICAS

Las principales ventajas de la pintura fotocatalítica son las siguientes:

- **Purificación del aire:** La pintura fotocatalítica utiliza la luz para descomponer los contaminantes en el aire, lo que contribuye a mejorar la calidad del aire y a reducir la contaminación ambiental.
- **Prevención de hongos y bacterias:** Esta pintura sostenible es capaz de prevenir la formación de hongos y bacterias en superficies, lo que es útil en aplicaciones donde la higiene es importante, como en una construcción de edificios y ciertas emisiones contaminantes.
- **Durabilidad:** Sin duda, hablamos de un producto resistente a la intemperie y a la abrasión, lo que la hace ideal para aplicaciones al aire libre y en exteriores.
- **Fácil de mantener:** Esta pintura es fácil de mantener, ya que no requiere limpieza frecuente y es resistente a la suciedad y a la grasa.
- **Mejora la salud:** Al reducir la cantidad de contaminantes en el aire, la pintura fotocatalítica puede mejorar la salud de las personas al reducir la exposición a sustancias tóxicas.

Las principales desventajas de la pintura fotocatalítica son las siguientes:

- **Exposición a la luz UV:** Este tipo de pintura requiere de exposición a la luz UV o visible de lo contrario no podrá activar sus propiedades purificadoras de aire. De ser necesario se deberá aplicar luz artificial adicional.
- **Resistencia:** No se puede negar que es resistente a diversos productos químicos, pero su actividad puede verse comprometida por algunos agentes inhibidores, es por ello que para no comprometer su durabilidad se debe evitar al máximo el contacto con algunas pinturas, plásticos, lubricantes o adhesivos.
- **Eficacia:** Su eficacia puede verse limitada para algunos contaminantes, es decir, no los elimina a todos, pero reduce significativamente muchos de ellos.

CAPÍTULO 3 – HUELLA DE CARBONO: CARACTERÍSTICAS Y CÁLCULO

La Huella de Carbono (HC) es un instrumento que permite estimar las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) emitidos por un individuo, organización, evento o producto. El cálculo consiste en recompilar los datos referentes a los consumos directos e indirectos de insumos materiales y energía, y traducirlos en **emisiones de CO2 equivalentes**; universalmente se eligió el CO2 como valor de referencia para poder comparar con los otros GEI, ya que es el gas que más crecimiento ha experimentado en la atmósfera terrestre y el más abundante en porcentaje de todos ellos.

En el marco del Plan de Bioeconomía, en el que trabaja el Ministerio de Agroindustria de la Provincia de Buenos Aires, que tiene entre sus objetivos, impulsar acciones y trabajar para reducir el impacto de las actividades del sector agro productivo, en post de una producción más sustentable, se decidió impulsar la herramienta de cálculo de la Huella de Carbono.

Entre el año 2.016 y 2.017 la Dirección calculó la Huella de Carbono Institucional, con el objetivo de calcular la línea base de las emisiones que generan las actividades del Ministerio. Independientemente del valor neto, es interesante cómo a partir de la herramienta se lograron identificar los puntos críticos y potenciales oportunidades para llevar adelante medidas de reducción de tales emisiones.

El uso y difusión de este instrumento, en otras instituciones y organismos públicos, en el sector privado, en forma personal y en los productos que se consumen diariamente, permitirá una mayor sensibilización de la comunidad respecto a las emisiones generadas por las actividades cotidianas. Disponer de esta información es un paso fundamental para la construcción y desarrollo de perfiles activos frente a los efectos del cambio climático, al definir a partir de los resultados, acciones para reducir y mitigar tales emisiones.

IMPORTANCIA DE LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES

- Efecto Invernadero y los gases responsables (GEI)

El efecto invernadero es un fenómeno natural que ocurre en la atmósfera, que permite que la temperatura en la Tierra se mantenga estable, en promedio en 15°C, gracias al cual se puede existir y mantenerse la vida en el planeta. Este fenómeno se produce gracias a la retención de calor por parte de los gases de efecto invernadero.

GASES DE EFECTO INVERNADERO – GEI
CO2 (Dióxido de Carbono)
CH4 (Metano)
N2O (Oxido Nitroso)
HFC (Hidrofluorocarbonos)
PFC (Perfluorocarbonos)
SF6 (Hexafluoruro de Azufre)

Los GEI son de origen natural como antropogénico (consecuencias de las actividades llevadas a cabo por el hombre). En este proceso se absorben y emiten radiación de determinadas longitudes de ondas de espectros de radiación infrarroja, dando como resultado que parte del calor que la Tierra transmite desde su superficie quede retenido en la atmósfera generando el calentamiento de la propia atmósfera y de la superficie terrestre. Sin este mecanismo la temperatura de la Tierra sería aproximadamente 33°C más baja que la actual (Baethgen y Martino, 2.014).

EMISIONES DE CO₂ DE LOS AUTOMÓVILES: HUELLA DE CARBONO

Como se mencionaba anteriormente, la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera es una de las principales causas del calentamiento global. El transporte, y los automóviles en particular, son una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero en todo el mundo. Por eso, es que es importante conocer la huella de carbono del vehículo para poder reducir su impacto en el medio ambiente.

La huella de carbono es un indicador que mide la cantidad de Dióxido de Carbono (CO₂) en la atmósfera debido a una actividad.

ABSORCIÓN DE CO₂ DE LOS ÁRBOLES MEDIANTE LA FOTOSÍNTESIS

Los árboles, a través de la fotosíntesis, absorben CO₂ y producen oxígeno. **En una hectárea de árboles plantados, en promedio, se produce anualmente el oxígeno suficiente que permite vivir a 40 personas y se absorbe el CO₂ emitido por unos 10 autos medianos en el año.**

Con los árboles podemos mitigar en parte estas consecuencias. Por eso, es tan importante plantar árboles y proteger, cuidar y enriquecer los bosques nativos.

Los árboles requieren de cuatro factores indispensables para poder capturar el CO₂: Radiación solar, catalizador del proceso fotosintético (que hacen que las plantas transformen la materia mineral en materia orgánica con base de carbono), los nutrientes que hay en el suelo: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Dióxido de Carbono (CO₂, que contamos con recurso en exceso) y Agua (H₂O). Si quitamos solo uno de ellos, las plantas no pueden crecer. En el suelo se desarrollan gran parte de los procesos que unidos a la fotosíntesis de los árboles, propician que unidos a la fotosíntesis de los árboles, propician que sea el segundo mayor sumidero de CO₂ atmosférico, por lo que su protección es clave para maximizar este potencial, y lo podemos hacer con acciones de corrección hídrica y cosecha de agua, que mejora la capacidad de infiltración del agua de lluvia para que forme parte del complejo de cambio en el que se absorben los nutrientes; y minimizan además, las escorrentías que provoca la pérdida del banco de semilla, hongos, los nutrientes y por lo tanto, del suelo.

Norma ISO 14.064-1

La **Norma ISO 14.064-1** es un Sistema de Gestión sobre la Huella de Carbono que asegura identificar y reducir las fuentes que generan gases de efecto invernadero, lo que se convierte en un ahorro energético y por lo tanto económico para las organizaciones, así como cumplir con los requisitos legales y otros que la organización suscriba.

Esta norma plantea herramientas basadas en las mejores prácticas de gestión a nivel internacional. Permite definir las políticas, los objetivos ambientales y energéticos de las empresas, y gestionar su uso con el fin de reducir las emisiones provenientes de gases de efecto invernadero, los costes asociados y consecuentemente cumplir con la legislación vigente. Todo mientras se fomenta la mejora continua dentro de la organización.

