



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS TABASCO

POSGRADO EN PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO

**EL IMPACTO DE LAS INDUSTRIAS ALIMENTARIAS EN LA COSTA
ATLÁNTICA DE MÉXICO EN EL CAMBIO CLIMÁTICO**

MIGUELINA MARITZA DOMÍNGUEZ PIMIENTA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

H. CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO

2014

La presente tesis titulada: **El impacto de las Industrias Alimentarias en la Costa Atlántica de México en el Cambio Climático**, realizada por la alumna **Miguelina Maritza Domínguez Pimienta**, bajo la dirección el Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



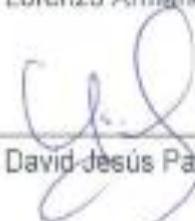
Dr. Cesar Jesús Vázquez Navarrete

ASESOR:



Dr. Lorenzo Armando Aceves Navarro

ASESOR:



Dr. David Jesús Palma López

ASESOR:



Dr. Juan Manuel Zaldivar Cruz

ASESOR:



Dr. Victor Manuel Kuri Hernández

Cárdenas, Tabasco, México, 19 de agosto de 2014

EL IMPACTO DE LAS INDUSTRIAS ALIMENTARIAS EN LA COSTA ATLÁNTICA DE MÉXICO EN EL CAMBIO CLIMÁTICO

Miguelina Maritza Domínguez Pimienta, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2014

La Industria Alimenticia por medio de sus variados productos, tales como, elaboración de pan, elaboración de tortillas, confitería, elaboración de azúcar, harina, cereales y otros productos satisfacen la alimentación del ser humano; Sin embargo, estos alimentos alteran la composición de la atmósfera debido a las actividades económicas que se ocasionan mediante la elaboración de los alimentos. Aunado que se desconocen los alimentos que se elaboran en la Costa Atlántica de México (CAM), el objetivo de este estudio fue Identificar las principales subramas del sector de alimentos de la CAM y estimar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de estas subramas. En esta investigación se abordaron dos cuestionamientos: ¿Cómo seleccionar (priorizar) las actividades humanas? y ¿Cuál es la aportación de estas actividades a las emisiones de GEI? con el propósito de aportar un mayor conocimiento en la construcción de una sociedad de bajas emisiones. El estudio se realizó en dos etapas. La primera etapa consistió identificar las principales Industrias Alimenticias de la CAM a nivel subrama, las cuales fueron obtenidas del Censo Económico 2009, aplicando el método de eficiencia y la técnica de Análisis Envolvente de Datos. Finalmente, la segunda etapa consistió aplicar la metodología del IPCC-1996 en la estimación de las emisiones de GEI utilizando información de las fuentes oficiales INEGI y la guía EMEP/CORINAIR de alimentos y bebidas. El sector de alimentos presentó un valor óptimo de 1 de eficiencia en siete Industrias de alimentos y dos Industrias de bebidas, estos alimentos y bebidas emiten Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes al Metano (COVDM) durante el proceso de fermentación y cocción.

Palabras claves: Método de eficiencia, Análisis de Datos Envolvente, Metodología IPCC, Sector de alimentos, Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes al Metano.

THE IMPACT OF FOOD INDUSTRIES IN THE ATLANTIC COAST OF MEXICO ON CLIMATE CHANGE

Miguelina Maritza Domínguez Pimienta, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2014

The Food Industry through its various products, such as baking bread, making tortillas, confectionery, sugar, flour, cereals and other food products meet the human being; However, these foods alters the composition of the atmosphere due to the economic activities that are caused by food processing. In addition to foods that are prepared on the Atlantic Coast of Mexico (CAM) are unaware of the purpose of this study was to identify the main sub-branches of the food sector of the CAM and estimating emissions of greenhouse gases (GHG) such subbranches. In this research two issues were addressed: How to select (prioritize) human activities? and What is the contribution of these activities to GHG emissions? for the purpose of providing greater insight into the construction of a low-carbon society. The study was conducted in two stages. The first step was to identify the main CAM Food Industries at the industry level, which were obtained from the 2009 Economic Census, using the method of efficiency and technique Data Envelopment Analysis. Finally, the second stage consisted of applying the IPCC-1996 methodology in estimating GHG emissions using information from official sources INEGI and the EMEP / CORINAIR food and drink guide. The food sector provided optimal efficiency value of 1 in seven Industries Industries food and two drinks, these foods and beverages emit Volatile Organic Compounds at Different Methane (NMVOC) during fermentation and baking.

Keywords: Method of efficiency, Data Envelopment Analysis, Methodology IPCC, food Sector, Different Volatile Organic Compounds to Methane.

AGRADECIMIENTO

En este apartado agradezco:

1. Al Consejo Nacional y Tecnología (CONACYT)-dirección de becas por otorgarme durante dos años la beca para estudiar el Postgrado en Producción Agroalimentaria en el Trópico en el Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco.
2. Al personal del Colegio Postgraduado-Campus Tabasco: Área de Servicios Escolares (Lic. Elsi y Sra. Celia); Coordinación de Postgraduados (M.C. Heyra y M.C. Arnulfo) y Biblioteca (Sra. Thelma) por su disponibilidad y atenta atención que me brindaron durante la Maestría en el Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco.
3. A los académicos del PROPAT y Académicos externos: Dr. Adolfo Bucio, Dr. Manuel Osorio, Dr. Francisco Juárez, Dr. Valverde, Dra. Aleida S. Hernández y la Dra. Patricia Burelo por compartir sus conocimientos y disponibilidad en los cursos solicitados.
4. A mi Consejo Particular:
 - El Dr. Cesar J. Vázquez Navarrete por su paciencia, por sus consejos que me brindo durante mi formación como Maestra en Ciencias, pero sobre todo por brindarme la confianza para realizar la investigación de la Tesis.
 - A mis cuatros Asesores: Dr. Lorenzo A. Aceves Navarro, Dr. David. J. Palma López, Dr. Juan M. Zaldívar Cruz y Dr. Víctor M. Kuri Hernández por sus observaciones y recomendaciones que me realizaron en la Tesis.
5. A Wendy E. Sosa Pérez que me estuvo asesorando en el paquete de MICROSOFT OFFICE (Word y Excel) durante la Maestría. Gracias Wendy por tu apoyo.
6. A mis amigos del PROPAT otoño 2011 Maribel, Berenice, Ana, Reyna, Samuel y Torres por la sincera amistad que me brindaron durante la Maestría. Fue un gran

privilegio convivir con cada uno de ellos, y me siento orgullosa de haber formado parte de la primera generación PROPAT otoño 2011.

