

# Indicadores ambientales de infraestructura carretera de la región sur-sureste de la República Mexicana

## Environmental indicators of road infrastructure in the south- southeast region of Mexico

Presentación: 05/09/2023

### Rodrigo T. Sepúlveda Hirose

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, México  
[rtsh@unam.mx](mailto:rtsh@unam.mx)

### Ana B. Carrera Aguilar

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, México  
[acarrera@ingenieria.unam.edu](mailto:acarrera@ingenieria.unam.edu)

### Daniel A. Sánchez Luis

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, México  
[sanchezluisdaniel29@gmail.com](mailto:sanchezluisdaniel29@gmail.com)

### Resumen

El aumento de la infraestructura carretera en México ha traído beneficios sociales y económicos a las regiones, mejorando la calidad de vida de los habitantes. Sin embargo, la apertura de carreteras también genera efectos negativos en el medio ambiente. Es importante evaluar estos impactos para diseñar estrategias que los eviten, mitiguen y compensen. En este trabajo se identifican indicadores ambientales significativos para la evaluación del impacto ambiental de la infraestructura mencionada. Posteriormente, se aplican a un caso de estudio.

**Palabras clave:** Indicadores ambientales; impacto ambiental; infraestructura carretera.

### Abstract

The increase in highway infrastructure in Mexico has brought social and economic benefits to the regions, improving the quality of life of the inhabitants. However, the opening of roads also generates negative effects on the environment. It is important to evaluate these impacts in order to design strategies to avoid, mitigate and compensate them. In this work, significant environmental indicators are identified to evaluate environmental impact of highway infrastructure.

**Keywords:** Environmental Indicators; Environmental Impact; Highway Infrastructure.

## Introducción

La sobreexplotación de los recursos naturales en la región sureste de México ha provocado la degradación del ambiente biofísico, esto se debe al desarrollo económico, político, social y cultural de las comunidades locales en las últimas décadas y a un manejo poco adecuado. Es por lo anterior que resulta necesario establecer y aplicar indicadores ambientales para evaluar estos procesos (Rodríguez et al., 2013).

Una pieza esencial para el desarrollo de la región sureste de México es la construcción y mantenimiento de infraestructura, las carreteras son una vía que conecta diversos factores que permiten y facilitan el desarrollo económico y brinda mejores oportunidades para dicha región. Sin embargo, su construcción genera una serie de impactos ambientales negativos, afectando el medio ambiente y sus componentes.

Es fundamental evaluar los impactos en los diferentes factores ambientales en la región sureste de México, ya que cuenta con abundantes recursos naturales, pero también es vulnerable a desastres naturales debido al cambio climático y su composición geográfica. En esta región la población representa el 28,5% del total nacional y es la mayor población indígena del país (68%), gran parte de la población vive en zonas rurales, con el 48% en localidades con menos de 5,500 habitantes y la economía que genera es importante en la economía nacional, destacan la actividad petrolera y la turística (Gómez et al., 2017; Clevers y Gitelson, 2013; Morawitz et al., 2006; Rahman et al., 2009).

## Desarrollo

Los indicadores ambientales vinculan los objetivos de sostenibilidad y su importancia radica en que son formulados en un contexto social y territorial único. No hay una definición única y homogénea, la OCDE los define como un parámetro que proporciona información para describir el estado de un fenómeno, ambiente o área, con un significado que va más allá del valor del parámetro en sí mismo (OCDE, 2001).

Se originaron en la década de los 80 en Europa y Canadá, y se popularizaron a partir de la Cumbre de la Tierra de Estocolmo en 1972, Río de Janeiro en 1992 y Johannesburgo en 2002, y son clave para caracterizar la sustentabilidad de los recursos, población y economía (Quiroga, 2001).

Según la OCDE (1997) la aplicación de los indicadores permite desarrollar mejores bases de datos ambientales y ofrecer una representación de las situaciones lo más parecido a la realidad, además de integrar datos sociales, económicos y ambientales para “unir” el sistema con el problema y por ende facilitar la comunicación.