Desde 2.012, las entidades que ostentan el certificado de ISO 14.064-1 disfrutan de un reconocido PRESTIGIO en su sector.

FÓRMULA DE LA HUELLA DE CARBONO

TONELADAS DE CO₂ Eq = Volumen del combustible * Factor de emisión * TN / 1.000 Kg =

DATOS DEL EXPERIMENTO

Como mencionamos anteriormente, la Avenida 9 de Julio tiene una longitud de 3,8 kilómetros por un ancho de 140 m., lo que lo convierte en la Avenida más ancha del mundo. Según la publicación del DIARIO “**LA NACION**” publicada el día 18 de Mayo del 2.014 por Pablo Tomino, bajo la información recopilada de la Dirección General de ESTADÍSTICAS Y CENSO del Ministerio de Hacienda y Finanzas y avalado por el Secretario de Tránsito y Transporte del Gobierno Porteño Guillermo Dietrich, la cifra que se estima en la Avenida 9 de Julio, aún sigue siendo el corredor más transitado de la Ciudad. En promedio pasan por allí **9.800** automóviles por hora.

Por lo general un automóvil mediano consume 0,083 litro de gasolina (NAFTA) en 1 kilómetro, lo que se traduce en un gasto de 8 a 12 litros de combustible cada 100 kilómetros aproximadamente, estos valores son representativos ya que depende del vehículo, modelo y tipo de motor.

ACLARACIÓN:

- **HORA PICO:** Se considera de Lunes a Viernes en ambos sentidos de 07 hs a 11 hs y de 16 hs a 20 hs, Sábados, Domingos, Feriados y días no laborales con fines turísticos de 11 hs a 15 hs en sentido Provincia y 17 hs a 20 hs en sentido al Centro.
- **EN ESTE ASPECTO SE TOMARÁ PARA LLEVAR A CABO DICHO CÁLCULO, EL INTERVALO DE LA FRANJA HORARIA DE 07 HS A 20 HS (EQUIVALENTE A 13 HS DIARIAS), NO CONTABILIZANDO LOS DEMÁS HORARIOS DEBIDO AL BAJO FLUJO DE VEHICULOS.**

*Recopilación de Datos según ANEXO I Documentooficial.buenosaires.gov.ar

DATOS: A continuación, se describirán los pasos a seguir para llevar a cabo el cálculo de la Huella de Carbono (HC) en relación a la Norma ISO 14.064.

PASO 1: Definir el período para realizar el cálculo

- DIARIO
- **MENSUAL**
- SEMESTRAL
- ANUAL

PASO 2: Definir la fuente de generación del GEI (Gases de Efecto Invernadero)

- MOTOCICLETA
- **AUTOMÓVILES**
- CAMIONES / COLECTIVOS
- AVIONES

PASO 3: Definir el tipo de combustible que emplea el vehículo y la cantidad para el período de tiempo definido previamente

- **GASOLINA (NAFTA)**
- GAS OIL / DIESEL
- BIOETANOL
- BIODIESEL

PASO 4: Buscar en la siguiente tabla el FACTOR DE CONVERSIÓN EMISIÓN de CO₂ – ISO 14.064

LITROS DE COMBUSTIBLE (DIESEL O GASOLINA CONSUMIDOS)	
Datos Disponibles	METODOLOGÍA DEL CÁLCULO Y FACTOR DE EMISIÓN
Consumo de combustible (LITROS DIESEL O GASOLINA)	<p>Cálculo de las emisiones de CO₂ a partir de los factores de emisión siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GASOLINA 95 o 98: 2,38 Kg de CO₂/litro • DIESEL: 2,61 Kg de CO₂/litro • BIOETANOL: 2,38 Kg de CO₂/litro - % bioetanol* <p>* Si utilizamos bioetanol 5, el combustible tiene un 5% de bioetanol (y un 95% de gasolina 95) y las emisiones asociadas son de 2,38 - (0,05 x 2,38) que es igual 2,26 Kg de CO₂/litro</p> <ul style="list-style-type: none"> • BIODIESEL: 2,61 Kg de CO₂/litro - % biodiesel* <p>*Si utilizamos biodiesel - 30 significa que tiene un 30% de biodiesel (y un 70% de Diesel) y las emisiones asociadas son igual 2,61 - (0,3 x 2,61) igual a 1,83 Kg de CO₂/litro</p>

Nota: Factor de emisión de CO2 para Naftas (Gasolina) y Gas Oil (Diesel). Fuente: GUÍA PRÁCTICA PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) (2.011).

PASO 5: CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

$$ECO2 = Fe * V Comb.$$

$$\text{Emisión CO2: FACTOR DE EMISIÓN * CANTIDAD EN VOLUMEN DE COMBUSTIBLE * 1 Tn / 1.000 Kg}$$

DONDE:

- **DISTANCIA:** 7,6 Km (3,8 ida y 3,8 de vuelta)
- **FACTOR DE EMISIÓN:** 2,38 Kg de CO2/litro
- **CANTIDAD DE VEHICULOS:** 9.800 automóviles por hora
- **CANTIDAD DE VOLUMEN DE COMBUSTIBLE:** 0,083 litro/kilometro
- **MEDIDA:** Toneladas
- **DIAS MENSUALES:** 22 días hábiles (excluyendo Sábados y Domingos)
- **CARGA HORARIA:** 13 hs. Diarias (horas pico)

CÁLCULO PREVIO:

- 9.800 autos / hora X 13 horas = 127.400 autos
- 127.400 autos X 22 días hábiles = 2.802.800 autos mensuales
- 2.802.800 autos mensuales X 0.083 litros / Km de consumo = 232.632,4 litros consumidos
- 232.632,4 litros / Km consumidos X 7,6 Km (ida y vuelta)
- 1.768.006,24 litros de gasolina consumidos mensualmente

CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

Fórmula:

- Emisión CO2eq = Fe * V Combustible
- Emisión CO2eq: FACTOR DE EMISIÓN X CANTIDAD EN VOLUMEN DE COMBUSTIBLE X 1 Tn / 1.000 Kg
- Emisión CO2 = 2,38 Kg de CO2/litro X 1.768.006,24 Volumen de combustible mensualmente
- Emisión CO2eq = 4.207.854,8512 Kg de CO2 X 1 Tn / 1.000 Kg
- Emisión CO2eq = 42.078,548512 Tn de CO2 eq.