7. A mis amigos de la generación del PROPAT primavera 2011 y PROPAT primavera 2012 por sus consejos y ánimos que me brindaron durante mi formación como Maestra en Ciencias.

“TRABAJA CON DEDICACIÓN Y BRILLARAS CON MUCHO ÉXITO”

MADOPI

DEDICATORIA

Principalmente a Dios porque fue su voluntad lo que hizo que lograré mi superación personal, me dio la capacidad para finalizar mi trabajo de investigación y obtener el grado de Maestra en Ciencias.

A mis padres

Mario Antonio Domínguez de la Cruz y Beatriz Pimienta Góngora por la confianza que siempre han tenido en mí, por su apoyo y por sus consejos los cuales me han hecho madurar como mujer de principios y de valores. ¡Los amo mucho a ambos, que Dios me los bendiga siempre!

A Francisco Javier Alejandro García

Mi futuro esposo a quien amo, por su paciencia, confianza, comprensión, motivación y amor son los detalles que recibo todos los días y que conquistan mi corazón.

A mis hermanos

José Antonio, Richard Fabian, Mario Alberto, Emmanuel y Sandy Maria por compartir momentos de alegrías y tristezas. Los amo con todo mi corazón y tengo el privilegio de tener cinco hermanos donde existe la unidad, la confianza y el amor entre nosotros.

A mí cuñada Yuli y a **mis dos pequeños sobrinos** Cristian y Josué por el cariño que siempre me han brindado.

Mi familia es el mejor regalo que Dios me ha dado y me siento orgullosa de todos ellos.

GRACIAS

CONTENIDO

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1 Objetivos	8
1.2 Hipótesis	8
1.3 Revisión de literatura	9
1.3.1 La Industria de los Alimentos	9
1.3.2 La Costa Atlántica de México	15
1.3.3 Importancia económica de la Industria de los Alimentos de la Costa Atlántica de México	25
1.3.4 Medición y análisis de la eficiencia	29
1.3.5 Estimación de Gases de Efecto Invernadero	45
1.4 Literatura citada	61
CAPITULO II. IDENTIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES SUBRAMAS DEL SECTOR DE ALIMENTOS DE LA COSTA ATLÁNTICA DE MÉXICO	70
2.1 Introducción	70
2.2 Materiales y métodos	71
2.2.1 Obtención y depuración de datos	72
2.2.3 Análisis Exploratorio (AE)	74
2.2.4 Análisis de Datos Envoltente (ADE)	74
2.3 Resultados y discusión	75
2.3.1 Análisis Exploratorio (AE)	75
2.3.2 Análisis de Datos Envoltente (ADE)	78
2.4 Conclusión	81
2.5 Literatura citada	82
CAPITULO III. ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL SECTOR DE ALIMENTOS DE LA COSTA ATLÁNTICA DE MÉXICO	86
3.1 Introducción	86
3.2 Materiales y métodos	88
3.2.1 Proceso de alimentos y bebidas	88
3.2.2 Datos de actividad	89
3.2.3 Factor de emisión	90
3.2.4 Método de estimación COVDM	91
3.3 Resultados y discusión	92
3.3.1 Producción de azúcar	95

3.3.2 Producción de pan	97
3.3.3 Cereal para el desayuno	97
3.3.4 Alimentos para animales	98
3.3.5 Producción de cerveza	99
3.4 Conclusión	100
3.5 Literatura citada	101
CAPITULO IV. DISCUSION GENERAL	104
4.1. El sector de los alimentos de la Costa Atlántica de México	105
4.2. La priorización de las subramas de la Industria de Alimentos de la Costa Atlántica de México	106
4.3. La estimación de los gases de efecto invernadero en las principales industrias de alimentos de la Costa Atlántica de México	107
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	109
5.1 Conclusiones generales	109
5.2 Recomendaciones	109

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Superficie territorial del área de estudio _____	18
Cuadro 2. Grupo de climas, rangos de temperatura media anual y de precipitación total anual de la CAM _____	20
Cuadro 3. Superficie forestal de la CAM por entidad y tipo de ecosistema en hectáreas _____	21
Cuadro 4. Indicadores seleccionados de los aspectos sociales de la CAM y a nivel nacional _____	22
Cuadro 5. Superficie según uso del suelo en hectáreas _____	23
Cuadro 6. Producto interno bruto y participación porcentual de los sectores económicos de las entidades en el PIB total de la CAM _____	24
Cuadro 7. Población económicamente activa en la CAM según tipo de ocupación, género, y distribución porcentual por tipo de actividad _____	25
Cuadro 8. Indicadores económicos utilizados en la caracterización de un sector o región _____	27
Cuadro 9. Conceptos claves utilizados en las Directrices del IPCC, 2006 _____	54
Cuadro 10. Clasificación y número de categorías de emisiones y absorciones de GEI de las Directrices de 2006 _____	55
Cuadro 11. Nivel de agregación de la industria de alimentos y bebidas _____	72
Cuadro 12. Cambios ocurridos a nivel regional y nivel industrial durante el periodo de 1999 y 2009 _____	73
Cuadro 13. Índice de eficiencia de la Industria de Alimentos a nivel subrama _____	79
Cuadro 14. Producción de azúcar del periodo 2007 al 2011 _____	90
Cuadro 15. Emisión COVDM en la producción de alimentos y bebidas _____	90
Cuadro 16. Producción total anual de productos alimenticios del periodo 2007-2011 _____	92
Cuadro 17. Emisión COVDM de la producción de azúcar _____	93
Cuadro 18. Emisión COVDM de la producción alimenticia: alimento para animales, cereal para desayuno, pan y cerveza _____	94