Los indicadores tienen diversos fines, pero resulta necesario contar con criterios básicos de selección, se enlistan los principales en la tabla 1.

Útiles Para los Usuarios	Representan las condiciones ambientales. Facilitan la interpretación. Son sensibles a cambios. Sirven de referencia para establecer comparaciones internacionales.
Analíticos	Con fundamento técnico y asociados con modelos económicos y sistemas de predicción.
Medios	Datos disponibles y actualizados, validados y representativos.

Tabla 1. Criterios básicos para selección de indicadores (OCDE, 2003)

Los indicadores pueden categorizarse según la OCDE en: a) indicadores base, que miden el progreso ambiental de forma comprensible para el público en general, y b) indicadores clave, que se conforman a partir de la información de los indicadores base y se usan para comunicar de manera sintética la situación de los principales temas ambientales (Polanco, 2006).

### **Indicadores ambientales en México**

El desarrollo de los indicadores ambientales en México se inició con la creación de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca en 1994, en colaboración con el Instituto Nacional de Ecología. Los primeros pasos sistémicos se dieron en 1993 por medio del Taller Norteamericano de Información Ambiental, con el objetivo de generar una base de información de estado ambiental en la región de América del Norte. De este taller se publicó el estudio "An Approach Towards Environmental Indicators For Mexico 1994", que estableció las bases conceptuales para el desarrollo de indicadores ambientales en el país.

En 1997, se publicó el documento "Indicadores ambientales para la región fronteriza del Norte", que incluyó indicadores relacionados con la salud humana (SEMARNAT, 2017).

En el año 2000 se publicó una actualización de los indicadores ambientales de México, incluyendo temas de agua, suelos, bosques y pesca. En el mismo año se publicó el estudio de indicadores de desarrollo sustentable México, presentando indicadores para medir y evaluar las políticas y estrategias de desarrollo sustentable.

La publicación de indicadores básicos del desempeño ambiental de México en 2005 ofreció una visión completa, con alrededor de 115 indicadores cubriendo los temas ambientales prioritarios de la agenda nacional: atmósfera, agua, recursos forestales y pesqueros.

### **Infraestructura carretera y sus impactos en el medio ambiente**

Una carretera es una infraestructura de transporte acondicionada dentro de una franja de terreno denominada derecho de vía. Su propósito es permitir la circulación de vehículos. La infraestructura carretera moviliza el 55% de la carga y el 98% de las personas que transitan en el país. La red de carreteras tiene una longitud total de 376,660 km, dividida en Red Federal (49,652 km), carreteras estatales (83,982 km), red rural (169,429 km) y brechas mejoradas (74,596 km).

Los beneficios socioeconómicos de caminos y carreteras incluyen la reducción de costos de transporte, acceso a productos locales y empleo, atención médica y otros servicios sociales. Sin embargo, pueden producir impactos negativos y deben incorporar criterios ambientales. La infraestructura carretera es sometida a análisis de impacto ambiental debido a los distintos efectos que pueden producir en el medio ambiente (González, 2022).

### **Selección de indicadores ambientales**

Indicador	Justificación	Instrumento mundial
Ruido	El ruido es un factor contaminante en las ciudades y causa problemas a la salud humana, económicos y sociales. Según la OCDE, es uno de los principales impactos ambientales del transporte.	STEED
Cambio de uso de suelo	La producción de bienes y servicios ha intensificado la pérdida y deterioro de ecosistemas terrestres, siendo el cambio de uso de suelo el factor más importante que amenaza su integridad y biodiversidad.	SNIA, FAO
Índice de vegetación de diferencia normalizada	Permite detectar la vegetación y su distribución espacial, así como su evolución a lo largo del tiempo. También es útil para estimar la fracción de radiación fotosintéticamente activa interceptada por la vegetación.	PROPUESTO
Concentración de monóxido de carbono	El CO <sub>2</sub> es un gas producido por la quema de combustibles en el transporte e industria, y la quema de bosques. Sus efectos sobre la salud varían según su concentración atmosférica y tiempo de exposición.	SNIA

