



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
DIVISIÓN ACADÉMICA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA



**EVALUACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO
GENERADOS POR LOS PROCESOS INDUSTRIALES EN TABASCO**

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA

PRESENTA:

ING. ADRIANA MURRIETA ALVAREZ

BAJO LA DIRECCIÓN DE:

DRA. EBELIA DEL ANGEL MERAZ



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO

DIVISIÓN ACADÉMICA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA



**EVALUACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO
GENERADOS POR LOS PROCESOS INDUSTRIALES EN TABASCO**

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA

PRESENTA:

ING. ADRIANA MURRIETA ALVAREZ

BAJO LA DIRECCIÓN DE:

DRA. EBELIA DEL ANGEL MERAZ



DIRECCIÓN

CUNDUACÁN, TABASCO.

SEPTIEMBRE DE 2024

Declaración de Autoría y Originalidad

En la Ciudad de Cunduacán, el día 29 del mes agosto del año 2024, el que suscribe Adriana Murrieta Alvarez alumna(o) del Programa de Maestría en Ciencias en Ingeniería con número de matrícula 212D19007, adscrito a la División Académica de Ingeniería y Arquitectura, de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, como autor(a) (es) de la Tesis presentada para la obtención del (título, diploma o grado según sea el caso) Maestra en ciencias en ingeniería. y titulada Evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero generados por los procesos industriales en Tabasco dirigida por Dra. Ebelia del Angel Meraz.

DECLARO QUE:

La Tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la LEY FEDERAL DEL DERECHO DE AUTOR (Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley Federal del Derecho de Autor del 01 de Julio de 2020 regularizando y aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita.

Del mismo modo, asumo frente a la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad o contenido de la Tesis presentada de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente

Villahermosa, Tabasco a 29 de agosto 20 24.

Nombre y Firma


I.Q. Adriana Murrieta Alvarez



UJAT

UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIA EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



División
Académica
de Ingeniería
y Arquitectura



2024

Felipe Carrillo
PUERTO

MÉXICO

DIRECCIÓN

OFICIO: DAIA/DIR/1964/2024

FECHA: 30 de agosto de 2024

ASUNTO: Autorización de
impresión definitiva

ING. ADRIANA MURRIETA ALVAREZ

PASANTE DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA

P R E S E N T E

En virtud de haber elaborado su trabajo de Tesis denominado:

"Evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero generados por los procesos industriales en Tabasco"

Para obtener el grado de **Maestra en Ciencias en Ingeniería** y en la cual ha tenido como Directora de Tesis a la Dra. Ebelia del Ángel Meráz.

Tengo a bien autorizarle la **IMPRESIÓN DEFINITIVA** de dicho trabajo, continuando con los trámites correspondientes para su examen de obtención de grado.

Sin otro particular, le envío un afectuoso saludo.

ATENTAMENTE

DRA. DORA MARÍA FRÍAS MÁRQUEZ
DIRECTORA

c.c.p. Archivo

DRA'DMFM / LB'ECR



DIRECCIÓN



JEFATURA DE POSGRADO

Cunduacán, Tabasco a 29 de agosto de 2024.

MEM/AP-DAIA/174/2024

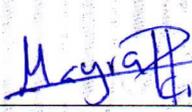
PARA **DRA. DORA MARÍA FRÍAS MÁRQUEZ**
DIRECTORA DE LA DAIA
DE: COMISIÓN SINODAL
ASUNTO: APROBACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS DE MAESTRÍA

Una vez hecha la revisión detallada del Trabajo de Tesis denominado:

“Evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero generados por los procesos industriales en Tabasco”

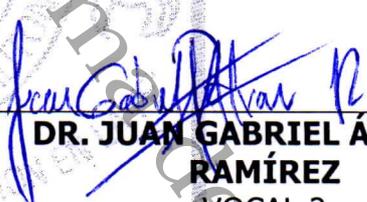
Desarrollado por la I. Q. **Adriana Murrieta Alvarez**, de la **Maestría en Ciencias en Ingeniería**, le comunicamos que aceptamos la impresión del trabajo, ya que el mismo ha cumplido con los requisitos necesarios.

COMITÉ SINODAL

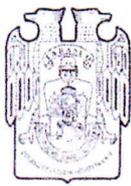

DRA. MAYRA AGUSTINA PANTOJA
CASTRO
PRESIDENTE


DRA. LAURA LORENA DÍAZ FLORES
SECRETARIO


DRA. EBELIA DEL ÁNGEL MERAZ
VOCAL 1


DR. JUAN GABRIEL ÁLVAREZ
RAMÍREZ
VOCAL 2


DRA. KARLA MARÍA AGUILAR CASTRO
VOCAL 3



UJAT

UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIA EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



División
Académica
de Ingeniería
y Arquitectura



2024
Felipe Carrillo
PUERTO
ESTUDIOS DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
MÉXICO

DIRECCIÓN

OFICIO: DAIA/DIR/1965/2024

FECHA: 04 de septiembre de 2024

ASUNTO: Autorización de examen

ING. ADRIANA MURRIETA ALVAREZ

PASANTE DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA

P R E S E N T E

En respuesta a su solicitud de autorización del examen de grado, bajo la modalidad de Tesis denominado: "**Evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero generados por los procesos industriales en Tabasco**", por este medio me permito comunicarle que la solicitud es aceptada por lo que deberá proseguir con los trámites respectivos.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

DRA. DORA MARÍA FRÍAS MÁRQUEZ
DIRECTORA

c.c.p. Archivo

DRA'DMFM / LB'ECR



DIRECCIÓN

Carta de Cesión de Derechos

Cunduacán, Tabasco a 29 de agosto de 2024

Por medio de la presente manifestamos haber colaborado como AUTOR(A) y/o AUTORES(RAS) en la producción, creación y/o realización de la obra denominada **"Evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero generados por los procesos industriales en Tabasco"**.

Con fundamento en el artículo 83 de la Ley Federal del Derecho de Autor y toda vez que, la creación y/o realización de la obra antes mencionada se realizó bajo la comisión de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; entendemos y aceptamos el alcance del artículo en mención, de que tenemos el derecho al reconocimiento como autores de la obra, y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco mantendrá en un 100% la titularidad de los derechos patrimoniales por un período de 20 años sobre la obra en la que colaboramos, por lo anterior, cedemos el derecho patrimonial exclusivo en favor de la Universidad.

COLABORADORES

I.Q. Adriana Murrieta Alvarez

Dra. Ebelia del Angel Meraz

ALUMNO(A) O EGRESADA(O),
DIRECTOR(A) Y CODIRECTOR(A)

TESTIGOS

Dra. Laura Lorena Díaz Flores

Dra. Mayra Agustina Pantoja Castro

Dedicatoria

A mi esposo Enrique y mi hijo Mauro, por su motivación diaria, comprensión, tolerancia infinita y apoyo incondicional, sobre todo por compartir de su tiempo para que yo estudiara.

A mis padres Joaquín y Olga, por su apoyo a la distancia y siempre creer en mí.

"La vida no es fácil, para ninguno de nosotros.

Pero... ¡qué importa!

Hay que perseverar y, sobre todo, tener confianza en uno mismo.

*Hay que sentirse dotado para realizar alguna cosa,
y que esa cosa hay que alcanzarla, cueste lo que cueste"*

Marie Curie (1867-1934)

Agradecimientos

En primer lugar a mi familia que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos.

Le agradezco a mi Directora de Tesis, a la Dra. Ebelia Del Angel Meraz, por su dedicación y paciencia en mi formación, así como su valiosa ayuda y consejos en este trabajo de investigación.

A los miembros del Comité Tutorial; a la Dra. Laura Lorena Díaz Flores y a la Dra. Mayra Agustina Pantoja Castro, por sus acertados comentarios durante mis informes y presentación. A los miembros del Comité Revisor; la Dra. Karla María Aguilar Castro y el Dr. Juan Gabriel Alvarez Ramírez por sus comentarios para mejorar este trabajo.

A mis profesores de la MCI, que fueron parte fundamental en mi formación, a todos ellos les quiero agradecer por transmitirme los conocimientos necesarios para hoy poder estar aquí.

A todos mis compañeros de la MCI, por los consejos, la solidaridad y apoyo incondicional que siempre me ofrecieron.

A la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco y al Posgrado de Ciencias en Ingeniería, por darme la oportunidad de formarme profesional y personalmente, a través de sus profesores.

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo económico brindado para realizar mis estudios de Posgrado.

Índice de Contenido

Índice de Tablas	1
Índice de Figuras	2
Nomenclatura	5
Resumen	6
Abstract	7
I. INTRODUCCIÓN	8
1.1 Planteamiento del problema	11
1.2 Antecedentes	14
1.3 Justificación	16
1.4 Objetivo general	16
1.4.1 Objetivos específicos	16
II. MARCO TEÓRICO	18
2.1 Cambio climático y calentamiento global	18
2.2 Fuentes de emisión de GEI	20
2.3 Inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero	20
2.4 Emisiones del Sector Industrial	22
III. METODOLOGÍA	27
3.1 Área de estudio	27
3.2 Metodología de cálculo de emisiones	28
3.2.1 Producción de cemento	29
3.2.2 Uso de lubricantes	32
3.2.3 Producción y uso de asfaltos	33
3.2.4 Producción de azúcar y miel de caña	34
3.2.5 Incertidumbres	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	37
4.1 Emisiones por producción de cemento	37
4.2 Uso de lubricantes	39

4.3 Producción y uso de asfaltos -----	41
4.4 Producción de azúcar y miel de caña -----	43
4.5 Cálculo de incertidumbre-----	47
4.6 Emisiones totales del Sector Industrial de Tabasco -----	48
VI. CONCLUSIONES -----	51
VII. RECOMENDACIONES Y PERSPECTIVAS -----	52
VIII. ANEXOS -----	53
Anexo 1 -----	53
Anexo 2 -----	55
Anexo 3 -----	58
Anexo 4 -----	62
Anexo 5 -----	64
Anexo 6 -----	65
Anexo 7 -----	70
Anexo 8 -----	72
Anexo 9 -----	73

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

Índice de Tablas

Tabla 1. Tabla comparativa de emisiones de GEI nacional y estatales contabilizadas	15
Tabla 2. Categorías de los procesos y uso de productos identificados para el estado de Tabasco.....	29
Tabla 3. Producción nacional por tipo de cemento para el periodo 2013 a 2020	30
Tabla 4. Cantidad de cemento producido en Tabasco a partir de datos nacionales	31
Tabla 5. Cálculo de clinker por tipo de cemento para Tabasco	31
Tabla 6. Producción de cemento en Tabasco en el periodo de 2010 a 2012 ..	32
Tabla 7. Factores de emisión utilizados en la producción de azúcar y miel de caña	34
Tabla 8. Producción de Clinker (t) y emisiones de CO ₂	37
Tabla 9. Cálculo de emisiones de CO ₂ por uso de lubricantes	40
Tabla 10. Emisiones de COVDM para Tabasco en el periodo 2010 - 2020.....	42
Tabla 11. Resultado del cálculo de emisiones de COVDM y CO ₂ -eq por producción de azúcar y miel.....	44
Tabla 12. Incertidumbre del inventario de emisiones del Sector Industrial de Tabasco	48

Índice de Figuras

Figura 1. Variación de temperatura para Tabasco en el periodo de 2010 a 2020 -----	13
Figura 2. Variación de precipitaciones para Tabasco en el periodo de 2010-2020-----	13
Figura 3. Mapa de riesgo de inundaciones del estado de Tabasco -----	14
Figura 4. Proceso del efecto invernadero llevado a cabo de forma natural y alterado por el hombre -----	19
Figura 5. Proceso de creación de un inventario de emisiones de GEI -----	21
Figura 6. Categorías del sector IPPU.-----	22
Figura 7. Subcategorías del Sector IPPU. -----	23
Figura 8. Categorías de fuentes de emisión identificadas en el estado de Tabasco-----	24
Figura 9. Proceso de fabricación de cemento-----	25
Figura 10. Proceso de fabricación de azúcar de caña -----	26
Figura 11. Principales sectores económicos de Tabasco -----	27
Figura 12. Mapa de industria estudiada del estado de Tabasco-----	28
Figura 13. Emisiones de CO ₂ por producción de clinker por año.-----	38
Figura 14. Emisiones de CO ₂ -eq para los inventarios de 2005-2009 y 2010-2020-----	39
Figura 15. Emisiones de CO ₂ por uso de lubricantes Para el periodo de 2010 – 2020 -----	41
Figura 16. Emisiones de CO ₂ -eq, por consumo de asfalto -----	42
Figura 17. Emisiones de CO ₂ -eq por producción de azúcar del periodo 2005-2009 y 2010-2020 -----	45
Figura 18. Emisiones de CO ₂ -eq por producción de miel del periodo 2005-2009 y 2010-2020-----	46
Figura 19. Emisiones totales por categoría del para el estado de Tabasco----	49
Figura 20. Contribución porcentual de las emisiones de CO ₂ -eq del Sector de procesos Industriales de Tabasco de 2010 a 2020.-----	50

Figura 21. Cálculo de emisiones por producción de cemento en el año de 2010, con software IPCC 2006 .	53
Figura 22. Cálculo de emisiones por producción de cemento en el año de 2015, con software IPCC 2006 .	54
Figura 23. Cálculo de emisiones por producción de cemento en el año de 2020, con software IPCC 2006.	55
Figura 24. Cálculo de emisiones por uso de lubricantes en el año de 2010, con software IPCC 2006.	56
Figura 25. Cálculo de emisiones por uso de lubricantes en el año de 2015, con software IPCC 2006.	57
Figura 26. Cálculo de emisiones por uso de lubricantes en el año de 2020, con software IPCC 2006.	58
Figura 27. Cálculo de emisiones por uso de asfalto en el año de 2010, con software IPCC 2006.	59
Figura 28. Cálculo de emisiones por uso de asfalto en el año de 2015, con software IPCC 2006.	60
Figura 29. Cálculo de emisiones por uso de asfalto en el año de 2020, con software IPCC 2006 .	61
Figura 30. Cálculo de emisiones por fabricación de azúcar y miel de caña en el año de 2010, con software IPCC 2006 .	62
Figura 31. Cálculo de emisiones por fabricación de azúcar y miel de caña en el año de 2015, con software IPCC 2006.	63
Figura 32. Cálculo de emisiones por fabricación de azúcar y miel de caña en el año de 2020, con software IPCC 2006.	64
Figura 33. Cálculo de incertidumbre del inventario de emisiones para el periodo de 2010-2020 utilizando el software IPCC 2006.	65
Figura 34. Producción de cemento para Tabasco 2010-2013	66
Figura 35. Producción nacional de cemento gris 2013-2020.	67
Figura 36. Producción nacional de cemento blanco 2013-2020	68
Figura 37. Producción nacional de mortero 2013-2020	69

Figura 38. COA con información de la cantidad de aceites lubricantes usados en Tabasco 2010-2015 -----	70
Figura 39. COA con información de la cantidad de aceites lubricantes usados en Tabasco 2016-2019 -----	71
Figura 40. Superficie pavimentada en Tabasco en el periodo 2010-2020 -----	72
Figura 41. Producción de azúcar y miel en ingenio Azsuremex-----	73
Figura 42. Producción de azúcar y miel en ingenio Benito Juárez -----	74
Figura 43. Producción de azúcar y miel en ingenio Santa Rosalía -----	75

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

Nomenclatura

Símbolo	Definición
AFOLU	Agricultura, Silvicultura y Otros usos de suelo (siglas en inglés)
BIE	Banco de Información Económica
C	Carbono
CO₂	Dióxido de carbono
CO₂-eq	Dióxido de carbono equivalente
CMUNCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
COAs	Cédulas de Operación Anual
COVDM	Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes al Metano
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GJ	Giga Joules
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
LGCC	Ley General del Cambio Climático
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (siglas en inglés)
IPPU	Procesos Industriales y Uso de Productos (siglas en inglés)
Ppm	Partes por millón
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
USCUSyS	Uso de suelo, Cambio de uso de Suelo y Silvicultura

Resumen

La investigación tiene como objetivo principal realizar un inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del Sector Industrial en Tabasco. Se evaluaron industrias clave como la cementera, azucarera, el manejo de lubricantes para usos no energéticos y el uso de asfalto en pavimentación. Todos los procesos evaluados cumplen con los criterios del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) como fuentes emisoras de GEI. Para la contabilización de los GEI se aplicó la metodología descrita en las directrices del IPCC del 2006, durante el periodo comprendido de 2010 a 2020. El inventario se enfocó a determinar las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) y compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM), así como evaluar la incertidumbre asociada. La estimación de emisiones se basó en datos obtenidos de fuentes oficiales, incluyendo las Cédulas de Operación Anual (COA) de la industria, informes estadísticos y datos suministrados por entidades gubernamentales. Para el cálculo se empleó el método Nivel 1 IPCC-2006, el cual consiste en utilizar factores de emisión propuestos por las directrices del IPCC-2006 y los reportes nacionales de México, complementados con información de producción de cada sector. Los resultados para las emisiones de CO_2 fueron en el rango de $1.72\text{-}5929\pm 4827$ Gg $\text{CO}_2\text{-eq}$ (Dióxido de carbono equivalente), para un total de emisiones de 6018 Gg $\text{CO}_2\text{-eq}$, con una incertidumbre del 10.143%, evaluado en cuatro fuentes de emisión: producción de cemento, uso de lubricantes, uso de asfalto para pavimentación, fabricación de azúcar y miel de caña, siendo la industria cementera la que mayores emisiones de CO_2 genera, aportando el 98% de las emisiones totales calculadas.

Palabras clave: CO_2 , Emisiones, Gases de efecto invernadero, Inventario, IPCC, Sector Industrial

Abstract

The research's primary objective is to conduct an inventory of greenhouse gas (GHG) emissions from the Industrial Sector in Tabasco. Key industries such as cement, sugar, non-energy use of lubricants, and asphalt use in paving were evaluated. All assessed processes comply with the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) criteria as GHG emission sources. The GHG accounting applied the methodology described in the 2006 IPCC guidelines for the period from 2010 to 2020. The inventory focused on determining emissions of carbon dioxide (CO₂) and non-methane volatile organic compounds (NMVOCs), as well as assessing the associated uncertainty. Emission estimates were based on data obtained from official sources, including the industry's Annual Operation Certificates (COA), statistical reports, and data provided by governmental entities. The Level 1 IPCC-2006 method was used for calculation, which involves using emission factors proposed by the IPCC-2006 guidelines and Mexico's national reports, supplemented with production information from each sector. The results for CO₂ emissions ranged from 1.72-5929±4827 Gg CO₂-eq (carbon dioxide equivalent), totaling 6018 Gg CO₂-eq emissions, with an uncertainty of 10.143%, evaluated across four emission sources: cement production, lubricant use, asphalt use for paving, sugar and cane honey manufacturing, with the cement industry contributing 98% of the total calculated emissions.

Keywords: CO₂, Emissions, Greenhouse gases, Inventory, IPCC, Industry sector

I. INTRODUCCIÓN

El calentamiento global resultado del aumento de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI)- conduce al cambio climático en la atmósfera, las cuales han presentado un aumento considerable desde la era preindustrial, aumento derivado del crecimiento económico y demográfico (Siclari, 2020).

El cambio climático es un proceso que ocurre de manera natural, pero este ha sido alterado por las actividades humanas que emiten GEI, entre estas actividades, las que mayores emisiones generan son la quema de combustibles fósiles, la fabricación de cemento y el cambio de uso de suelo, lo que ha provocado cambios en el clima de forma acelerada, sobre todo en los fenómenos climáticos, el aumento en nivel del mar, y las precipitaciones pluviales (Bárcena et al., 2020.).

Debido a los efectos que se viven derivados del cambio climático y el calentamiento global, los gobiernos nacionales e internacionales, requieren tomar acciones como son las leyes y programas para limitar o reducir las emisiones de GEI (Uzoamaka et al., 2024), lo que hace necesario conocer datos sobre emisiones GEI, como base para analizar las fuentes de emisión y alcanzar el objetivo de reducción de GEI, siendo primordial el contar con una evaluación completa, científica y exacta (Cai et al., 2019).

El Acuerdo de Paris (2015), establece los objetivos de mitigación climática, así como el compromiso de notificar las emisiones nacionales de GEI a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), a través de comunicaciones nacionales e informes bienales y, como tomar medidas para reducir las emisiones de GEI, este acuerdo fue firmado por de 196 países, incluido México. Lo anterior busca limitar el calentamiento global por debajo de los 2°C, para lograr un planeta de clima neutro en el año 2050 (UNFCCC, 2016.).

Es importante comprender cómo pueden asociarse las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a productos, procesos de producción y tecnologías específicas (Romero & Gramkow, 2021). El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), atribuye las Emisiones de GEI a cinco sectores económicos: Energía, Industria de Procesos y Uso de Productos (IPPU), AFOLU (agricultura, silvicultura y otros usos del suelo), Residuos y Otros (emisiones indirectas de la deposición de nitrógeno proveniente de fuentes no agrícolas) (Lamb et al., 2021)-(IPCC, 2006).

El IPCC recomienda en su quinto informe, limitar la concentración de GEI a 450 partes por millón (ppm) en la atmósfera para finales del siglo 21, para lo cual se deben reducir las emisiones globales entre 40% y 70% para el año 2050 y poder alcanzar las cero emisiones a finales del siglo (Ghezloun et al., 2017).

Los procesos industriales generan importantes emisiones de GEI a la atmósfera, siendo responsables de alrededor del 25% de las emisiones GEI globales, por lo que tienen un elevado potencial de mitigación ante el cambio climático global. Los principales productos que se producen en esta categoría son los relacionados con los metales, productos químicos y cemento, en donde se ha encontrado que son las industrias que más emisiones generan (Sajid et al., 2022).

Las investigaciones realizadas en el estudio de la mitigación de los GEI en el sector industrial han sido significativamente menores en comparación con los sectores de la energía y AFOLU (Deng et al., 2017), por lo que conseguir una reducción en las emisiones generadas en el sector industrial, es un gran reto que requiere además de investigación, mejorar diseños de procesos y la eficiencia del uso de materiales (Islas-Samperio et al., 2020).

En México, la Ley General de Cambio Climático (LGCC) dispone que se realicen inventarios por quema de combustibles fósiles de manera anual, las emisiones distintas a la quema de combustibles cada dos años y la estimación de todas las fuentes y absorciones por sumideros cada cuatro años (Ley General de Cambio Climático, 2024.).

Siendo los sectores eléctrico e industrial el segundo y tercer mayor emisor de GEI, excluyendo las emisiones fugitivas (Castrejón et al., 2018). Está ley compromete a las empresas del Sector Industrial a informar a través de las Cédulas de Operación Anual (COAs), sobre sus emisiones de GEI (Leal et al., 2021).

El inventario Nacional de Emisiones, realizado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), fue actualizado por primera vez en todas sus categorías en 2015, como parte de la Sexta Comunicación Nacional, y es considerado como un instrumento que las federaciones, los estados y los municipios deben utilizar a la hora de tomar decisiones sobre la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (INECC, 2018).

De acuerdo con información del Tercer Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, el inventario de emisiones de GEI de México 2019, el Sector Industrial contribuyó con 13.77% de las emisiones netas nacionales; el sector de minerales fue el principal contribuyente con 41.97%. (SEMARNAT, 2022).

El estado de Tabasco se caracteriza por ser sumamente vulnerable ante fenómenos naturales extremos, acentuados por la inestabilidad climática, por lo que el gobierno del estado elaboró su Programa Estatal de Acción Ante el Cambio Climático (PEACC), en el cual se realiza inventarios de GEI, análisis de vulnerabilidad así como propuestas de adaptación, encontrando que este programa solo ha reportado un inventario de emisiones en el año de 2010, en el cual se estudian las categorías de Desechos, Energía, Agricultura, USCUSyS (Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura) y Procesos Industriales, para el periodo de 2005 a 2007 en donde se generaron 34,910.18 Gg CO₂-eq, de los cuales el 0.28% de las emisiones corresponde a la categoría de Procesos Industriales (Del Angel, et al., 2011).

El objetivo principal de este estudio es determinar las emisiones producidas por el sector industrial del estado de Tabasco. Esto sirve como herramienta de gestión ambiental para que las dependencias gubernamentales establezcan planes estatales de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero e implementen medidas de adaptación a los impactos del cambio climático que está sintiendo el estado.

1.1 Planteamiento del problema

La industrialización moderna emite, además del CO₂, otros GEI como son el metano (CH₄), óxido de nitrógeno (NO₂) llamado NO_x y gases fluorados como el hidrofluorocarbono (HFC), perfluorocarbono (PFC), hexafluoruro de azufre (SF₆) y trifluoruro de nitrógeno (NF₃) (Rothenberg, 2023).

El aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente CO₂, es la causa del calentamiento global; este último, al aumentar su concentración en la atmósfera, retiene la radiación solar, lo que incrementa la temperatura de la superficie terrestre (Zandalinas et al., 2021). El impacto del cambio climático en los recursos naturales, son uno de los mayores desafíos que amenazan a la tierra (Qu, et al., 2022.). El aumento del calor, la sequía, la subida del nivel del mar y el incremento de las precipitaciones, causantes de inundaciones, que se sufren sobre todo en las zonas urbanas, son los principales peligros provocados por el cambio climático (Gran & Ramos, 2019).

De acuerdo con el sexto informe de evaluación del IPCC, en el año 2019 se emitieron a nivel global 59±6.6 Gt CO₂-eq, lo que representa un 12% aproximadamente más que en el año 2010, estas emisiones se generaron principalmente por consumo de combustibles fósiles y por los procesos industriales (IPCC, 2023).

Las emisiones de GEI anuales en México, presentaron un aumento del 33% entre el periodo de 1990 y 2010, lo cual es mayor al incremento de emisiones mundiales, siendo las emisiones del sector energético las responsables del aumento (Veysey et al., 2014). La Ley General de Cambio Climático (LGCC) se creó cuando México ratificó el Acuerdo

de París en 2016, cuyo objetivo es reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 50% para 2050 (Mugica-Alvarez et al., 2015).

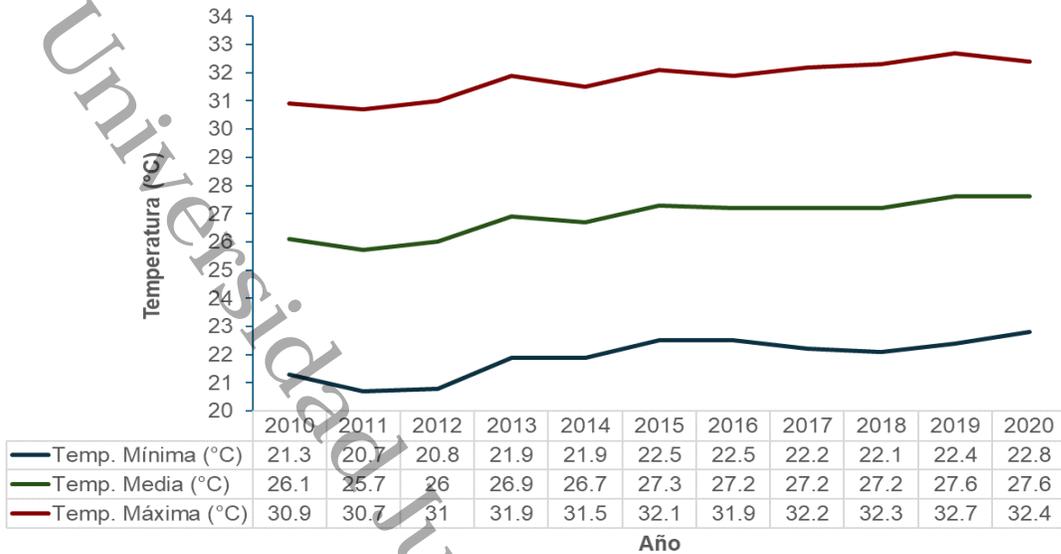
En México, el Sector industrial es el responsable del 10% del total de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), siendo la industria de los minerales la que mayor cantidad de dióxido de carbono (CO₂) emite para el Sector Industrial con un 30.9 % al 2019 (INECC, 2022).

Debido a sus características geográficas y al contar con litorales en el Atlántico y el Pacífico, los fenómenos hidrometeorológicos extremos, como sequías, inundaciones y ciclones tropicales, afectan a México como consecuencia del cambio climático (Gobierno de México, 2017) .

Tabasco es un estado extremadamente expuesto al cambio climático, debido principalmente a que las precipitaciones del estado son las más altas del país con un promedio de 1700 milímetros (mm)/año, de igual forma se ve afectado por la deforestación de los ecosistemas y las modificaciones de los ríos, así como por su ubicación y características geográficas (Ruiz-Lievano, 2019).