Si llevamos el cálculo a mayor escala, cubriendo la totalidad de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, siempre y cuando respetando el combustible utilizado como referencia y la hora / días hábiles, que son los de mayor concentración automovilística (datos del diario INFOBAE 10 Nov, 2017), deberíamos hacer el siguiente cálculo:

PASO 1: Definir el período para realizar el cálculo

- DIARIO
- **MENSUAL**
- SEMESTRAL
- ANUAL

PASO 2: Definir la fuente de generación del GEI (Gases de Efecto Invernadero)

- MOTOCICLETA
- **AUTOMÓVILES**
- CAMIONES / COLECTIVOS
- AVIONES

PASO 3: Definir el tipo de combustible que emplea el vehículo y la cantidad para el período de tiempo definido previamente

- **GASOLINA (NAFTA)**
- GAS OIL / DIESEL
- BIOETANOL
- BIODIESEL

PASO 4: Buscar en la siguiente tabla el FACTOR DE CONVERSIÓN EMISIÓN de CO₂ – ISO 14.064

LITROS DE COMBUSTIBLE (DIESEL O GASOLINA CONSUMIDOS)	
Datos Disponibles	METODOLOGÍA DEL CÁLCULO Y FACTOR DE EMISIÓN
Consumo de combustible (LITROS DIESEL O GASOLINA)	<p>Cálculo de las emisiones de CO₂ a partir de los factores de emisión siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GASOLINA 95 o 98: 2,38 Kg de CO₂/litro • DIESEL: 2,61 Kg de CO₂/litro • BIOETANOL: 2,38 Kg de CO₂/litro - % bioetanol* <p>* Si utilizamos bioetanol 5, el combustible tiene un 5% de bioetanol (y un 95% de gasolina 95) y las emisiones asociadas son de 2,38 - (0,05 x 2,38) que es igual 2,26 Kg de CO₂/litro</p>

- **BIODIESEL:** 2,61 Kg de CO₂/litro - % biodiesel*

*Si utilizamos biodiesel - 30 significa que tiene un 30% de biodiesel (y un 70% de Diesel) y las emisiones asociadas son igual 2,61 - (0,3 x 2,61) igual a 1,83 Kg de CO₂/litro

Nota: Factor de emisión de CO₂ para Naftas (Gasolina) y Gas Oil (Diesel). Fuente: GUÍA PRÁCTICA PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) (2.011).

PASO 5: CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

$$ECO_2 = Fe * V \text{ Comb.}$$

Emisión CO₂: FACTOR DE EMISIÓN * CANTIDAD EN VOLUMEN DE COMBUSTIBLE * 1 Tn / 1.000 Kg

DONDE:

- **DISTANCIA:** 200 Km²
- **FACTOR DE EMISION:** 2,38 Kg de CO₂/litro
- **CANTIDAD DE VEHICULOS:** 1.300.000 automóviles por día
- **CANTIDAD DE VOLUMEN DE COMBUSTIBLE:** 0,083 litro/kilometro
- **MEDIDA:** Toneladas
- **DIAS MENSUALES:** 22 días hábiles (excluyendo Sábados y Domingos)
- **CARGA HORARIA:** 13 hs. Diarias (horas pico)

CÁLCULO PREVIO:

- 1.300.000 autos X 22 días hábiles = 28.600.000 autos mensuales
- 28.600.000 autos mensuales X 0.083 litros de consumo = 2.373.800 litros consumidos
- 2.373.800 litros / Km consumidos X 200 Km = 474.760.000 litros de gasolina consumidos mensualmente

CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

Fórmula:

- Emisión CO₂eq = Recorrido * Fe * V Combustible
- Emisión CO₂eq: FACTOR DE EMISION X CANTIDAD EN VOLUMEN DE COMBUSTIBLE X 1 Tn / 1000 Kg
- Emisión CO₂ = 2,38 Kg de CO₂/litro X 474.760.000 litros de gasolina consumidos mensualmente

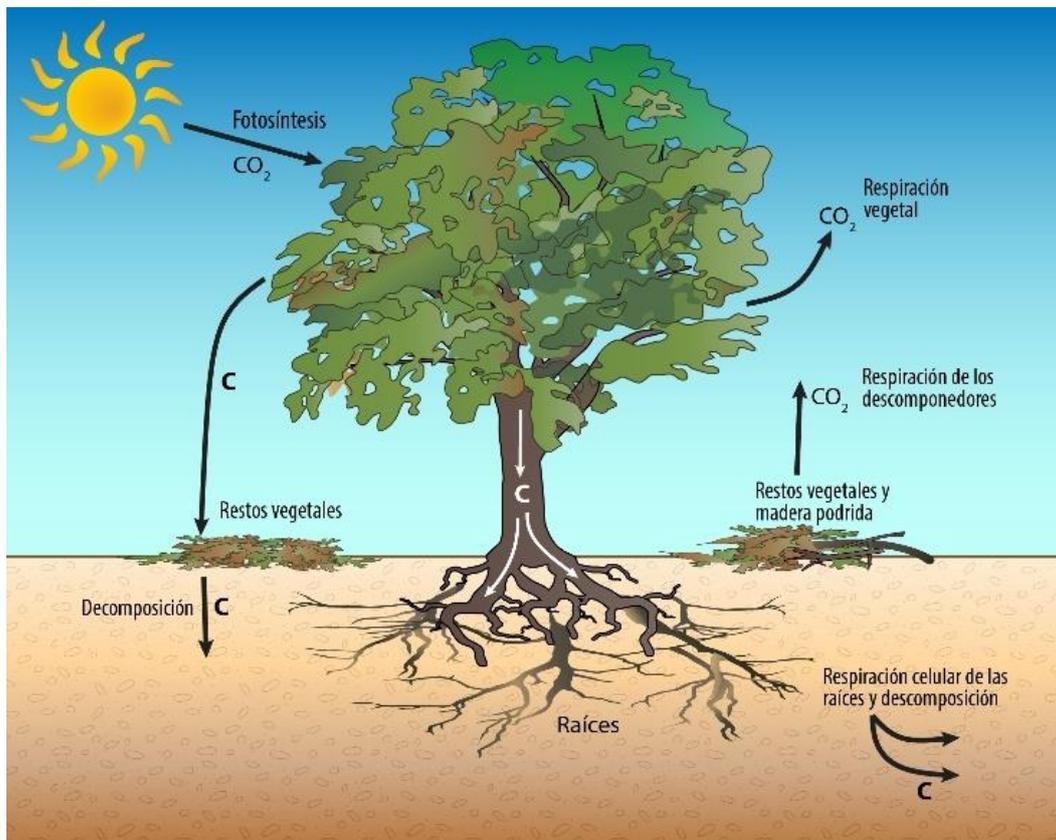
- Emisión CO₂eq = 1.129.928.800 Kg de CO₂ X 1 Tn / 1.000 Kg
- Emisión CO₂eq = 11.299.288 Tn de CO₂ eq.

En conclusión, los valores arrojados en relación a la emisión de los vehículos que transitan por la Avenida 9 de Julio es de **42.078,5 Tn CO₂ eq** de manera mensual, tomando como referencia los días hábiles. Si realizamos el mismo ejercicio anterior, se puede observar que, en el ingreso de **1.300.000** de vehículos hacia la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, al recorrer su perímetro, se emiten **11.299.288 Tn de CO₂ eq**.

Si tomamos como ejemplo, los resultados del primer ejercicio, estarían transitando por la 9 de Julio aproximadamente **33.633.600** de automóviles medianos en forma anual. Lo que equivale a 3.363.360 hectáreas de árboles para absorber la cantidad de CO₂ de esas emisiones, según la referencia mencionada en la descripción "**ABSORCIÓN DE CO₂ DE LOS ARBOLES MEDIANTE LA FOTOSÍNTESIS**".

De la misma forma, en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires ingresan 1.300.000 de autos por día (días hábiles), lo que corresponden a **28.600.000** automóviles medianos mensuales y **343.200.000** anuales. Lo que equivalen a **34.320.000 de hectáreas de árboles** nativos para absorber la emisión estimada.

La relación asociada para realizar la comparación de absorción, según estudios previos, 1 m² de pintura fotocatalíticas equivale a 1 árbol.