Indicador	Justificación	Instrumento mundial
Concentración de dióxido de nitrógeno	El NO <sub>2</sub> es un precursor del ozono y también genera efectos dañinos para la salud, como irritación de ojos, nariz, garganta y pulmones. Es liberado al aire por vehículos y durante la quema de combustibles fósiles.	SNIA
Concentración de dióxido de azufre	El SO <sub>2</sub> causa irritación e inflamación de las mucosas conjuntival y respiratoria y se ha relacionado con un aumento de la mortalidad por causas respiratorias en niños menores de 5 años.	SNIA
Concentración de PM <sub>10</sub>	Las partículas menores a 10 micrómetros absorben metales pesados y agentes microbióticos, y al ser inhaladas se transportan a los pulmones. Su impacto en la salud depende de su concentración.	SNIA
Concentración de ozono	Se produce por reacciones de óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y compuestos orgánicos volátiles en presencia de luz solar. Las fuentes más importantes son emisiones vehiculares y solventes químicos.	

Tabla 2. Selección de indicadores ambientales para la región Sur-Sureste de México (González, 2022).

**Ruido:** Es generado por la contribución de varios factores: el de origen mecánico debido al motor, el de rodadura de neumáticos sobre calzada y el aerodinámico que se produce por la fricción del aire con el vehículo a altas velocidades (López & Rangel, 2011, Calderó, Astals, & Gassó, s.f).

Para determinar el nivel sonoro en vías carreteras producido por los vehículos, se utilizó la metodología adoptada por el centro de estudios de experimentación de Obras Públicas (CEDEX), (Calderó, Astals, & Gassó, s.f) El tráfico de rodado genera niveles de ruido variables, por lo que se utiliza un promedio de la energía sonora expresada en un solo valor llamado nivel sonoro equivalente (ecuación 1).

$$L_{eq} = 20 + 10 \log(IMH_{VL} + E \times IMH_{VF}) + 20 \log(v) - 12 \log(d) \quad \dots(\text{Ecuación 1})$$

Donde:

$L_{eq}$ : Nivel sonoro equivalente (dB)

$IMH_{VL}$ : Intensidad media horario de vehículos ligeros ( vehículos/ hora)

$IMH_{VF}$ : Intensidad media horario de vehículos pesados ( vehículos/ hora)

E: factor de equivalencia acústica entre el ruido emitido por un vehículo ligero y uno pesado

v: Velocidad media del vehículo (Km/h)

d: Distancia desde el receptor al borde de la vía (m)

**Cambio de uso de suelo:** El acelerado crecimiento poblacional, aunado a las crecientes expectativas de desarrollo, constituye una enorme presión de uso sobre los recursos naturales. Las principales causas del cambio de uso de suelo son el crecimiento poblacional, la expansión agrícola, la extracción de madera y la ampliación de infraestructura, entre otros (González, 2022). Para obtener los cambios de uso de suelo se procedió a descargar los metadatos de las capas vectoriales del portal canario, los archivos a utilizar corresponden a diferentes periodos de tiempo. Se procesaron los datos para poder obtener las áreas de uso de suelo y los porcentajes de cambio respecto al tiempo en un SIG.

**Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI):** Es una medida del estado fitosanitario basada en la forma que una planta refleja la luz en cierta frecuencia. El NDVI se calcula con la ecuación 2:

$$NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R} \quad \dots(\text{Ecuación 2})$$

Donde:

NIR: Espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano.

R: Espectroscopía de reflectancia de la parte roja visible.

La clorofila absorbe luz visible y las hojas reflejan luz infrarroja cercana. Cuando una planta se deshidrata o sufre enfermedades, su mesófilo esponjoso se deteriora y la planta absorbe más luz infrarroja cercana en lugar de reflejarla. Para obtener el NDVI, se descargaron imágenes satelitales de Landsat 5, 7 y 8 desde el Servicio Geológico de los Estados Unidos. Se calculó el NDVI con las bandas correspondientes a cada plataforma satelital. Éstas se analizaron utilizando el software libre QGIS. Es importante mencionar que el NDVI varía en un rango de valores de -1 a 1, y se reclasificaron los valores en categorías: suelo descubierto (valores de -1.0 a 0.1); vegetación estresada (0.1 a 0.4); y vegetación sana (0.4 a 1.0).