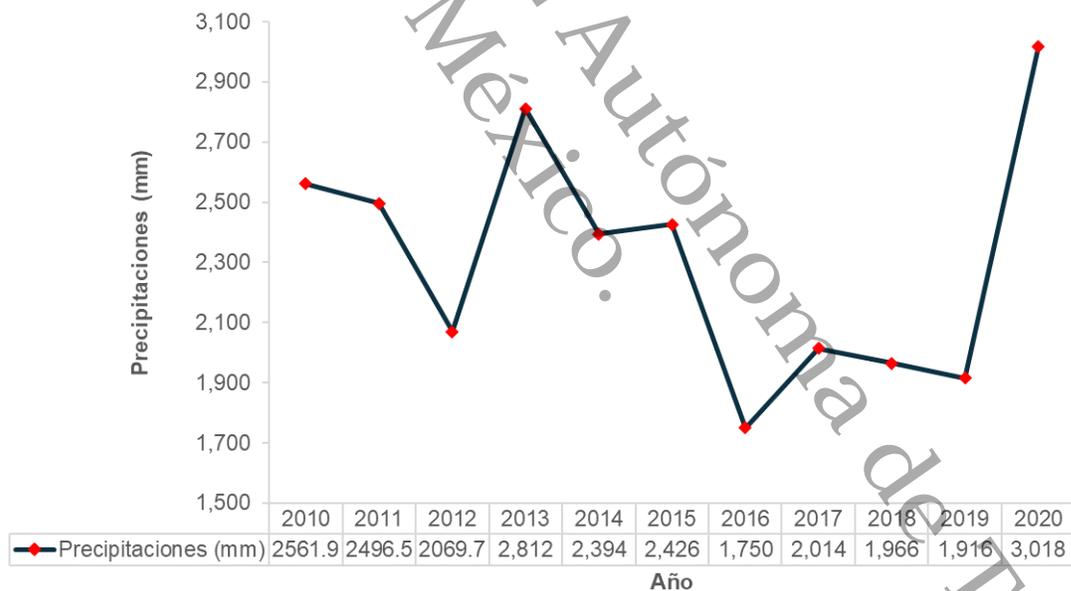
Según el atlas estatal de riesgos del estado de Tabasco, los fenómenos naturales suponen algunas amenazas tales como son la erosión, inestabilidad de las laderas, sismos, peligro volcánico, inundaciones y peligro químico (SGM, 2013).

En el periodo de 2010 a 2020 la variación de temperatura promedio anual en el estado de Tabasco ha tenido un comportamiento ascendente, el cual va de los 30.7°C a los 32.7°C año, y las precipitaciones promedio anuales presentadas durante el mismo periodo fueron de los 1749.7 mm a los 3017.9mm, de acuerdo con el historial disponible en el portal de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), estos datos de variación de temperatura y precipitaciones para el estado de Tabasco se pueden observar en las Figuras 1 y 2 respectivamente (CONAGUA, 2023).



Fuente: Elaboración propia con datos de los resúmenes mensuales del portal de CONAGUA

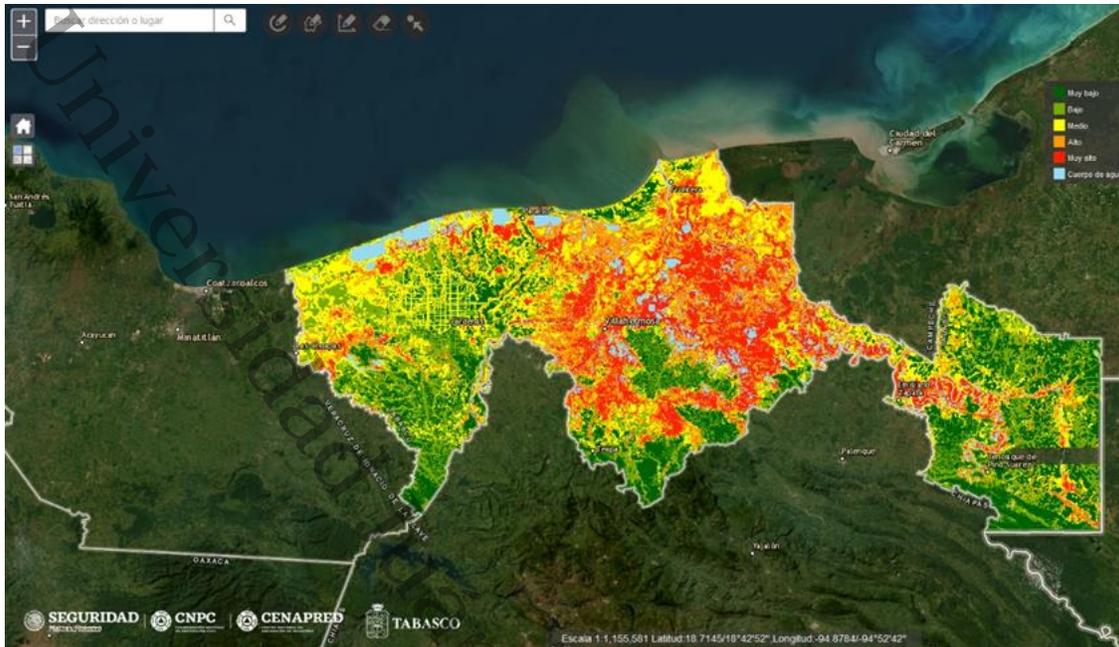
Figura 1. Variación de temperatura para Tabasco en el periodo de 2010 a 2020



Fuente: Elaboración propia con datos de los resúmenes mensuales del portal de CONAGUA

Figura 2. Variación de precipitaciones para Tabasco en el periodo de 2010-2020

La Figura 3 evidencia la susceptibilidad del estado de Tabasco a las inundaciones, tal como muestra el atlas de riesgo interactivo. Es evidente que una gran parte del estado es vulnerable a estos desastres (CENAPRED, 2023).



Fuente: Atlas nacionales de riesgo <http://www.atlasmnacionalderiesgos.gob.mx/app/Estados/VisorTabasco/> (15-mayo-2023)

Figura 3. Mapa de riesgo de inundaciones del estado de Tabasco

1.2 Antecedentes

En el año 2012 entro en vigor en México la Ley General de Cambio Climático (LGCC) con el fin de impulsar las estrategias de protección al medio ambiente y cambio climático, la cual es aplicable a todos los estados de la república, y en donde uno de los principales mandatos de la LGCC, para cumplir con los compromisos de México frente al cambio climático global, es necesaria la elaboración de inventarios de emisiones de GEI (Ley General de Cambio Climático, 2024).

La elaboración y actualización de los inventarios nacionales de emisiones de GEI, se realizan utilizando la metodología del IPCC, en conjunto con el desarrollo de factores de emisión y seguimiento de datos de actividad propios del país, todo esto con el fin de que los inventarios cumplan con los requisitos de transparencia, precisión, exhaustividad, consistencia y comparabilidad (INECC, 2022).

Las emisiones de GEI del Inventario nacional actualizado al 2019, así como los datos de emisiones de algunos inventarios estatales se resumen en la Tabla 1, en donde se incluye el aporte de las emisiones específicas para el Sector Industrial (IPPU) el cual es el sector de interés para el presente trabajo de investigación.

Tabla 1. Tabla comparativa de emisiones de GEI nacional y estatales contabilizadas

Estado/ municipio	Emisiones		% Emisiones Sector IPPU.	Referencia
	totales (Mton CO ₂ - eq) ¹	Año/Periodo		
Nacional	737.6	2019	13.8%	(INECC, 2022)
Nacional	682.9	2015	7.92%	(INECC, 2018)
Jalisco	28.6	2017	12.3%	(Gobierno del estado de Jalisco, 2017)
Tamaulipas	38.7	2013	1.14%	(Gobierno del estado de Tamaulipas, 2016)
Estado de México	40.6	2018	15.81%	(IEECC, 2018)
Guanajuato	19.2	2013	2.67 %	(Gobierno del estado de Guanajuato, 2013)

¹Millones de toneladas de CO₂-eq

Fuente: Elaboración propia con información del Inventario Nacional de Emisiones 1990-2019 e Inventarios estatales.

Del Angel et al., 2011, elaboró el primer inventario de gases de efecto invernadero para el estado de Tabasco en el período 2005-2009, en el cual se reporta un total de 34,910.11 Gg de CO₂-eq, del cual el 96.44 Gg de CO₂ corresponden al Sector Industrial lo que representa un 0.28 % del total para el estado (Del Angel et al., 2011).

Uno de los principales retos en la elaboración de los inventarios de gases de efecto invernadero para los Sectores Industriales, es obtención de información sobre los procesos industriales para la elaboración de bases de datos, así como la inconsistencia en los reportes de producción, lo cual puede crear un sesgo a la hora de realizar un inventario, por lo que es necesario estudiar a fondo los procesos para que en aquellos que no se obtenga información precisa, se puedan utilizar datos por defecto de acuerdo a las buenas prácticas del IPCC, logrando de esta manera un inventario más preciso para el Sector Industrial (Cecilia & Leyva, n.d.).

1.3 Justificación

De acuerdo con la Ley de Cambio Climático y Sustentabilidad del estado de Tabasco, en cumplimiento de su artículo ocho dispone que la preservación del medio ambiente es obligación de la Federación, los estados y municipios, así como la LGCC en su artículo cinco establece que tanto la federación, los estados y municipios tienen la facultad de contribuir con la mitigación y la adaptación al cambio climático (Ley de cambio climático y sustentabilidad del estado de Tabasco, 2020).

El inventario de emisiones de GEI producidas por el sector industrial de Tabasco, tomando en cuenta las disposiciones oficiales, proporcionará la información necesaria para la toma de decisiones relativas a la planeación e implementación de estrategias de mitigación y adaptación de emisiones de GEI, así como, de ser posible, su prevención.

1.4 Objetivo general

Utilizar la metodología del IPCC para realizar un inventario de gases de efecto invernadero en el Sector Industrial de Tabasco para el periodo 2010-2020.

1.4.1 Objetivos específicos

- Identificar en el Sector Industrial de Tabasco los procesos de transformación que emitan GEI y que se encuentren documentados en las directrices del IPCC para crear una base de datos con la información obtenida.

- Realizar el inventario utilizando la metodología del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y el software del IPCC 2006.
- Llevar un control de Calidad del Inventario de acuerdo con lo dispuesto en las directrices del IPCC.
- Determinar por medio del software del IPCC la incertidumbre del inventario de emisiones.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Cambio climático y calentamiento global

Uno de los primeros artículos sobre el cambio climático, fue elaborado por Gilbert Plass (1956), en el cual menciona por primera vez el término “cambio climático” y lo relaciona con el aumento de la temperatura debido al CO₂. Décadas más tarde Broecker (1975) utilizaría el término “calentamiento global” para definir como es que cambia la temperatura global a medida que incrementa el CO₂ en la atmósfera (Benjamin et al., 2017).

En la actualidad, el cambio climático se define como un cambio a largo plazo durante un lapso medio de tiempo en una región determinada (Santos & Bakhshoodeh, 2021), el cual es causado por la industrialización y algunas actividades humanas, dando como resultado, un cambio repentino en el clima y el aumento acelerado de la temperatura media de la tierra (IPCC, 2014). Los problemas que resultan del cambio climático se han incrementado a partir de la revolución industrial (Wegren, 2022).

El cambio climático ha tenido una variación los últimos 100 años debido al calentamiento global, desde el siglo XIX el incremento de la temperatura media de la tierra ha sido de 0.9°C, como consecuencia de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera (Arora, 2019). De continuar la tendencia en el aumento de la temperatura global, se estima que este alcance un incremento de 1.5°C durante el periodo de 2030 a 2052 (Sari, 2021).

El calentamiento global, es la causa del aumento de temperatura de la tierra, el cual es ocasionado por el incremento en la concentración de GEI en la atmósfera, los cuales capturan la radiación solar en la superficie terrestre, provocando que esta radiación se mantenga dentro de la atmósfera lo que resulta en un efecto de calentamiento, como se ilustra en la Figura 4 (Thornley & Adams, 2017).



Fuente: Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-SA-NC

Figura 4. Proceso del efecto invernadero llevado a cabo de forma natural y alterado por el hombre

Los gases de efecto invernadero como CO_2 , CH_4 , N_2O y H_2O se generaban y siguen generando de manera natural, a través de los volcanes, los incendios forestales y actividades sísmicas, pero desde la revolución industrial, las emisiones han incrementado a causa de la quema de combustibles fósiles y la deforestación (Abbass et al., 2022).

Según el Quinto informe de síntesis del IPCC, las consecuencias en caso de no controlar el incremento de la temperatura global a 1.5°C , podrían ser la pérdida de los ecosistemas, extinción de algunas especies, la elevación del nivel del mar y por consiguiente la pérdida de algunas islas, la acidificación de los océanos, lo que pone en riesgo de salud y alimentación a las poblaciones más vulnerables (Masson-Delmotte et al., 2019).

Todo cambio climático, incluido el que se da de manera natural, es de importancia, debido a que estos cambios provocaron la extinción de varias especies en el pasado, así como cambios en la superficie terrestre. En la actualidad, el cambio climático es notablemente superior a cualquiera que se haya dado en el pasado, lo que dificulta la capacidad de adaptación de los ecosistemas, las especies y del ser humano (Rodríguez, 2018).

2.2 Fuentes de emisión de GEI

Se conoce como fuentes de emisión de GEI, como la actividad en la que se generan GEI, ya sea por una fuente natural, como lo es la actividad volcánica, y las actividades antropogénicas del hombre, algunos ejemplos de estas actividades son los procesos industriales, los servicios, generación de energía y uso de vehículos como medios de transporte (Rodríguez, 2018).

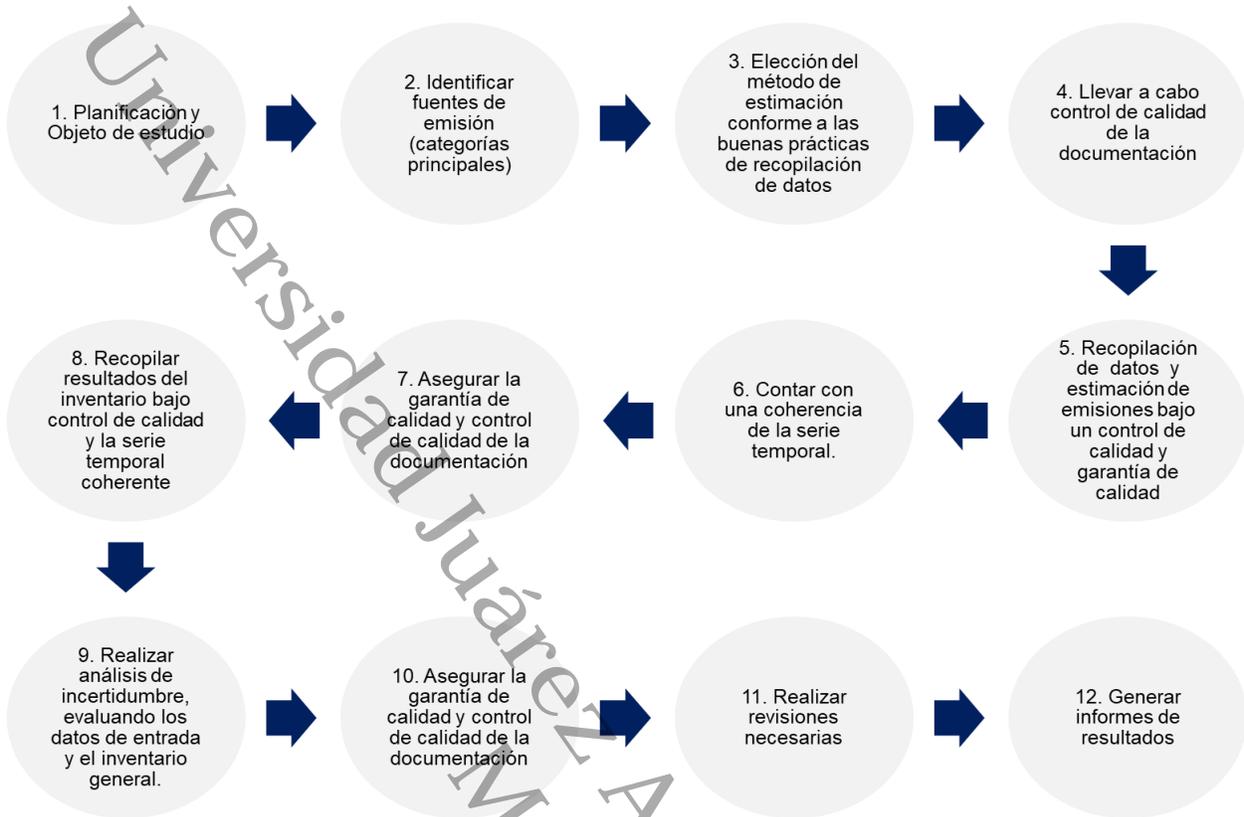
Las fuentes de energía se clasifican principalmente en dos: fijas y fuentes móviles. Las fuentes fijas se refieren a aquellas en las que las emisiones se generan en un punto estacionario, como son las plantas de generación de energía, las industrias de procesos, refinerías, etc. Las fuentes móviles son aquellas en las que las emisiones se generan por medio de los transportes (tren, barcos, aviones y vehículos) (Cheruiyot et al., 2016).

2.3 Inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero

Para poder hacer frente a los efectos del cambio climático, es vital conocer la cantidad de emisiones de GEI, así como sus fuentes para poder controlar o reducir estas emisiones, para lo cual es necesario contar con una herramienta que cuente con toda esta información (Bun et al., 2019).

Los inventarios de emisiones de GEI contienen la información sobre la cantidad de emisiones a la atmósfera han sido emitidas o eliminadas, en un lapso determinado de tiempo, al mismo tiempo que contiene los datos de las fuentes de emisiones y absorciones (Giwa et al., 2017).

Los inventarios de emisiones son un instrumento necesario para la toma de decisiones de un país o región específica, en materia de ley ambiental. De acuerdo con las guías del IPCC, un inventario de GEI debe ser elaborado o actualizado mediante una secuencia de pasos que se ilustran en la Figura 5 (IPCC,2006).



Fuente: Elaboración propia con información del IPCC-2006

Figura 5. Proceso de creación de un inventario de emisiones de GEI

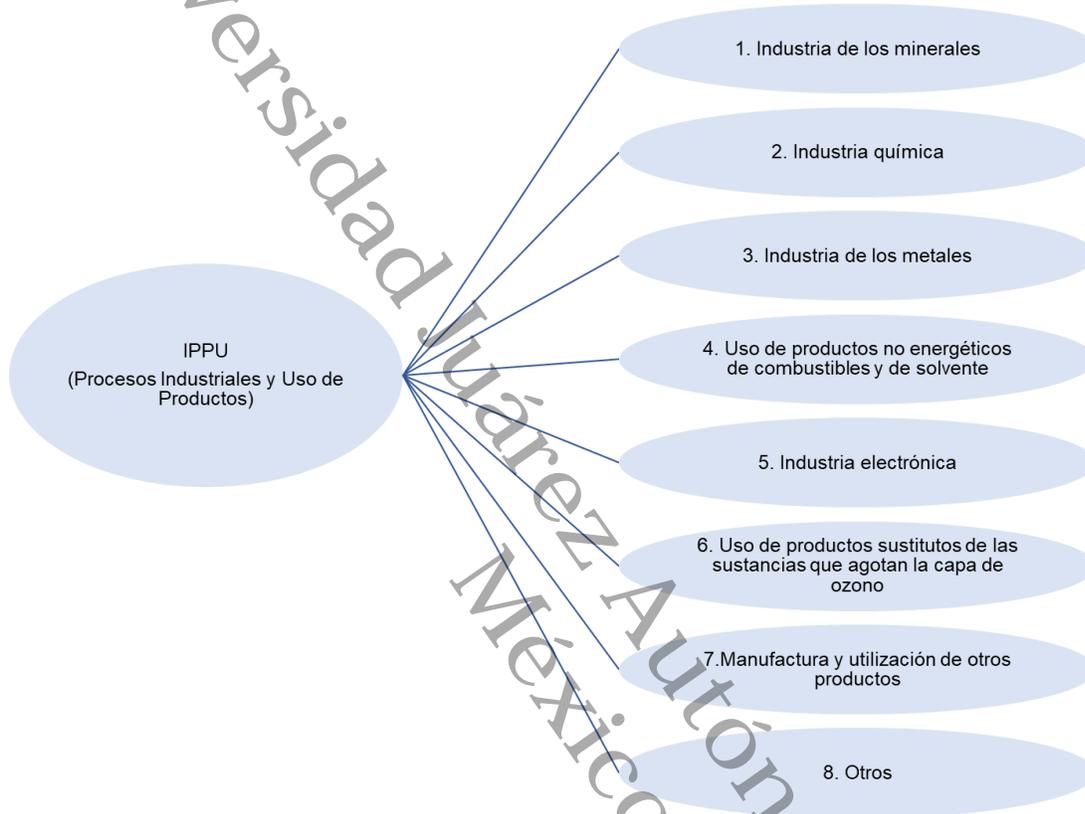
Un inventario de emisiones está conformado por cuatro sectores de emisión, que son:

- Energía
- Procesos Industriales y uso de productos (IPPU)
- AFOLU
- Desechos

Cada uno de estos sectores cuenta con categorías y subcategorías de emisión específicos, las cuales dependen de la actividad en la que se genera la emisión, lo que ayuda a identificar las fuentes de emisión para cada región, estado o país para la que se requiera conocer la cantidad de emisiones que aportan en determinado tiempo.

2.4 Emisiones del Sector Industrial

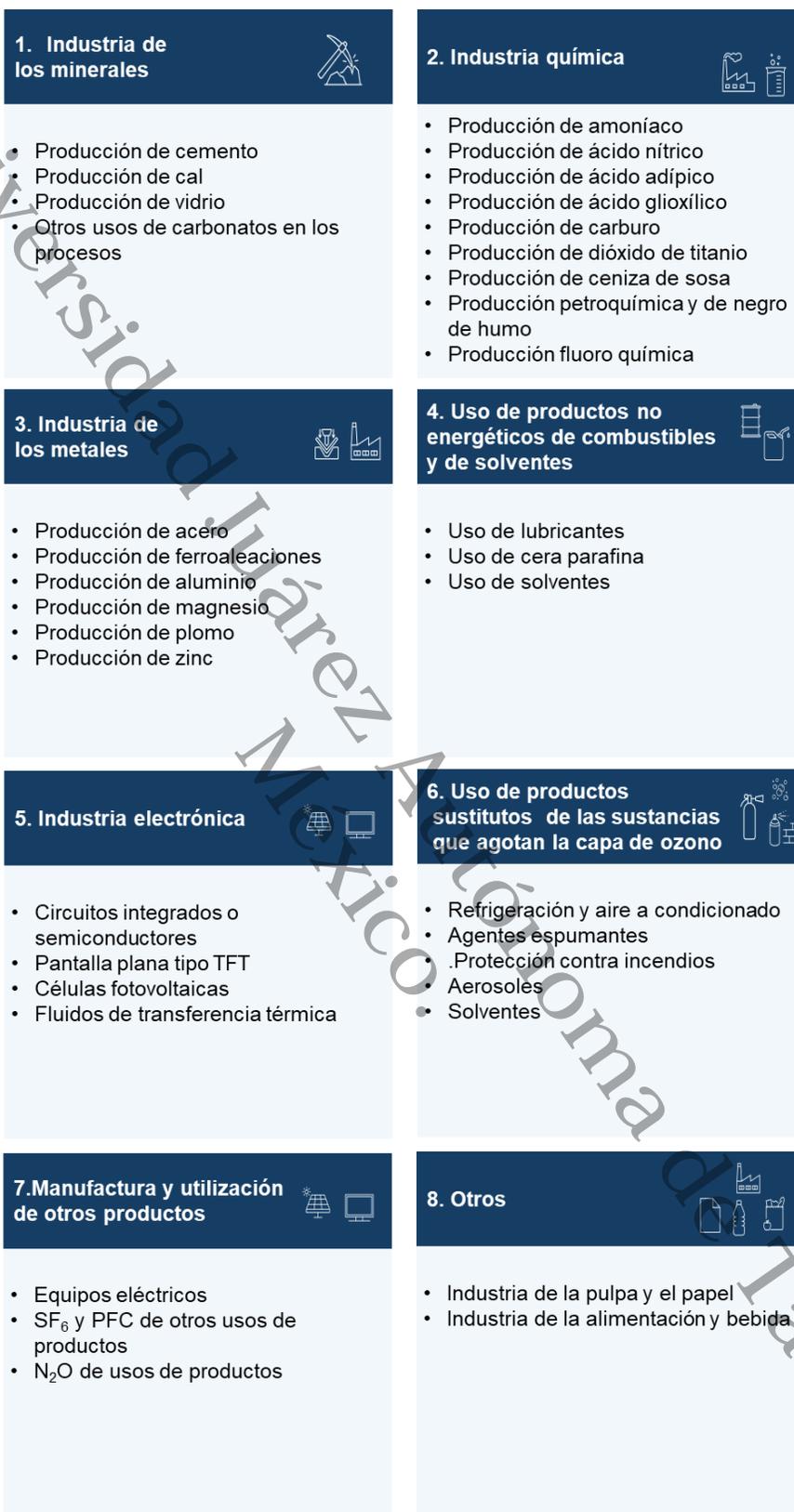
Para el caso concreto de este estudio, la Figura 6 presenta las subcategorías por las que está conformado el sector IPPU.



Fuente: elaboración propia con información del IPCC-2006

Figura 6. Categorías del sector IPPU.

A su vez cada una de estas categorías de emisión, se desglosan otras subcategorías de acuerdo con la actividad en la que se generan emisiones de GEI, como se enlista en la Figura 7.



Fuente: elaboración propia con información del IPCC, 2006

Figura 7. Subcategorías del Sector IPPU.

Las emisiones de GEI son generadas principalmente a las actividades humanas desempeñadas en las ciudades industrializadas, en el presente más del 50% de la población vive en estas zonas, las cuales son responsables del 90% de las emisiones mundiales (Zhou et al., 2021). Para el caso particular de esta investigación, de acuerdo con las actividades que se desarrollan en el estado de Tabasco, se lograron identificar cuatro actividades en las que se generan GEI, y que contaban con los elementos suficientes para realizar el cálculo de emisiones, la Figura 8 presenta las categorías en las que se realizará el cálculo de emisiones.

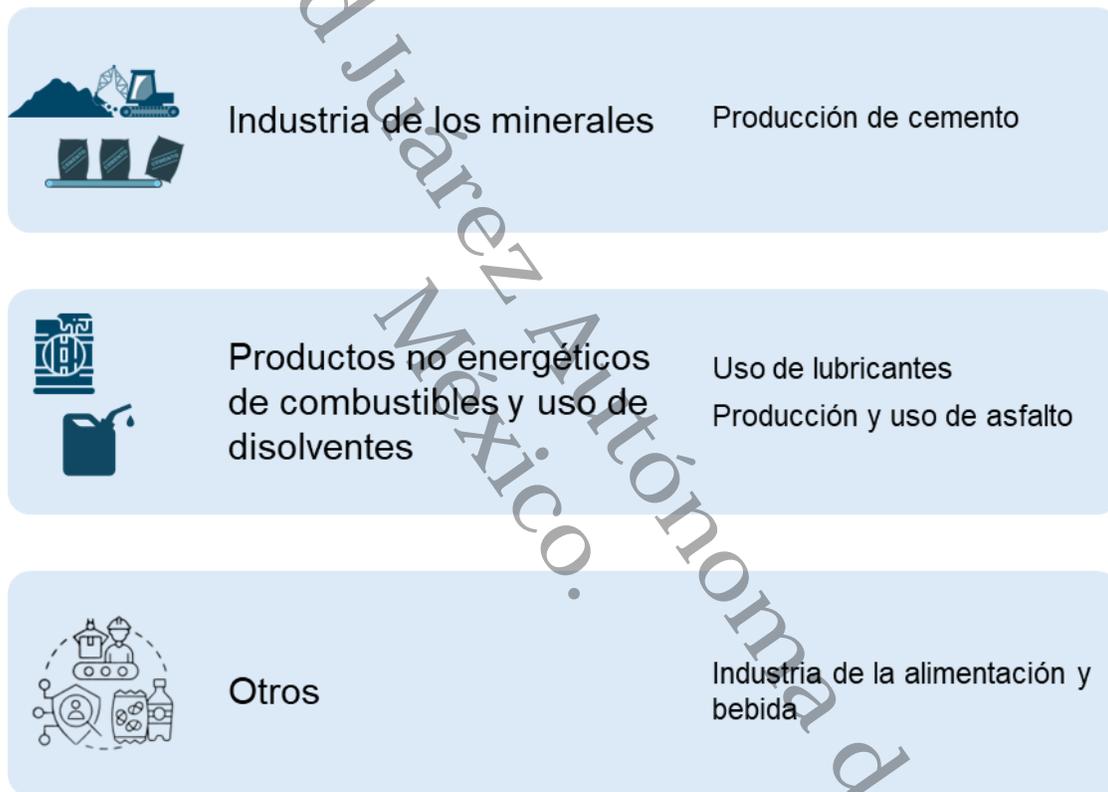
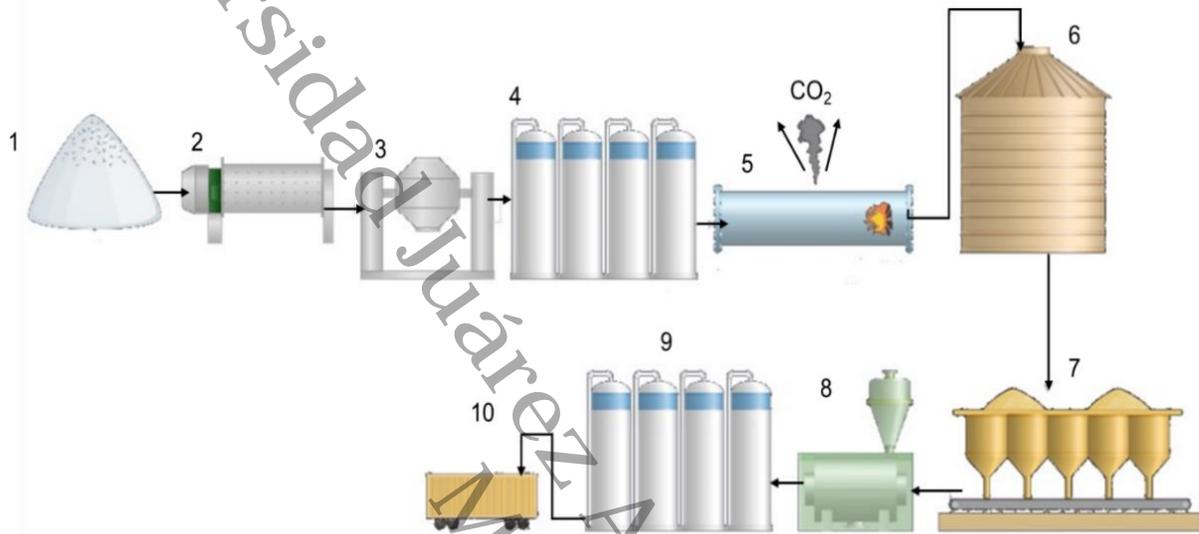


Figura 8. Categorías de fuentes de emisión identificadas en el estado de Tabasco

En la cada una de las actividades de manufactura se emiten GEI, en el caso particular de la producción de cemento, en la Figura 9 se observa que la emisión de CO₂, es generado durante la fabricación de clinker, el cual es la principal materia prima para elaborar cemento.