"¿Cuánto CO₂ absorbe un árbol?", Caroline Garrett (19 de Abril, 2023) [¿Cuánto CO₂ absorbe un árbol? \(selectra.com\)](https://selectra.com)



“El edificio del Ministerio de Desarrollo Social (ex Obras Públicas) está en el medio de la 9 de Julio”, Martin Bonetto (1 de Septiembre, 2022) Clarín. [Historia y leyenda del edificio de Desarrollo Social, el ícono peronista que García Moritán pide demoler \(clarin.com\)](https://www.clarin.com/historia-y-leyenda-del-edificio-de-desarrollo-social-el-icongo-peronista-que-garcia-moritan-pide-demoler_0_111117.html)

El edificio del Ministerio de Salud y Desarrollo Social fue inaugurado en 1.936 como sede del entonces Ministerio de Obras Públicas (MOP), fue el primer y único rascacielos construidos sobre la Avenida 9 de Julio. Su estilo y vista privilegiada lo convirtieron en un ícono del paisaje de Buenos Aires. Hoy, con más de 80 años de historia, es el lugar donde funcionan los ministerios de Desarrollo Social y Salud de la Nación.

Ubicado entre las Avenidas Belgrano y Moreno del barrio de Monserrat, el edificio cuenta con una dimensión de 93 m. de alto, con 24 m. de ancho aproximadamente. Desde el año 2.011 lleva en sus caras norte y sur dos imágenes del rostro de Eva Perón realizadas en acero que miden 31 m. por 24 m. de ancho. Además, desde lo más alto de sus 22 pisos se pueden ver el Congreso de la Nación y el Río de La Plata.

Si aplicamos en unos de los lados del edificio de forma completa, tendremos una aplicación de 2.232 m² de pintura fotocatalítica (**equivalente a 394 litros de pintura fotocatalítica**), lo que supondremos que, en el mejor de los casos, una relación equivalente a 2.232 árboles adultos que absorban el Dióxido de Carbono (CO₂).

Es decir, que el proceso de carbonatación que produce la pintura fotocatalítica estaría aportando una absorción de 131,3 kg de CO₂ mensuales (0,131 Tn de CO₂), lo que equivale a 1,572 Tn de CO₂ absorbidos de forma anual. Por lo tanto, se estaría necesitando 321.210 edificios del Ministerio de Desarrollo Social y Salud de la Nación con la aplicación de pintura fotocatalítica en uno de sus lados, para absorber la cantidad de 42.078,5 Tn de CO₂ emitidas hipotéticamente en la Avenida 9 Julio.

MURALES ECOLÓGICOS EN ESTABLECIMIENTOS PÚBLICOS

Si tenemos en cuenta la dimensión estándar establecida para el diseño de murales en la Ciudad de Buenos Aires, podemos observar que las mismas tienen una altura de 4,00 m. y una longitud aproximada de 15,20 m. (VISTA 1). Es decir, que sus dimensiones totales serían de 60,8 m² de mural.



(Dimensiones e información para el diseño del mural "Buenos Aires Ciudad" <http://buenosaires.gob.ar>)

Ahora bien, si la Ciudad Autónoma de Buenos Aires cuenta con 883 establecimientos educativos, de los cuales aplicaremos la pintura fotocatalítica. Podemos suponer que tendremos murales con 53.686,4 m² de pintura aplicada, esto es equivalente a una absorción de 3.158,02 kg de CO₂ mensual (= 3,16 Tn de CO₂) de emisiones vehiculares en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

RESULTADO

Periodo	Lugar	Cant. Vehículos	Vol. Combustible (litros)	Emisión de CO ₂ (Tn)
Mensual	Av. 9 de Julio	2.802.800	1.768.006,24	42.078,5
Anual	CABA	28.600.000	474.760.000	11.299.288
Mensual	Av. 9 de Julio	33.633.600	21.216.074,88	504.942
Anual	CABA	343.200.000	5.697.120.000	135.591.456

Periodo	Lugar	Emisión CO (Tn)	Absorción de CO ₂ (Tn)	Porcentaje
Mensual	Av. 9 de Julio	42.078,5	0,131	0%
Anual	CABA	11.299.288	3,16	0%
Mensual	Av. 9 de Julio	504.942	1,572	0%
Anual	CABA	135.591.456	37,92	0%

Importante: Se omitieron los gráficos debido a la escasa reducción en los valores de emisión. Se aclara que el porcentaje no es cero, sino que contiene valores decimales, es decir, que son resultados ínfimos.

CONCLUSIÓN

El trabajo de proyecto de investigación determina que, si bien, existen fundamentos o factores muy positivos en el uso de pinturas fotocatalíticas para mejorar la calidad del aire en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, la realidad es que, los resultados obtenidos en la reducción son insignificantes comparado a la gran cantidad de emisión que generan los vehículos utilizados a diario en dicha zona. Rechazando la hipótesis central, el cual se estimaba que las pinturas ecológicas a base de Dióxido de Titanio (TiO_2) puedan subsanar o reemplazar la escasez de espacios verdes que existen en la Ciudad producto de la urbanización.

Se ha comprobado mediante análisis y cálculos cuantificables que la aplicación de pinturas fotocatalíticas en murales ecológicos de lugares públicos, como lo son los establecimientos estatales (escuelas) y el edificio de Salud y Desarrollo Social, no altera con notoriedad la calidad del aire provocados por la gran difusión de contaminantes nocivos emitidos por las combustiones vehiculares. El resultado no es el esperado, teniendo en cuenta que, para efectuar el análisis, se contemplaron las condiciones más favorables para que se lleve a cabo el proceso de carbonatación de manera adecuada, que como se mencionó en el trabajo, la limitación de este tipo de pinturas es que se requieren ciertas condiciones para puedan funcionar de manera apropiada.

No obstante, la relevancia más positiva que se puede destacar en la implementación de los murales ecológicos en lugares públicos, es que ayuda a concientizar a las personas a ser más amigables con el medio en donde coexistimos, dando lugar a ser más respetuosos con los ecosistemas. La concientización de las personas implica que se reduzcan las emisiones, ya que es el factor clave de las contaminaciones atmosféricas actuales.

Las pinturas fotocatalíticas a base de TiO_2 aún son muy desconocidas, el mercado presenta aspectos negativos, como los fraudes en determinados productos, ya que existen pinturas fotocatalíticas de baja calidad, el cual no cumplen adecuadamente su función. La duración de absorción tiene un periodo de tres meses, que, si bien no desaparece, si tiene una reducción de capacidad de absorción bastante importante, por lo que se requiere nueva aplicación del producto. Aún se desconoce con certeza, el impacto que tiene en el medio ambiente y el efecto en la salud de las personas, ante algún contacto directo. Sin embargo, este tipo de pinturas son tecnologías con mucho futuro, que requiere la mejora en ciertos aspectos, como su eficiencia, aplicación y alcance, es necesario saber que producto es adecuado para cada contaminante específico y las medidas precautorias que hay que tener en su aplicación. Cabe destacar, que su relación costo-beneficio presenta aspectos muy positivos en comparación con otras medidas implementadas, ya que no necesitan de mantenimiento frecuente.

Para finalizar, la contaminación vehicular es un problema global que afecta tanto a nuestra salud, como el equilibrio de los ecosistemas. Es importante tomar conciencia de las causas y efectos de dicha contaminación, como también las medidas y acciones que se están implementando para reducirla. También es fundamental apoyar los avances tecnológicos que están ayudando a esta lucha. Juntos, podemos trabajar para proteger nuestro planeta y garantizar un futuro sostenible para las generaciones venideras.