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. La relación entre las actividades antropogénicas y el Cambio Climático _____	1
Figura 2. Localización geográfica del área de estudio _____	18
Figura 3. Modelo conceptual básico del desempeño de una UTD _____	32
Figura 4. Representación gráfica del análisis envolvente de datos y modelos de estimación de la eficiencia _____	36
Figura 5. Categorías y subcategorías del inventario de nacional típico de GEI según las Directrices de 2006 _____	57
Figura 6. Árbol de decisión para la estimación de emisiones de la industria de alimentos y bebidas _____	60
Figura 7. Índice de eficiencia e ineficiencia de las Industrias Alimentos a nivel Subrama ____	80
Figura 8. Niveles de decisión para los procesos de alimentos y bebidas _____	91
Figura 9. Producción total anual de cada proceso alimenticio. _____	94
Figura 10. Emisión COVDM de cada proceso alimenticio _____	95
Figura 11. Producción anual de azúcar a nivel regional _____	96
Figura 12. Emisión COVDM en la producción de azúcar a nivel regional _____	96
Figura 13. Producción y emisión de COVDM de la industria del pan _____	97
Figura 14. Producción y emisiones de COVDM de la industria de cereal para el desayuno ____	98
Figura 15. Producción y emisiones de COVDM de la industria de alimentos para animales __	98
Figura 16. Producción y emisión de COVDM por parte de la industria de la cerveza _____	99

ACRONIMOS

ADE	Análisis Envolverte de Datos
AE	Análisis Exploratorio
CAM	Costa Atlántica de México
CC	Cambio Climático
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (sigla en inglés)
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
PEACC	Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático
PECC	Programa Especial de Cambio Climático
PICC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (sigla en español)
SCIAN	Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte
COVDM	Compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano
CO ₂	Bióxido de carbono
CH ₄	Metano
N ₂ O	Óxido nitroso
HFC	Hidrofluorocarbonos
PFC	Perfluorocarbonos
SF ₆	Hexafluoruro de azufre
CO	Monóxido de carbono
NO _x	Óxido de nitrógeno
SO ₂	Bióxido de azufre
Gg	Giga gramos
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) define en el artículo 1° que, “el Cambio Climático es un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, la cual altera la composición de la atmósfera”. Adicionalmente, los diferentes estudios científicos muestran que este cambio en la atmosfera tiene un efecto de largo plazo (Figura 1). Por lo tanto, se espera un mayor número de fenómenos meteorológicos, tales como nevadas, sequías, ciclones, tifones, lluvias, así como nuevos umbrales de temperaturas máximas y mínimas, entre otros, y que estos fenómenos serán cada vez serán más extremos (Liverman y Obrien, 1991; UNFCC, 1992; Stern 2007; Trapp *et al.*, 2007).

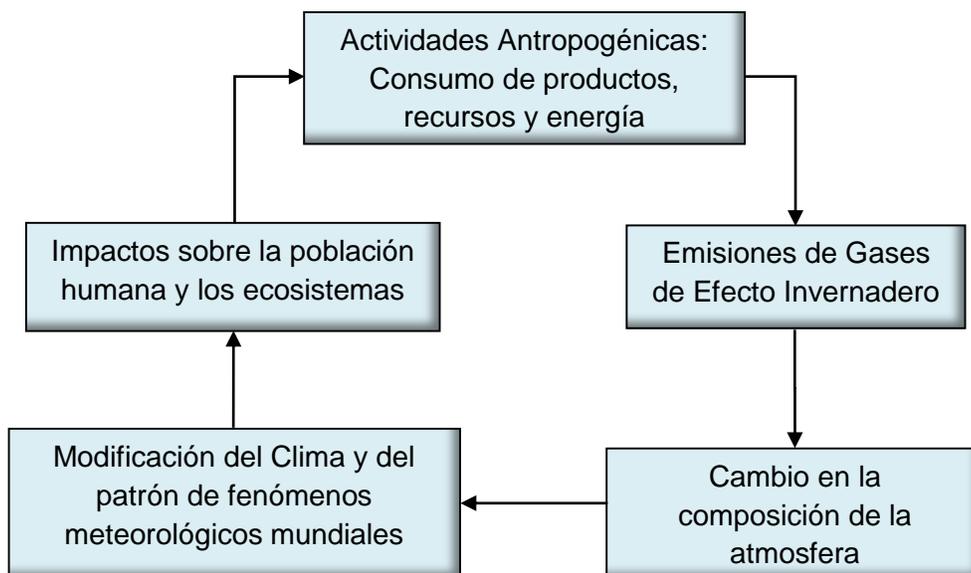


Figura 1. La relación entre las actividades antropogénicas y el Cambio Climático

Fuente: Elaborado propia con información de Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático IPCC (2006) y Stern (2007).

De acuerdo a los estudios, el cambio en el clima está influyendo negativamente sobre las actividades humanas y los ecosistemas; por ejemplo en el sector agrícola se están alterando los ciclos de producción de los cultivos, reduciendo los rendimientos agrícolas e incrementando los costos; en el sector social, las personas han tenido que

reconstruir sus viviendas y la infraestructura productiva; en el sector ambiental, el Cambio Climático están provocando una redistribución de las poblaciones animales y vegetales, así como de las personas, quienes buscan nuevos sitios donde continuar su existencia. Todo esto ejerce presión sobre la soberanía de los territorios, la calidad de vida de las personas y la existencia de la vida en el planeta (Jimenez 2000; Peterson *et al.*, 2001; Peterson *et al.*, 2002; Ramankutty *et al.*, 2002; Kirch, 2005; Steffen, 2005; Adamo, 2010; Nikol'skii *et al.*, 2010).

A nivel internacional, los tomadores de decisiones y los científicos buscan un mayor entendimiento sobre las causas del cambio climático y los efectos de este fenómeno (impactos y magnitudes esperadas), así mismo realizan la identificación de las localidades, con sus respectivos habitantes (personas, plantas y animales), más vulnerables ante este nuevo entorno (IPCC, 2013).