El proceso de producción de cemento consta de diez pasos, los cuales consisten: 1) extracción, 2) trituración, 3) pre-homogenización, 4) clasificación, 5) cocción, 6) enfriamiento, 7) inclusión de agregados, 8) molienda de homogenización, 9) almacenaje y 10) envasado.

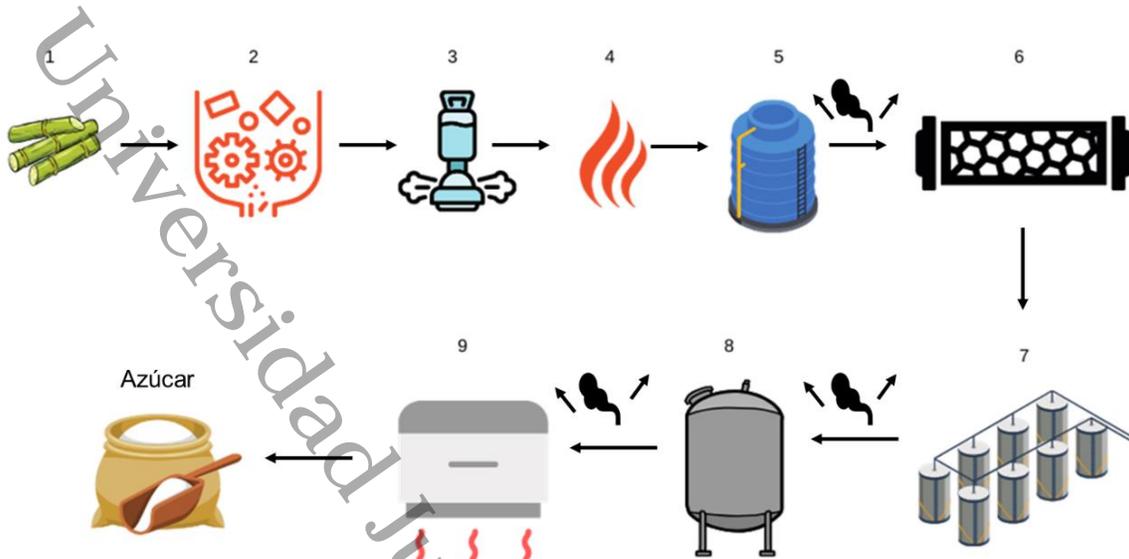


Fuente: Elaboración propia con información de la CANACEM del proceso de fabricación de cemento

Figura 9. Proceso de fabricación de cemento

En la industria y de la alimentación de bebida, se tiene la producción de azúcar y miel de caña, en la cual se generan emisiones de compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM), los cuales se generan durante la clarificación, evaporación y cristalización del azúcar.

El proceso de elaboración de azúcar de caña consta de nueve pasos, los cuales consisten en: 1) corte de caña, 2) molienda, 3) generación de vapor, 4) calentamiento, 5) clarificación, 6) filtración, 7) evaporación, 8) cristalización, 9) evaporación y secado. La Figura 10 representa el proceso de elaboración de azúcar, el cual es similar para la miel de caña.



Fuente: elaboración propia con información de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

Figura 10. Proceso de fabricación de azúcar de caña

III. METODOLOGÍA

3.1 Área de estudio

El estado de Tabasco se encuentra en el sureste de México, es uno de los 32 estados que componen la federación mexicana, cuenta con una población al año 2020 de 2,402,598 personas de acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (INEGI, 2020).

Las principales actividades industriales del estado de Tabasco se presentan en la Figura 11, en donde la actividad de interés son las industrias manufactureras.



Fuente: Elaboración propia con información de Perfil del Estado de Tabasco 2023

Figura 11. Principales sectores económicos de Tabasco

La Figura 12 presenta la ubicación de las industrias estudiadas, como son la cementera y los ingenios azucareros. En cuanto al uso de lubricantes y la producción y uso de asfalto, las subcategoría que se estudio fue el uso de lubricantes y uso de asfaltos, las cuales fueron consideradas para todo el Estado, debido a la información proporcionada por las dependencias de gobierno.

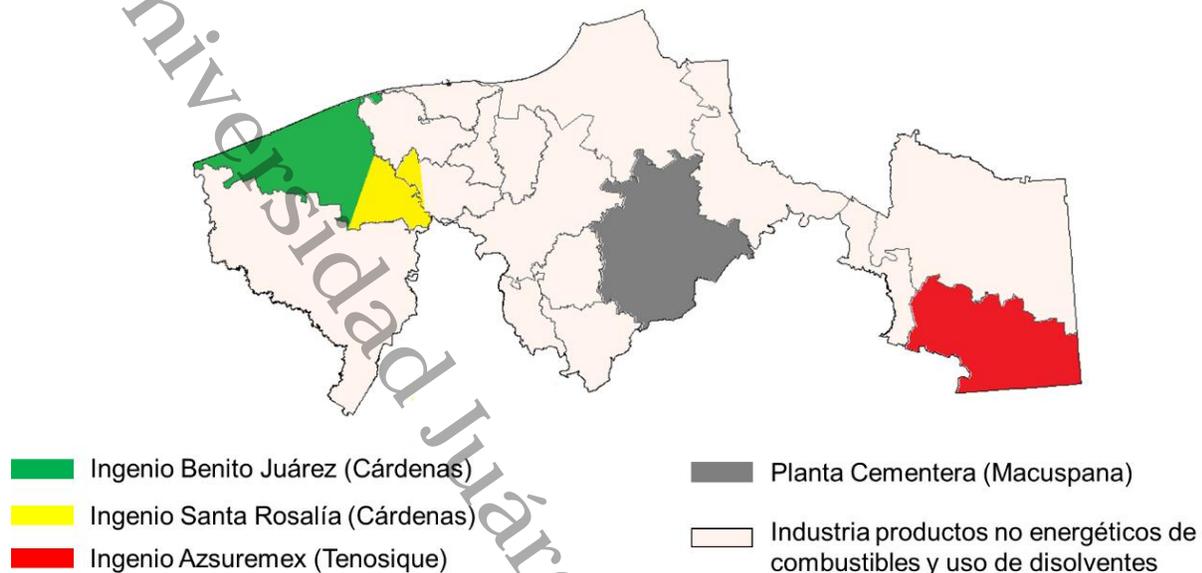


Figura 12. Mapa de industria estudiada del estado de Tabasco

3.2 Metodología de cálculo de emisiones

Las emisiones de GEI generados por los Procesos Industriales suceden durante la transformación de la materia prima a productos, llevadas a cabo por medios químicos o físicos, sin involucrar los procesos que requieren el uso de combustibles fósiles para su transformación, ya que estas emisiones se contabilizan en el inventario de energía (IPCC, 2006).

Los Procesos Industriales se dividen en diferentes subcategorías de emisión, de acuerdo con las directrices del IPCC de 2006 descritas en el tomo III para los Procesos Industriales y Uso de Productos siendo las enlistadas en la Tabla 2, las que se llevan a cabo en el estado de Tabasco.

Tabla 2. Categorías de los procesos y uso de productos identificados para el estado de Tabasco.

Categoría	Subcategoría
Industria de los minerales	Producción de cemento
Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	Uso de lubricantes
Otros	Emisiones por fabricación y uso de asfalto
	Industria de la alimentación y bebida

Para estimar las emisiones en cada una de las categorías se utilizó información estadística de producción y consumo de productos, utilizando el método de Nivel 1 el cual consiste utilizar un factor de emisión (FE) predeterminado dispuestos en la metodología del IPCC y conocer la producción total de productos.

3.2.1 Producción de cemento

Para la fabricación de cemento es necesario el clinker, el cual es producido a partir de la calcinación de piedra caliza, es en este proceso de calcinación donde se generan emisiones de CO₂. La estimación de emisiones para este Sector se llevó a cabo con datos de producción de cemento nacional, los datos se obtuvieron del Banco de Información Económica (BIE) y las COAs (Cédula de Operación Anual) (Anexo 6). Se aplicó la metodología del IPCC 2006, el cálculo de CO₂, se basó en la ecuación 1, propuesta por el IPCC (IPCC, 2006).

$$\text{Emisiones CO}_2(t) = [\sum(M_{ci} \times C_{cli}) - Im + Ex] \times EF_{clc} \quad (1)$$

Donde:

M_{ci} = Peso de cemento producido en toneladas (t)

C_{cli} = Fracción de clinker del cemento

Im = Importaciones de clinker en toneladas (t)

Ex = Exportaciones de clinker en toneladas (t)

EF_{clc} = Factor de emisión del clinker (ton CO₂/t clinker)

El factor de emisión propuesto en las directrices del IPCC es de 0.536 toneladas de CO₂/toneladas de clinker, sin embargo el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) utiliza el factor de emisión propuesto por la Cámara Nacional del Cemento para México (ecuación 2), él es utilizado con los datos estadísticos de producción de cemento, obteniendo como resultado las toneladas de CO₂ emitido por tonelada de clinker producido.

$$FE = \frac{0.536 \text{ toneladas CO}_2}{\text{toneladas de clinker}} \quad (2)$$

Donde:

FE = factor de emisión

Para calcular la cantidad de clinker producido en el estado de Tabasco, se basó en la producción nacional en toneladas, por cada tipo de cemento (gris, blanco y mortero), información obtenida a través del BIE (ANEXO 6) y que se enlista en la Tabla 3.

Tabla 3. Producción nacional por tipo de cemento para el periodo 2013 a 2020

Año	Cemento gris (t)	Cemento blanco (t)	Mortero (t)
2013	36,515,094	949,752	3,569,086
2014	38,384,966	1,129,506	3,763,222
2015	41,251,232	888,655	4,172,555
2016	42,366,685	862,037	4,454,053
2017	42,835,621	844,629	4,620,482
2018	42,805,366	932,327	4,594,101
2019	39,738,454	842,259	4,576,492
2020	41,937,355	891,926	4,576,492

Con base a esta información se determinó la cantidad de cemento producida para Tabasco a partir del porcentaje de producción que aporta la empresa cementera situada en Tabasco, al total de cemento producido a nivel nacional, para de esta forma poder determinar la proporción de clinker en cada tipo de cemento producido en Tabasco, esta información se enlista en la Tabla 4.

Tabla 4. Cantidad de cemento producido en Tabasco a partir de datos nacionales

Año	Cemento gris		Cemento blanco		Mortero	
	Nacional	Tabasco	Nacional	Tabasco	Nacional	Tabasco
2013	36,515,094	991,124	949,752	25,779	3,569,086	96,875
2014	38,384,966	1,041,878	1,129,506	30,658	3,763,222	102,145
2015	41,251,232	1,119,676	888,655	24,121	4,172,555	113,255
2016	42,366,685	1,149,953	862,037	23,398	4,454,053	120,896
2017	42,835,621	1,162,681	844,629	22,926	4,620,482	125,413
2018	42,805,366	1,161,860	932,327	25,306	4,594,101	124,697
2019	39,738,454	1,078,615	842,259	22,861	4,576,492	124,219
2020	41,937,355	1,138,300	891,926	24,209	4,576,492	124,219

Para calcular la fracción de clinker que contiene cada tipo de cemento producido, se tomó en cuenta los datos utilizados en el inventario nacional de emisiones. En México el INECC considera una fracción promedio del 90% de clinker en el cemento gris y blanco, para el mortero se considera el 80% (INECC, 2018), estos porcentajes se aplicaron a la cantidad de cemento que se determinó, es producido en Tabasco, dando como resultado los datos que se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Cálculo de clinker por tipo de cemento para Tabasco

Año	Clinker cemento gris (90%)	Clinker cemento blanco (80%)	Clinker mortero (80%)	Clinker total
2013	892,012	20,623	77,500	990,135
2014	937,690	24,526	81,716	1,043,932
2015	1,007,709	19,297	90,604	1,117,609
2016	1,034,958	18,719	96,717	1,150,393
2017	1,046,413	18,341	100,330	1,165,084
2018	1,045,674	20,245	99,758	1,165,676
2019	970,754	18,289	99,375	1,088,418
2020	1,024,470	19,368	99,375	1,143,212

Para los años correspondientes al periodo de 2010 a 2013, la producción de cemento se obtuvo de la base de datos proporcionada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), datos que se enlistan en la Tabla 6, considerando que solo se produjo cemento gris, para determinar la cantidad de clinker contenido.

Tabla 6. Producción de cemento en Tabasco en el periodo de 2010 a 2012

Año	Producción de cemento (t)	Fracción de clinker	Clinker (t)
2010	827635	0.9	744871.5
2011	761445	0.9	685300.5
2012	852516	0.9	767264.4

3.2.2 Uso de lubricantes

En esta fuente de emisión, se consideran los productos derivados de combustibles fósiles con fines primarios (sin combustión), como son los lubricantes. Para calcular las emisiones de CO₂ debidas al uso de lubricantes, es fundamental conocer la cantidad utilizada anualmente. Para obtener estos datos en Tabasco, se consultaron las COAS proporcionadas por SEMARNAT (Anexo 7), correspondientes al periodo de 2010 al 2018, así mismo se utilizó el poder calorífico para los lubricantes y realizar las conversiones necesarias a las unidades de GJ (Giga-joules). Para realizar el cálculo de esta categoría es necesario considerar el supuesto de que los aceites lubricantes se queman por completo (Trust, 2014).

Se utilizó la ecuación 3 para el cálculo de emisiones de CO₂ correspondiente al método Nivel 1, en el cual se utilizan parámetros por defecto proporcionados por la misma guía de directrices del IPCC, como son la composición de los aceites y grasas, así como el contenido de carbono en lubricantes (IPCC, 2006).

$$CO_2 \text{ Emisiones} = LC * CC_{\text{Lubricante}} * ODU_{\text{Lubricante}} * \frac{44}{12} \quad (3)$$

Donde:

$CO_2_{Emisiones}$ = emisiones de CO_2 generadas por los lubricantes, toneladas (t) de CO_2

LC = consumo total de lubricantes, (TJ)

$CC_{Lubricante}$ = Contenido de carbono de los lubricantes (por defecto), tonelada de C (carbono)/TJ (tera Jules) que es igual a kg. de C/GJ

$ODU_{Lubricante}$ = Factor ODU (basado en la composición por defecto de aceites y grasas), fracción

$\frac{44}{12}$ = Cociente de masa del CO_2/C

Se utilizó el valor de oxidación (ODU) de 0.2 y el factor de emisión (CC) de 20 kg de c/GJ, valores predeterminados en la guía del IPCC, se convirtió los kilogramos (kg) de aceites utilizados a unidades de GJ requeridos para realizar el cálculo, utilizando el valor del poder calorífico neto de 42.03 MJ/kg obtenido del informe técnico del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) para el INECC (INECC, 2014).

3.2.3 Producción y uso de asfaltos

Para el cálculo de emisiones de COVDM generados durante los trabajos de pavimentación de rutas, se realizó mediante la metodología descrita en la guía EMEP/CORINAIR de la EEA (Agencia Europea de medio ambiente) (EEA, 2019), sugerida en las directrices del IPCC utilizando el Nivel 1, el cual consiste utilizar un factor de emisión predeterminado y conocer la cantidad de asfalto producido o en su caso la superficie pavimentada, como se indica en la ecuación 4. Para este caso en particular se utilizaron los datos proporcionados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), quienes nos facilitaron los datos de superficie pavimentada (Anexo 8) para el periodo de estudio.

$$E_{contaminante} = AR_{producción} \times FE_{contaminante} \quad (4)$$

Donde:

$E_{contaminante}$ = Emisión del contaminante (g COVDM)

$AR_{producción}$ = Cantidad de asfalto producido (t)

$FE_{\text{contaminante}}$ = Factor de emisión del contaminante (g/t de asfalto)

Cuando no se conoce la cantidad de asfalto producida, el IPCC propone utilizar el factor de conversión de 100 kg de asfalto /m² de superficie pavimentada (IPCC, 2006).

3.2.4 Producción de azúcar y miel de caña

De acuerdo con las directrices del IPCC 2006, para la categoría de la Industria de la alimentación y la bebida, se utiliza a la Guía de Inventarios de Emisiones de EMEP/CORINAIR, que describe las metodologías y factores de emisión de acuerdo con el producto que se elabora, en este caso la producción de azúcar y miel de caña entran dentro de esta categoría y las emisiones de COVDM generadas por esta actividad se calculan utilizando la ecuación 5. Los datos utilizados para estas ecuaciones se obtuvieron de los informes estadísticos del Sector Agroindustrial de la caña de azúcar en México (Anexo 9)

$$E_{\text{contaminante}} = AR_{\text{producción (t)}} * FE_{\text{contaminante}} \quad (5)$$

Donde:

$E_{\text{contaminante}}$ = emisión del contaminante (kg COVDM)

$AR_{\text{producción (t)}}$ = producción en tonelada (t)

$FE_{\text{contaminante}}$ = factor de emisión del contaminante (kg COVDM/ton azúcar, miel)

Los factores de emisión de la Tabla 7 se utilizan en la Ecuación 5, para determinar las emisiones en la producción de azúcar y miel, la cual se basa en el total de producción por su correspondiente factor de emisión.

Tabla 7. Factores de emisión utilizados en la producción de azúcar y miel de caña

Proceso	Factor de emisión (COVDM)
Producción de azúcar	10 kg COVDM/t azúcar
Producción de miel	10 kg COVDM/t miel

3.2.5 Incertidumbres

Para realizar el cálculo de incertidumbre del presente trabajo se utilizó el software del IPCC, el cual se basa en el método de propagación del error, descrito en las directrices del IPCC 2006, la cual cuenta con dos reglas para combinar incertidumbres no correlacionadas bajo la suma y la multiplicación. La determinación de la incertidumbre general del inventario se toma en cuenta el año base y el año de interés, para el caso del presente artículo el año base es 2010 y el año de interés 2020 (INECC, 2018).

Existe una incertidumbre para datos de actividad y los factores de emisión por defecto proporcionado por las directrices del IPCC, aunque suelen existir cálculos de incertidumbre propios de cada país para estas variables, para nuestro caso de estudio se utiliza las proporcionadas por el IPCC y las utilizadas por México de acuerdo con sus propias investigaciones. De acuerdo con el IPCC la definición de incertidumbre está dada como la mitad del intervalo de confianza del 95%, dividido entre el valor estimado de la misma variable, lo cual se expresa mediante la ecuación 6 (INECC, 2018).

$$U = \frac{\frac{|CI|}{2}}{\text{valor estimado}} \quad (6)$$

Donde:

U= incertidumbre del valor estimado

|CI|= magnitud del intervalo de confianza del valor estimado de la variable (para nuestro caso 95%). El método de propagación del error determina la certeza de los cálculos de emisión, y se obtiene mediante la ecuación 7.

$$U = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2} \quad (7)$$

Donde:

U= Incertidumbre del producto de las cantidades

U_n^2 = incertidumbre asociada con la cantidad n .

En casos en los que se deben de combinar las cantidades inciertas por suma o resta, la incertidumbre de la suma o resta, expresada en términos porcentuales, se obtiene de la ecuación 8.

$$U = \frac{\sqrt{(U_1 \cdot x_1)^2 + (U_2 \cdot x_2)^2 + \dots + (U_n \cdot x_n)^2}}{x_1 + x_2 + \dots + x_n} \quad (8)$$

Donde:

U= incertidumbre de la suma o resta de las cantidades x_i

U_n = incertidumbre asociada con la cantidad n .

Según la ecuación 7, la incertidumbre está dada por la ecuación 9.

$$U_{\text{emisión}} = \sqrt{U_{\text{DA}}^2 + U_{\text{FE}}^2} \quad (9)$$

Donde:

$U_{\text{emisión}}$ = incertidumbre de la emisión

U_{DA}^2 =incertidumbre el dato de actividad.

U_{FE}^2 = incertidumbre del factor de emisión.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Emisiones por producción de cemento

Para el cálculo de emisiones por producción de cemento, se requirió la información de producción nacional a través del Banco de Información Económica (BIE) (Anexo 6), por cada tipo de cemento producido a partir del cual se calculó la parte correspondiente para Tabasco. En la Tabla 8 se enlista los resultados obtenidos del cálculo de emisiones a partir del clinker total producido por los diferentes tipos de cemento (gris, blanco y mortero) durante el periodo de 2010 a 2020.

Tabla 8. Producción de Clinker (t) y emisiones de CO₂

Año	Clinker (t)	Factor de emisión (t CO₂/t clinker)	CO₂ (Gg)
2010	744,872	0.536	399
2011	685,301	0.536	367
2012	767,264	0.536	411
2013	990,135	0.536	531
2014	1,043,932	0.536	560
2015	1,117,609	0.536	599
2016	1,150,393	0.536	617
2017	1,165,084	0.536	624
2018	1,165,676	0.536	625
2019	1,088,418	0.536	583
2020	1,143,212	0.536	613

De acuerdo con los resultados obtenidos para el periodo de análisis (2010-2020), las emisiones totales fueron en el rango de 367 a 625 ±98.75 Gg CO₂. El total de emisiones generadas en el periodo de 2010-2020 fue de 5,929 Gg CO₂, el comportamiento de las emisiones calculadas con respecto al Inventario nacional realizado por el INECC para el periodo 1990-2019, comparando los resultados en el periodo de 2010-2019, se puede determinar que el estado de Tabasco contribuye con 2.43% de emisiones de CO₂ al total de emisiones reportadas a nivel nacional (INECC, 2022).

En la Figura 13, se observa el comportamiento de las emisiones de CO₂ con respecto a la producción de clinker, donde a partir del año 2012 se tiene un incremento en las emisiones de CO₂, lo cual corresponde a los años con mayor producción de cemento y clinker para el periodo estimado, teniendo un mínimo decremento en el año 2019 y volviendo a incrementar en el año 2020.

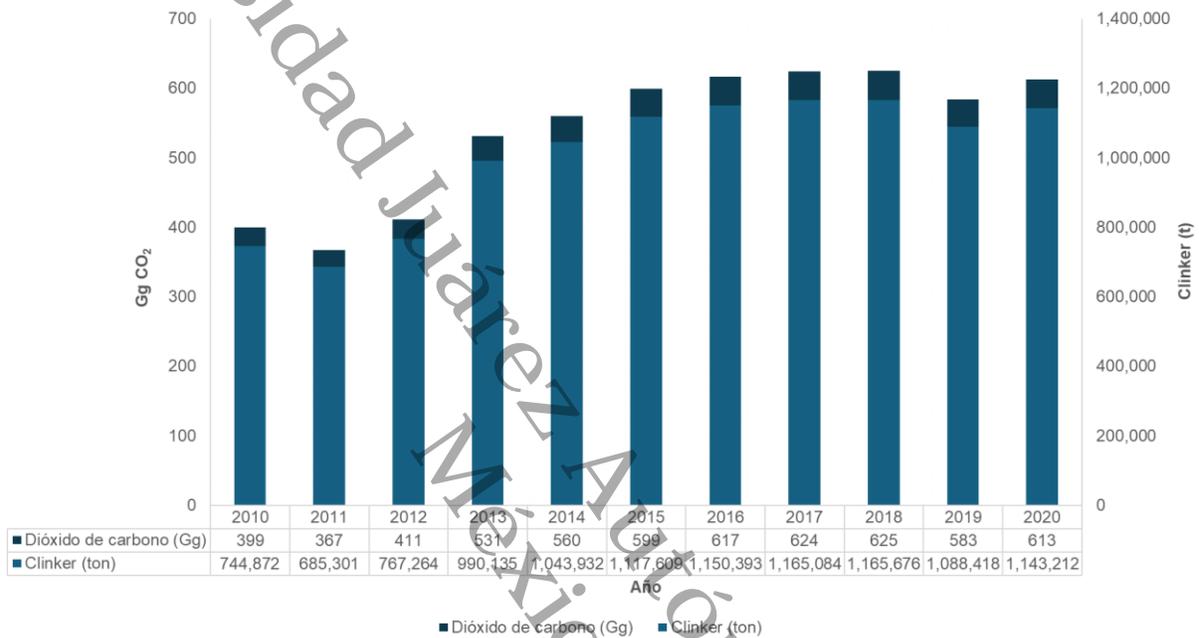


Figura 13. Emisiones de CO₂ por producción de clinker por año.

De acuerdo con los datos reportados en el inventario publicado por el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Tabasco el cual fue elaborado para el periodo de 2005-2009, se tiene un aumento significativo en las emisiones de CO₂, con respecto a las emisiones calculadas para el periodo de 2010-2020, las cuales pasan de 18 Gg CO₂-eq a 539 Gg CO₂-eq, como se observa en la Figura 14.

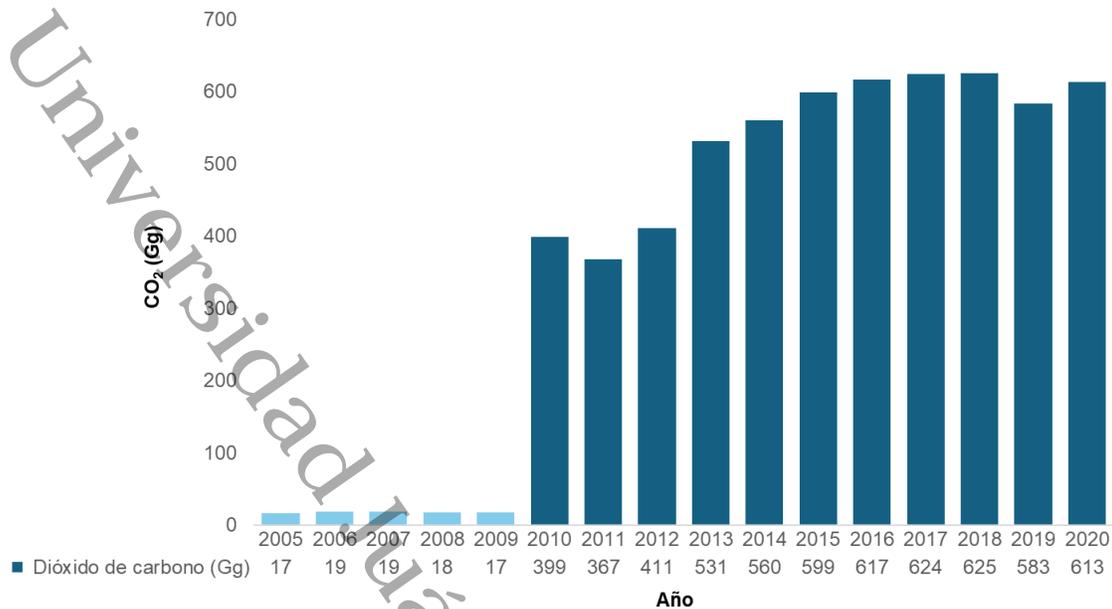


Figura 14. Emisiones de CO₂-eq para los inventarios de 2005-2009 y 2010-2020

Cabe recalcar que el inventario emisiones de 2005-2009 fue realizado utilizando el software y guías del IPCC-1996, en donde se toman consideraciones distintas al software y guías de 2006 las cuales fueron utilizadas para la presente investigación (Del Angel et al., 2018). El Anexo 1 presenta los cálculos realizados con el software IPCC 2006.