BIBLIOGRAFÍA

- Laura Fernández Roldán (24 de Julio, 2019) *Contaminación vehicular: qué es, tipos y consecuencias* <https://www.ecologiaverde.com/contaminacion-vehicular-que-es-tipos-causas-y-consecuencias-2130.html>
- Clarín (9 de Diciembre, 2023). *Autos y colectivos, causan el 80% de la contaminación* https://www.clarin.com/ciudades/Autos-colectivos-causan-contaminacion_0_SJ2-VFhpw7q.html
- Emisiones vehiculares, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/control/emisiones-vehiculares>
- Pinturas y Negocios (21 de Marzo, 2020) *Las pinturas fotocatalíticas, una gran solución para eliminar bacterias y contaminantes* <https://pinturasynegocios.com.ar/las-pinturas-fotocataliticas-una-gran-solucion-para-eliminar-bacterias-y-contaminantes/>
- Clarín (9 de Diciembre, 2023). *El mapa de los espacios verdes de la ciudad: cuáles son los barrios con más cemento* https://www.clarin.com/ciudades/barrios-espacios-verdes-buenos-aires_0_Bk2Rlp1mf.html
- ¿Qué es la huella de Carbono? *Desarrollo Agrario, Gobierno de la Provincia de Buenos Aires* ¿Qué es la Huella de Carbono? | Provincia de Buenos Aires (gba.gob.ar) [¿Qué es la Huella de Carbono? | Provincia de Buenos Aires \(gba.gob.ar\)](https://www.gba.gob.ar/que-es-la-huella-de-carbono/)
- Andrea Albertano (11 de Diciembre, 2020) *Murales con arte y cuidado del medioambiente* [Murales con arte y cuidado del medioambiente - Minuto Neuquen](https://www.minutoneuquen.com.ar/murales-con-arte-y-cuidado-del-medioambiente/)
- Garcés, L. y Hernández, M. (2004). *La lluvia ácida: un fenómeno fisicoquímico de ocurrencia local*. Revista Lasallista de Investigación, vol. 1, núm. 2, pp. 67-72. Corporación Universitaria Lasallista Antioquia, Colombia
- Martino, D. L. y E. van Hoff, (1999). *Mercado del Carbono: una Oportunidad para Uruguay*. Uruguay Forestal 9 (21):4-9 (<http://www.inia.org.uy/agroclima/index.html>).
- Baethgen, W. E. and G. O. Magrin. (1995). *Assessing the impacts of climate change on winter crop production in Uruguay and Argentina using crop simulation models*. IN: C. Rosenzweig et al. (eds.), *Climate Change and Agriculture: Analysis of Potential International Impacts*. American Society of Agronomy Special Publication 59, Madison WI, pp 207-228.
- Baethgen, W. E. (1994). *Impacts of climate change on barley in Uruguay: yield changes and analysis of nitrogen management systems*. IN: C. Rosenzweig and A. Iglesias (ed.) *Implications of Climate Change for International Agriculture: Crop Modeling Study*. USEPA 230-B94-003, Washington, D.C.
- W. Aliaga Ortega (2019), *“Congestión vehicular de transporte urbano y su incidencia en salud y medio ambiente en la ciudad de Puno”*, Rev. Cient. Inv. Andina, vol. 19, n.o 1, pp. 226-249.
- C. Ubilla y K. Yohannessen (2017), *“Contaminación atmosférica efectos en la salud respiratoria en el niño”*, Rev. Med. Clín. Condes, vol. 28, n.º 1, pp. 111-118.
- C. Zafra-Mejía, Á. Gutiérrez-Malaxechebarria y. Hernandez-Peña (2019), *“Correlation between vehicular traffic and heavy metal”*, vol. 67, n.º 2, pp. 193-199.
- J. F. Segura Contreras y J. F. Franco (mar, 2016), *“Exposición de peatones a la contaminación del aire en vías con alto tráfico vehicular”* Rev. Salud Pública, vol. 18, n.º 2, pp. 179-187.
- J. Fleta Zaragozano, C. Fons Estupiñá, P. Arnauda Espatolero, A. Ferrer Dufol y J. L. Olivares López (jun, 2005), *“Carbon monoxide poisoning”*, Anales de. Pediatría., vol. 62, n.º 6, pp. 587-590.
- José M. Peña, Viscontea Editora (1977), *Buenos Aires, Argentina en el Arte. Los Murales*.

- Horacio Spinetto (2005), *Guía de Patrimonio Cultural Nº 2: Murales*, Dirección General de Patrimonio, Ministerio de Cultura, Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires.
- A. Lee, J. A. Libera, R. Z. Waldman, A. Ahmed, J. R. Avila, J. W. Elam, and S. B. Darling (2017) "Conformal Nitrogen-Doped TiO₂ Photocatalytic Coating for Sunlight- Actived Membranes" *Adv. Sustain Syst.* Vol. 1, nro 1-2, p. 1600041. <https://doi.org/10.1002/adsu.201600041>
- F. Salvadores, O. M. Alfano, M. M. Ballari (2020) "Kinetic study of air treatment by photocatalytic paints under indoor radiation source: Influence of ambient conditions and photocatalyst content", vol. 268, p.118694, <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.202.118694>
- M. Dlugokecka, J. Luczak, Zaneta Polkowka, A. Zaleska-Medynska (Feb., 2017) "The effect of microemulsion composition on the morphology of Pd nanoparticles deposited at the surface of TiO₂ and photoactivity of Pd-TiO₂" *Appl. Surf. Sci.* vol.405, pp 220-230, <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2017.02.014>
- A. A. Rodriguez- Rodriguez, S. Martinez-Montemayor, C. C. Leyva-Porras, F. E. Longoria-Rodriguez, M. Sánchez-Domínguez (2017) "CoFe₂O₄-TiO₂ Hybrid Nanomaterials: Synthesis Approaches Based on the Oil-in-Water Microemulsion Reaction Method", *J. Nanomater.*, vol. 2017, pp. 1-15, <https://doi.org/10.1155/2017/2367856>
- Z. Liu, X. Xu, J. Fang, X. Zhu, J. Chu, B. Li (2012) "Microemulsion synthesis, characterization of bismuth oxydine/titanium dioxide hybrid nanoparticles with outstanding photocatalycs performance under visible light irradiation", *App. Surf. Sci.*, vol. 258, nro. 8, pp. 3771-3778 <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2011.12.025>
- J. Zhang, X. Hou, Z. Pang, Y. Cai, H. Zhou, P. Lv, Q. Wei (2017) "Fabrication of hierarchical TiO₂ nanofibers by microemulsion electrospinning for photocatalysis applications", *Ceram. Int.*, vol. 43, nro. 17, pp. 15911-15917, <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.08.166>
- B. Zhenfeng, L. Hexing (2020) "Solvothermal alcoholysis preparation of TiO₂ whit structures and enhanced activity in environmental and energy photocatalysis", in *Current Developments in Photocatalysis and Photocatalytic Materials*, X. Wang, M. Anpo, and X. Fu, Eds. Shanghai: Elsevier Inc, pp. 107-126, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-8829000-5.00008-4>
- J. Chen, M. Wang, J. Han, R. Guo (2020) "TiO₂ nanosheet/NiO nanorod hierarchical nanostructures: p-n heterojunctions towards efficient photocatalysis", *J. Colloid Interface Sci*, vol. 562, pp. 313-321, <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2019.12.031>
- J. Shi, W, Huang, H. Zhu, J. Xiong, H. Bei, X. Wei, S. Wang (2020) "Modified TiO₂ particles for heterogeneous photocatalysis under solar irradiation", *Mater. Lett.*, vol. 279, p. 128472 <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2020.128472>
- R. Bucuresteanu, L. M. Ditu, M. Ionita, I. Calinescu, V. Raditoiu, B. Cojocar, L. O. Cinteza, C. Curutiu, A. M. Holban, M. Enachescu, L. B. Enache, G. Mustatea, V. Chihaiia, A. Nicolaev, E. L. Borcan, G. Mihaescu (2021) "Preliminary Study on Light- Activated Antimicrobial Agents as Photocatalytic Method for Protection of Surface whit Increased Risk of Infections", *Materials*, vol. 14, nro. 18, p. 5307, <https://doi.org/10.3390/ma14185307>
- G. De Falco, A. Porta, A. M. Petrone, P. D. Gaudio, A. E. Hassanin, M. Commodo, P. Minutolo, A. Squillace, A. D'Anna (2017) "Antimicrobial activity of flame-synthesized nano-TiO₂ coatings", *Environmental Science: Nano*, vol. 4, nro. 5, pp. 1095-1107, <https://doi.org/10.1039/C7EN00030H>
- S. M. Zacarías, S. Marchetti, O. M. Alfano, M. de los Milagros Ballari (2018) "Photocatalytic Paint for fungi growth control under different environmental conditions and irradiation sources", *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, vol. 364, pp. 76-87, <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2018.05.034>