**Emisiones contaminantes:** Los vehículos con motores de combustión interna emiten dos tipos de gases contaminantes: emisiones evaporativas y emisiones a través del tubo de escape (INECC, 2017; INECC, s.f.). Las emisiones evaporativas del vehículo son causadas por la evaporación del combustible y ocurren cuando el vehículo está en circulación o estacionado. La cantidad de emisiones depende de las características del vehículo, factores geográficos y meteorológicos. Los procesos que contribuyen a las emisiones incluyen emisiones diurnas, después de apagar el motor, en circulación, en reposo y durante la recarga de combustible. Por otro lado, las emisiones por tubo de escape son el resultado de la quema de combustibles, contienen monóxido, dióxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, partículas PM10. La cantidad de emisiones depende de las características del vehículo, su tecnología y sistema de control de emisiones. Los vehículos más pesados o potentes suelen generar mayores emisiones por kilómetro recorrido, las normas de construcción de vehículos regulan su tecnología y la presencia de equipos de control de emisiones, como los convertidores catalíticos (INECC, 2017; INECC, s.f.).

**Modelo IVE:** En muchos países en vías de desarrollo, las emisiones de vehículos no han sido analizadas a fondo y la capacidad de estimar emisiones futuras es limitada. Para abordar este problema, se ha desarrollado el modelo internacional de emisiones vehiculares IVE, financiado por la agencia de protección del medio ambiente de los Estados Unidos, que busca brindar flexibilidad a estos países (IVE, 2020). El modelo IVE fue diseñado específicamente para estimar las emisiones de vehículos y predecir la presencia de contaminantes atmosféricos locales, gases responsables del efecto invernadero y tóxicos. En este caso, se utilizó el modelo para determinar la concentración de monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, partículas PM10 y ozono durante las diferentes etapas de operación.

### Generación de funciones de transformación

Se presentan las funciones de transformación de cada indicador en las figuras 1 a 8, basadas en límites máximos permisibles por normas oficiales mexicanas y organizaciones mundiales como la OMS, validadas por otros autores (Rosario, 2009; Benítez et al, 2019; Beinart, 1997; Toro et al, 2006).

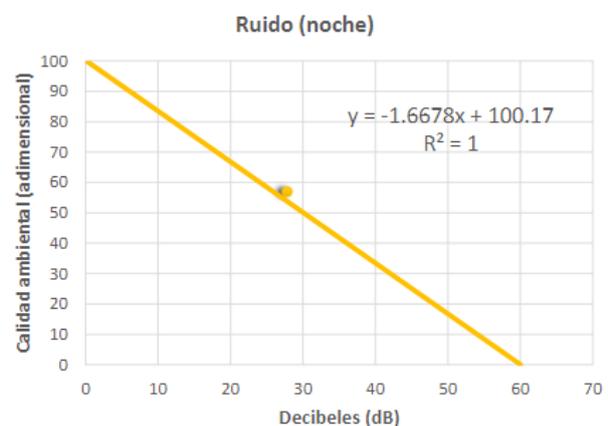
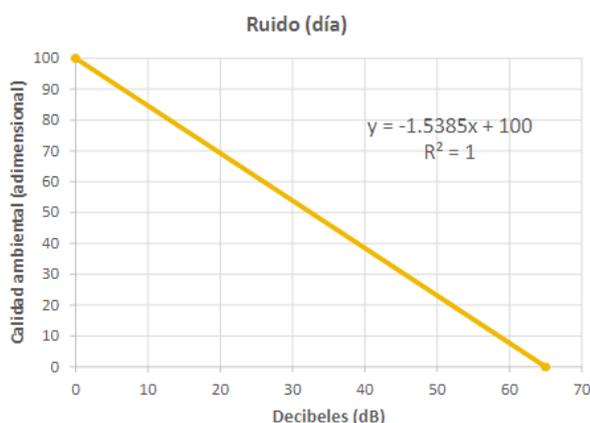


Figura 1. Función de transformación para ruido (día). Figura 2. Función de transformación para ruido (noche).