Respecto a las causas que dan origen al Cambio Climático, existe un gran avance al respecto y hay un consenso de que los Gases de Efecto Invernadero (GEI) son los responsables del cambio en la composición de la atmosfera. Con este conocimiento, se han realizado acciones concretas para medir las emisiones de las actividades humanas a nivel internacional (Garg *et al.*, 2006; Ramirez *et al.*, 2008; Merino *et al.*, 2011; Ogle *et al.*, 2013). Primero, el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (por sus siglas en inglés IPCC, acrónimo que será utilizado a lo largo de este documento) ha elaborado dos guías para la elaboración de los inventarios, la primera edición se presentó en 1996 y la segunda en 2006. Estas guías tienen como propósito principal apoyar a los gobiernos en el cálculo de las emisiones de GEI que generan las actividades humanas de mayor relevancia para cada gobierno. Segundo, el IPCC también ha indicado algunas directrices que incorporan buenas prácticas en la elaboración de los inventarios de emisiones de GEI, entre ellas: la identificación y priorización de las actividades humanas de mayor relevancia, el uso de factores de emisión actualizados o fundamentados con base en las investigaciones científicas, y

los parámetros de incertidumbre de los datos utilizados en los cálculos, entre otros (IPCC, 1996, 2006, 2013).

En México, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) es la institución que da seguimiento a los diversos acuerdos emanados del CMNUCC, tales como la elaboración de los inventarios de GEI, los comunicados nacionales sobre las medidas de mitigación y adaptación al Cambio Climático, así como el seguimiento de la agenda de Cambio Climático en México, que incluye estudiar, diseñar e implementar medidas que atiendan tanto las causas (fuentes de emisión de GEI, vulnerabilidad de la población, las actividades socioeconómicas, y los ecosistemas naturales), así como los efectos del cambio climático (impactos sociales, económicos y ambientales) (SEMARNAT, 2004, 2005, 2006). El INECC concluye que existe un conocimiento general de las emisiones de GEI a nivel nacional, sin embargo, falta completar los inventarios de las 32 entidades federativas, priorizar los sectores y localidades de acuerdo a diferentes parámetros (importancia económica, vulnerabilidad, planes de desarrollo), determinar los factores de emisión de los sectores no incluidos en las guías del IPCC, entre otros temas (SEMARNAT, 2004, 2012a, b). No obstante, todo este cúmulo de experiencia científica y práctica a nivel nacional e internacional, aún existen preguntas que no tienen una respuesta final, entre las que se encuentran: ¿Qué actividades humanas son prioritarias en la elaboración de inventarios?, ¿Cuál es su aportación al total de las emisiones de GEI?, ¿Qué medidas pueden mitigar las emisiones de estos sectores?

La alimentación es una de las principales actividades humanas. Esta actividad es una función básica del ser humano que con el tiempo le ha permitido mantener un crecimiento y desarrollo de la población total con personas lúcidas, sanas, fértiles y en consecuencia capaces de adaptarse a los diferentes entornos desde que surgió la agricultura, hace 10,000 años (Godfray *et al.*, 2010; Reilly y Willenbockel, 2010; Ingram, 2011). Durante este lapso de tiempo, se ha desarrollado un sistema alimentario que es responsable de realizar diversos procesos para cumplir con el propósito de alimentar a

la población, el cual incluye desde el sistema de investigación de material biológico (plantas y animales), los sistemas de producción intensivos, semi-intensivos u orgánicos, la infraestructura y equipamiento para la distribución masiva o local de las materias primas, el procesamiento de éstas en alimentos preparados o semi-procesados de bajo costo, nutritivos, sanos, inocuos y sustentables; hasta sustancias artificiales que pueden mejorar la vida de anaquel, las propiedades nutritivas o paliativas de los alimentos (Martin, 2001; Dixon, 2011). El sistema alimentario puede estar conformado por un par de actividades (primarias y secundarias) o una compleja red de suministros. Sin embargo, la producción de los alimentos también tiene un impacto sobre el planeta, tales como desertificación, problemas sanitarios y desechos, entre otros; pero en términos de Cambio Climático, esta actividad aporta un tercio de las emisiones mundiales (Neff *et al.*, 2009; Wood, 2010; Garnett, 2011; Vermeulen, 2012).

La complejidad del sistema alimentario es considerada en las guías del IPCC. La categoría principal de agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU por sus siglas en inglés) mide las emisiones del sector primario (cultivos, ganado, pescado), la categoría principal procesos industriales y otros productos (PIOP) se enfoca en las emisiones de la industria de procesamiento de materias primas y preparación de alimentos; la categoría de energía contabiliza el consumo de los combustibles utilizados en la preparación y distribución de los alimentos y, finalmente, la categoría de residuos cuantifica los desechos obtenidos a lo largo de todos los procesos de elaboración de alimentos (agua, biomasa, gases) así como el tipo de tratamiento de los mismos (IPCC, 1996, 2006; Schmitz *et al.*, 2012).

El INECC ha realizado el inventario de las emisiones de GEI de algunas actividades productivas relevantes para México. Así mismo las entidades federativas también han incursionado en el cálculo de su propio sector productivo, utilizando la metodología del IPCC. En ambos casos se incluyen sectores y categorías que pertenecen al sistema alimentario anteriormente mencionado. Sin embargo, algunos autores resaltan que

estas mediciones son parciales o incompletas y dependen en cierta medida de la disponibilidad de información (SEMARNAT, 2004; Garg, 2006; Blackhurst *et al.*, 2011; Merino *et al.*, 2011; Xi *et al.*, 2011; D'Avignon *et al.*, 2010; Gavrilova y Vilu, 2012).