4.2 Uso de lubricantes

Los datos de usos de lubricantes utilizados en Tabasco se obtuvieron de las COAS facilitadas por SEMARNAT (Anexo 7). Los cálculos para esta emisiones de CO₂ generado por el uso de lubricantes, principalmente en motores y usos comerciales, se presentan en la Tabla 9, los cuales fueron realizados de acuerdo con la metodología descrita en las directrices del IPCC 2006, en donde se enlista el consumo de lubricantes en kg, información proporcionada por SEMARNAT a través de las COAs, obteniendo resultados menores a 1 Gg CO₂ y un total de 1.70 Gg CO₂ durante el periodo de 2010 a 2020.

Tabla 9. Cálculo de emisiones de CO₂ por uso de lubricantes

Año	Aceite consumido (Kg)	Poder calorífico neto (PCN), MJ/Kg	LC Consumo de lubricante (TJ)	CC_{lubricante} (kg de C/GJ)	ODU	Cociente de masa del CO₂/C	Emisión de CO₂ (Gg)
2010	214,198	42.03	9.00	20	0.2	3.67	1.3E-01
2011	127,330	42.03	5.35	20	0.2	3.67	7.8E-02
2012	184,140	42.03	7.74	20	0.2	3.67	1.1E-01
2013	599,125	42.03	25.18	20	0.2	3.67	3.6E-01
2014	3,954.60	42.03	0.17	20	0.2	3.67	2.4E-03
2015	555,847	42.03	23.36	20	0.2	3.67	3.4E-01
2016	35,246	42.03	1.85	20	0.2	3.67	2.7E-02
2017	512,526	42.03	21.54	20	0.2	3.67	3.1E-01
2018	277,194	42.03	11.65	20	0.2	3.67	1.7E-01
2019	7,936	42.03	0.33	20	0.2	3.67	4.8E-03
2020	243,331	42.03	10.23	20	0.2	3.67	1.5E-01

La estimación de emisiones derivadas del uso de lubricantes en Tabasco (Anexo 2) para el periodo de 2010-2020 resultó ser casi tres veces inferior en comparación con las emisiones registradas para Jalisco en 2014, año en el cual se estimaron 4.34 Gg CO₂. Esta notable diferencia se atribuye al tamaño considerablemente mayor del sector industrial en Jalisco en relación con Tabasco (Trust, 2014).

De manera similar, el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero de 2019, reportó emisiones de 27.6 Gg CO₂-eq por uso de lubricantes (INECC, 2022). Esta cifra es 16 veces superior a las emisiones totales estimadas para el periodo de estudio completo.

La Figura 15 ilustra la tendencia de las emisiones durante el periodo estudiado, destacando los años 2013, 2015 y 2017 por registrar las emisiones más altas. En comparación con el año 2010, se observó un incremento del 13% en las emisiones.

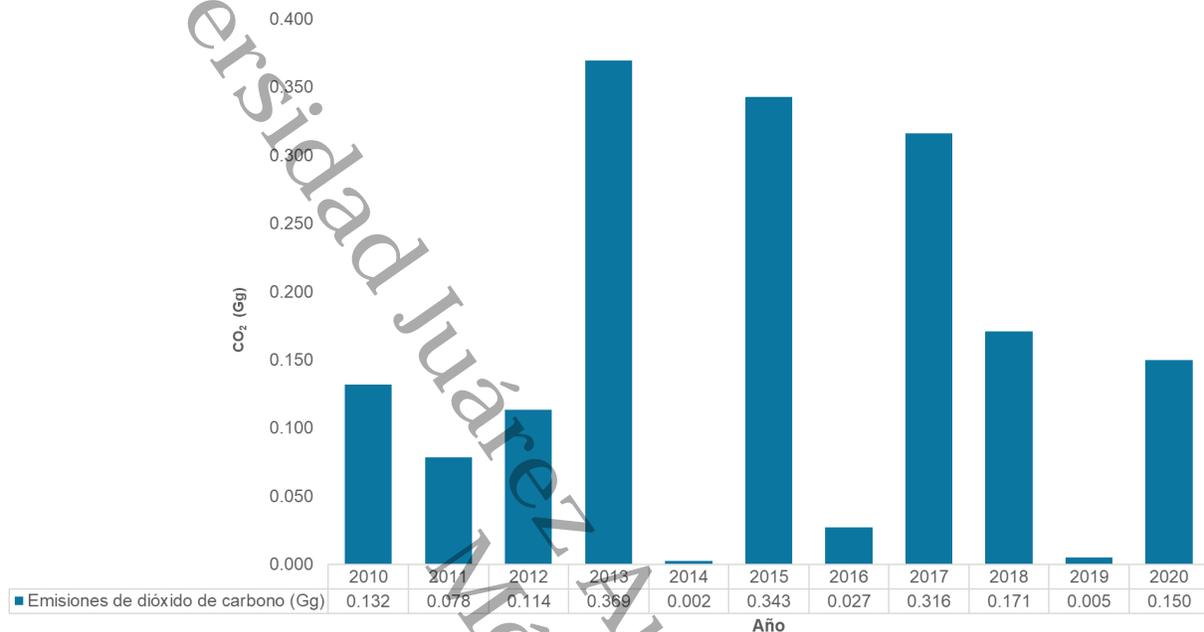


Figura 15. Emisiones de CO₂ por uso de lubricantes Para el periodo de 2010 – 2020

4.3 Producción y uso de asfaltos

Los resultados del cálculo de emisiones de COVDM por uso de asfalto (ver el Anexo 3) se presentan en la Tabla 10. Las emisiones varían entre 0.0001582 a 0.001583 ± 0.00041 Gg de COVDM, con las emisiones más altas registradas en 2014 y las más bajas en 2011, correspondiendo estos años a las superficies pavimentadas máxima y mínima, respectivamente.

Tabla 10. Emisiones de COVDM para Tabasco en el periodo 2010 - 2020

Año	Superficie (m ²)	Asfalto (t)	COVDM (Gg)
2010	397,867	39,786.7	6.37E-04
2011	98,905	9,890.5	1.58E-04
2012	207,706	20,770.6	3.32E-04
2013	602,311	60,231.1	9.64E-04
2014	989,690	98,969	1.58E-03
2015	487,974	48,797.4	7.81E-04
2016	507,970	50,797	8.13E-04
2017	302,750	30,275	4.84E-04
2018	120,641	12,064.1	1.93E-04
2019	542,540	54,254	8.68E-04
2020	575,521	57,552.1	9.21E-04

El comportamiento de las emisiones con respecto a la masa de asfalto utilizada por año, en el periodo de 2010-2020, se presenta en la Figura 16. Convirtiendo el total de emisiones de COVDM a CO₂-eq, se obtiene que para el periodo analizado se emitieron en total 0.01701 Gg CO₂-eq, la tendencia de estas emisiones va de 0.000348 a 0.00348±0.000902 Gg CO₂-eq.

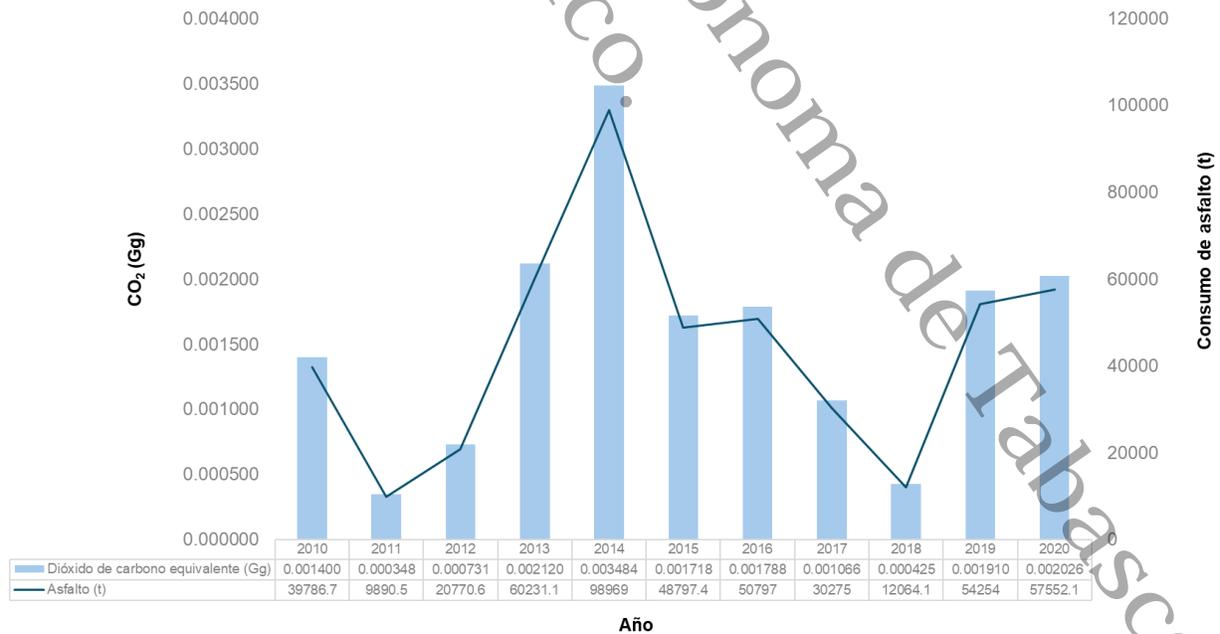


Figura 16. Emisiones de CO₂-eq, por consumo de asfalto

Los resultados indican que las emisiones por kilómetro cuadrado equivalen a 0.00352 Gg CO₂-eq/km² de superficie pavimentada en promedio, de acuerdo con la información proporcionada por la SCT sobre el área pavimentada durante el periodo de estudio.

Tomando en cuenta el comportamiento de las emisiones con respecto al área pavimentada, se deduce que estas son proporcionales al área y cantidad de asfalto utilizado, ya que a mayor área pavimentada es mayor la cantidad de asfalto que se requiere y por lo tanto se tienen mayores emisiones.

En el Inventario Nacional de emisiones, no se contempla el cálculo de emisiones para esta categoría, los inventarios estatales disponibles tampoco contaban con esta estimación, sin embargo en otros países, sobre todo los que son están en los primeros lugares en emisiones a nivel global, como es el caso China, donde se tienen estudios sobre las emisiones por construcción de carreteras, dado que este país cuenta con una red e infraestructura carretera mucho más amplia que México, es evidente que sus emisiones sean mayores, tomando en cuenta el dato de la provincia del Tíbet, en donde las emisiones rondan los 0.0106 Gg CO₂-eq en, las cuales son tres veces mayores a las que presenta el estado de Tabasco (Chen et al., 2017).

4.4 Producción de azúcar y miel de caña

El cálculo de emisiones de COVDM para la producción de miel y azúcar se enlistan en la Tabla 11. Las emisiones de COVDM y CO₂-eq se calcularon de acuerdo con las directrices de la guía EMEP/CORINAIR 2019, que indican las directrices del IPCC-2006 se debe seguir para esta categoría, la producción de miel y azúcar para el periodo de 2010 a 2020 que se obtuvieron a través de los anuarios estadísticos de la industria azucarera (Anexo 9).

Los resultados indican que las emisiones son proporcionales a la producción, observando que la producción de azúcar es mayor a la producción de miel, por lo que las emisiones por producción de azúcar son mayores. Los cálculos realizados utilizando el software IPCC-2006, se muestran en el Anexo 4.

Tabla 11. Resultado del cálculo de emisiones de COVDM y CO₂-eq por producción de azúcar y miel

Año	Miel (t)	COVDM (Gg) miel	CO ₂ -eq (Gg) miel	Azúcar (t)	COVDM (Gg) azúcar	CO ₂ -eq (Gg) azúcar	Total CO ₂ -eq (Gg)
2010	50,981	0.51	1.12	140,156	1.40	3.08	4.21
2011	68,371	0.68	1.50	180,216	1.80	3.96	5.47
2012	82,294	0.82	1.81	219,067	2.19	4.82	6.63
2013	84,318	0.84	1.85	206,303	2.06	4.54	6.39
2014	61,675	0.62	1.36	168,387	1.68	3.70	5.06
2015	77,304	0.77	1.70	200,102	2.00	4.40	6.10
2016	87,977	0.88	1.94	243,983	2.44	5.37	7.30
2017	91,792	0.92	2.02	260,981	2.61	5.74	7.76
2018	92,603	0.93	2.04	221,946	2.22	4.88	6.92
2019	94,710	0.95	2.08	214,702	2.15	4.72	6.81
2020	77,631	0.78	1.71	214,260	2.14	4.71	6.42

El comportamiento de las emisiones de CO₂-eq con respecto a la producción de azúcar y miel producido por año, en el periodo de 2010-2020 y comparado con los datos obtenidos en el inventario del periodo 2005-2009, se pueden observar en las Figuras 17 y 18 respectivamente. Al realizar la conversión del total de emisiones de COVDM a CO₂-eq, se obtiene que para el periodo analizado, para la producción de azúcar, se emitieron en total 49.94 Gg CO₂-eq, la tendencia de estas emisiones va de 3.08 a 5.74 ± 0.74 Gg CO₂-eq, y por producción de miel se emitieron 19.13 Gg CO₂-eq, la tendencia de estas emisiones va de 1.12 a 2.08 ± 0.30 Gg CO₂-eq.

El comportamiento de la producción de azúcar con respecto a las emisiones de CO₂-eq se observa en la Figura 17, donde la producción de azúcar presenta un comportamiento decreciente del año 2005 al 2008, teniendo un incremento en la producción en 2009 para posteriormente volver a disminuir en los años 2010, 2014 y del 2018 a 2020. Observando los máximos de producción en los años 2012, 2016 y 2017, siendo este último año en que los tres ingenios situados en el estado de Tabasco se mantuvieron en producción, y a partir del año 2018 se produjo el cierre de uno de ellos.

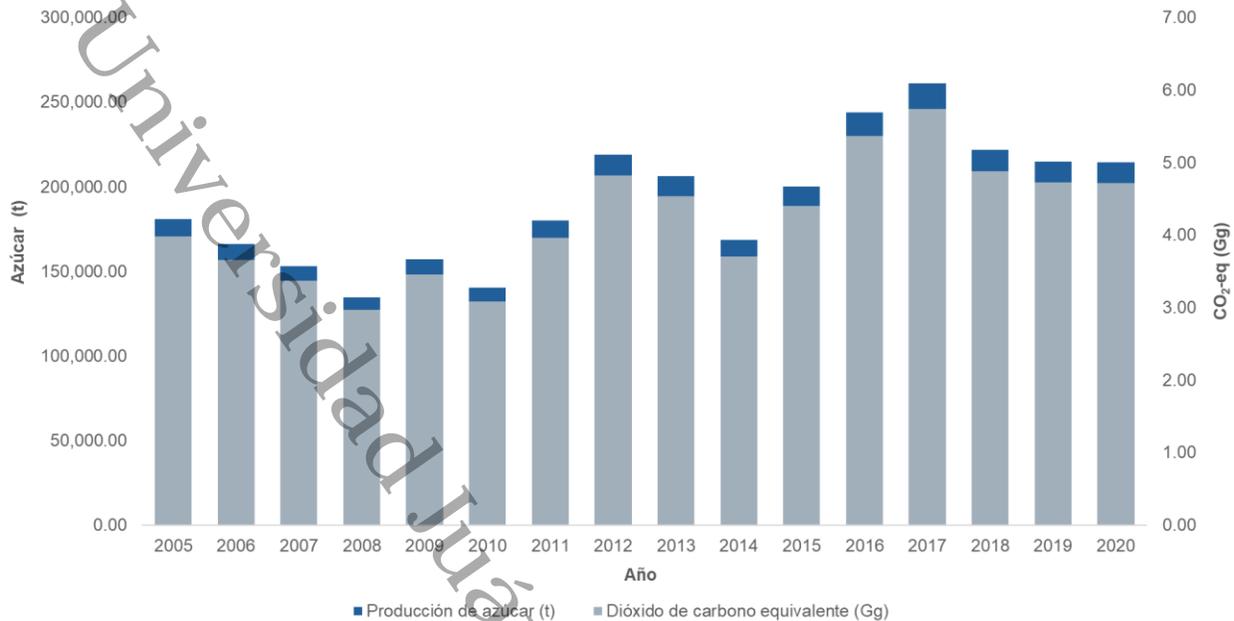


Figura 17. Emisiones de CO₂-eq por producción de azúcar del periodo 2005-2009 y 2010-2020

Se observa un aumento en las emisiones de CO₂-eq, con respecto al inventario realizado para el periodo de 2005 a 2009, tomando en cuenta el mismo periodo de años el aumento es de 15% en las emisiones de 2010 a 2014 y del 48% en el periodo de 2015 a 2020.

El comportamiento de las emisiones por producción de miel se presenta en la Figura 18, donde la producción de miel presentó un comportamiento decreciente del año 2007 al 2009, teniendo un incremento en la producción en 2010 para posteriormente volver a disminuir en los años 2014 y 2020. Observando los máximos de producción en los años 2017 a 2019.

Al igual que la producción, las emisiones tuvieron un aumento del 18% en el periodo de 2010 a 2014 en comparación con el inventario realizado para el periodo de 2005-2009 y un aumento del 50% en el periodo de 2015 a 2020.

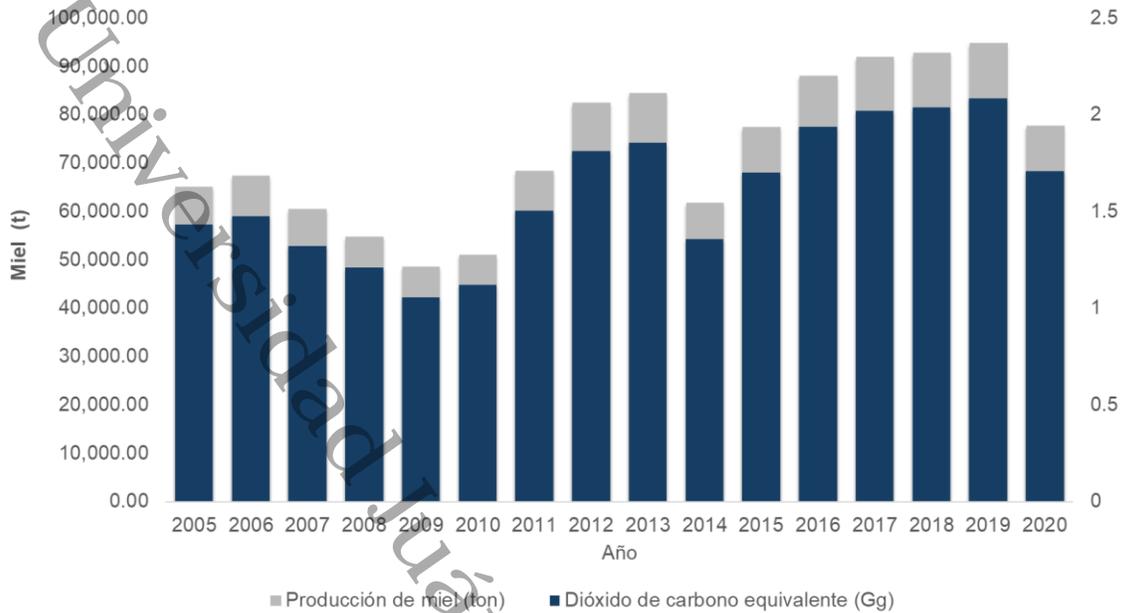


Figura 18. Emisiones de CO₂-eq por producción de miel del periodo 2005-2009 y 2010-2020

En comparación con otras industrias de procesos, la industria azucarera es de las que menos contaminación atmosférica genera (Sahu, 2018), sin embargo hay otras fases en el procesos de producción en donde se tienen emisiones considerables, como es el cambio y uso de suelo, emisiones procedentes de la combustión de carburantes, emisiones de óxido nitroso (N₂O) por uso de fertilizantes y las misiones procedentes de la combustión de residuos de caña de azúcar como es el bagazo (Pongpat et al., 2017), en donde estas emisiones no se contabilizan en la categoría de procesos industriales, si no en la AFOLU, según marca las directrices del IPCC.

Los cálculos de emisiones de GEI por la producción de azúcar realizados en 2010 en Brasil, reportó que el 44% de las emisiones de gases de efecto invernadero se debieron a la quema de residuos, 20% por el uso de fertilizantes sintéticos y cerca del 18% por la combustión de combustibles fósiles (Garcia & Von Sperling, 2017).

4.5 Cálculo de incertidumbre

La incertidumbre de cada categoría del inventario, así como la incertidumbre total, se calcularon utilizando el software del IPCC 2006 (Anexo 5), el cual se basa en el método de propagación del error, para el periodo entre 2010 y 2020.

Se adoptaron las incertidumbres de los factores de emisión (FE) sugeridas por las directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006), y para los datos de actividad se aplicó la incertidumbre del 5% establecida por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) de México, garantizando así una serie temporal coherente al usar la misma metodología en todas las categorías .

Los resultados del cálculo de incertidumbre se pueden observar en la Tabla 10, con valores que oscilan entre 10.20% a 100.12%. la incertidumbre total del inventario es de 10.14% con un nivel de confianza del 95%, mientras que la incertidumbre de la tendencia del 21.47%.

Como se ha mencionado, la única manera de eliminar la incertidumbre en el reporte de emisiones de una fuente sería mediante su medición directa y continua, lo que implica altos costos debido al precio de los instrumentos necesarios para realizar mediciones in situ.

Tabla 12. Incertidumbre del inventario de emisiones del Sector Industrial de Tabasco

Categoría	Emisiones Gg CO ₂ -eq (2020)	Incertidumbre
Producción de cemento	612.7618	10.20%
Uso de lubricantes	0.1499	50.25%
Otros (uso asfalto)	0.000424	95.13%
Otros (alimentación y bebida)	6.920078	100.12%
Incertidumbre total del inventario		10.14%
Incertidumbre de la tendencia		21.47%

Las incertidumbres de la diferencia entre las emisiones obtenidas en 2010 y 2020, están relacionadas con los datos de actividad, ya que según las disposiciones de las directrices del IPCC, las incertidumbres de las actividades se deben calcular para el país, en este caso se tiene incertidumbres calculadas para los datos de actividad en México para los inventarios de 2019 y no para los anteriores, por lo que se supuso la misma incertidumbre en todo el periodo para así tener una serie temporal coherente, lo que da un resultado de incertidumbre en los cálculos de hasta el 100%. Para que estas incertidumbres puedan ser menores es necesario realizar el cálculo de incertidumbre desde la recolección de datos para mejorar los reportes estadísticos con que se alimenta el inventario.

4.6 Emisiones totales del Sector Industrial de Tabasco

Los resultados de emisiones totales de CO₂-eq por categoría para el estado de Tabasco se presentan en la Figura 19, en donde se observa el comportamiento anual de cada una de las categorías estudiadas, teniendo mayor emisor de CO₂ a la Industria de los minerales que va desde los 367 a 625±98.75 Gg de CO₂-eq, seguido de la industria de

la alimentación y bebida que va desde 4.20 a 7.76±1.02 Gg de CO₂-eq y por último la industria de productos energéticos de combustibles y uso de productos que fue de 0.005 a 0.371±0.133 Gg de CO₂-eq.

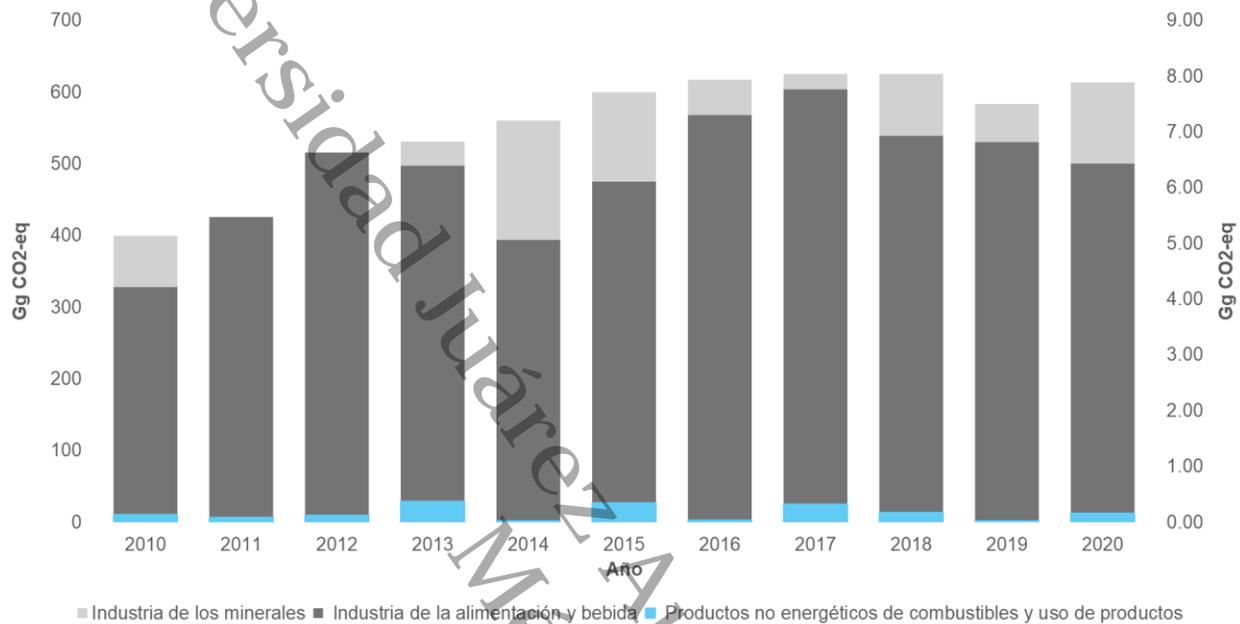


Figura 19. Emisiones totales por categoría del para el estado de Tabasco

La Figura 20 evidencia la contribución porcentual de CO₂-eq para el Sector Industrial de Tabasco para el periodo de 2010 a 2020. La industria de los minerales genera mayores emisiones de GEI, en su subcategoría de producción de cemento, la cual representa el 98.82 % de las emisiones contabilizadas, seguido por la industria de la alimentación de bebida, la cual contempla el subsector de elaboración de azúcar y miel de caña, la cual contribuye con el 1.151% de las emisiones totales, y por último el sector de productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes, el cual contempla las subcategorías de uso de lubricantes y uso de asfaltos, contribuye con el 0.028% de las emisiones totales.

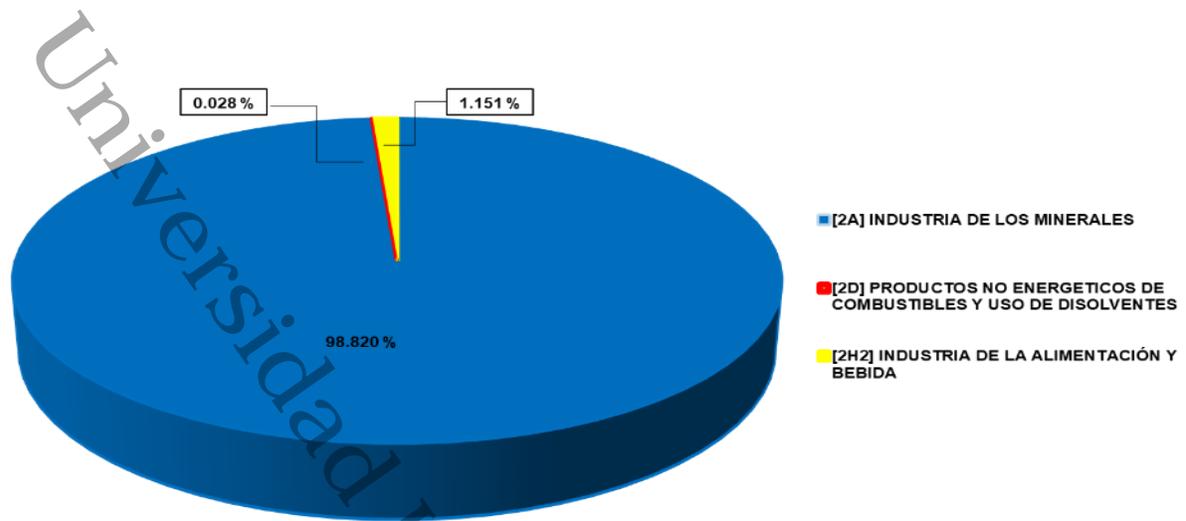


Figura 20. Contribución porcentual de las emisiones de CO₂-eq del Sector de procesos Industriales de Tabasco de 2010 a 2020.

La industria que genera mayores emisiones en el estado de Tabasco es la industria de los minerales, específicamente en la subcategoría de producción de cemento; los estados en los que se cuenta con esta categoría también representan la Industria de mayor emisión de CO₂ en el Sector Industrial.

De acuerdo con el inventario de 2018 del Estado de México, las emisiones de CO₂ por producción de cemento fueron de 952.55 Gg de CO₂, en el mismo año en Tabasco se contabilizaron 625 Gg de CO₂ en la misma industria, lo que representa un 66% de las emisiones generadas por el Estado de México. Aunque en Tabasco esta categoría representa la mayor fuente de emisiones de GEI del Sector Industrial, en comparación con otros estados de la república, Tabasco se encuentra por debajo de las emisiones reportadas.

VI. CONCLUSIONES

El inventario realizado para el estado de Tabasco dio como resultado una estimación de 6018 Gg CO₂-eq, en cuatro fuentes de emisión: producción de cemento, uso de lubricantes, uso de asfalto para pavimentación, fabricación de azúcar y miel de caña, siendo la industria cementera la que mayores emisiones de CO₂ genera, aportando el 98% de las emisiones totales calculadas.