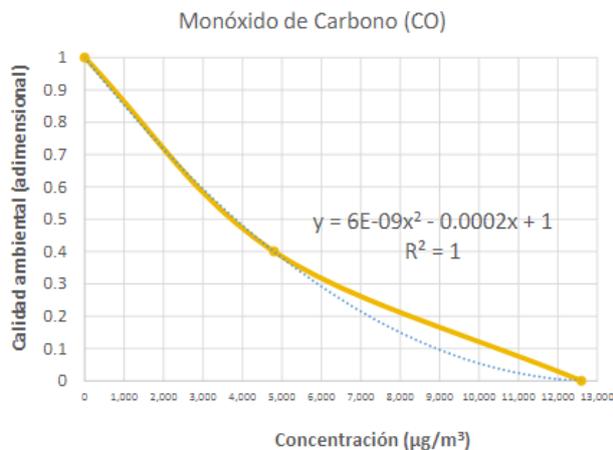
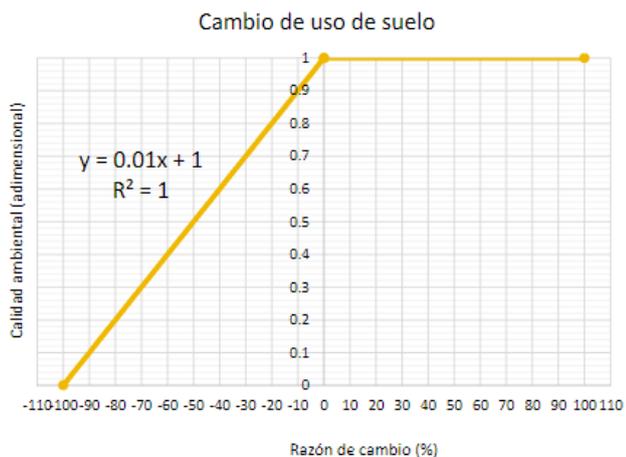


Figura 3. Función de transformación para uso de suelo.      Figura 4. Función de transformación para CO.

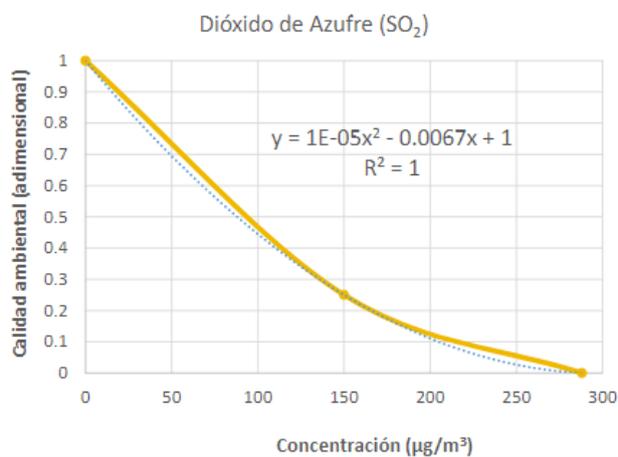
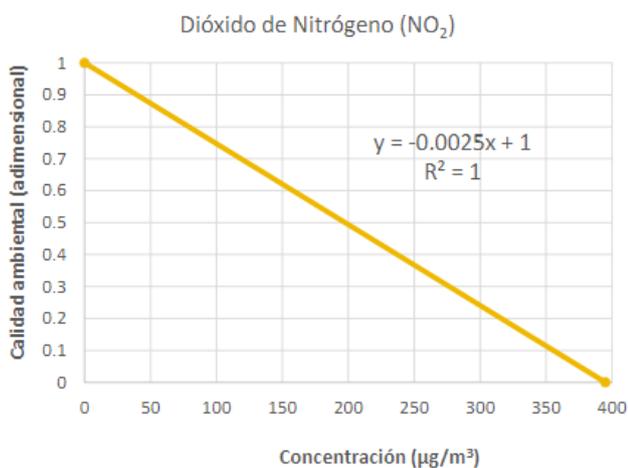


Figura 5. Función de transformación para NO<sub>2</sub>.