- J. Morin, A. Gandolfo, B. Temime-Roussel, G. Brochard, V. Bergé, S. Gligorovski, H. Wortham (2020) "Key parameters influencing the uptake of m-xylene on photocatalytic paints", *Buid, Environ.*, vol. 179, p. 106979, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106979>
- M. Janus, E. Kusiak-Nejman, P. Rokicka-Konieczna, A. Markowska-Szczupak, K. Zajac, A. W. Morawski (2019) "Bacterial Inactivation on Concrete Plates Loaded With Modified TiO₂ Photocatalysts under Visible Light Irradiation", *Molecules*, vol. 24, nro. 17, p. 3026, <https://doi.org/10.3390/molecules24173026>
- M. Zhu, Y. Muhammad, P. Hu, B. Wang, Y. Wu, X. Sun, Z. Tong, Z. Zhao (2018) "Enhanced interfacial contact of dopamine bridged melamine-graphene/TiO₂ nano-capsules for efficient photocatalytic degradation of gaseous formaldehyde", *Appl. Catal. B. Environ.*, vol. 232, p. 182-193, <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2018.03.061>
- S. H. Liu y W. X. Lin (2019) "A simple method to prepare g-C₃N₄-TiO₂/waste zeolites as visible-light-responsive photocatalytic coating for degradation of indoor formaldehyde", *Journal of Hazardous Materials*, vol. 368, pp. 468-476, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.01.082>
- M. Arekhi y M. Jamshidi (2018) "Influences of inorganic binder on photocatalytic oxidation (PCO) and degradation of nano/micro TiO₂ containing acrylic composites", *Prog. Org. Coatings*, vol. 115, pp.1-8, <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2017.10.012>
- D. Enea, M. Bellardita, P. Scalisi, G. Alaimo, L. Palmisano (2019) "Effects of weathering on the performance of self-cleaning photocatalytic paints", *Cem. Concr. Compos.*, vol. 96, pp. 77-86, <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2018.11.013>
- D. Pill, P. Wiesen, J. Kleffmann (2021) "Temperature dependencies of the degradation of NO, NO₂ and HONO on a photocatalytic dispersion paint", *Phys. Chem. Chem. Phys.*, vol. 23, nro. 15, p. 9418-9427, <https://doi.org/10.1039/D1CP01157J>
- D. Almazán, (2020) "Libro Blanco de la Fotocatálisis, Tecnología, Aplicaciones, Medición y FAQ, 1era ed. Asociación Ibérica de la Fotocatálisis".
- A. Ugartebarri, (2018) "Optimización de la reología de componentes fotocatalíticos para aplicaciones avanzadas en elementos de fachada" Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Engyeria Civil i Ambiental, España.
- M. C. Nevarez, P. J. Quiroz y O. Bunsho (2018), "Fotocatálisis: inicio, actualidad y perspectiva a través del TiO₂", *Av. En química*, vol. 12, nro. 2-3, pp. 45-59.
- M. R. Alfaro (2000), Emisión de contaminantes vehiculares de origen energético en centros urbanos. IDEHAB, Instituto de Estudios del Hábitat, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- G. Osorio y R. Viganó (2007) "Propuesta de solución bimodal al problema de la contaminación vehicular urbana". *Revista de Ingeniería e Investigación*. Vol. 27, 143-148.
- Warren R. Price, J. VanDerWal, J. Cornelius, S. Sohl, (2018) "Las repercusiones del Acuerdo de París de las Naciones Unidas en el cambio climático en las regiones del planeta importantes para la biodiversidad. [wwf reporte la vida silvestre en el calentamiento global.pdf](http://wwf-reporte-la-vida-silvestre-en-el-calentamiento-global.pdf) (panda.org)
- Ballester – Díez F., Tenías JM, Pérez – Arroyo S (1999). "Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud: una introducción". *Rev. Esp. Salud Pública* 1999; 73(2): 109-121.
- SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE (2007). *Segunda Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático*. Buenos Aires.
- GUIA PRACTICA PARA EL CALCULO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) (2011). https://descubrelaenergia.fundaciondescubre.es/files/2013/07/Guia-practica-calcul-emisiones_rev_ES.pdf

ANEXOS

BLATEM ECO AIR

ficha técnica

Fecha: 20.11.2023

DESCRIPCIÓN

Pintura plástica a base acuosa para interiores, desmulsificada para reducir las sustancias nocivas del ambiente, con la última tecnología en pintura por fotocatalisis.

PROPIEDADES

- Excelente propiedades de aplicación y acabado. Al ser de buen poder cubriente, rendimiento y adherencia.
- Reduce las sustancias nocivas del aire, mediante la acción de la luz.
- Su formulación acuosa permite ocupar las habitaciones en el momento.

APLICACIONES

Para decoración de interiores sobre yeso, cemento, ladrillo, bloques, etc. para su aplicación en edificios donde se quiera mejorar la calidad del aire interior, tales como viviendas, instituciones de enseñanza, colegios, hospitales, edificios públicos y privados en general.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Color	Mixto mate
Resistencia al frote en húmedo	Clase 2 (UNE-EN 13356)
Aspecto	Mate
Cubrición	excelente
Adherencia	buena
Finura	0 a 1 µm (grado "negro" (UNE-EN-ISO 1504))
Viscosidad	120 a 23 U.A. (unidades Reichel a 20 a 20°C (UNE-EN-479))
Densidad	1,60 a 0,20 g/cm ³ (UNE-EN-ISO 2811-1)

HOMOLOGACIONES Y ENSAYOS

Certificado reducción de emisiones (NDL UNE-EN 12017-1:2012)
Clase A+ de emisiones en el interior NF EN ISO 16000-6
Certificado reducción formaldehído BS-ISO 21187-4:2015

PREPARACION DE SUPERFICIES

Nuevas: eliminar el polvo, las partes sueltas, tapar grietas, etc.
Pintadas: con temple seco, eliminar previamente.
Con pintura: eliminar las partes en mal estado y si la superficie presenta problemas de adherencia, limpiar previamente con nuestro Fijador Acrílico o Fijador al Disolvente.

MODO DE EMPLEO

Se aplica una primera mano rebajada con 10 % de agua potable y dar una segunda mano y tercera del producto tal cual o muy ligeramente diluido.
Se aplica a brocha, rodillo o pistola.
Brocha y rodillo rebajar 0-5 %, pistola 20-30 %.