Los resultados obtenidos de la contabilización de emisiones de CO₂-eq en el inventario del Sector Industrial de Tabasco, con respecto los resultados de las emisiones del Inventario Nacional; Tabasco contribuye con el 8.16 % de emisiones, en la misma categoría IPPU (INECC, 2022).

Durante la investigación para realizar la comparación de resultados de emisiones, se percató de que las subcategorías como la producción y uso de asfaltos, así como las emisiones por producción de azúcar y miel de caña, no son contemplados en los inventarios estatales de México (IEECC, 2018). En el caso particular de la categoría de producción y asfalto, los resultados arrojaron que durante su producción se emiten cantidades insignificantes de CO₂, esto siguiendo la metodología descrita en la guía EMEP/CORINAIR 2019, que indican las directrices del IPCC-2006 se debe seguir, y tomando en cuenta que en México el inventario nacional considera para esta misma categoría (uso de productos no energéticos de combustibles y disolventes) las subcategorías: el uso de lubricantes, uso de cera parafina, uso de disolventes y otros, sin contabilizar la categoría de producción y uso de asfaltos.

En el caso de la subcategoría de uso de lubricantes, se encontró que las emisiones son consideradas mínimas con respecto a las otras categorías, dado que durante el periodo analizado de 2010 a 2019, el total de emisiones estimadas fue de 1.55 Gg CO₂-eq, lo que representa el 5.6% respecto al total reportado en el inventario nacional del año 2019.

Con base a los resultados obtenidos se concluye que la industria clave para el estado de Tabasco, es la industria cementera, ya que al igual que en los inventarios nacionales, es esta las que mayores emisiones genera en la categoría de industria de los minerales, por lo que las investigaciones en cuanto a mitigación deben ser encaminados hacia este sector.

Con base al comportamiento de las emisiones calculadas, se observa que estas tienden a aumentar con respecto a la producción, ya que los años en los que se tuvo una disminución en emisiones fue debido a la baja producción de productos, o al cierre de algunas industrias.

VII. RECOMENDACIONES Y PERSPECTIVAS

Para poder contar con un inventario más exhaustivo y completo, es necesario tener acceso a toda la información de producción y consumo, ya que debido a las políticas de privacidad de las industrias, esta información esta solo disponible para el INECC al realizar el inventario de GEI nacional.

Los estados de México no cuentan con la información estandarizada de cada uno de los sectores de emisiones de los procesos industriales, por lo que se dificulta realizar este inventario el cual es un insumo importante para el estado y la industria en la toma de decisiones para la mitigación de emisiones.

VIII. ANEXOS

Anexo 1

Cálculo de emisiones por producción de cemento para los periodos de 2010, 2015, 2020, a través del software del IPCC-

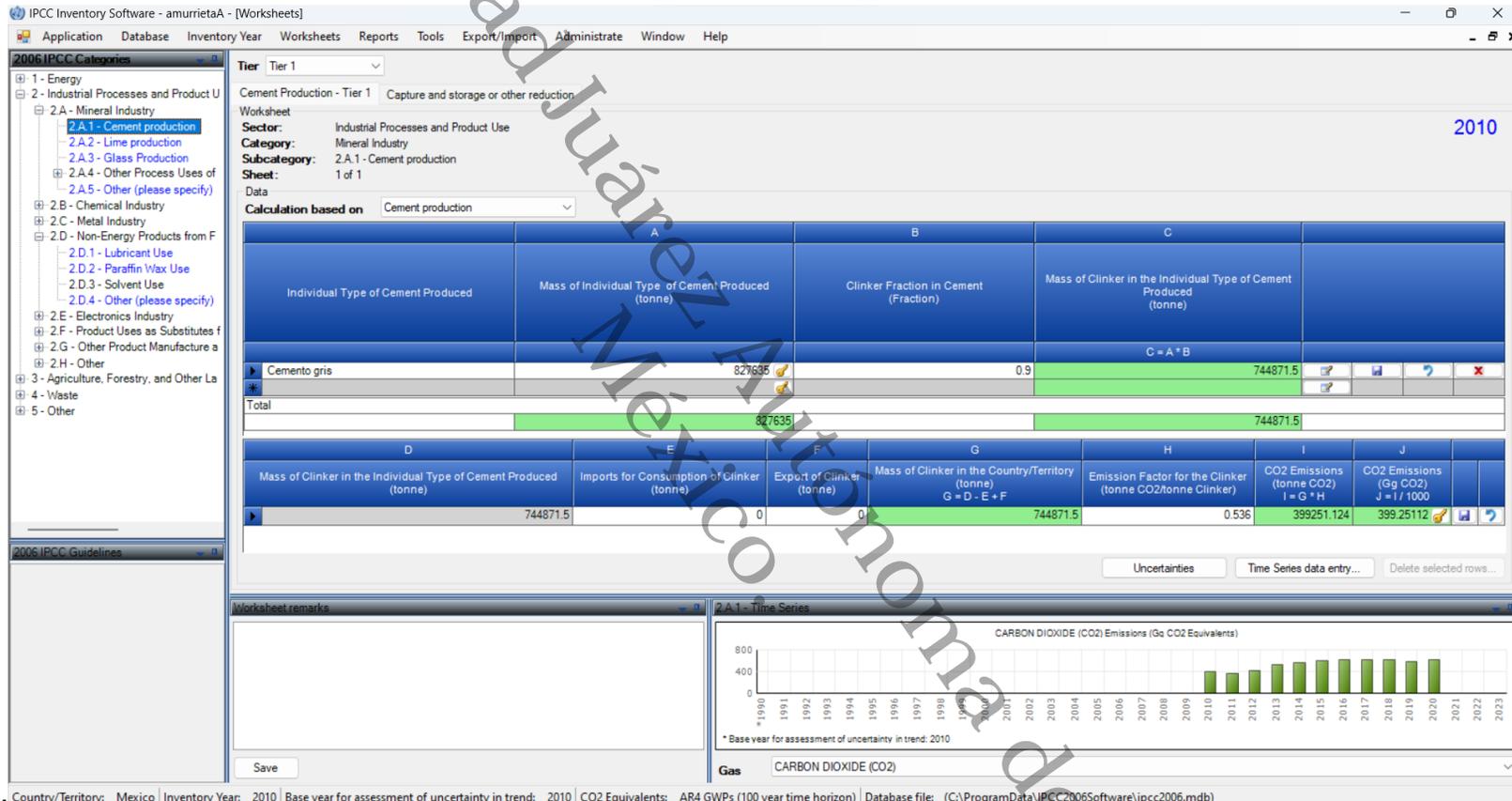


Figura 21. Cálculo de emisiones por producción de cemento en el año de 2010, con software IPCC 2006 .

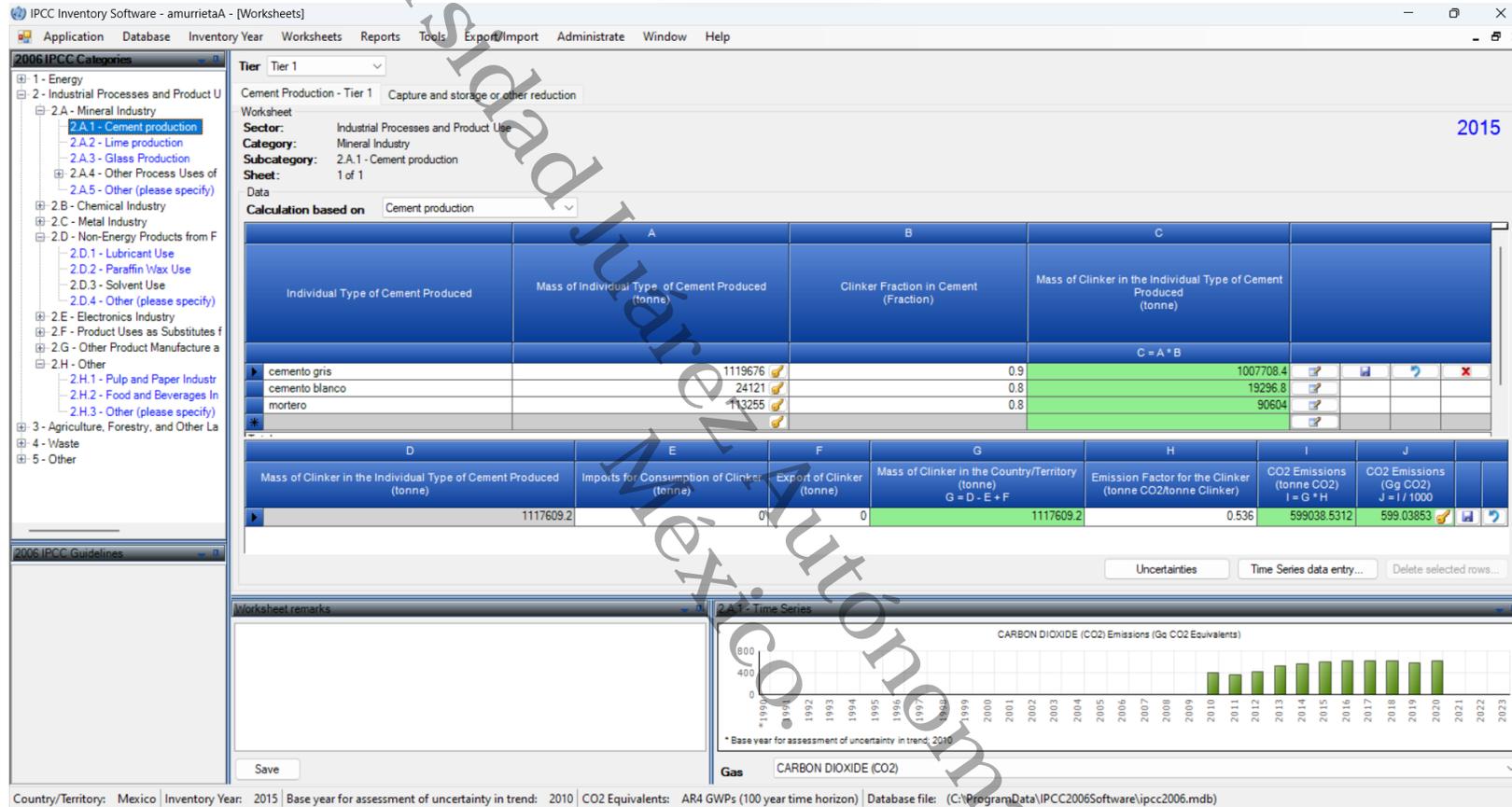


Figura 22. Cálculo de emisiones por producción de cemento en el año de 2015, con software IPCC 2006.

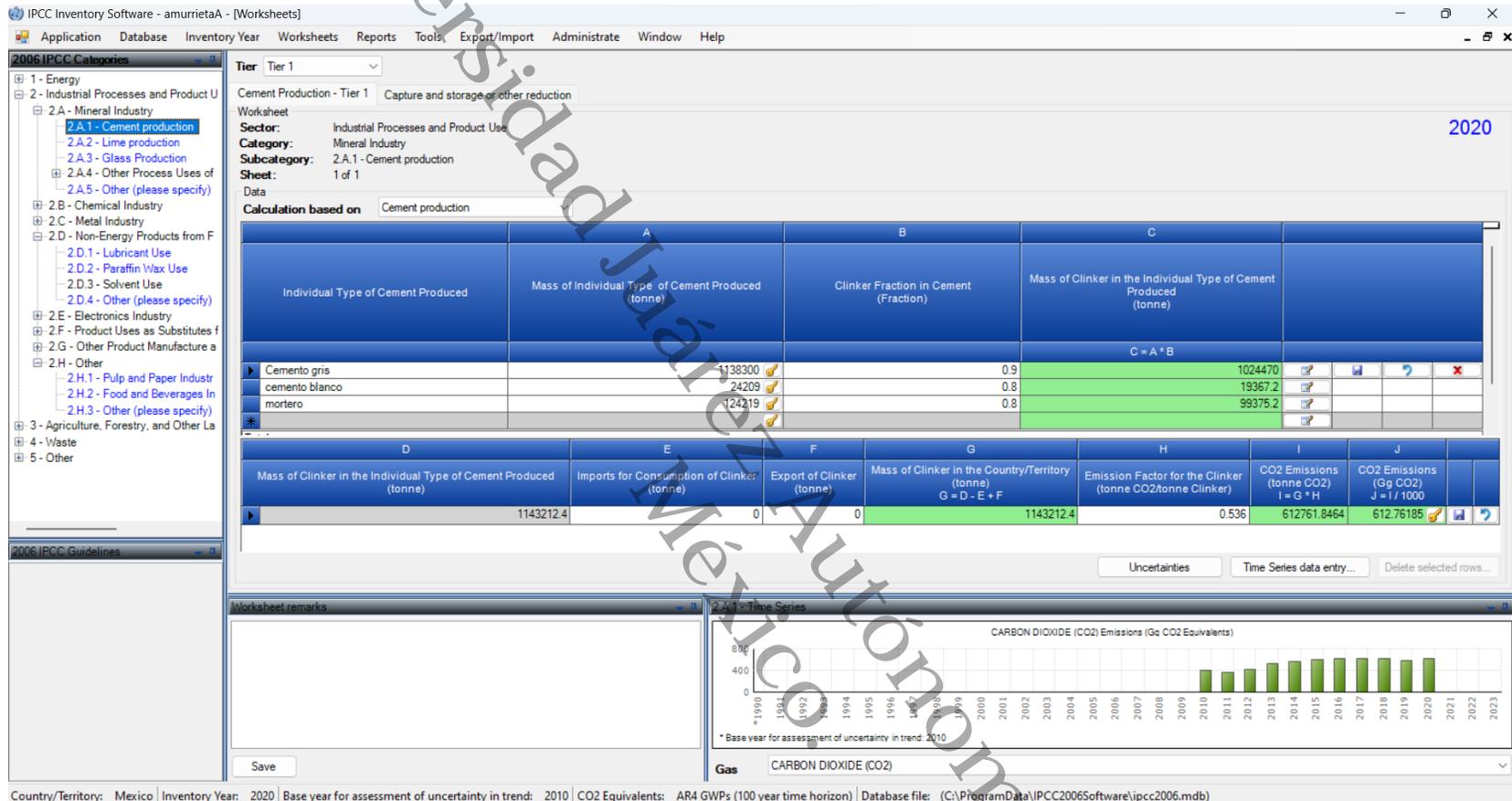


Figura 23. Cálculo de emisiones por producción de cemento en el año de 2020, con software IPCC 2006.

Anexo 2

Cálculo de emisiones por uso de lubricantes para los periodos de 2010, 2015, 2020, a través del software del IPCC-2006.

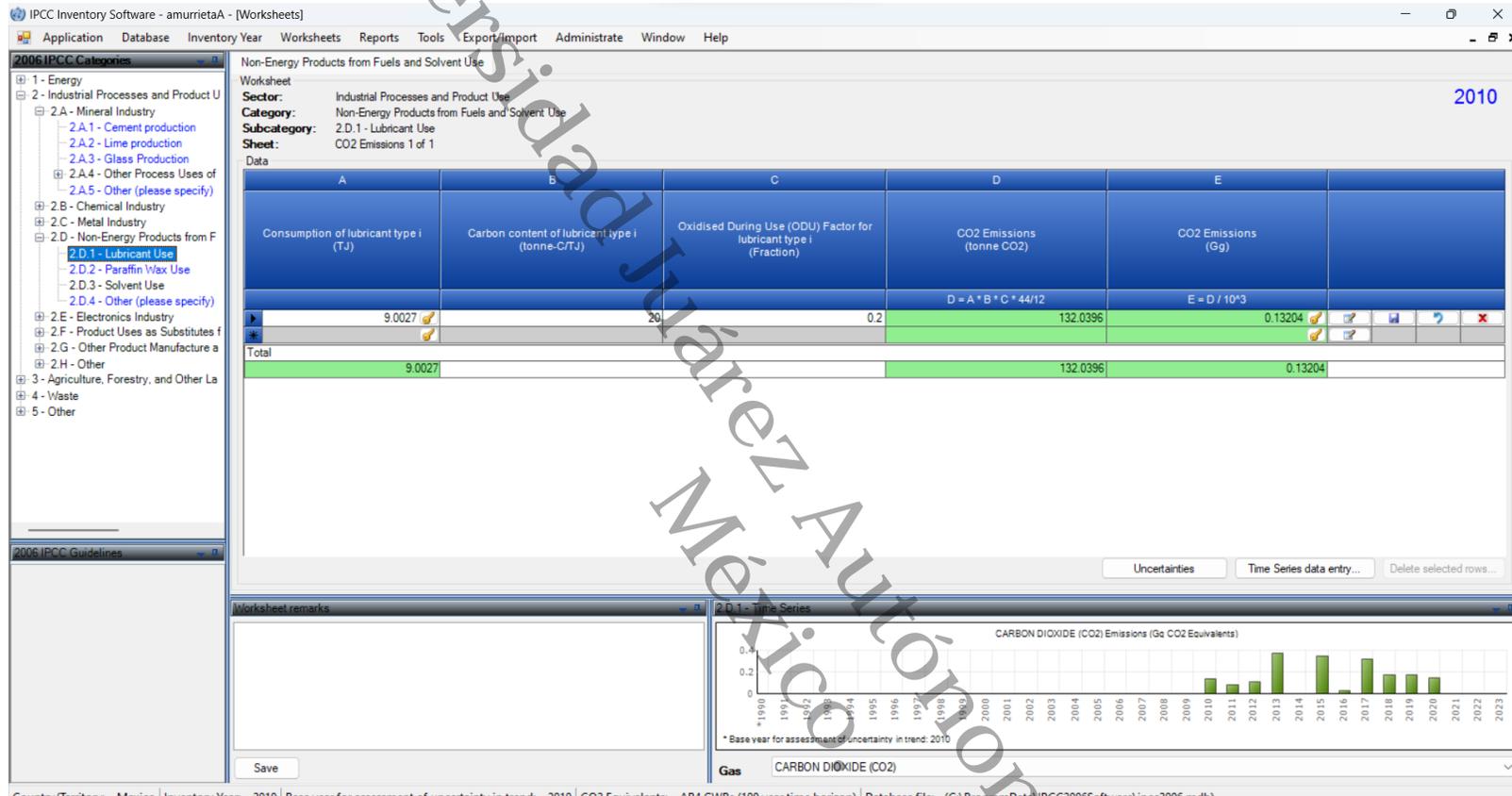


Figura 24. Cálculo de emisiones por uso de lubricantes en el año de 2010, con software IPCC 2006.

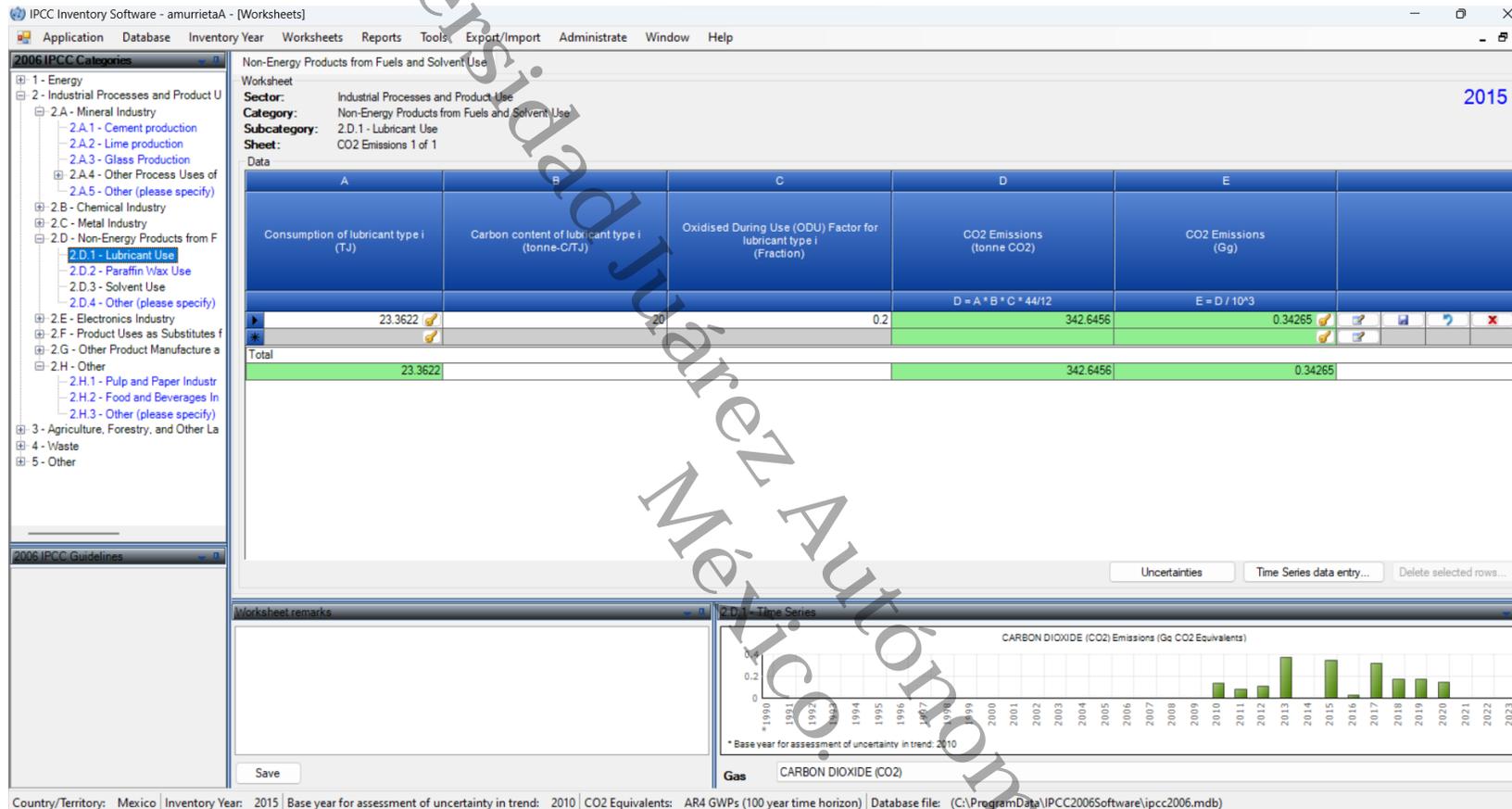


Figura 25. Cálculo de emisiones por uso de lubricantes en el año de 2015, con software IPCC 2006.

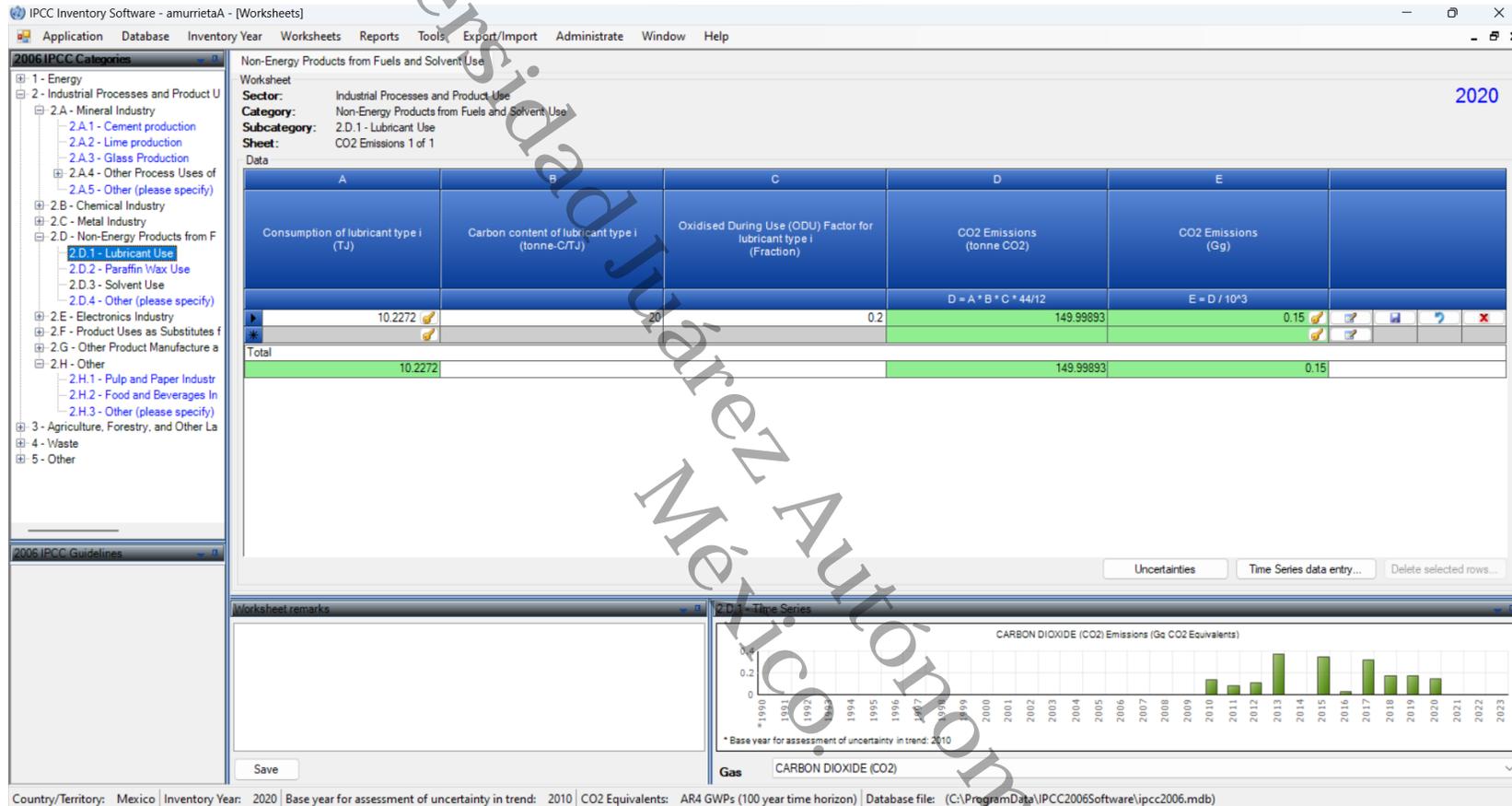


Figura 26. Cálculo de emisiones por uso de lubricantes en el año de 2020, con software IPCC 2006.

Anexo 3

Cálculo de emisiones por uso asfaltos para los periodos de 2010, 2015, 2020, a través del software del IPCC-2006.

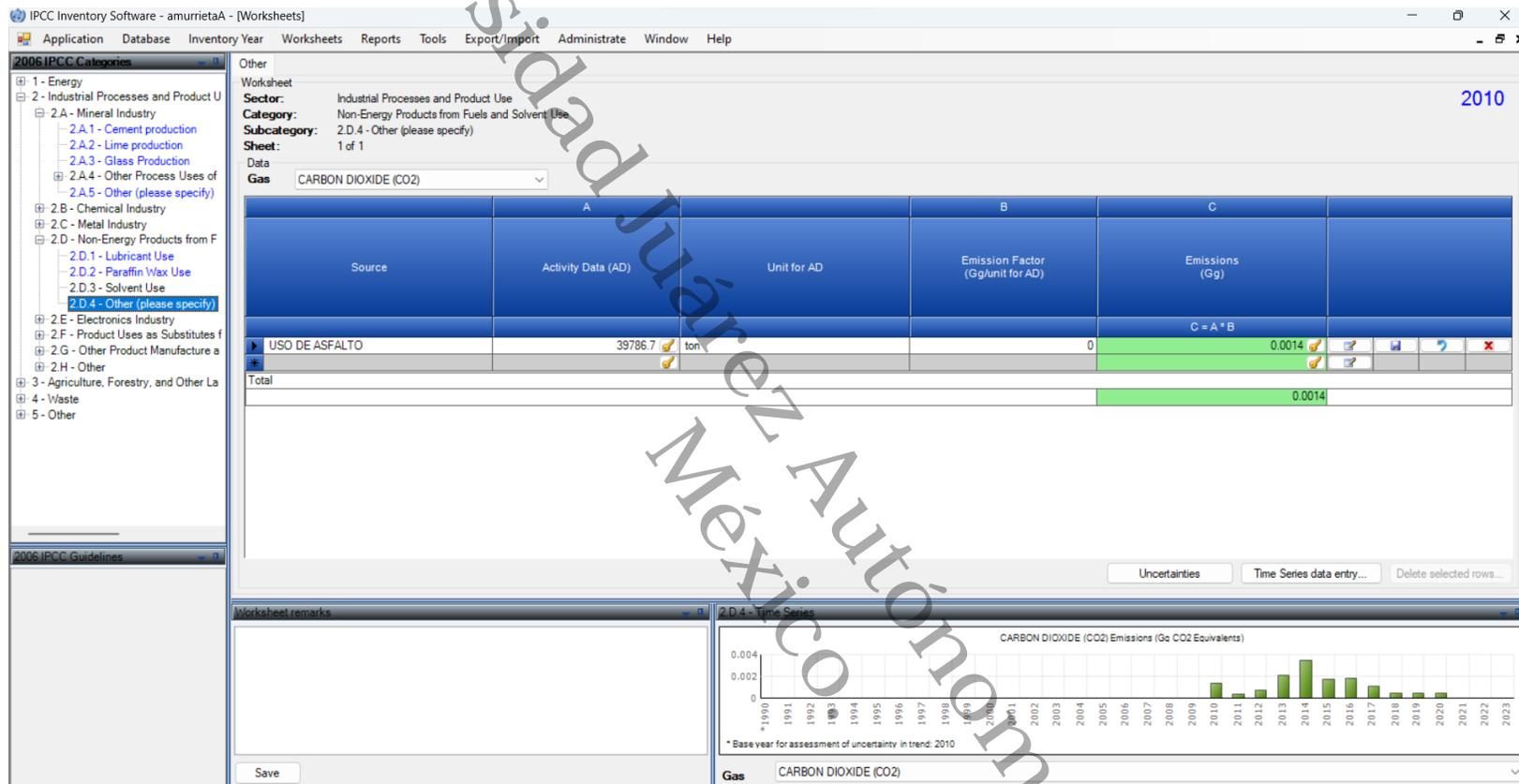


Figura 27. Cálculo de emisiones por uso de asfalto en el año de 2010, con software IPCC 2006.