Los impactos del Cambio Climático tendrán un efecto a nivel global, sin embargo, existen áreas que por sus características geográficas, fisiográficas y climatológicas se consideran de mayor vulnerabilidad. La Costa Atlántica de México (CAM) comprende seis entidades de la República Mexicana y están ubicadas a lo largo del Golfo de México y la Península de Yucatán. La CAM es de gran relevancia para el país, en ella se concentra el 15.3 % de la superficie del país, el 20.2 % del PIB nacional, el 80.4 % de la producción petrolera de México, el 41.8 % de las selvas y el 29.5 % de los humedales del país, el 15.3 % de la población total, así como el 15.8 % de la PIB del sector de alimentos (INEGI, 2013). Adicionalmente, de acuerdo con diferentes estudios, la CAM está amenazada por los diferentes fenómenos meteorológicos tales como inundaciones, huracanes, incremento del nivel del mar, mayor frecuencia de temperaturas y lluvias extremas, entre otras. Condiciones que se han presentado con mayor frecuencia e intensidad en los últimos 15 años (Caso *et al.*, 2004; Vazquez-Botello *et al.*, 2010, 2011). De acuerdo con el INECC los estados de Tamaulipas, Veracruz, y Tabasco son las entidades que cuentan con sus respectivos inventarios de emisiones de GEI. A partir de esta información es posible identificar las emisiones calculadas para el sistema alimentario de la CAM. Sin embargo, como lo resaltan algunos estudios, todavía existe un vacío de información. Primero faltan los inventarios de Campeche, Yucatán y Quintana Roo, segundo los inventarios están desfasados considerando los periodos de años utilizados en la estimación de GEI, tercero, los sectores y categorías no incluyen todas las actividades relacionadas con el sistema alimentario de referencia, faltan factores de emisión para subcategorías inherentes a la producción estatal y nacional, entre otras observaciones (SEMARNAT, 2012b; Chacón-Anaya, 2010; Welsh-Rodriguez, 2006; SERNAPAM, 2011).

En esta investigación se abordaron dos cuestionamientos con el fin de tener una mejor comprensión de cómo seleccionar (priorizar) las actividades humanas y cuál es la aportación de estas actividades locales a las emisiones de GEI globales, con lo cual se aporta un mayor conocimiento en la construcción de una sociedad de bajas emisiones, y promueve el equilibrio entre el desarrollo humano y la protección de su entorno y sus variables físicas, químicas y biológicas. Debido a la gran relevancia que tiene el sistema alimentario en el desarrollo de la sociedad y la relación con los ecosistemas, este trabajo de investigación centra su interés en comprender cómo seleccionar las actividades humanas relacionadas con la alimentación humana según su relevancia tanto para la sociedad como para la medición de los GEI. Así mismo identificar cuáles son los procesos que están involucrados en la generación de emisiones y cómo la metodología del IPCC coadyuva en la estimación de estas emisiones de GEI.

Esta investigación busca completar la falta de conocimiento sobre las emisiones de GEI del sector de las industrias de alimentos de la CAM, para ello se propone identificar las principales actividades productivas de este sector haciendo uso del enfoque de eficiencia y la técnica de Análisis de Datos Envolvente. Posteriormente, estimar las emisiones de GEI de estas actividades productivas a partir de la metodología propuesta por el IPCC (1996). A partir de esta información se busca aportar un mayor entendimiento sobre el proceso de priorización y estimación de GEI en los sectores productivos de una región o entidad federativa en particular.

Este trabajo de investigación está organizado bajo el formato de tesis por artículos y consta de cinco capítulos: (i) introducción general, (ii) artículo 1 “Identificación de las principales subramas del sector de alimentos de la Costa Atlántica de México”, (iii) artículo 2 “Estimación de las emisiones de GEI del sector de alimentos de la Costa Atlántica de México”, (iv) discusión y (v) conclusiones y recomendaciones.

En la **introducción general** se presenta el contexto que justifica la realización de esta investigación, los objetivos y las hipótesis de la tesis. Así mismo contiene la revisión de

literatura que discute de manera completa pero no exhaustiva los conceptos, enfoques y metodologías utilizados para cumplir con los objetivos de este trabajo de investigación.

El primer artículo, denominado “**Identificación de las principales subramas del sector de alimentos de la Costa Atlántica de México**”, presenta el uso del enfoque de eficiencia y la técnica de Análisis Envolvente de Datos como una herramienta confiable para priorizar las actividades productivas, a nivel subrama, de la Industria de Alimentos de la CAM. La priorización se realizó con seis variables socioeconómicas, las cuales fueron obtenidas del Censo Económico 2009.

El segundo artículo, referido como “**Estimación de las emisiones de GEI del sector de alimentos de la Costa Atlántica de México**”, presenta el uso de la metodología del IPCC-2006 en la estimación de las emisiones de GEI provenientes de las subramas identificadas como prioritarias y obtenidas del primer artículo.

En el cuarto capítulo se presenta una **discusión general** de los resultados de ambos artículos así como la revisión de la literatura que permite precisar el alcance de los objetivos de este estudio.

Finalmente el último capítulo presenta las **conclusiones generales** y las **recomendaciones** a este proyecto de investigación.

1.1 Objetivos

Objetivo general

Identificar las principales subramas del sector de alimentos de la Costa Atlántica de México y estimar las emisiones de gases de efecto invernadero de estas subramas.

Objetivo específicos

Caracterizar económica, social y ambientalmente la Costa Atlántica de México (Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo).

Realizar un análisis exploratorio de variables económicas del sector de alimentos a nivel rama, subrama en los periodos 1999 y 2009.

Identificar las principales subramas de la industria de los alimentos de la Costa Atlántica de México.

Estimar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero de las principales subramas de la industria de los alimentos de la Costa Atlántica de México.

1.2 Hipótesis

Los diferentes niveles de clasificación industrial (rama, subrama y clase) del sector de alimentos de la Costa Atlántica de México se mantienen sin cambios entre los periodos 1999 y 2009, así como entre las seis entidades.

El concepto de eficiencia permite identificar las principales subramas de la industria de alimentos de la Costa Atlántica de México.

La metodología del IPCC-1996 permite calcular las emisiones de gases de efecto invernadero de las subramas prioritarias del sector de alimentos de la Costa Atlántica de México.