Si la superficie presenta problemas de adherencia, limpiar previamente con nuestro Fijador Acrílico o Fijador al Disolvente.

Pinturas Blatem S.L.
C/da. Balmes 40, 41 - 48900 TORREÓN (Sevilla), España - Tel: 349 54 303 44 (5 líneas) Fax: 349 54 303 07 (2 líneas) - Email: ventas@blatem.com
www.blatem.com



BLATEM ECO AIR

ficha técnica

Fecha: 20 / 02 / 2020

RECOMENDACIONES

- No pintar con tiempo lluvioso ni con temperaturas inferiores a los 5°C.
- Remover el contenido del envase.
- No lavar la superficie hasta pasados 20 días.

PRESENTACIÓN

- En envase de: 750 ml, 4L. y 15 L.
- Colores: blanco roto.

ALMACENAJE

Tiempo de almacenamiento más de un año en su envase original bien cerrado y resguardado de la intemperie (a cubierto y temperatura entre 5 y 35°C)

INFORMACIÓN DE SEGURIDAD

- Contiene CMIT/MIT nº CAS 55965-84-9 y BIT nºCAS 2634-33.5.
- Puede provocar una reacción alérgica.
- Puede solicitarse la ficha de datos de seguridad.
- Mantener fuera del alcance de los niños.
- Leer la etiqueta antes del uso

Pinturas Blatem S.L.

Ctra. Masía del Juez, 36 • 46909 TORRENT (Valencia, España) • Telf.: (34) 96 155 00 73 • Fax: (34) 96 157 37 20 • E-mail: blatem@blatem.com

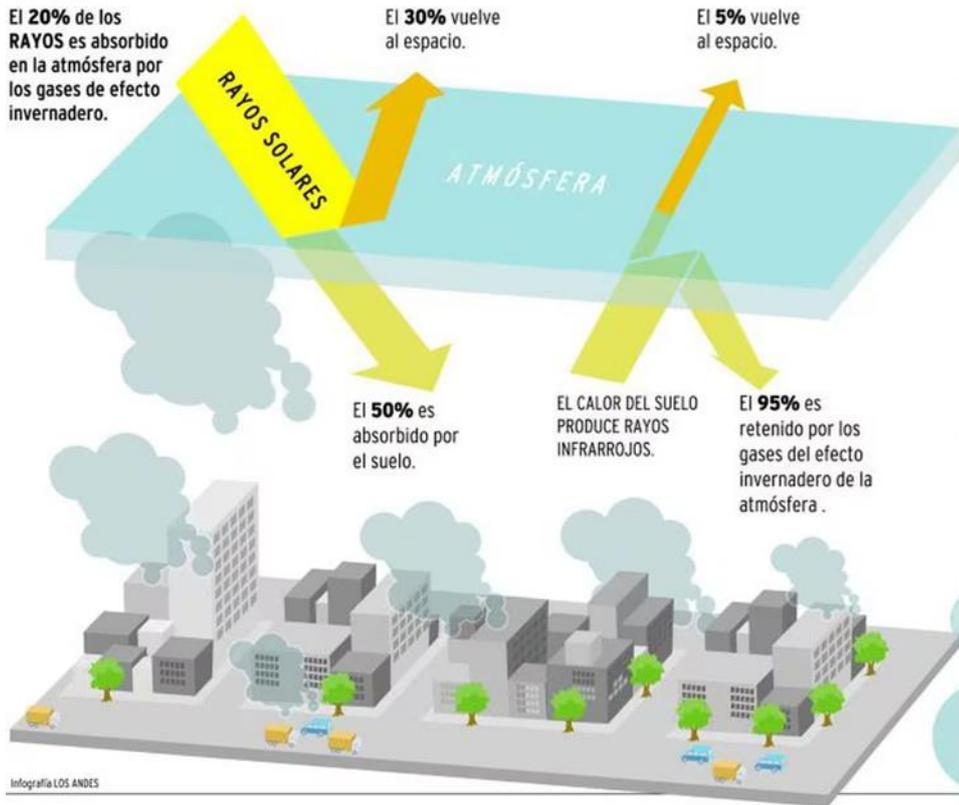
www.blatem.com

Los datos suministrados en esta ficha técnica han sido realizados por los servicios técnicos de esta empresa y los mismos deben seguirse para una correcta aplicación del producto. La aplicación del producto está fuera del alcance de nuestra posibilidad de control, en el supuesto de no seguirse las instrucciones indicadas será exclusiva responsabilidad del cliente. Será igualmente responsabilidad del cliente no tomar las medidas adecuadas con el objeto de cumplir las legislaciones vigentes. La información que consta en la presente ficha técnica responde al conocimiento del producto en ensayos realizados por los servicios técnicos de esta empresa. Pero teniendo en cuenta que las pinturas en determinadas circunstancias escapan a nuestro control, sobre todo en su aplicación, no podemos garantizar más que la calidad propia de la pintura, reservándose esta empresa el derecho a modificar el contenido de los datos de esta ficha técnica sin previo aviso.



EFFECTO INVERNADERO

Ocurre de manera natural en la atmósfera, pero los gases, producto de la actividad humana, quedan atrapados e impiden que salga el calor y aumente la temperatura.