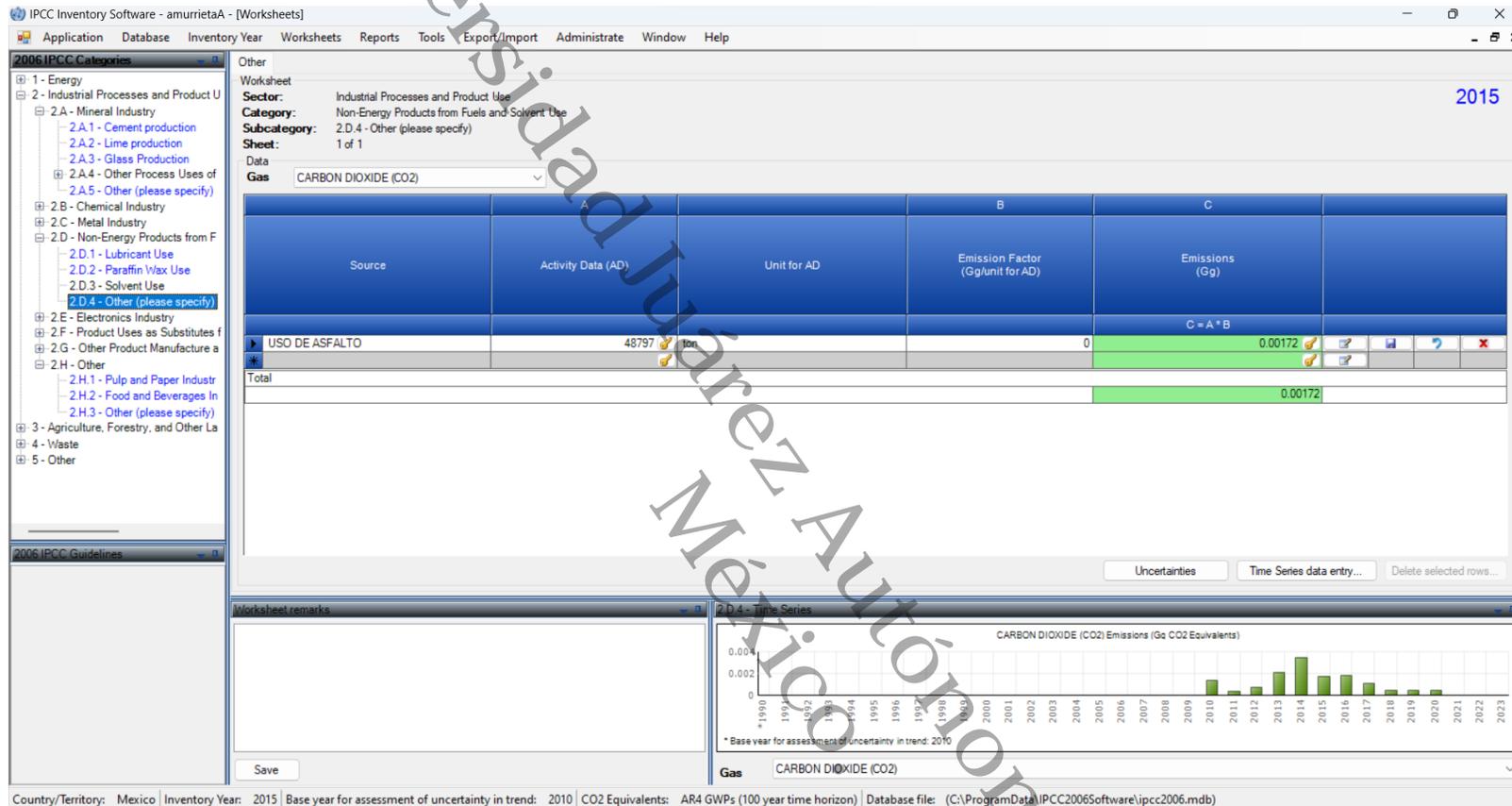


Figura 28. Cálculo de emisiones por uso de asfalto en el año de 2015, con software IPCC 2006.

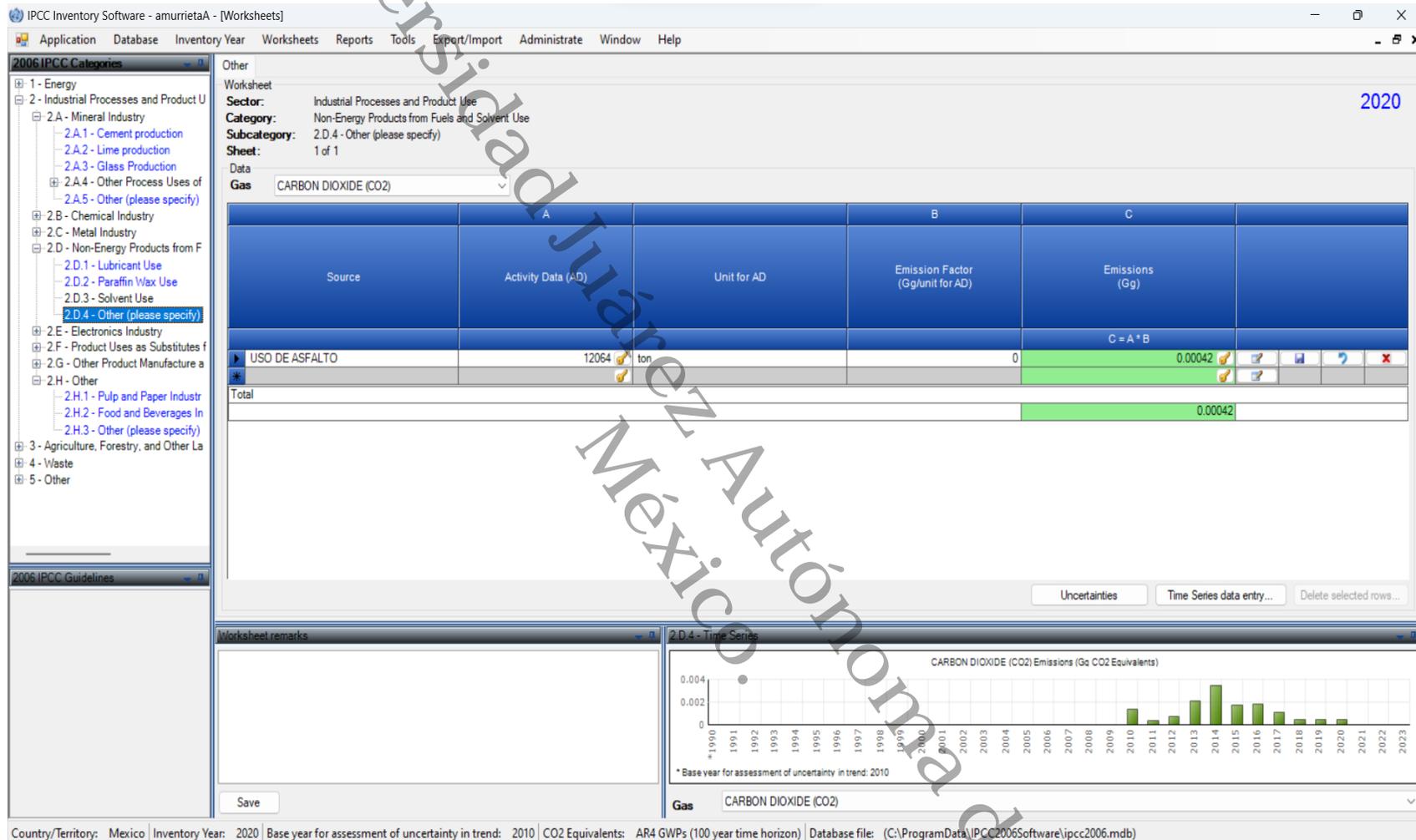


Figura 29. Cálculo de emisiones por uso de asfalto en el año de 2020, con software IPCC 2006 .

Anexo 4

Cálculo de emisiones por fabricación de azúcar y miel de caña, para los periodos de 2010, 2015, 2020, a través del software del IPCC-2006.

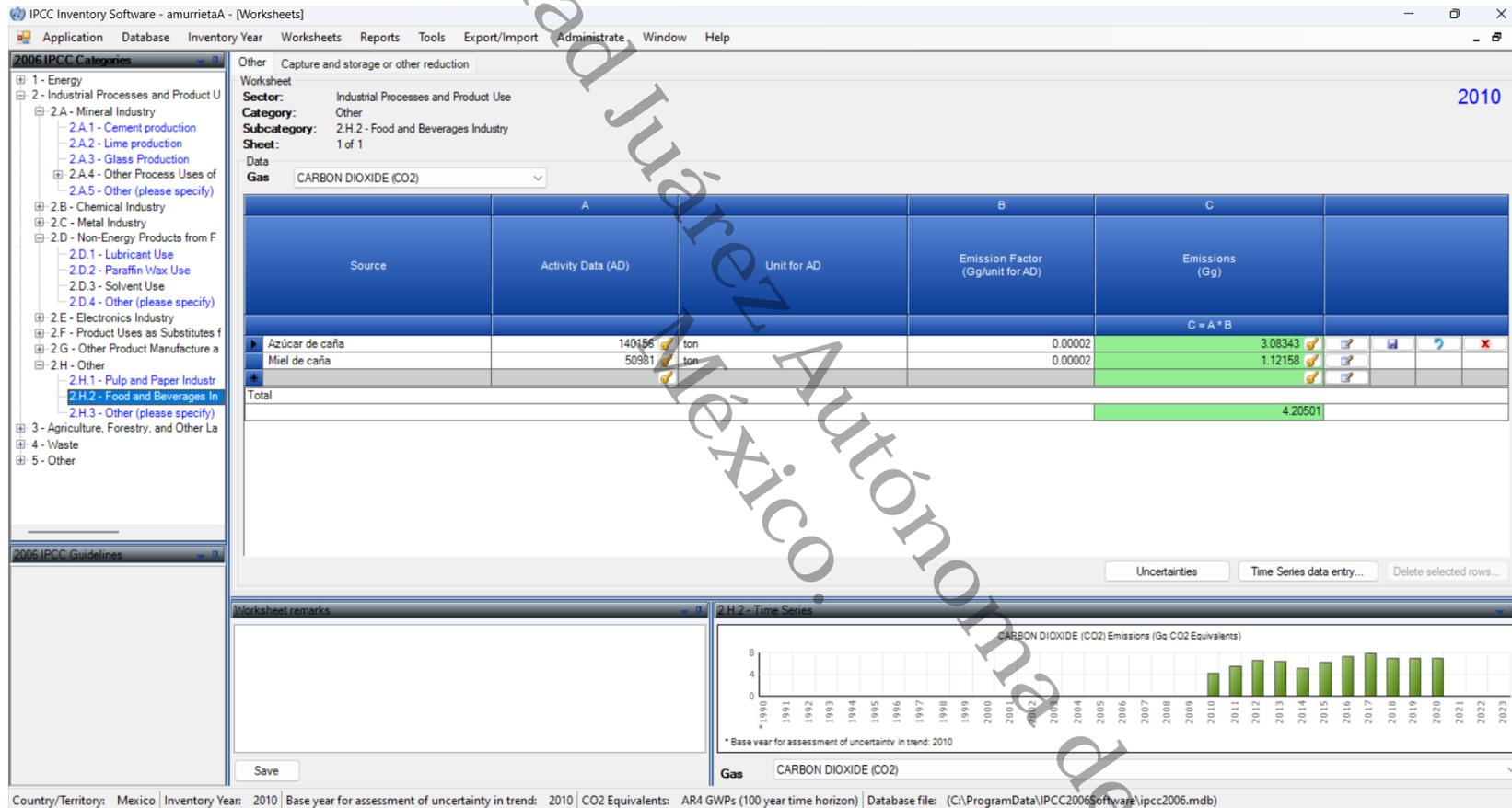


Figura 30. Cálculo de emisiones por fabricación de azúcar y miel de caña en el año de 2010, con software IPCC 2006 .

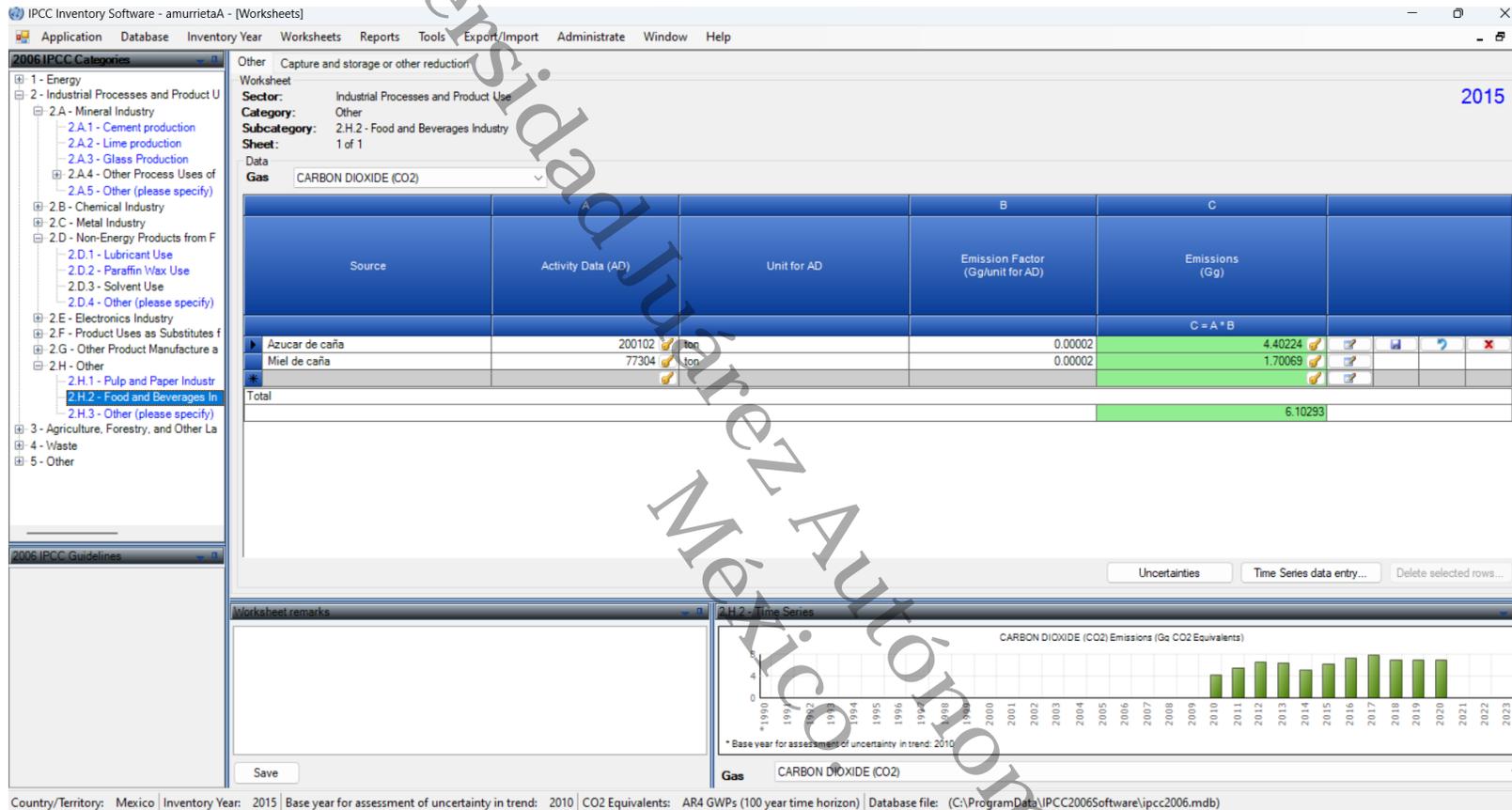


Figura 31. Cálculo de emisiones por fabricación de azúcar y miel de caña en el año de 2015, con software IPCC 2006.

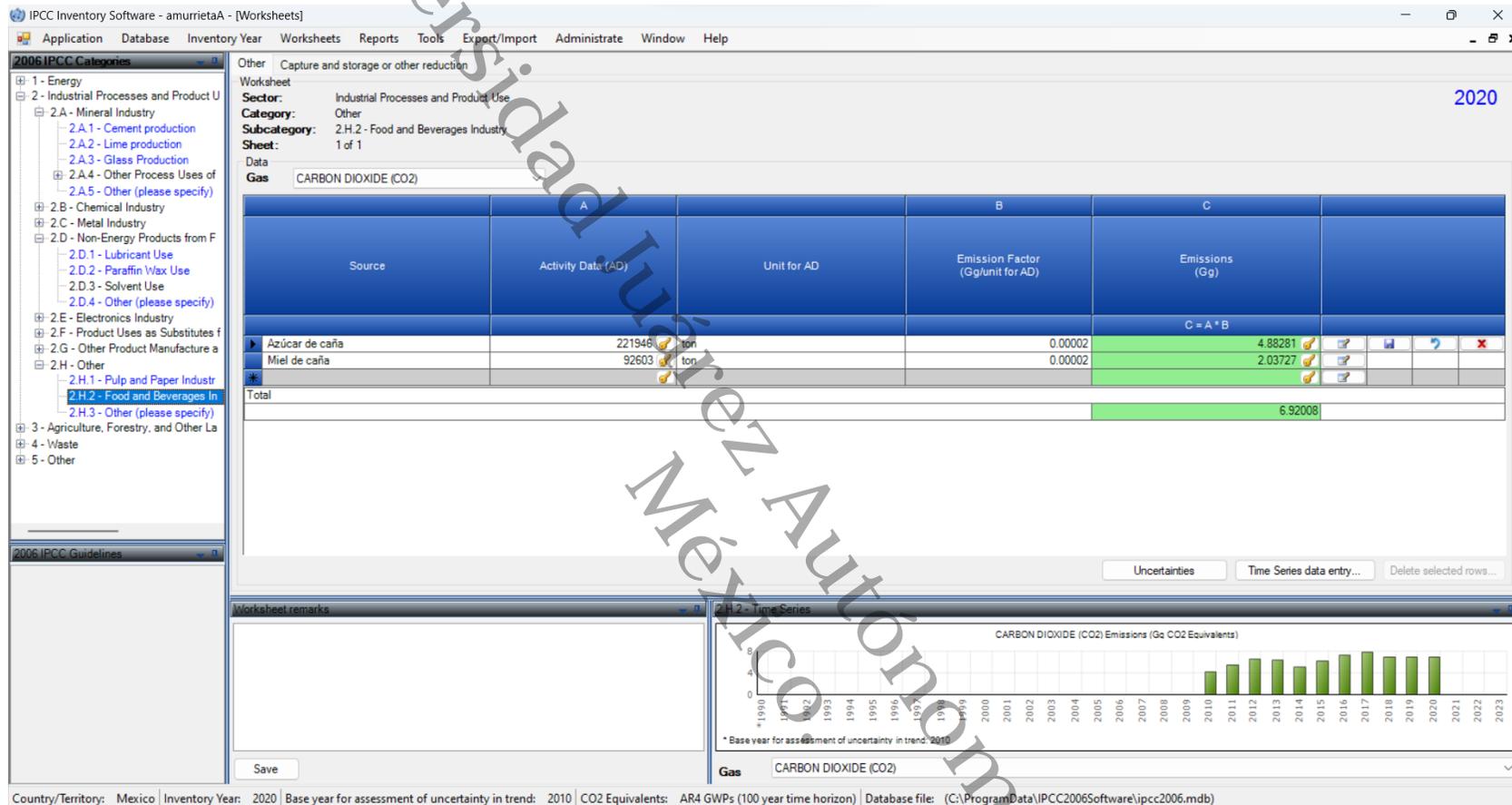


Figura 32. Cálculo de emisiones por fabricación de azúcar y miel de caña en el año de 2020, con software IPCC 2006.

Anexo 5

Cálculo de incertidumbre del inventario de emisiones, en el periodo de 2010-2020, a través del software del IPCC-2006.

IPCC Inventory Software - amurrietaA - [Uncertainty Analysis]

Application Database Inventory Year Worksheets Reports Tools Export/Import Administrate Window Help

Uncertainty Analysis - Approach 1 (Table 3.2)

Base year for assessment of uncertainty in trend 2010 Year T 2020

2006 IPCC Categories	Gas	Base Year emissions or removals (Gg CO2 equivalent)	Year T emissions or removals (Gg CO2 equivalent)	Activity Data Uncertainty (%)	Emission Factor Uncertainty (%)	Combined Uncertainty (%)	Contribution to Variance by Category in Year T	Type A
4.B - Biological Treatment of Solid Waste								
	CH4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	N2O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4.C - Incineration and Open Burning of Waste								
4.C.1 - Waste Incineration	CO2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	CH4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	N2O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4.C.2 - Open Burning of Waste	CO2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	CH4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	N2O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4.D - Wastewater Treatment and Discharge								
4.D.1 - Domestic Wastewater Treatment and Discharge	CH4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	N2O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4.D.2 - Industrial Wastewater Treatment and Discharge	CH4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4.E - Other (please specify)								
5.A - Indirect N2O emissions from the atmospheric deposition of nitrogen in NOx and NH3								
5.B - Other (please specify)								
Total		Sum(C): 403.590	Sum(D): 619.832				Sum(H): 102.891	Uncertainty in total inventory: 10.143

Number of decimal places 3 Zero padding Refresh Data Export to Excel

Figura 33. Cálculo de incertidumbre del inventario de emisiones para el periodo de 2010-2020 utilizando el software IPCC 2006.

Anexo 6

Datos de producción de cemento, se obtuvieron de dos fuentes, COAs de 2010-2013 con datos para Tabasco y datos del BIE para producción de cemento a nivel nacional en sus diferentes clasificaciones (Gris, Blanco, Mortero) para los años 2014 -2020.

31 : X ✓ fx FORMA_ALMACENAMIENTO

ANIO	NRA	NOMBRE_ESTABLECIMIENTO	NOMBRE_PRODUCTO_SUBPRODUCTO	NOMBRE_QUIMICO	ESTADO_FISICO	CANTIDAD	UNIDAD
2010	CAP732701211	CEMENTOS APASCO S.A. DE C.V. PLANTA MACUSPANA	Cemento	NA	Sólido	827635	ton
2011	CAP732701211	CEMENTOS APASCO S.A. DE C.V. PLANTA MACUSPANA	Cemento	NA	Sólido	761445000	kg
2012	CAP732701211	CEMENTOS APASCO S.A. DE C.V. PLANTA MACUSPANA	Cemento	NA	Sólido	852516000	kg
2013	CAP732701211	CEMENTOS APASCO S.A. DE C.V. PLANTA MACUSPANA	Cemento	NA	Sólido	821349	ton

Lubricantes | pavimentación | Covdm Caña | cemento | 1.3 Productos y subproductos | cemento gris

Figura 34. Producción de cemento para Tabasco 2010-2013

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

Banco de Información Económica (BIE)

Fecha de consulta: 04/03/2023 15:46:12

Periodos
Manufacturas > Encuesta mensual de la industria manufacturera (EMIM). Base 2013 > Volumen y valor de producción por clase de actividad y producto > 327 Fabricación de productos a base de minerales no metálicos > 3273 Fabricación de cemento y productos de concreto > 327310 Fabricación de cemento y productos a base de cemento en plantas integradas > Cemento > Gris > Volumen /f1 (Toneladas) Mensual

Cifras Preliminares:

/p1 A partir de 2022/08

Cifras Revisadas:

/r1 A partir de 2022/01

Fuentes:

/f1 INEGI. Encuesta mensual de la industria manufacturera.

2013/01	2,949,365	36,515,094	2016/01	3,141,560	42,366,685
2013/02	2,934,381		2016/02	3,295,665	
2013/03	3,165,628		2016/03	3,474,244	
2013/04	3,103,526		2016/04	3,571,956	
2013/05	3,224,599		2016/05	3,768,415	
2013/06	3,133,269		2016/06	3,664,392	
2013/07	3,107,234		2016/07	3,876,506	
2013/08	3,027,876		2016/08	3,450,550	
2013/09	2,705,493		2016/09	3,404,485	
2013/10	3,055,030		2016/10	3,621,066	
2013/11	3,052,277		2016/11	3,299,039	
2013/12	3,056,416		2016/12	3,798,807	
2014/01	2,936,983	38,384,966	2017/01	3,431,983	42,835,621
2014/02	2,886,227		2017/02	3,305,361	
2014/03	3,354,627		2017/03	3,848,942	
2014/04	3,072,432		2017/04	3,609,632	
2014/05	3,383,902		2017/05	3,800,432	
2014/06	3,151,448		2017/06	3,614,851	
2014/07	3,224,425		2017/07	3,695,732	
2014/08	3,276,078		2017/08	3,466,933	
2014/09	3,020,624		2017/09	3,299,316	
2014/10	3,313,387		2017/10	3,499,683	
2014/11	3,298,662		2017/11	3,521,318	
2014/12	3,466,171		2017/12	3,741,438	
2015/01	3,083,214	41,251,232	2018/01	3,473,754	42,805,366
2015/02	3,178,154		2018/02	3,323,386	
2015/03	3,705,576		2018/03	3,725,514	
2015/04	3,487,324		2018/04	3,725,441	
2015/05	3,636,281		2018/05	3,932,760	
2015/06	3,468,942		2018/06	3,703,790	
2015/07	3,507,457		2018/07	3,582,259	
2015/08	3,509,710		2018/08	3,591,333	
2015/09	3,391,463		2018/09	3,605,777	
2015/10	3,480,057		2018/10	3,360,253	
2015/11	3,328,634		2018/11	3,376,292	
2015/12	3,474,420		2018/12	3,404,807	
2019/01	3,107,343	39,738,454	2019/01	3,107,343	41,937,355
2019/02	3,006,145		2019/02	3,006,145	
2019/03	3,502,799		2019/03	3,502,799	
2019/04	3,249,296		2019/04	3,249,296	
2019/05	3,447,016		2019/05	3,447,016	
2019/06	3,443,389		2019/06	3,443,389	
2019/07	3,399,049		2019/07	3,399,049	
2019/08	3,458,400		2019/08	3,458,400	
2019/09	3,169,410		2019/09	3,169,410	
2019/10	3,453,686		2019/10	3,453,686	
2019/11	3,148,045		2019/11	3,148,045	
2019/12	3,353,876		2019/12	3,353,876	
2020/01	3,243,280	41,937,355	2020/01	3,243,280	41,937,355
2020/02	3,274,044		2020/02	3,274,044	
2020/03	3,434,942		2020/03	3,434,942	
2020/04	2,979,936		2020/04	2,979,936	
2020/05	3,111,140		2020/05	3,111,140	
2020/06	3,387,126		2020/06	3,387,126	
2020/07	3,693,990		2020/07	3,693,990	
2020/08	3,702,120		2020/08	3,702,120	
2020/09	3,528,426		2020/09	3,528,426	
2020/10	3,925,110		2020/10	3,925,110	
2020/11	3,748,284		2020/11	3,748,284	
2020/12	3,908,957		2020/12	3,908,957	

Fuente: Datos obtenidos del BIE <https://www.inegi.org.mx/app/indicadores/default.aspx?tm=0>

Figura 35. Producción nacional de cemento gris 2013-2020.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Banco de Información Económica (BIE)
 Fecha de consulta: 06/03/2023 09:14:24

Periodos	Manufacturas > Encuesta mensual de la industria manufacturera (EMIM). Base 2013 > Volumen y valor de producción por clase de actividad y producto > 327 Fabricación de productos a base de minerales no metálicos > 3273 Fabricación de cemento y productos de concreto > 327310 Fabricación de cemento y productos a base de cemento en plantas integradas > Cemento > Blanco > Volumen /f1 (Toneladas) Mensual
Cifras Preliminares:	
/p1 A partir de 2022/08	
Cifras Revisadas:	
/r1 A partir de 2022/01	
Fuentes:	
/f1 INEGI. Encuesta mensual de la industria manufacturera.	