Figura 6. Función de transformación para SO<sub>2</sub>.

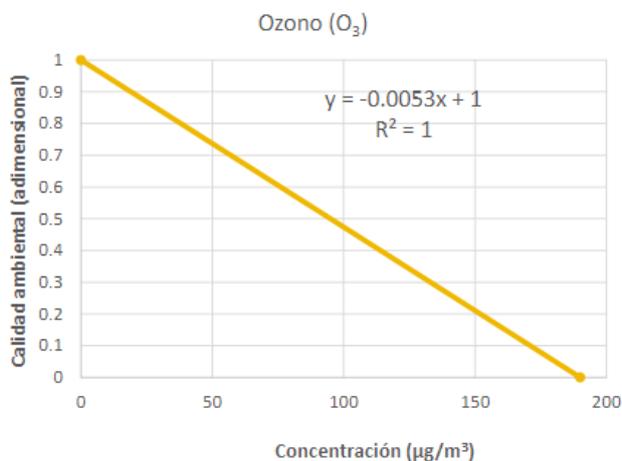
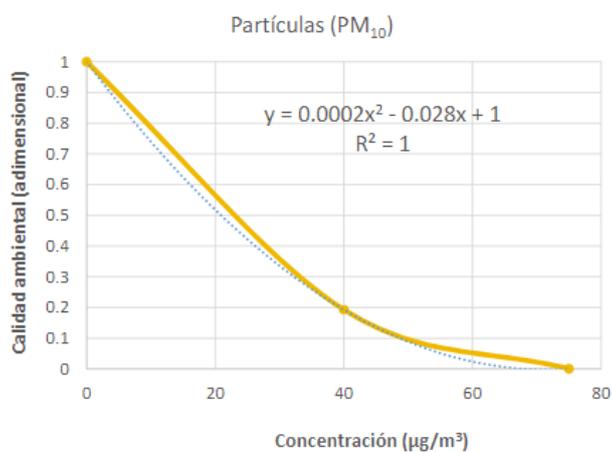


Figura 7. Función de transformación para PM<sub>10</sub>.

Figura 8. Función de transformación para O<sub>3</sub>.

## Caso de estudio: Libramiento Villahermosa

### Antecedentes

El libramiento de Villahermosa es una carretera de 23.7 km de longitud, ubicada en los municipios de Centro y Nacajuca, en el estado de Tabasco, México. Es una vía tipo A4 con dos carriles por sentido y su inicio se encuentra en el entronque de Loma Caballo sobre la carretera federal Mex-180, fue construido para evitar que los vehículos pesados transiten por la ciudad y reducir el tráfico en la periferia. Los trabajos empezaron en 2009 durante la presidencia de Felipe Calderón Hinojosa y duraron unos 7 años. La obra fue finalmente inaugurada en noviembre de 2016. El proyecto conecta el centro y sur del país a través de tres carreteras importantes: Coatzacoalcos-Villahermosa, Villahermosa-Frontera-Ciudad del Carmen, y Villahermosa-Macuspana. También enlaza los corredores carreteros Península de Yucatán y México por la Progreso. Su construcción ayudó a descongestionar la zona urbana de la ciudad de Villahermosa (González, 2022).