1.3 Revisión de literatura

1.3.1 La Industria de los Alimentos

Una de las actividades más importantes de la humanidad es alimentarse. La producción de alimentos inició con la domesticación de plantas y animales hace más de 10,000 años y desde entonces se ha convertido en un sistema complejo que involucra una serie de subsistemas que en conjunto satisfacen esta necesidad básica de la humanidad. Estos subsistemas son diversos, pero se pueden agrupar en tres categorías, la primera abarca la producción de las materias primas (agricultura), que incluye los cultivos, la ganadería y la pesca. La segunda categoría se enfoca, comúnmente después de la cosecha de las materias primas, en el procesamiento o preparación de éstas en productos semi- o elaborados o preparados (industria de alimentos). Finalmente, la última categoría comprende todas las actividades de apoyo (servicios), tales como la transportación y distribución, la construcción de los equipos e insumos para los subsistemas anteriores, el consumo de alimentos para uso masivo (restaurantes, cafeterías, escuelas, etc). En la actualidad no existe un único sistema de alimentos, por el contrario es un mosaico de subsistemas, encadenados (subsistemas individuales), integrados (un subsistema con varias operaciones), o una mezcla de ellos. Cada uno de estos subsistemas, tiene sus propios retos y expectativas. En el caso de la industria de los alimentos, este subsistema está integrado por una serie de conjunto de unidades de producción (en este trabajo serán referidas como “industrias”), las cuales pueden ser agrupados en categorías de acuerdo a sus actividades o procesos principales (tales como, panificación, enlatado, congelación). Existen más de 56 tipos de industrias definidas a nivel clase en el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (INEGI, 2008).

La Industria de los Alimentos se ha convertido en una pieza clave del desarrollo ya que por un lado, debe cumplir con la función vital de alimentar a la población; pero por el otro, también, es responsable de la salud de la población, del crecimiento económico de una región y de los impactos ambientales inherentes a los procesos de procesamiento o preparación de los alimentos. Como se mencionó anteriormente este

trabajo de investigación se centra en la identificación de las principales Industrias de Alimentos y sus respectivas emisiones de GEI, por tanto, en esta sección se hace una revisión de este importante tópico, analizando cuatro aspectos: la provisión de alimentos a la población, la generación de empleos, la contribución al crecimiento económico y el compromiso con el medio ambiente.

En su evolución, los seres humanos aprendieron a cultivar plantas y animales para su subsistencia y luego desarrolló una serie de procesos para preservar y aumentar sus características deseables, a veces mejorando y otras disminuyendo su valor nutricional. Los principales alimentos de origen vegetal comprenden los cereales (maíz, arroz, trigo, sorgo y cebada), los tubérculos (yuca, malanga y batata), los vegetales (calabaza, zanahoria, papa y tomate) y otros alimentos (plátano, papaya, guayaba y aguacate). Todos estos alimentos de origen vegetal son esenciales en la alimentación debido a que contienen carbohidratos. Los alimentos de origen animal incluyen los productos cárnicos (pollos, ovejas, vacunos y cabras), los pescados y mariscos (sardinias, atún, pulpo y camarón) y otros alimentos (huevo, leche y grasas). Estos alimentos son complementos para la alimentación del ser humano debido a su contenido de aminoácidos (FAO, 2002).

La gran mayoría de los alimentos contienen elementos nutricionales, tales como carbohidratos, proteínas, Hierro y grasas. Los carbohidratos son fuente de energía para el ser humano. Las proteínas son necesarias para el crecimiento y la reparación de los tejidos. El Hierro es fuente alimenticia para el ser humano, por ejemplo, transporta oxígeno al pulmón y corazón, también el Hierro ayuda a las mujeres en edad fértil durante el parto por la pérdida de volumen sanguíneo. Las grasas son esenciales para la nutrición de las células y los tejidos corporales del ser humano, por ejemplo, ayuda al crecimiento y desarrollo de la niñez, otro beneficio de las grasas es ayudar a que la alimentación sea más agradable. El ser humano presenta diferentes ciclos de vida tales como embarazo, lactancia, infancia, niñez, y vejez. Las necesidades nutricionales para cada ciclo de vida son diferentes. En el embarazo, los alimentos que contengan

vitamina A y C, y proteína son elementos principales de nutrición para la mujer y él bebe. En la lactancia, se recomienda consumir alimentos que contengan Hierro debido a la pérdida sanguínea durante el parto. En la etapa de la infancia se consumen alimentos con proteínas, Hierro y vitamina C, para obtener crecimiento y peso adecuado de los niños. A medida que crece el niño, pasa por la etapa de niñez, por la adolescencia y hasta la juventud, consume alimentos nutricionales. Los cereales, legumbres, hortalizas, frutas y grasas son fuente de nutrición básica de las tres etapas del niño. Finalmente, en la etapa de vejez el ser humano consume poca cantidad de alimentos y se recomienda alimentos con baja cantidad de grasas. De acuerdo a las tablas internacionales sobre la necesidad energética se recomienda a la población consumir 2 800 calorías al día para el hombre y 2 100 calorías al día para la mujer. En cuanto a las proteínas se sugiere consumir 80 gramos al día para el hombre y 60 gramos al día para la mujer, pero que sea 50 % de origen vegetal y 50 % de origen animal. También en las tablas internacionales se recomienda al ser humano consumir alimentos con grasa entre un rango de 30 gramos a 50 gramos diarios (FAO, 2002).

Por lo anterior, la humanidad ha buscado preservar los alimentos vegetales y animales, así como mejorar sus propiedades. Desde entonces, la industria de los alimentos ha desarrollado una gran variedad de técnicas, tales como secado, enlatado, escabechado, adición de preservativos químicos, refrigeración, congelación e irradiación, que tienen como objetivo principal lograr que los alimentos permanezcan en condición comestible, sin deterioro serio, durante períodos mayores de lo que sería posible si no se utilizaran estos métodos. Actualmente, el procesamiento de alimentos incluye técnicas tradicionales y algunas más industrializadas y modernas.

De acuerdo a los diferentes Sistemas de Clasificación Industrial (SCIAN, Clasificación Industrial Uniforme –por sus siglas en inglés ISIC), la industria de los alimentos está referida dentro del sector de “manufactura”, y comprende dos subsectores la elaboración de alimentos y la de bebidas. Las empresas y establecimientos dedicados a la elaboración de alimentos y bebidas están agrupadas en tres categorías: ramas,

subramas y clase. A partir de esta clasificación se puede identificar el impacto de la Industria de los Alimentos sobre el empleo a nivel internacional y nacional.