2013/01	73,153	949,752	2016/01	69,024	862,037
2013/02	74,833		2016/02	68,195	
2013/03	77,950		2016/03	69,090	
2013/04	75,764		2016/04	71,849	
2013/05	77,769		2016/05	74,369	
2013/06	75,715		2016/06	71,210	
2013/07	91,742		2016/07	80,237	
2013/08	78,732		2016/08	74,692	
2013/09	78,244		2016/09	68,325	
2013/10	80,480		2016/10	73,604	
2013/11	77,306		2016/11	64,188	
2013/12	88,064		2016/12	77,254	
2014/01	84,592	1,129,506	2017/01	74,641	844,629
2014/02	61,814		2017/02	76,968	
2014/03	91,748		2017/03	68,119	
2014/04	72,629		2017/04	67,003	
2014/05	105,111		2017/05	79,185	
2014/06	95,374		2017/06	69,518	
2014/07	100,282		2017/07	71,043	
2014/08	111,870		2017/08	67,971	
2014/09	101,590		2017/09	65,453	
2014/10	88,841		2017/10	60,803	
2014/11	103,225		2017/11	73,485	
2014/12	112,430		2017/12	70,440	
2015/01	106,367	888,655	2018/01	66,302	932,327
2015/02	98,171		2018/02	74,094	
2015/03	73,159		2018/03	65,566	
2015/04	67,993		2018/04	70,789	
2015/05	66,766		2018/05	83,416	
2015/06	68,511		2018/06	70,561	
2015/07	73,346		2018/07	77,816	
2015/08	70,254		2018/08	88,303	
2015/09	68,494		2018/09	82,349	
2015/10	64,134		2018/10	88,052	
2015/11	63,847		2018/11	87,252	
2015/12	67,613		2018/12	77,827	
2019/01	79,698	842,259	2019/01	79,698	891,926
2019/02	68,895		2019/02	68,895	
2019/03	74,500		2019/03	74,500	
2019/04	68,245		2019/04	68,245	
2019/05	68,083		2019/05	68,083	
2019/06	73,539		2019/06	73,539	
2019/07	62,176		2019/07	62,176	
2019/08	76,344		2019/08	76,344	
2019/09	66,306		2019/09	66,306	
2019/10	67,857		2019/10	67,857	
2019/11	69,894		2019/11	69,894	
2019/12	66,722		2019/12	66,722	
2020/01	70,296	891,926	2020/01	70,296	
2020/02	70,341		2020/02	70,341	
2020/03	71,143		2020/03	71,143	
2020/04	50,041		2020/04	50,041	
2020/05	66,804		2020/05	66,804	
2020/06	72,500		2020/06	72,500	
2020/07	76,283		2020/07	76,283	
2020/08	81,588		2020/08	81,588	
2020/09	79,985		2020/09	79,985	
2020/10	85,185		2020/10	85,185	
2020/11	84,354		2020/11	84,354	
2020/12	83,406		2020/12	83,406	

Fuente: Datos obtenidos del BIE <https://www.inegi.org.mx/app/indicadores/default.aspx?tm=0>

Figura 36. Producción nacional de cemento blanco 2013-2020

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

Banco de Información Económica (BIE)

Fecha de consulta: 06/03/2023 09:32:10

Periodos	Manufacturas > Encuesta mensual de la industria manufacturera (EMIM). Base 2013 > Volumen y valor de ventas por clase de actividad y producto > 327 Fabricación de productos a base de minerales no metálicos > 3273 Fabricación de cemento y productos de concreto > 327310 Fabricación de cemento y productos a base de cemento en plantas integradas > Cemento > Mortero > Volumen /f1 (Toneladas) Mensual
----------	---

Cifras Preliminares:

/p1 A partir de 2022/08

Cifras Revisadas:

/r1 A partir de 2022/01

Fuentes:

/f1 INEGI. Encuesta mensual de la industria manufacturera.

2013/01	301470	3,569,086	2016/01	326921	4,454,053
2013/02	298743		2016/02	365821	
2013/03	317388		2016/03	380699	
2013/04	319882		2016/04	380972	
2013/05	322452		2016/05	405618	
2013/06	303065		2016/06	371372	
2013/07	298643		2016/07	399107	
2013/08	284294		2016/08	361960	
2013/09	260689		2016/09	351478	
2013/10	302146		2016/10	369664	
2013/11	271695		2016/11	346130	
2013/12	288619		2016/12	394311	
2014/01	295950	3,763,222	2017/01	383599	4,620,482
2014/02	293211		2017/02	368960	
2014/03	335442		2017/03	421197	
2014/04	305755		2017/04	367865	
2014/05	340924		2017/05	452761	
2014/06	318015		2017/06	381223	
2014/07	310362		2017/07	416345	
2014/08	326940		2017/08	355443	
2014/09	301945		2017/09	336187	
2014/10	320825		2017/10	378284	
2014/11	300300		2017/11	366958	
2014/12	313553		2017/12	391660	
2015/01	319465	4,172,555	2018/01	389856	4,594,101
2015/02	330823		2018/02	352372	
2015/03	365982		2018/03	395036	
2015/04	377207		2018/04	391325	
2015/05	363769		2018/05	423700	
2015/06	336438		2018/06	367746	
2015/07	347488		2018/07	379997	
2015/08	338612		2018/08	390947	
2015/09	340558		2018/09	379308	
2015/10	357477		2018/10	377487	
2015/11	342235		2018/11	376806	
2015/12	352501		2018/12	369521	

2019/01	383553	4,576,492
2019/02	350775	
2019/03	385363	
2019/04	394179	
2019/05	410591	
2019/06	399000	
2019/07	395034	
2019/08	376973	
2019/09	373694	
2019/10	400219	
2019/11	348624	
2019/12	358487	
2020/01	393364	5,000,070
2020/02	368746	
2020/03	378809	
2020/04	374974	
2020/05	421374	
2020/06	408011	
2020/07	446450	
2020/08	430816	
2020/09	407156	
2020/10	454800	
2020/11	453848	
2020/12	461722	

Fuente: Datos obtenidos del BIE <https://www.inegi.org.mx/app/indicadores/default.aspx?tm=0>

Figura 37. Producción nacional de mortero 2013-2020

Anexo 7

Datos de COA de cantidad de aceites lubricantes utilizados en Tabasco 2010 -2019, facilitado por SEMARNAT.

ANIO_COA	CVE_CLASI	CVE_NOMBRE_RESIDUO	C	R	E	MEZCLA													
2010	ANX63270041	ALEN DEL NORTE SA. DE C.V.	ANX63270041	Mantenimiento		Aceites lubricantes usados	ton		400	kg									
2010	CRY5K270041	CRYOINFRA S.A DE C.V	CRY5K270041	Mantenimiento		Aceites lubricantes usados	ton		9759.5	kg									
2010	IPC10270021	INDUSTRIAL PERFORADORA DE CAMPECHE, S.A. DE C.V	IPC10270021	Mantenimiento		Aceites lubricantes usados	ton		101880	kg									
2010	IPC10270021	INDUSTRIAL PERFORADORA DE CAMPECHE, S.A. DE C.V	IPC10270021	Mantenimiento		Aceites lubricantes usados	ton		101880	kg									
2010	TNISK270081	TECNOLOGIA EN NITROGENO S DE R. L. DE C. V	TNISK270081	Mantenimiento		Aceites lubricantes usados	ton		279	kg									
2011	CRY5K270041	CRYOINFRA S.A DE C.V	CRY5K270041	Mantenimiento		Aceites lubricantes usados	ton		13428	kg									
2011	IPC10270021	INDUSTRIAL PERFORADORA DE CAMPECHE, S.A. DE C.V	IPC10270021	Mantenimiento		Aceites lubricantes usados	ton		58230	kg									
2011	MEX1027008	COMPACIA MEXICANA DE EXPLORACIONES S.A. DE C.V	MEX1027008	Mantenimiento		Aceites lubricantes usados	ton		6553	kg									
2011	PDM1027004	PARKER DRILLING DE MEXICO S. DE R.L. DE C.V.	27-012-5030	Durante el proceso producti		Aceites lubricantes usados	ton		450	kg									
2011	PDOMG27004	PARKERDRILLING OVERSEAS B.V.	27GR0021060	Durante el proceso producti		Aceites lubricantes usados	ton		47310	kg									
2011	TNISK270081	TECNOLOGIA EN NITROGENO S DE R. L. DE C. V	27/EW-0455/	Mantenimiento		Aceites lubricantes usados	ton		1359	kg									
2012	IPC10270021	INDUSTRIAL PERFORADORA DE CAMPECHE S.A DE C.V	IPC10270021	Mantenimiento		Aceites lubricantes usados	ton		130650	kg									
2012	MEX1027008	COMPAÑIA MEXICANA DE EXPLORACIONES S.A. DE C.V	27/HR-0072/	Mantenimiento		Aceites lubricantes usados	ton		4470.2	kg									
2012	PDOMG27004	PARKERDRILLING OVERSEAS B.V.	27/EW-0379/	Durante el proceso producti		Aceites lubricantes usados	ton		48300	kg									
2012	TACKL270041	TACKERMEX S.A DE C.V.	27/EV-0011/	Mantenimiento		Aceites lubricantes usados	ton		720	kg									
2013	ANX63270041	Alen del Norte S.A. de C.V.	27/GR-0507/	Mantenimiento		Aceites lubricantes usados	ton		1243.4	kg									
2013	CRY5K270041	CRYOINFRA S.A DE C.V	27/HR-0018/	Mantenimiento		Aceites lubricantes usados	ton		17170	kg									
2013	IPC10270021	1.- INDUSTRIAL PERFORADORA DE CAMPECHE S.A DE C	IPC10270021	Mantenimiento		Aceites lubricantes usados	ton		244580	kg									
2013	IPC10270021	1.- INDUSTRIAL PERFORADORA DE CAMPECHE S.A DE C	IPC10270021	Mantenimiento		Aceites lubricantes usados	ton		244580	kg									
2013	KOM9G27004	KENWORTH OLMECA MAYA S.A DE C.V	27/EV-0144/	Mantenimiento		Aceites lubricantes usados	ton		22180	kg									
2013	PDOMG27004	PARKERDRILLING OVERSEAS B.V.	27GR0021060	Durante el proceso producti		Aceites lubricantes usados	ton		64900	kg									
2013	TNISK270081	TECNOLOGÍA EN NITROGENO S. DE R. L. DE C.V.	27/GR-0101/	Mantenimiento		Aceites lubricantes usados	ton		4472	kg									
2014	RPM/01	Aceites lubricantes usados				X	X	SI	Sólido					2302.6	kg				
2014	O4	Aceites gastados otros (especifique): ACEITE LUBRICANTE GASTADO				X	X	NO	Líquido no acuoso					1652	kg				
2015	RPM/01	Aceites lubricantes usados				X	X	SI	Sólido					3050.15	kg				
2015	RPM/01	Aceites lubricantes usados				X	X	NO	Líquido acuoso					0.67	ton				
2015	RPM/01	Aceites lubricantes usados				X	X	SI	Líquido acuoso					1	ton				
2015	RPM/01	Aceites lubricantes usados				X	X	NO	Líquido acuoso					133.84	ton				
2015	RPM/01	Aceites lubricantes usados				X	X	NO	Líquido acuoso					415.62	ton				
2015	O4	Aceites gastados otros (especifique): ACEITE LUBRICANTE GASTADO				X	X	NO	Líquido no acuoso					1667	kg				

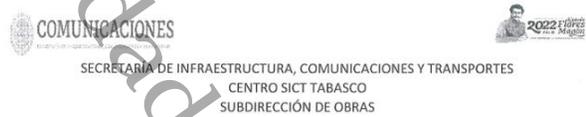
Figura 38. COA con información de la cantidad de aceites lubricantes usados en Tabasco 2010-2015

ANIO_COA	CVE_CLAS	CVE_NOMBRE_RESIDUO	C	R	E	MEZCLA							
2016	RPM/01	Aceites lubricantes usados				X		X		SI	Sólido	2312.29	kg
2016	RPM/01	Aceites lubricantes usados				X		X		NO	Líquido acuoso	1500	kg
2016	RPM/01	Aceites lubricantes usados				X		X		NO	Líquido acuoso	35246.24	ton
2016	O4	Aceites gastados otros (especifique): ACEITE LUBRICANTE GASTADO				X		X		NO	Líquido no acuoso	4950	kg
2017	O4	Aceites gastados otros (especifique): Aceite lubricante				X				NO	Líquido acuoso	200	kg
2017	RPM/01	Aceites lubricantes usados				X		X		SI	Sólido	230	kg
2017	RPM/01	Aceites lubricantes usados				X		X		NO	Líquido no acuoso	0.086	ton
2017	RPM/01	Aceites lubricantes usados				X		X		NO	Líquido acuoso	0	kg
2017	RPM/01	Aceites lubricantes usados				X		X		NO	Líquido acuoso	511	ton
2017	O4	Aceites gastados otros (especifique): ACEITE LUBRICANTE GASTADO				X		X		NO	Líquido no acuoso	1010	kg
2018	O4	Aceites gastados otros (especifique): Aceite lubricante				X				NO	Líquido acuoso	0.89	ton
2018	RPM/01	Aceites lubricantes usados				X		X		SI	Sólido	2.3	kg
2018	RPM/01	Aceites lubricantes usados				X		X		NO	Líquido no acuoso	0.602	ton
2018	RPM/01	Aceites lubricantes usados				X		X		NO	Líquido acuoso	0	kg
2018	RPM/01	Aceites lubricantes usados				X		X		NO	Líquido acuoso	132.71	ton
2018	RPM/01	Aceites lubricantes usados				X		X		NO	Líquido acuoso	142.99	ton
2018	O4	Aceites gastados otros (especifique): ACEITE LUBRICANTE GASTADO				X		X		NO	Líquido no acuoso	0	kg
2019	O4	Aceites gastados otros (especifique): Aceite lubricante				X				NO	Líquido acuoso	0.89	ton
2019	RPM/01	Aceites lubricantes usados				X		X		NO	Líquido acuoso	3000	kg
2019	RPM/01	Aceites lubricantes usados				X		X		SI	Líquido acuoso	3750.1	kg
2019	RPM/01	Aceites lubricantes usados				X		X		NO	Líquido acuoso	0	kg
2019	O4	Aceites gastados otros (especifique): ACEITE LUBRICANTE GASTADO				X		X		NO	Líquido no acuoso	296	kg

Figura 39. COA con información de la cantidad de aceites lubricantes usados en Tabasco 2016-2019

Anexo 8

Información de la SCT sobre la superficie pavimentada en Tabasco en el periodo 2010-2020.



"De una manera pacífica y respetuosa, atendiendo al derecho de petición consagrado en el artículo 8 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, se solicita a esa autoridad la siguiente información. Dato de la superficie que ha sido pavimentada o reencarpetaada con pavimento asfáltico en el estado de Tabasco, durante el periodo comprendido del año 2010 al 2020, desglosado por año.

Datos complementarios: se requiere la superficie pavimentada por año con pavimento asfáltico, para realizar un cálculo de emisiones de efecto invernadero generados por esta actividad y poder hacer una serie temporal del comportamiento de emisiones en el estado de Tabasco."

ANEXO RESPUESTA INAI 330025522002100

SUPERFICIE PAVIMENTADA O REENCARPETADA

AÑO	SUPERFICIE M2
2010	397,867
2011	98,905
2012	207,706
2013	602,311
2014	989,690
2015	487,874
2016	507,970
2017	302,750
2018	120,641
2019	542,540
2020	575,521
TOTAL	4,833,875

Figura 40. Superficie pavimentada en Tabasco en el periodo 2010-2020

Anexo 9

Datos de producción de azúcar y caña en Tabasco obtenidos a través de informes estadísticos del sector agroindustrial de la caña y azúcar en México.

Entidad Federativa: Tabasco Consorcio: Independientes
Ingenio: **Azsuremex**

Indicadores	Unidad de medida	Zafras										Variación **
		2020-2021	2019-2020	2018-2019	2017-2018	2016-2017	2015-2016	2014-2015	2013-2014	2012-2013	2011-2012	
Molienda y producción												
Inicio de molienda	fecha	01/01/1900	01/01/1900	01/01/1900	14/01/2018	02/01/2017	26/01/2016	30/01/2015	12/01/2014	18/12/2012	16/01/2012	
Fin de molienda	fecha	01/01/1900	01/01/1900	01/01/1900	29/06/2018	20/04/2017	14/05/2016	11/06/2015	16/05/2014	25/04/2013	05/05/2012	
Número de días de zafra	día	0	0	0	166	109	110	132	124	128	110	0
Horas de zafra	h	0	0	0	3,985	2,614	2,629	3,180	2,978	3,076	2,643	0
Caña molida bruta	t	0	0	0	151,209	155,983	131,269	159,752	200,934	194,610	169,915	0
Caña molida bruta (semana de mayor molienda)	t	0	0	0	4,000	7,979	11,750	12,500	14,245	13,900	13,100	0
Caña molida por día de zafra	t/día	0	0	0	911	1,431	1,193	1,210	1,620	1,520	1,545	0
Caña molida por hora	t/h	0	0	0	97	100	95	98	103	107	98	0
Caña molida por hora *24	t/24h	0	0	0	2,321	2,407	2,284	2,345	2,477	2,568	2,360	0
Imbibición % caña	%	0.000	0.000	0.000	22,910	22,580	20,821	24,050	21,589	20,584	22,620	0.000
Extracción de jugo mezclado % caña	%	0.000	0.000	0.000	80,813	87,189	84,911	85,869	86,442	83,938	91,068	0.000
Extracción pol % pol caña	%	0.000	0.000	0.000	80,231	87,068	89,081	87,816	88,978	88,827	90,340	0.000
Extracción reducida a 12.5 % en caña	%	0.000	0.000	0.000	86,480	89,750	91,903	91,044	91,526	91,610	92,200	0.000
Jugo mezclado	t	0	0	0	122,197	136,000	111,462	137,176	173,691	163,352	154,739	0
Producción de azúcar refinado	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Producción de azúcar estándar	t	0	0	0	10,024	13,832	11,220	14,621	18,672	19,331	16,462	0
Producción de azúcar blanco especial	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Producción de azúcar mascabado	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Producción de azúcar con pol menor a 99.2 %	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Producción de azúcar total	t	0	0	0	10,024	13,832	11,220	14,621	18,672	19,331	16,462	0
Producción de azúcar (semana de mayor producción)	t	0	0	0	84	618	1,150	1,241	1,510	1,512	1,380	0
Producción de azúcar total base estándar	t	0	0	0	10,024	13,832	11,220	14,621	18,671	19,331	16,462	0
Producción de azúcar por día	t/día	0	0	0	60	127	102	111	151	151	150	0
Miel final 85° Brix producida *	t	0	0	0	3,157	3,117	2,416	3,358	4,086	3,387	3,148	0
kg. de miel final 85° Brix por tonelada de caña *	kg/t	0.000	0.000	0.000	20,877	19,985	18,404	21,023	20,337	17,405	18,526	0.000
Miel final 85° Brix aportada a fábrica de alcohol	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alcohol 96° producido	l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alcohol/Miel final a 85° Brix aportada	l/t	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Campo												
Caña molida neta	t	0	0	0	151,209	155,983	131,269	159,752	200,934	194,610	169,915	0
Superficie industrializada	ha	0	0	0	2,761	3,431	3,546	3,509	3,936	3,615	3,110	0
Frentes de corte*	número	0	0	0	9	3	3	4	4	3	4	0
Cortadores	persona	0	0	0	246	359	353	400	498	503	451	0
Caña quemada respecto a la caña cortada*	%	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	100.000	100.000	99.410	99.930	96.360	0.000
Caña cosechada mecánicamente	%	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Caña alzada mecánicamente	%	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	0.000
Vehículos de acarreo*	camión	0	0	0	23	34	13	26	35	33	28	0
KARBE teórico-toneladas de caña bruta	kg/tCB	0.000	0.000	0.000	101,262	96,779	87,629	94,495	94,840	101,006	97,258	0.000
KARBE teórico-toneladas de caña neta	kg/tCN	0.000	0.000	0.000	101,262	96,779	87,629	94,495	94,840	101,006	97,258	0.000
KABE-toneladas de caña neta	kg/t	0.000	0.000	0.000	66,293	88,677	85,476	91,525	92,922	99,333	96,883	0.000
Precio de Ref. del azúcar para el pago de la caña	\$/t	0.000	0.000	0.000	12,711.520	13,283.640	11,077.760	8,130.650	7,099.830	6,697.060	10,617.720	0.000
Precio por tonelada de caña neta	\$/t	0.000	0.000	0.000	733.701	732.779	553.318	437.934	383.808	385.573	588.615	0.000
Valor máximo												
Valor mínimo												

* Indicador cuyo valor mínimo es deseable

Fuente: AGRICULTURA/CONADESUCIA con datos de los ingenios azucareros del país.

**Diferencia de la última zafra respecto a la anterior.

Figura 41. Producción de azúcar y miel en ingenio Azsuremex

Entidad Federativa: Tabasco Consorcio: Grupo Azucarero México (GAM)
Ingenio: **Presidente Benito Juárez**

Indicadores	Unidad de medida	Zafras									
		2020-2021	2019-2020	2018-2019	2017-2018	2016-2017	2015-2016	2014-2015	2013-2014	2012-2013	2011-2012
Molienda y producción											
Inicio de molienda	fecha	30/12/2020	01/12/2019	03/12/2018	01/12/2017	16/12/2016	21/01/2016	09/01/2015	13/01/2014	07/01/2013	14/01/2012
Fin de molienda	fecha	27/05/2021	27/06/2020	19/06/2019	05/06/2018	01/06/2017	15/06/2016	09/06/2015	09/07/2014	30/06/2013	16/06/2012
Número de días de zafra	día	149	209	198	186	167	146	151	177	174	154
Horas de zafra	h	3,576	5,016	4,752	4,464	4,008	3,504	3,624	4,248	4,176	3,696
Caña molida bruta	t	1,372,384	1,503,969	1,518,885	1,575,189	1,405,353	1,163,568	1,009,799	1,262,273	1,237,209	974,941
Caña molida bruta (semana de mayor molienda)	t	94,778	88,440	79,011	85,032	75,260	70,106	64,366	67,652	64,471	61,396
Caña molida por día de zafra	t/día	9,211	7,196	7,671	8,469	8,415	7,970	6,687	7,131	7,110	6,331
Caña molida por hora	t/h	560	529	516	484	461	430	417	390	366	334
Caña molida por hora *24	t/24h	13,434	12,698	12,387	11,624	11,056	10,310	10,012	9,364	8,780	8,006
Imbibición % caña	%	27.726	25.377	24.363	26.273	27.272	28.599	27.954	22.921	23.439	23.901
Extracción de jugo mezclado % caña	%	95.573	93.985	93.846	95.928	97.448	98.858	97.953	92.916	95.059	96.497
Extracción pol % pol caña	%	96.343	95.900	96.018	96.252	96.209	96.205	95.535	94.416	95.135	96.237
Extracción reducida a 12.5 % en caña	%	97.227	96.767	96.691	96.921	96.771	96.754	96.020	94.949	95.308	96.364
Jugo mezclado	t	1,311,626	1,413,502	1,425,406	1,511,042	1,369,486	1,150,282	989,127	1,172,851	1,176,081	940,790
Producción de azúcar refinado	t	75,660	67,049	60,003	61,766	96,916	62,933	65,864	65,264	66,527	74,244
Producción de azúcar estándar	t	34,210	43,661	27,946	34,694	7,569	20,865	5,984	9,394	12,634	6,714
Producción de azúcar blanco especial	t	32,410	30,567	39,362	44,845	42,465	34,891	26,783	39,898	46,143	21,957
Producción de azúcar mascabado	t	0	0	0	0	0	0	0	0	611	0
Producción de azúcar con pol menor a 99.2 %	t	0	0	14,777	20,101	0	0	0	0	0	0
Producción de azúcar total	t	142,280	141,278	142,088	161,406	146,949	118,689	98,631	114,556	125,915	102,915
Producción de azúcar (semana de mayor producción)	t	10,360	9,116	8,235	9,395	8,517	7,897	6,300	7,437	7,441	6,403
Producción de azúcar total base estándar	t	142,913	141,861	142,539	161,781	147,702	119,214	99,129	115,132	126,500	103,399
Producción de azúcar por día	t/día	955	676	718	868	880	813	653	647	724	668
Miel final 85° Brix producida *	t	51,724	61,381	61,278	60,038	55,201	48,970	39,250	48,057	49,870	39,060
kg. de miel final 85° Brix por tonelada de caña *	kg/t	37.689	40.813	40.344	38.115	39.279	42.086	38.869	38.072	40.309	40.064
Miel final 85° Brix aportada a fábrica de alcohol	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alcohol 96° producido	l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alcohol/Miel final a 85° Brix aportada	l/t	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Figura 42. Producción de azúcar y miel en ingenio Benito Juárez

Entidad Federativa: Tabasco Consorcio: Beta San Miguel (BSM)
Ingenio: **Santa Rosalía**

Indicadores	Unidad de medida	Zafras									
		2020-2021	2019-2020	2018-2019	2017-2018	2016-2017	2015-2016	2014-2015	2013-2014	2012-2013	2011-2012
Molienda y producción											
Inicio de molienda	fecha	04/01/2021	27/12/2019	20/12/2018	19/12/2017	06/01/2017	19/01/2016	20/01/2015	16/01/2014	11/12/2012	18/01/2012
Fin de molienda	fecha	09/06/2021	17/07/2020	21/06/2019	10/06/2018	14/06/2017	28/05/2016	06/06/2015	03/07/2014	28/05/2013	25/06/2012
Número de días de zafra	día	157	204	184	174	160	130	137	168	167	159
Horas de zafra	h	3,767	4,895	4,410	4,174	3,839	3,123	3,285	4,028	4,010	3,812
Caña molida bruta	t	685,066	794,565	806,117	823,264	770,704	664,400	541,917	766,871	705,780	631,174
Caña molida bruta (semana de mayor molienda)	t	41,274	38,658	40,450	43,123	40,380	42,085	36,625	41,645	37,258	47,919
Caña molida por día de zafra	t/día	4,363	3,895	4,381	4,731	4,817	5,111	3,956	4,565	4,226	3,970
Caña molida por hora	t/h	237	226	248	255	245	247	238	253	230	221
Caña molida por hora *24	t/24h	5,693	5,424	5,948	6,129	5,878	5,921	5,707	6,063	5,525	5,299
Imbibición % caña	%	29.355	29.839	27.226	27.014	27.941	28.059	28.022	25.611	26.091	23.418
Extracción de jugo mezclado % caña	%	100.231	100.942	98.635	100.092	100.135	100.847	99.577	96.787	95.743	91.339
Extracción pol % pol caña	%	94.358	95.063	94.478	95.251	94.907	95.723	95.335	94.914	94.905	93.087
Extracción reducida a 12.5 % en caña	%	94.804	95.564	94.802	95.409	95.079	95.888	95.745	94.971	95.350	93.971
Jugo mezclado	t	686,648	802,050	795,110	824,022	771,747	670,029	539,626	742,229	675,735	576,508
Producción de azúcar refinado	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Producción de azúcar estándar	t	0	0	146	4,753	83,202	70,193	55,135	73,075	73,821	60,839
Producción de azúcar blanco especial	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Producción de azúcar mascabado	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Producción de azúcar con pol menor a 99.2 %	t	71,980	73,424	79,712	84,798	0	0	0	0	0	0
Producción de azúcar total	t	71,980	73,424	79,858	89,551	83,202	70,193	55,135	73,075	73,821	60,839
Producción de azúcar (semana de mayor producción)	t	4,622	3,963	4,312	4,815	4,627	4,685	3,980	4,459	4,011	3,677
Producción de azúcar total base estándar	t	71,607	73,065	79,465	89,126	83,226	70,193	55,068	73,171	74,004	62,064
Producción de azúcar por día	t/día	458	360	434	515	520	540	402	435	442	383
Miel final 85° Brix producida *	t	25,907	33,329	31,325	28,597	29,659	25,918	19,067	32,175	29,037	26,163
kg. de miel final 85° Brix por tonelada de caña *	kg/t	37.816	41.946	38.859	34.736	38.483	39.010	35.184	41.956	41.142	41.451
Miel final 85° Brix aportada a fábrica de alcohol	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alcohol 96° producido	l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alcohol/Miel final a 85° Brix aportada	l/t	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Campo											
Caña molida neta	t	662,842	765,388	777,891	788,849	740,037	640,170	526,370	742,967	684,798	610,926
Superficie industrializada	ha	12,113	12,136	12,136	12,269	12,095	11,778	13,012	13,155	11,749	10,903
Frentes de corte*	número	12	12	13	13	14	14	15	15	13	14
Cortadores	persona	1,198	1,176	1,209	1,237	1,174	1,188	1,137	1,191	1,193	1,200
Caña quemada respecto a la caña cortada*	%	99.748	96.547	99.974	99.786	97.476	87.904	91.072	95.093	94.143	92.594
Caña cosechada mecánicamente	%	5.573	6.479	6.322	8.599	13.833	11.745	3.751	4.822	4.436	5.235
Caña alzada mecánicamente	%	99.998	99.746	100.018	99.995	99.975	100.000	99.999	100.000	99.857	100.000
Vehículos de acarreo*	camión	316	325	351	326	364	314	277	340	342	319
KARBE teórico-toneladas de caña bruta	kg/tCB	108.854	93.447	100.649	106.597	107.202	106.783	102.577	94.732	105.940	102.084
KARBE teórico-toneladas de caña neta	kg/tCN	112.504	97.010	104.301	111.248	111.645	110.825	105.607	97.780	109.185	105.468
KABE-toneladas de caña neta	kg/t	108.031	95.461	102.155	112.983	112.462	109.647	104.618	98.485	108.067	101.591
Precio de Ref. del azúcar para el pago de la caña	\$/t	14,804.040	15,049.650	11,434.420	12,711.520	13,283.640	11,077.760	8,130.650	7,099.830	6,697.060	10,617.720
Precio por tonelada de caña neta	\$/t	949.343	832.181	679.794	806.055	845.340	699.785	489.433	395.706	416.795	638.303

Valor máximo
Valor mínimo

Figura 43. Producción de azúcar y miel en ingenio Santa Rosalía

REFERENCIAS

Abbass, M. Z. Qasim, H. Song, M. Murshed, H. Mahmood, and I. Younis, “A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures,” *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 29, no. 28. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, pp. 42539–42559, Jun. 01, 2022. doi: 10.1007/s11356-022-19718-6.