### Aplicación de indicadores ambientales

**Ruido:** Se utilizó la metodología adoptada por el Centro de Estudios de Experimentación de Obras de Madrid, España. La Secretaría de Comunicaciones y Transportes publica los volúmenes y clasificación de tránsito que circulan en la red de carreteras del país, a través de un sistema de conteo vehicular. Estos datos son utilizados para la cartera en estudio. El nivel sonoro equivalente del libramiento Villahermosa se obtuvo a partir del tránsito promedio diario anual y del factor K, que es la relación de los volúmenes horarios promedios registrados en la muestra de acuerdo semanal y el TDPA. El libramiento Villahermosa es una autopista con una pendiente máxima del 6%, según el manual de proyectos geométricos de carreteras. El factor de equivalencia acústica para el estudio es de 6. Para obtener el nivel Sonoro equivalente, se utilizaron los valores obtenidos de IMH, velocidad y E en la ecuación de CEDEX (González, 2022).

Indicador	Resultado de Aplicación	Calidad Ambiental
Previo a la construcción		
Ruido (Día)	NA	0.99
Ruido (Noche)	NA	0.99
Durante a la construcción		
Ruido (Día)	NA	0.0
Ruido (Noche)	NA	0.0
Durante la operación		
Ruido (Día)	60 dB	0.0
Ruido (Noche)	55 dB	0.1

Tabla 3. Calidad ambiental relacionada con el indicador ruido.

**Cambio de uso de suelo:** Se utilizaron capas vectoriales del geoportal de Canarias de los años 2009, 2015 y 2017 para el proyecto, ya que en 2009 se inició el trazo del Libramiento Villahermosa, en 2015 estaba en construcción y en 2017 se inauguró y comenzó a operar. Los cambios más significativos se encuentran en los usos de suelo agrícola y asentamientos humanos, ambos para el periodo 2015 - 2017. Para el periodo 2009-2015, los usos sin vegetación y vegetación secundaria presentaron cambios y aparecen con una razón de cambio de -100%, lo que significa que desaparecieron. En otras palabras, ese espacio se convirtió en otro tipo de uso: sin vegetación pasó a formar parte de asentamientos humanos, mientras que la vegetación secundaria pasó a formar parte de pastizal, como se observa en la tabla 4 y 5 (González, 2022).

USO DE SUELO	ÁREA (Km <sup>2</sup> )		
	2009	2015	2017
Agricultura de temporal	63.62	55.88	43.17
Cuerpo de agua	13.08	13.11	13.11
Pastizal inducido	302.71	298.88	275.60
Río	6.53	6.53	6.53
Selva	11.48	8.22	8.22
Sin vegetación aparente	1.18	0.00	0.00
Tular	35.95	44.10	44.29
Vegetación secundaria	1.83	0.00	0.00
Asentamientos humanos	31.70	41.37	77.17

Tabla 4. Áreas de cada uso de suelo, para los años 2009, 2015 y 2017 (González, 2022).

Indicador	Resultado de Aplicación	Calidad Ambiental
Previo a la construcción		
Cambio U. Suelo (Agricultura)	NA	0.99
Cambio U. Suelo (Pastizal)	NA	0.99
NDVI	Vegetación sana	1.0
Durante a la construcción		
Cambio U. Suelo (Agricultura)	-2.14%	0.98
Cambio U. Suelo (Pastizal)	-0.21%	0.99
NDVI	Vegetación estresada	0.4
Durante la operación		
Cambio U. Suelo (Agricultura)	-12.11%	0.88
Cambio U. Suelo (Pastizal)	-3.97%	0.96
NDVI	Vegetación estresada	0.4

Tabla 5. Calidad ambiental del suelo (González, 2022).

### Emisión de contaminantes

Se obtuvieron los datos de concentración de contaminantes atmosféricos durante la etapa de construcción a través de los registros de los boletines informativos de las estaciones atmosféricas más cercanas al libramiento, del Sistema Estatal de Información Ambiental y Cambio Climático de Tabasco. Referente a las etapas de operación se utiliza el programa IVE de la EPA para determinar la concentración de contaminantes atmosféricos. IVE usó estos datos de entrada (González, 2022).