Según las estimaciones de la Oficina Internacional de Trabajo (OIT), la Industria de los Alimentos es la principal fuente de empleo a nivel mundial ya que da empleo a cerca de 21.8 millones de personas. Las mujeres constituyen el 40 por ciento de la fuerza de trabajo y en ciertas ramas, tales como procesamiento o empaque de pescado, vegetales y frutas las mujeres son predominantes. No obstante el 10 por ciento de las unidades de producción son grandes empresas nacionales o transnacionales, éstas continúan contribuyendo con la creación de cerca de la mitad de los empleos; la micro-, pequeña y mediana empresa está en una situación crítica en términos de producción y empleo (OIT, 2007).

En México, la Industria de los Alimentos da empleo a cerca de 1.15 millones de personas. En términos de condiciones laborales dentro de esta industria, los trabajadores tienden a trabajar más horas por menos paga que el promedio de los trabajadores a lo largo del total de sectores económicos. Los salarios en esta industria alcanzan en promedio un valor de 4 092 pesos al mes, cantidad por debajo del promedio nacional de 4 800 pesos al mes. En contraste, el tiempo de trabajo promedio en esta industria es de 48.5 horas a la semana, cantidad superior al promedio nacional de 44.5 horas a la semana (OIT, 2011).

La Industria de los Alimentos tiene un importante papel en la economía ya que compra el 80 % de los productos provenientes de la agricultura mundial, contribuyendo así al empleo rural. Además, ésta aporta cerca del 4 % del PIB mundial. Mientras el dinamismo de la industria de los alimentos esta presenta un crecimiento significativo en los países emergentes o en desarrollo, por ejemplo Brasil y China con crecimiento de 68 y 178 por ciento respectivamente entre 2000 y 2008 (OIT, 2007).

En México, el sector de los alimentos también tiene un papel importante, en el 2009 aportó el 5.3 del PIB nacional con una tasa anual de crecimiento de 2.3 % entre el 2005 y el 2000; el sector de alimentos contribuye con el 55 % del PIB total de la industria de alimentos. De acuerdo con el Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM) existen más de 13 000 empresas en el sector de los alimentos, de las cuales 11 000 son microempresas. Esta industria tiene un importante número de grandes empresas, las cuales atraen la inversión extranjera principalmente para la producción de alimentos altamente procesados, tales como las botanas, aceites vegetales comestibles, mayonesa y aderezos, carne y aves, concentrados y saborizantes, productos de confitería y pastas y sus productos relacionados, frecuentemente para los mercados de exportación. En términos de bebidas, México es uno de los más grandes exportadores de cerveza en el mundo y el segundo más grande en jugo de limón, el tercero más grande en aceite de girasol y ajonjolí y el cuarto más grande en jugo de naranja y uvas. Los Estados Unidos son el principal mercado para las exportaciones de alimentos y bebidas. Canadá y Estados Unidos reciben el 75 % de estas exportaciones y el resto se divide en alrededor del 6 % entre la Unión Europea, Sudamérica y Centroamérica, respectivamente. En términos de valor, las exportaciones son encabezadas por las bebidas, siguiéndole el azúcar y los productos de panadería y la preparación de cereales, leche, vegetales y frutas (OIT, 20011; INEGI, 2013).

El Cambio Climático (CC) es un fenómeno provocado por el aumento en la concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera, principalmente el dióxido de carbono (CO₂) relacionado directa o indirectamente con actividades humanas como el uso de combustibles fósiles y deforestación. El CC es provocado por el calentamiento global que a su vez tiene su origen total o parcial en el aumento de GEI en la atmósfera, incide sobre los patrones de temperatura y precipitación del planeta, así como en la frecuencia y severidad de eventos extremos como huracanes y sequías. El CC está teniendo efectos sobre la biosfera debido a las actividades humanas y porque afectan la vida en todo el planeta. Este tópico debe ser conocido y entendido, no sólo por técnicos y científicos, sino también por la población en general.

Las Industrias de los Alimentos ante el CC presentan sensibilidad en las diversas ramas en cuanto a los procesos de enfriamiento o congelación, en regiones en las cuales se incrementa la temperatura, como es el caso de las industrias pesqueras o empacadoras de productos ganaderos y agrícolas perecederos, que requieren cámaras de refrigeración o congelación. El aumento de temperatura, como efecto directo del CC, será diferencial geográficamente; esto necesariamente afectará a aquellas industrias que demandan energía para los procesos industriales de calentamiento o enfriamiento. La Industria de los Alimentos tiene la responsabilidad de producir alimentos sustentables, ya que esta aporta entre el 19 y el 29 % de las emisiones de gases de efecto invernadero equivalentes a 9 800 a 16 900 megatoneladas de bióxido de carbono (MtCO₂) en el 2008 (Woods *et al.*, 2010; Garnett, 2011; Vermeulen *et al.*, 2012). Estos recientes estudios dan cuenta de la importancia de considerar el uso de los inventarios de GEI de manera integral, con el fin de estudiar las emisiones por "sistemas clave", como en el alimentario, el cual comprende al menos tres etapas: preproducción, producción y postproducción. Mientras la preproducción y la producción están más ligadas a la producción de la materia prima (animales y plantas), la postproducción incluye el procesamiento primario y secundario, el almacenamiento, empaque y transporte, la refrigeración, las actividades de comercio, la preparación de alimentos en hogar y restaurantes, así como el manejo de residuos. Estas actividades secundarias y terciarias producen el 15 % de las emisiones totales del sistema alimentario. Los estudios sobre la Industria de los Alimentos están cobrando relevancia no solo porque los efectos del CC pueden afectar el volumen, calidad, sanidad y disponibilidad de los alimentos en la etapa de postproducción del sistema alimentario, sino también porque existen vacíos de información que influyen en el total de las estimaciones. Esta falta de información resulta del proceso natural de perfeccionamiento de medición y toma de datos de los GEI, lo cual involucra las metodologías del IPCC y los ajustes que cada gobierno realiza para elaborar sus inventarios (Garnett, 2011; Vermeulen *et al.*, 2012; IPCC, 2013).