A. Bárcena et al.,(2020). “La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe: ¿seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción?”, Libros de la CEPAL, N° 160 (LC/PUB.2019/23-P), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

A. Ghezloun, A. Saidane, H. Merabet, (2017). “The COP 22 New commitments in support of the Paris Agreement”, *Energy Procedia*, Volume 119, Pages 10-16, ISSN 1876-6102, doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.040.

Akpuokwe, C. U., Adeniyi, A. O., Bakare, S. S., & Eneh, N. E. (2024). Legislative responses to climate change: a global review of policies and their effectiveness. *International Journal of Applied Research in Social Sciences*, 6(3), 225-239, doi.org/10.51594/ijarss.v6i3.852

A. R. Leal, B. W. Husted, and M. A. Flores Segovia, (2021). “Environmental performance spillovers among Mexican industrial facilities: The case of greenhouse gases,” *J Bus Res*, vol. 135, pp. 711–720, doi: 10.1016/j.jbusres.2021.07.004.

Arora, N.K. Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. *Environmental Sustainability* 2, 95–96 (2019). <https://doi.org/10.1007/s42398-019-00078-w>.

Cai, B., Cui, C., Zhang, D., Cao, L., Wu, P., Pang, L., Zhang, J., & Dai, C. (2019). "China city-level greenhouse gas emissions inventory in 2015 and uncertainty analysis". *Applied Energy*, 253 (113579) <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113579>

CENAPRED, (2023). "Atlas Nacional de Riesgos." Accessed: Aug. 27, 2023.
<http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/app/Estados/VisorTabasco/>

CONAGUA (2023). "Resúmenes Mensuales de Temperaturas y Lluvia." <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias> Accessed: Aug. 27, 2023.

Del Angel, Ebelia & Jong, Bernardus & Gama, Lilia. (2011). Programa Estatal ante el Cambio Climático de Tabasco, México".

D. Benjamin, H. H. Por, and D. Budescu, (2017). "Climate Change Versus Global Warming: Who Is Susceptible to the Framing of Climate Change?," *Environ Behav*, vol. 49, no. 7, pp. 745–770, doi: 10.1177/0013916516664382.

D. Castrejón, A. M. Zavala, J. A. Flores, M. P. Flores, and D. Barrón, (2018). "Analysis of the contribution of CCS to achieve the objectives of Mexico to reduce GHG emissions," *International Journal of Greenhouse Gas Control*, vol. 71, pp. 184–193, doi: 10.1016/j.ijggc.2018.02.019.

EEA (2019). "EMEP/EEA Air pollutant emission inventory guidebook 2019: Technical guidance to prepare national emission inventories". European Environment Agency. Manual. Luxembourg. 2.D.3.a pp <https://data.europa.eu/doi/10.2800/293657>

Gobierno del estado de Guanajuato, Instituto de Ecología del Estado (2015). "Inventario de gases y compuestos de efecto invernadero del estado de Guanajuato, 2013".

Gobierno del estado de Jalisco, (2019). “Actualización del Inventario Estatal de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero de Jalisco, 2017”. Disponible en: <http://semadet.gob.mx>

Gobierno de México, (2017). “Programa especial de cambio climático 2014-2018, logros 2016”. Reporte, Ciudad de México, México.

Gobierno de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2022). “México: Tercer Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (2022)”.

Gobierno del estado de Tamaulipas, Secretaria de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente, (2016). “Programa estatal de cambio climático Tamaulipas 2015-2030”.

G. Rothenberg, (2023). “A realistic look at CO₂ emissions, climate change and the role of sustainable chemistry,” Sustainable Chemistry for Climate Action, vol. 2, p. 100012, doi: 10.1016/j.scca.2023.100012.

Gran Castro, J. A., & Ramos De Robles, S. L. (2019). Climate change and flood risk: vulnerability assessment in an urban poor community in Mexico. Environment and Urbanization, 31(1), 75-92. doi.org/10.1177/0956247819827850

H. M. Deng, Q. M. Liang, L. J. Liu, and L. D. Anadon, (2017). “Co-benefits of greenhouse gas mitigation: A review and classification by type, mitigation sector, and geography,” Environmental Research Letters, vol. 12, no. 12, doi: 10.1088/1748-9326/aa98d2.

Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático [IEECC], Gobierno del estado de México, (2020). “Inventario estatal de emisiones de gases de efecto invernadero 2018”.

INECC (2014). “Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México”. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Informe técnico. Ciudad de México, México.

INECC, SEMARNAT, (2018). “Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015”. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, & Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Reporte. Ciudad de México, México.

INNEC, SEMARNAT, (2022). “México: Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, 1990-2019”. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Reporte, Ciudad de México, México.

INEGI, (2020). “Panorama sociodemográfico de Tabasco: Censo de Población y Vivienda 2020”. CPV/Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.

IPCC (2006). “Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Volume 1, Chapter 1: Introduction to the 2006 guidelines.

IPCC (2006). “Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Volume 1, Chapter 3: Uncertainties. Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC (2006). “Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Volume 3, Chapter 1: Introduction to Industrial Processes and Product Use Sections 1.1 and 1.2, Intergovernmental Panel on

Climate Change.

IPCC (2006). “Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Volume 3, Chapter 1: Introduction Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC (2006). “Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Volume 3, Chapter 2: Mineral Industry Emissions. Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC (2006). “Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Volume 3, Chapter 5: Non-energy products from fuels and solvent use. Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC, (2014). “Cambio climático 2014: Informe de síntesis”. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 págs.

IPCC, (2019). “Calentamiento global de 1.5°C, resumen para responsables de políticas”. Grupo de trabajo I. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

IPCC, 2023: Sections. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647

J. C. Claros Garcia and E. Von Sperling, (2017). "Greenhouse gas emissions from sugar cane ethanol: Estimate considering current different production scenarios in Minas Gerais, Brazil," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 72. Elsevier Ltd, pp. 1033–1049. doi: 10.1016/j.rser.2017.01.046.

J. Chen, F. Zhao, Z. Liu, X. Ou, and H. Hao, (2017). "Greenhouse gas emissions from road construction in China: A province-level analysis," *J Clean Prod*, vol. 168, pp. 1039–1047, Dec. 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.08.243.

J. M. Islas-Samperio, M. O. Birlain-Escalante, and G. K. Grande-Acosta, (2020). "Toward a Low-Carbon Industrial Sector in Mexico," *Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy*, vol. 15, no. 10–12, pp. 545–571, 2020, doi: 10.1080/15567249.2020.1753855.

João P. Romero, Camila Gramkow, (2021). "Economic complexity and greenhouse gas emissions", *World Development*, Volume 139,105317, ISSN 0305-750X, doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105317.

J. Sajid et al., (2022). "Energetic, economic, and greenhouse gas emissions assessment of biomass and solar photovoltaic systems for an industrial facility," *Energy Reports*, vol. 8, pp. 12503–12521, doi: 10.1016/j.egyr.2022.09.041.

K. E. Sari, (2021). "Energy greenhouse gas emission inventory in Batu City," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 916, no. 1. IOP Publishing Ltd, doi: 10.1088/1755-1315/916/1/012003.

Lamb, W. F., Wiedmann, T., Pongratz, J., Andrew, R., Crippa, M., Olivier, J. G., & Minx, J. (2021). "A review of trends and drivers of greenhouse gas emissions by sector from 1990 to 2018". *Environmental research letters*, 16(7), 073005, DOI 10.1088/1748-9326/abee4e

Ley de cambio climático y sustentabilidad del estado de Tabasco, Reformada, Cámara de Diputados de Tabasco, 11 de diciembre de 2020, Tabasco, México.

Ley General de Cambio Climático, [LGCC], (2024). Reformada, Diario Oficial de la Federación [D.O.F.], 1 de abril de 2024, México.

<https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf>

N. K. Cheruiyot et al., (2016). “An overview of PCDD/F inventories and emission factors from stationary and mobile sources: What we know and what is missing,” *Aerosol and Air Quality Research*, vol. 16, no. 12. *AAGR Aerosol and Air Quality Research*, pp. 2965–2988, doi: 10.4209/aaqr.2016.10.0447.

O. Sahu, (2018). “Assessment of sugarcane industry: Suitability for production, consumption, and utilization,” *Ann Agrar Sci*, vol. 16, no. 4, pp. 389–395, Dec. 2018, doi: 10.1016/j.aasci.2018.08.001.

P. Pongpat, S. H. Gheewala, and T. Silalertruksa, (2017). “An assessment of harvesting practices of sugarcane in the central region of Thailand,” *J Clean Prod*, vol. 142, pp. 1138–1147, Jan. 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2016.07.178.

P. Siclari, (2020). “Amenazas de cambio climático, métricas de mitigación y adaptación en ciudades de América Latina y el Caribe” *Documentos de Proyectos.* (LC/TS.2020/185), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Qu, J. J., & Motha, R. P. (2022). “Climate Change and a Sustainable Earth”. Cambridge Scholars Publishing.

Rodríguez Aldabe, Yosú; (2018). “Potenciar la resiliencia de las ciudades y sus territorios de pertenencia en el marco de los acuerdos sobre cambio climático y de la Nueva Agenda Urbana”, Documentos de Proyectos (LC/TS.2018/91), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

R. Bun et al., (2019). “Development of a high-resolution spatial inventory of greenhouse gas emissions for Poland from stationary and mobile sources,” *Mitig Adapt Strateg Glob Chang*, vol. 24, no. 6, pp. 853–880, doi: 10.1007/s11027-018-9791-2.

R. M. Santos and R. Bakhshoodeh, “Climate change/global warming/climate emergency versus general climate research: comparative bibliometric trends of publications,” *Heliyon*, vol. 7, no. 11, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e08219.

Sánchez Leyva, B. C. (2019). “Análisis del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)”.

Servicio Geológico Mexicano [SGM], (2013). “Atlas de Peligro por Fenómenos Naturales del Estado de Tabasco”.

S. I. Zandalinas, F. B. Fritschi, and R. Mittler, (2021). “Global Warming, Climate Change, and Environmental Pollution: Recipe for a Multifactorial Stress Combination Disaster,” *Trends in Plant Science*, vol. 26, no. 6. Elsevier Ltd, pp. 588–599, doi: 10.1016/j.tplants.2021.02.011.

S. O. Giwa, M. A. Sulaiman, and C. N. Nwaokocha, (2017). “Inventory of greenhouse gases emissions from gasoline and diesel consumption in Nigeria,” *Nigerian Journal of Technological Development*, vol. 14, no. 1, p. 1, doi: 10.4314/njtd.v14i1.1.

S. Ruiz Lievano, (2019). “Desafíos del cambio climático en Tabasco, México”. *Revista Castellano-Manchega de Ciencias Sociales*, no. 26, pp. 207–224, doi: 10.20932/barataria.v0i26.405.

Thornley, P., & Adams, P. (Eds.), (2017). *Greenhouse Gas Balances of Bioenergy Systems*. Academic Press.

Trust, C. (2014). *Inventario Estatal de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero Jalisco 2014*

UNFCCC, (2016). "Report of the Conference of the Parties on its twenty-first session, held in Paris from 30 November to 13 December 2015".

V. Mugica-Alvarez, L. Ramos-Guillén, J. Figueroa-Lara, and M. Torres-Rodríguez, (2015). "Effectiveness of Greenhouse Gases Reduction Strategies and Policies in Mexico," *International Journal of Environmental Science and Development*, vol. 6, no. 4, pp. 305–310, doi: 10.7763/IJESD.2015.V6.608.

Veysey, J., Octaviano, C., Calvin, K., Martinez, S. H., Kitous, A., McFarland, J., & van der Zwaan, B. (2016). "Pathways to Mexico's climate change mitigation targets: A multi-model analysis". *Energy Economics*, 56, 587-599., doi: 10.1016/j.eneco.2015.04.011.

Wegren, Stephen. (2022). "The Impact of Climate Change on Russian Agriculture and Implications for Global Food Security". *Highlights of Sustainability*. Doi: 1. 188-201. 10.54175/hsustain1030014.

Y. Zhou, M. Chen, Z. Tang, and Z. Mei, (2020). "Urbanization, land use change, and carbon emissions: Quantitative assessments for city-level carbon emissions in Beijing-Tianjin-Hebei region," *Sustain Cities Soc*, vol. 66, doi: 10.1016/j.scs.2020.102701.

Alojamiento de la Tesis en el Repositorio Institucional	
Título de Tesis:	“Evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero generados por los procesos industriales en Tabasco”
Autora de la Tesis:	Adriana Murrieta Alvarez
ORCID:	https://orcid.org/0009-0001-5265-8248
Resumen de la Tesis:	<p>La investigación tiene como objetivo principal realizar un inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del Sector Industrial en Tabasco. Se evaluaron industrias clave como la cementera, azucarera, el manejo de lubricantes para usos no energéticos y el uso de asfalto en pavimentación. Todos los procesos evaluados cumplen con los criterios del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) como fuentes emisoras de GEI. Para la contabilización de los GEI se aplicó la metodología descrita en las directrices del IPCC del 2006, durante el periodo comprendido de 2010 a 2020. El inventario se enfocó a determinar las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM), así como evaluar la incertidumbre asociada. La estimación de emisiones se basó en datos obtenidos de fuentes oficiales, incluyendo las Cédulas de Operación Anual (COA) de la industria, informes estadísticos y datos suministrados por entidades gubernamentales. Para el cálculo se empleó el método Nivel 1 IPCC-2006, el cual consiste en utilizar factores de emisión propuestos por las directrices del IPCC-2006 y los reportes nacionales de México, complementados con información de producción de cada sector. Los resultados para las emisiones de CO₂ fueron en el rango de 1.72-5929±4827 Gg CO₂-eq (Dióxido de carbono equivalente), para un total de emisiones de 6018 Gg CO₂-eq, con una incertidumbre del 10.143%, evaluado en cuatro fuentes de emisión: producción de cemento, uso de lubricantes, uso de asfalto para pavimentación, fabricación de azúcar y miel de caña, siendo la industria cementera la que mayores emisiones de CO₂</p>

	<p>genera, aportando el 98% de las emisiones totales calculadas.</p>
<p>Palabras claves de la Tesis:</p>	<p>CO₂, Emisiones, Gases de efecto invernadero, Inventario, IPCC, Sector Industrial</p>
<p>Referencias citadas</p>	<p>Abbass, M. Z. Qasim, H. Song, M. Murshed, H. Mahmood, and I. Younis, "A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures," <i>Environmental Science and Pollution Research</i>, vol. 29, no. 28. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, pp. 42539–42559, Jun. 01, 2022. doi: 10.1007/s11356-022-19718-6.</p> <p>A. Bárcena et al.,(2020). "La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe: ¿seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción?", Libros de la CEPAL, N° 160 (LC/PUB.2019/23-P), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).</p> <p>A. Ghezloun, A. Saidane, H. Merabet, (2017). "The COP 22 New commitments in support of the Paris Agreement", <i>Energy Procedia</i>, Volume 119, Pages 10-16, ISSN 1876-6102, doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.040.</p> <p>Akpuokwe, C. U., Adeniyi, A. O., Bakare, S. S., & Eneh, N. E. (2024). Legislative responses to climate change: a global review of policies and their effectiveness. <i>International Journal of Applied Research in Social Sciences</i>, 6(3), 225-239, doi.org/10.51594/ijarss.v6i3.852</p> <p>A. R. Leal, B. W. Husted, and M. A. Flores Segovia, (2021). "Environmental performance spillovers among Mexican industrial facilities: The case of greenhouse gases," <i>J Bus Res</i>, vol. 135, pp. 711–720, doi: 10.1016/j.jbusres.2021.07.004.</p>

<p>Referencias citadas</p>	<p>Arora, N.K. Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. <i>Environmental Sustainability</i> 2, 95–96 (2019). https://doi.org/10.1007/s42398-019-00078-w.</p> <p>Cai, B., Cui, C., Zhang, D., Cao, L., Wu, P., Pang, L., Zhang, J., & Dai, C. (2019). “China city-level greenhouse gas emissions inventory in 2015 and uncertainty analysis”. <i>Applied Energy</i>, 253 (113579) https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113579</p> <p>CENAPRED, (2023). “Atlas Nacional de Riesgos.” Accessed: Aug. 27, 2023. http://www.atlasmnacionalderiesgos.gob.mx/app/Estados/VisorTabasco/</p> <p>CONAGUA (2023). “Resúmenes Mensuales de Temperaturas y Lluvia.” https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias Accessed: Aug. 27, 2023.</p> <p>Del Angel, Ebelia & Jong, Bernardus & Gama, Lilia. (2011). Programa Estatal ante el Cambio Climático de Tabasco, México”.</p> <p>D. Benjamin, H. H. Por, and D. Budescu, (2017). “Climate Change Versus Global Warming: Who Is Susceptible to the Framing of Climate Change?,” <i>Environ Behav</i>, vol. 49, no. 7, pp. 745–770, doi: 10.1177/0013916516664382.</p> <p>D. Castrejón, A. M. Zavala, J. A. Flores, M. P. Flores, and D. Barrón, (2018). “Analysis of the contribution of CCS to achieve the objectives of Mexico to reduce GHG emissions,” <i>International Journal of Greenhouse</i></p>
---------------------------------------	--

<p>Referencias citadas</p>	<p>Gas Control, vol. 71, pp. 184–193, doi: 10.1016/j.ijggc.2018.02.019.</p> <p>EEA (2019). “EMEP/EEA Air pollutant emission inventory guidebook 2019: Technical guidance to prepare national emission inventories”. European Environment Agency. Manual. Luxembourg. 2.D.3.a pp https://data.europa.eu/doi/10.2800/293657</p> <p>Gobierno del estado de Guanajuato, Instituto de Ecología del Estado (2015). “Inventario de gases y compuestos de efecto invernadero del estado de Guanajuato, 2013”.</p> <p>Gobierno del estado de Jalisco, (2019). “Actualización del Inventario Estatal de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero de Jalisco, 2017”. Disponible en: http://semadet.gob.mx</p> <p>Gobierno de México, (2017). “Programa especial de cambio climático 2014-2018, logros 2016”. Reporte, Ciudad de México, México.</p> <p>Gobierno de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2022). “México: Tercer Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (2022)”.</p> <p>Gobierno del estado de Tamaulipas, Secretaria de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente, (2016). “Programa estatal de cambio climático Tamaulipas 2015-2030”.</p> <p>G. Rothenberg, (2023). “A realistic look at CO2 emissions, climate change and the role of sustainable chemistry,” Sustainable Chemistry for Climate Action, vol. 2, p. 100012, doi: 10.1016/j.scca.2023.100012.</p>
-----------------------------------	--

<p>Referencias citadas</p>	<p>Gran Castro, J. A., & Ramos De Robles, S. L. (2019). Climate change and flood risk: vulnerability assessment in an urban poor community in Mexico. <i>Environment and Urbanization</i>, 31(1), 75-92. doi.org/10.1177/0956247819827850</p> <p>H. M. Deng, Q. M. Liang, L. J. Liu, and L. D. Anadon, (2017). “Co-benefits of greenhouse gas mitigation: A review and classification by type, mitigation sector, and geography,” <i>Environmental Research Letters</i>, vol. 12, no. 12, doi: 10.1088/1748-9326/aa98d2.</p> <p>Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático [IEECC], Gobierno del estado de México, (2020). “Inventario estatal de emisiones de gases de efecto invernadero 2018”.</p> <p>INECC (2014). “Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México”. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Informe técnico. Ciudad de México, México.</p> <p>INECC, SEMARNAT, (2018). “Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015”. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, & Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Reporte. Ciudad de México, México.</p> <p>INNEC, SEMARNAT, (2022). “México: Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, 1990-2019”. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Reporte, Ciudad de México, México.</p> <p>INEGI, (2020). “Panorama sociodemográfico de Tabasco: Censo de</p>
---------------------------------------	--

<p>Referencias citadas</p>	<p>Población y Vivienda 2020". CPV/Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.</p> <p>IPCC (2006). "Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories", Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Volume 1, Chapter 1: Introduction to the 2006 guidelines.</p> <p>IPCC (2006). "Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories", Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Volume 1, Chapter 3: Uncertainties. Intergovernmental Panel on Climate Change.</p> <p>IPCC (2006). "Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories", Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Volume 3, Chapter 1: Introduction to Industrial Processes and Product Use Sections 1.1 and 1.2, Intergovernmental Panel on Climate Change.</p> <p>IPCC (2006). "Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories", Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Volume 3, Chapter 1: Introduction Intergovernmental Panel on Climate Change.</p> <p>IPCC (2006). "Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories", Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Volume 3, Chapter 2: Mineral Industry Emissions. Intergovernmental Panel on Climate Change.</p> <p>IPCC (2006). "Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories", Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Volume 3, Chapter 5: Non-energy products from fuels and solvent use.</p>
---------------------------------------	--

<p>Referencias citadas</p>	<p>Intergovernmental Panel on Climate Change.</p> <p>IPCC, (2014). “Cambio climático 2014: Informe de síntesis”. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 págs.</p> <p>IPCC, (2019). “Calentamiento global de 1.5°C, resumen para responsables de políticas”. Grupo de trabajo I. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.</p> <p>IPCC, 2023: Sections. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647</p> <p>J. C. Claros Garcia and E. Von Sperling, (2017). “Greenhouse gas emissions from sugar cane ethanol: Estimate considering current different production scenarios in Minas Gerais, Brazil,” Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 72. Elsevier Ltd, pp. 1033–1049. doi: 10.1016/j.rser.2017.01.046.</p> <p>J. Chen, F. Zhao, Z. Liu, X. Ou, and H. Hao, (2017). “Greenhouse gas emissions from road construction in China: A province-level analysis,” J Clean Prod, vol. 168, pp. 1039–1047, Dec. 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.08.243.</p> <p>J. M. Islas-Samperio, M. O. Birlain-Escalante, and G. K. Grande-Acosta, (2020). “Toward a Low-Carbon Industrial Sector in Mexico,”</p>
---------------------------------------	---

<p>Referencias citadas</p>	<p>Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy, vol. 15, no. 10–12, pp. 545–571, 2020, doi: 10.1080/15567249.2020.1753855.</p> <p>João P. Romero, Camila Gramkow, (2021). “Economic complexity and greenhouse gas emissions”, World Development, Volume 139,105317, ISSN 0305-750X, doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105317.</p> <p>J. Sajid et al., (2022). “Energetic, economic, and greenhouse gas emissions assessment of biomass and solar photovoltaic systems for an industrial facility,” Energy Reports, vol. 8, pp. 12503–12521, doi: 10.1016/j.egyr.2022.09.041.</p> <p>K. E. Sari, (2021). “Energy greenhouse gas emission inventory in Batu City,” IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 916, no. 1. IOP Publishing Ltd, doi: 10.1088/1755-1315/916/1/012003.</p> <p>Lamb, W. F., Wiedmann, T., Pongratz, J., Andrew, R., Crippa, M., Olivier, J. G., & Minx, J. (2021). “A review of trends and drivers of greenhouse gas emissions by sector from 1990 to 2018”. Environmental research letters, 16(7), 073005, DOI 10.1088/1748-9326/abee4e</p> <p>Ley de cambio climático y sustentabilidad del estado de Tabasco, Reformada, Cámara de Diputados de Tabasco, 11 de diciembre de 2020, Tabasco, México.</p> <p>Ley General de Cambio Climático, [LGCC], (2024). Reformada, Diario Oficial de la Federación [D.O.F.], 1 de abril de 2024, México. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf</p>
---------------------------------------	--

<p>Referencias ciudades</p>	<p>N. K. Cheruiyot et al., (2016). “An overview of PCDD/F inventories and emission factors from stationary and mobile sources: What we know and what is missing,” Aerosol and Air Quality Research, vol. 16, no. 12. AAGR Aerosol and Air Quality Research, pp. 2965–2988, doi: 10.4209/aaqr.2016.10.0447.</p> <p>O. Sahu, (2018). “Assessment of sugarcane industry: Suitability for production, consumption, and utilization,” Ann Agrar Sci, vol. 16, no. 4, pp. 389–395, Dec. 2018, doi: 10.1016/j.aasci.2018.08.001.</p> <p>P. Pongpat, S. H. Gheewala, and T. Silalertruksa, (2017). “An assessment of harvesting practices of sugarcane in the central region of Thailand,” J Clean Prod, vol. 142, pp. 1138–1147, Jan. 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2016.07.178.</p> <p>P. Siclari, (2020). “Amenazas de cambio climático, métricas de mitigación y adaptación en ciudades de América Latina y el Caribe” Documentos de Proyectos.” (LC/TS.2020/185), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).</p> <p>Qu, J. J., & Motha, R. P. (2022). “Climate Change and a Sustainable Earth”. Cambridge Scholars Publishing.</p> <p>Rodríguez Aldabe, Yosú; (2018). “Potenciar la resiliencia de las ciudades y sus territorios de pertenencia en el marco de los acuerdos sobre cambio climático y de la Nueva Agenda Urbana”, Documentos de Proyectos (LC/TS.2018/91), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).</p>
--	---

<p>Referencias citadas</p>	<p>R. Bun et al., (2019). "Development of a high-resolution spatial inventory of greenhouse gas emissions for Poland from stationary and mobile sources," <i>Mitig Adapt Strateg Glob Chang</i>, vol. 24, no. 6, pp. 853–880, doi: 10.1007/s11027-018-9791-2.</p> <p>R. M. Santos and R. Bakhshoodeh, "Climate change/global warming/climate emergency versus general climate research: comparative bibliometric trends of publications," <i>Heliyon</i>, vol. 7, no. 11, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e08219.</p> <p>Sánchez Leyva, B. C. (2019). "Análisis del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)".</p> <p>Servicio Geológico Mexicano [SGM], (2013). "Atlas de Peligro por Fenómenos Naturales del Estado de Tabasco".</p> <p>S. I. Zandalinas, F. B. Fritschi, and R. Mittler, (2021). "Global Warming, Climate Change, and Environmental Pollution: Recipe for a Multifactorial Stress Combination Disaster," <i>Trends in Plant Science</i>, vol. 26, no. 6. Elsevier Ltd, pp. 588–599, doi: 10.1016/j.tplants.2021.02.011.</p> <p>S. O. Giwa, M. A. Sulaiman, and C. N. Nwaokocha, (2017). "Inventory of greenhouse gases emissions from gasoline and diesel consumption in Nigeria," <i>Nigerian Journal of Technological Development</i>, vol. 14, no. 1, p. 1, doi: 10.4314/njtd.v14i1.1.</p> <p>S. Ruiz Lievano, (2019). "Desafíos del cambio climático en Tabasco, México". <i>Revista Castellano-Manchega de Ciencias Sociales</i>, no. 26, pp. 207–224, doi: 10.20932/barataria.v0i26.405.</p> <p>Thornley, P., & Adams, P. (Eds.), (2017). <i>Greenhouse Gas Balances of</i></p>
---------------------------------------	---

<p>Referencias citadas</p>	<p>Bioenergy Systems. Academic Press.</p> <p>Trust, C. (2014). Inventario Estatal de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero Jalisco 2014</p> <p>UNFCCC, (2016). "Report of the Conference of the Parties on its twenty-first session, held in Paris from 30 November to 13 December 2015".</p> <p>V. Mugica-Alvarez, L. Ramos-Guillén, J. Figueroa-Lara, and M. Torres-Rodríguez, (2015). "Effectiveness of Greenhouse Gases Reduction Strategies and Policies in Mexico," International Journal of Environmental Science and Development, vol. 6, no. 4, pp. 305–310, doi: 10.7763/IJESD. 2015.V6.608.</p> <p>Veysey, J., Octaviano, C., Calvin, K., Martinez, S. H., Kitous, A., McFarland, J., & van der Zwaan, B. (2016). "Pathways to Mexico's climate change mitigation targets: A multi-model analysis". Energy Economics, 56, 587-599., doi: 10.1016/j.eneco.2015.04.011.</p> <p>Wegren, Stephen. (2022). "The Impact of Climate Change on Russian Agriculture and Implications for Global Food Security". Highlights of Sustainability. Doi: 1. 188-201. 10.54175/hsustain1030014.</p> <p>Y. Zhou, M. Chen, Z. Tang, and Z. Mei, (2020). "Urbanization, land use change, and carbon emissions: Quantitative assessments for city-level carbon emissions in Beijing-Tianjin-Hebei region," Sustain Cities Soc, vol. 66, doi: 10.1016/j.scs.2020.102701.</p>
---------------------------------------	--