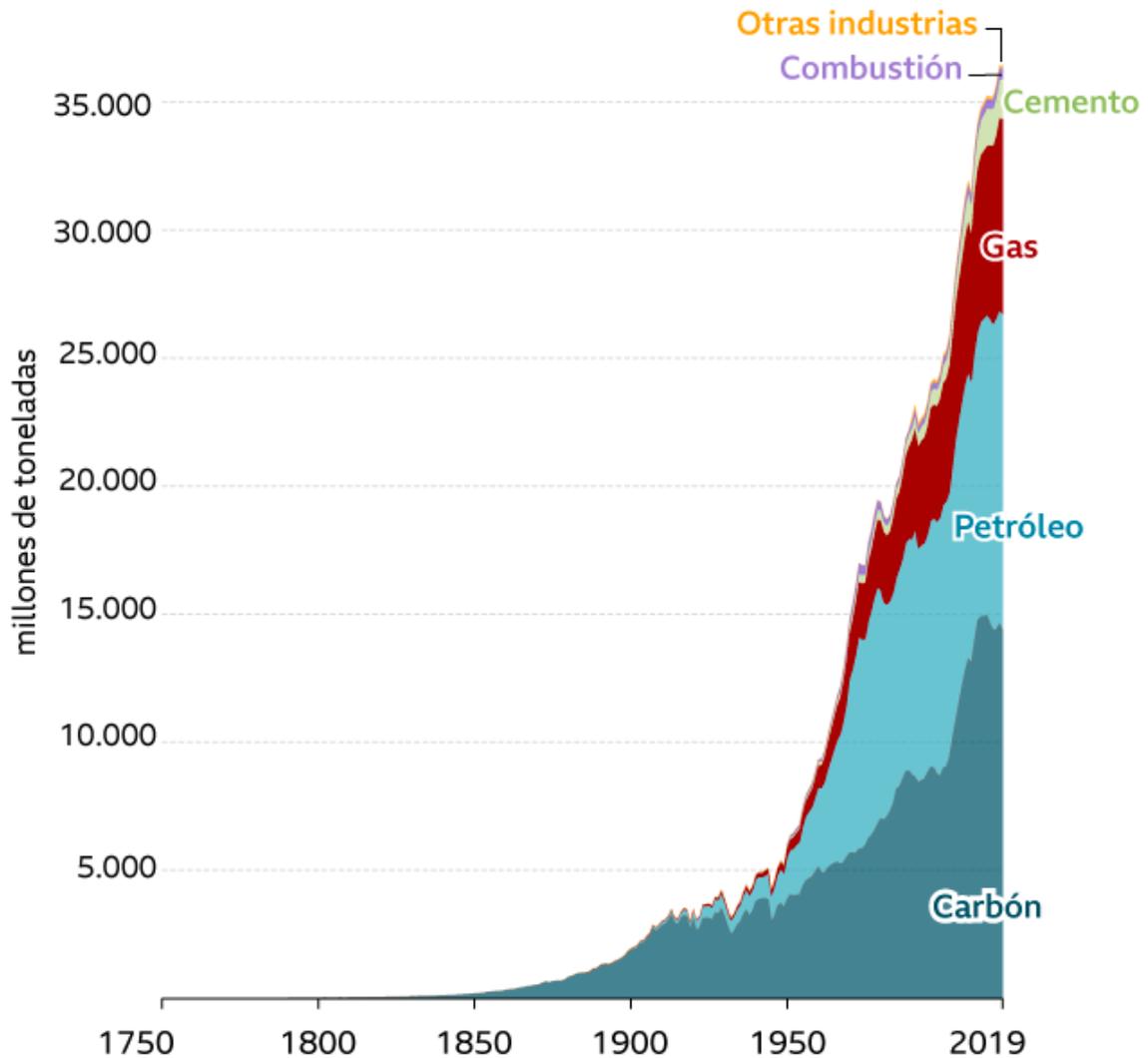


“Efecto invernadero: Causas y consecuencias en el clima” [Efecto invernadero: causas y consecuencias en el clima \(selectra.com\)](http://selectra.com)



“La contaminación ambiental producida por emisiones de gases tóxicos afecta nuestra salud”. [Cómo la contaminación afecta la salud - Casas Ecológicas \(icasasecológicas.com\)](http://icasasecológicas.com)

Emisiones de CO₂ por quema de combustibles fósiles



Fuente: Global Carbon Project



“Los gráficos que muestran que más del 50% de las emisiones de CO₂ ocurrieron en los últimos 30 años” BBC News Mundo (6 de Noviembre, 2021), [Los gráficos que muestran que más del 50% de las emisiones de CO₂ ocurrieron en los últimos 30 años - BBC News Mundo](#)

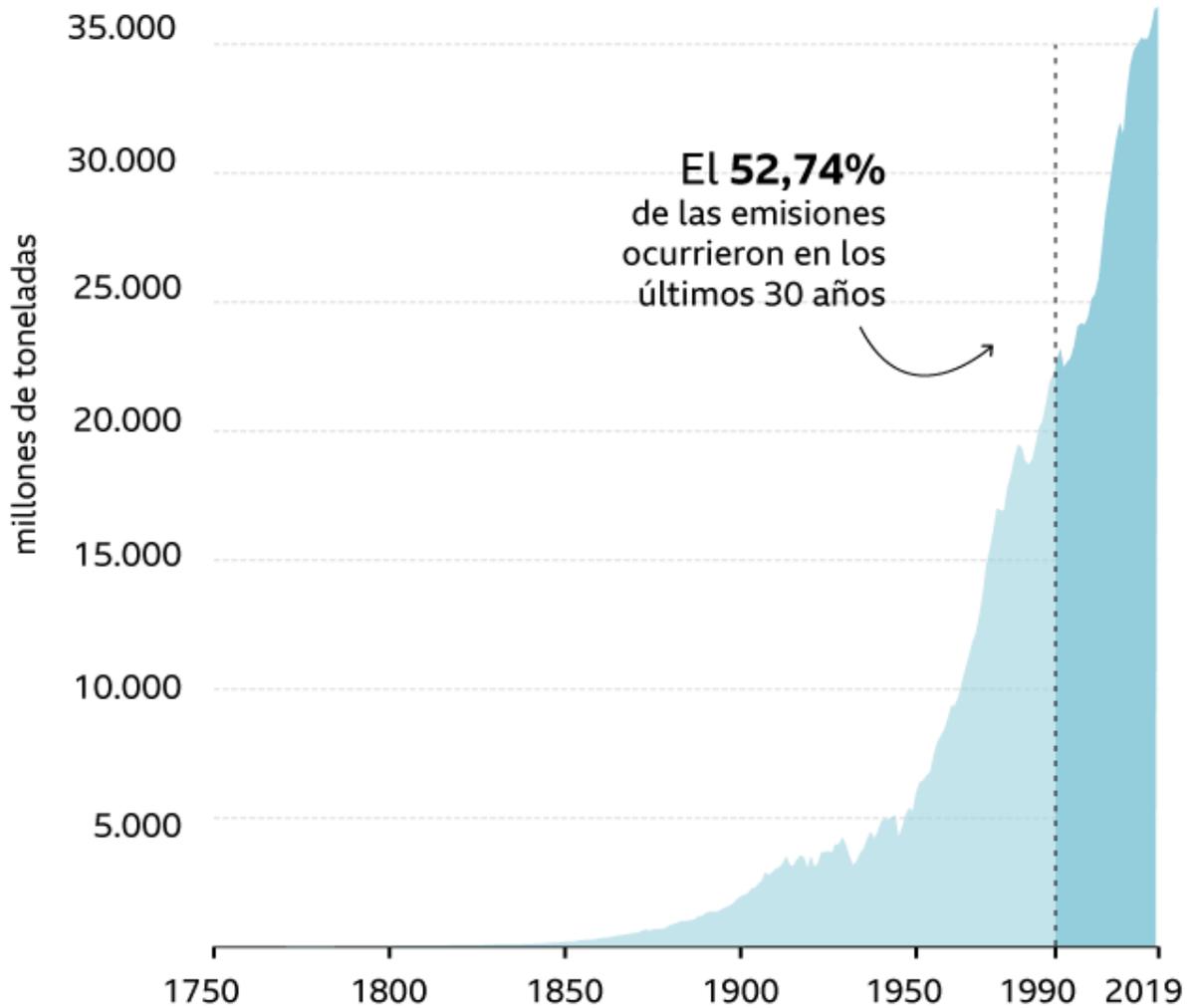


“Los gráficos que muestran que más del 50% de las emisiones de CO2 ocurrieron en los últimos 30 años” BBC News Mundo (6 de Noviembre, 2021), [Los gráficos que muestran que más del 50% de las emisiones de CO2 ocurrieron en los últimos 30 años - BBC News Mundo](#)



“Contaminación Vehicular Explicada: Definición, Tipos, Causas y Consecuencias en la Sostenibilidad”, [Contaminación Vehicular Explicada: Definición, Tipos, Causas y Consecuencias en la Sostenibilidad - GuíaRecursosNaturales.com \(guiarecursosnaturales.com\)](#)

Emisiones totales de CO₂ por año



Fuente: Global Carbon Project



“Los gráficos que muestran que más del 50% de las emisiones de CO₂ ocurrieron en los últimos 30 años” BBC News Mundo (6 de Noviembre, 2021), [Los gráficos que muestran que más del 50% de las emisiones de CO₂ ocurrieron en los últimos 30 años - BBC News Mundo](#)



“Emisiones de gases en las grandes ciudades”, Fernando Calzada (16 de Abril, 2022), Infobae. [Emisiones de gases contaminantes en las grandes ciudades: cuál es su impacto y qué soluciones hay a la vista - Infobae](#)