Con estos datos se procedió a realizar la simulación para obtener las concentraciones de contaminantes que se describe a continuación:

Contaminante	Concentración durante la construcción $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Concentración durante la operación $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Concentración. Límite Máximo Permissible (NOM-021-SSA1-1993)
CO	3.256	1.798	11 ppm o 12.595 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO <sub>2</sub>	3.9	1.2 (1 hora)	0.21 ppm o 395 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 hora)
SO <sub>2</sub>	24.6 (24 hora)	8.1 (24 hora)	0.200 ppm o 524 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 hora) 0.110 ppm o 288 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 hora)
PM <sub>10</sub>	35.1	28.4 (24 hora)	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 hora)
O <sub>3</sub>	110 (1 hora)	70.3 (1 hora)	0.095 ppm o 190 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 hora) 0.070 ppm o 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 hora)

Tabla 6. Concentración de contaminantes atmosféricos.

Finalmente se calcularon los indicadores de calidad ambiental, que se muestran en la tabla 7:

Indicador	Resultado de Aplicación	Calidad Ambiental
Previo a la construcción		
CO	NA	0.99
NO2	NA	0.99
SO2	NA	0.99
PM10	NA	0.99
O3	NA	0.99
Durante a la construcción		
CO	3,256 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.41
NO2	3.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.99
SO2	24.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.86
PM10	35.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.26
O3	110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.42
Durante la operación		
CO	1,798 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.75
NO2	1.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.99
SO2	8.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.99
PM10	28.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.37
O3	70.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.63

Tabla 7. Calidad ambiental de contaminantes atmosféricos.

## Conclusiones

Se desarrolló y validó una metodología para diagnosticar el impacto ambiental de la infraestructura carretera en la región sur-sureste de México mediante indicadores. Durante el estudio de caso, se encontró que la operación de la carretera causa las mayores afectaciones ambientales, pero la construcción también tiene un impacto significativo en los elementos ambientales. Por lo tanto, se recomienda que se realicen medidas de mitigación adecuadas durante la construcción, ya que la carretera seguirá en funcionamiento.

La selección de los indicadores ambientales representativos se basó en las bases de datos existentes, pero la disponibilidad limitada de datos fue una de las mayores limitantes al recopilar información. Los indicadores son una herramienta útil para detectar cambios en el tiempo y el espacio, y permiten la comunicación e interacción con otros expertos en diferentes áreas. Además, los indicadores permiten una evaluación integral de los impactos generados por un proyecto.

## Referencias

Calderó, E., Astals, F., & Gassó, S. (s.f.). Método de estimación del impacto acústico del tráfico por carretera. Aplicación a la provincia de Lleida. Barcelona.

Gómez, G. M., Jong, R., Della, P. R., Keller, A. y Schaepman, M. E. (2017). Determination of grassland use intensity based on multi-temporal remote sensing data and ecological indicators. *El Servier*, (198)

González Pérez, Guadalupe (2022) Indicadores Ambientales de Infraestructura Carretera de la Región Sur Sureste de la Republica Mexicana, (Tesis para Obtener el Grado de Maestría en Ingeniería). Universidad Nacional Autónoma de México.

INECC, Instituto nacional de ecología y cambio Climático (2017). Programa de gestión federal para mejorarla calidad del aire de la Megalópolis 2017-2030. México: INEC

López, G., & Rangel, D. (2011). Comparativa de mediciones de ruido generado en carreteras con carpeta de pavimento rígido vs pavimento flexible. México: Instituto Mexicano del Transporte.

Meneses Tovar, C. (2001). El índice normalizado diferencial de la vegetación como indicador de la degradación del bosque. CONAFOR, 39-46.

NOM-020-SSA1-2014. Salud ambiental. Valor límite permisible para la concentración de ozono (O<sub>3</sub>) en el aire ambiente y criterios para su evaluación.

NOM-023-SSA1-1993. Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población.

OCDE, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (1997). Desarrollo sustentable. Estrategías de la OCDE para el siglo XXI. OCDE, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2001). Key Enviromental Indicators. Francia.

Rodríguez, M.L., López, J.y Vela, G. (2013). Indicadores ambientales biofísicos a escala detallada para la planeación territorial en Milpa Alta, Centro de México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, (80).