En México, la SEMARNAT y el INE son las instituciones responsables de los estudios del CC. En relación al estudio de los efectos se han identificado las amenazas a los diferentes sectores productivos, regiones y ecosistemas, así como los grupos más vulnerables al CC. En relación a las causas, estas instituciones han liderado la elaboración de los inventarios de GEI para los diferentes sectores clave a nivel nacional, utilizando la metodología del IPCC (SEMARNAT, 2004). En lo que respecta a la Industria de los Alimentos, se concluye que este sistema es altamente vulnerable a los efectos de CC. Además, se estimó que las emisiones de GEI de la Industria de los Alimentos corresponden a un 4.1 % del total de las emisiones nacionales (SEMARNAT, 2009, 2012a). Esta cifra sin embargo, puede incrementarse debido a tres razones principales: (i) en el caso de las grandes empresas, los datos provienen de programas voluntarios de registro de emisiones; (ii) las emisiones son calculadas con el uso de bases de datos oficiales y en absoluto apego al listado de categorías del IPCC, lo cual evitó la estimación de algunos sectores que no fueron considerados en este inventario (e.g. tortillerías, cocción con leña) y finalmente, (iii) la estructura del IPCC propone la estimación de las emisiones de la industria de los alimentos por separado, es decir en categorías, subcategorías y fuentes de emisión, y no existe un proceso de agregación oficial para integrar esta información (SEMARNAT, 2006, 2009, 2012a). Lo cual, por ejemplo, difiere del sector agricultura.

1.3.2 La Costa Atlántica de México

La Costa Atlántica de México (CAM) comprende seis entidades federativas mexicanas: Tamaulipas, Veracruz, Campeche, Tabasco, Yucatán y Quintana Roo. Esta región ha sido estudiada debido a la abundancia de sus recursos naturales, el número de personas que habitan la zona, su conexión con el mar y los recursos hidrológicos continentales, la importancia económica del petróleo y los intereses políticos y jurídico tanto nacionales como internacionales a los que está sujeto por su ubicación geográfica. Vázquez-Botello *et al* (2010, 2011) compilan una serie de estudios que abordan la importancia de las entidades que conforman la CAM y que representan sitios vitales para las diversas actividades turísticas, sociales, económicas e industriales, de cuyos utilidades se benefician amplios sectores del país, aunado a ellos

se analizan los impactos actuales y futuros sobre esta zona relacionados con el cambio climático, señalando los diferentes niveles de vulnerabilidad en la CAM. Finalmente se hacen recomendaciones para hacer frente a este nuevo escenario en los cuales se incluyen la implementación de un mayor número de sistemas de información sobre los sectores económicos y su desarrollo, los ecosistemas, sus servicios y su línea base y prospección, así como de los sistemas de alerta, planes de contingencia para la prevención de desastres y el desarrollo de una cultura adaptativa que construya y mejore la infraestructura y competencias humanas para hacer frente a los fenómenos hidrológicos extremos. Caso *et al* (2004) presentan una compilación de estudios que sirven de base para realizar un diagnóstico ambiental de la CAM que identifica los problemas transfronterizos, áreas de atención prioritaria de manera integrada, la revisión del conocimiento existente sobre esta importante zona, así como la identificación de las amenazas de tiene y tendrá el Golfo de México. Con esta aportación se espera establecer el primer paso para propiciar un plan de acción a mediano y largo plazo para estrechar los mecanismos de cooperación regional y avanzar al desarrollo sostenible integrado del Golfo de México. Adams *et al* (2004) presentan un análisis sobre la importancia económica de la CAM en relación con su población, ingreso, empleo, petróleo, pesca y embarcaciones, concluyendo que la intensificación de las relaciones entre México y Estados Unidos influirán sobre el turismo, la agricultura la pesca, la salud y el ambiente, la educación y la cultura, la infraestructura, las comunicaciones el financiamiento, el comercio y el desarrollo. Todo eso involucrará el uso del recurso agua tanto dulce como marina. Sánchez-Gil *et al* (2004) estudiaron algunos indicadores socioeconómicos en la CAM con el fin de mostrar como los recursos naturales y el ambiente están relacionados con el desarrollo económico, así como describir las tendencias de las principales actividades y recursos económicos los cuales dependen de las zonas costeras. Olguín *et al* (2004) presentan un estudio sobre el impacto de las diferentes industrias en relación con la contaminación por nutrientes en la costa mexicana del Golfo de México, en el estudio se realiza una revisión de los sectores económicos y la identificación de su importancia

económica y productiva; posteriormente se estima la aportación de estos sectores a la contaminación de los cuerpos de agua y la costa de del Golfo de México.

Esta revisión resalta la importancia de continuar realizando estudios sobre la CAM y aportar información actualizada y relevante para la integración de una zona con características, intereses y vínculos estrechamente relacionados. Con el propósito de cumplir con los objetivos de este trabajo de investigación, se elaboró una revisión de los aspectos físicos, sociales, y económicos de la CAM. Para ello se revisaron los anuarios estadísticos de las entidades federativas que comprenden la CAM, complementando esta información con algunos estudios relevantes sobre los aspectos antes mencionados.

1.3.2.1 Aspectos Físicos de la CAM

El área de estudio seleccionada para este trabajo de investigación comprende seis estados de la república mexicana: Tamaulipas, Veracruz, Campeche, Tabasco, Yucatán y Quintana Roo, y de aquí en adelante será referida como Costa Atlántica de México (CAM). Los aspectos físicos seleccionados para la caracterización de la CAM incluyen: superficie, fisiografía-hidrología, temperatura, precipitación y grupos climáticos, vegetación y uso actual de los suelos. La información será presentada de forma agregada como CAM y por entidades federativas.

a) Extensión territorial

La CAM se ubica en la zona costera del Golfo de México y el mar del Caribe y tiene una extensión territorial de 315 134 km², lo cual representa el 16 % de la superficie nacional. La CAM tiene una línea costera con una extensión de 3 294 km, lo cual representa el 29.6 % del total nacional (Figura 2).

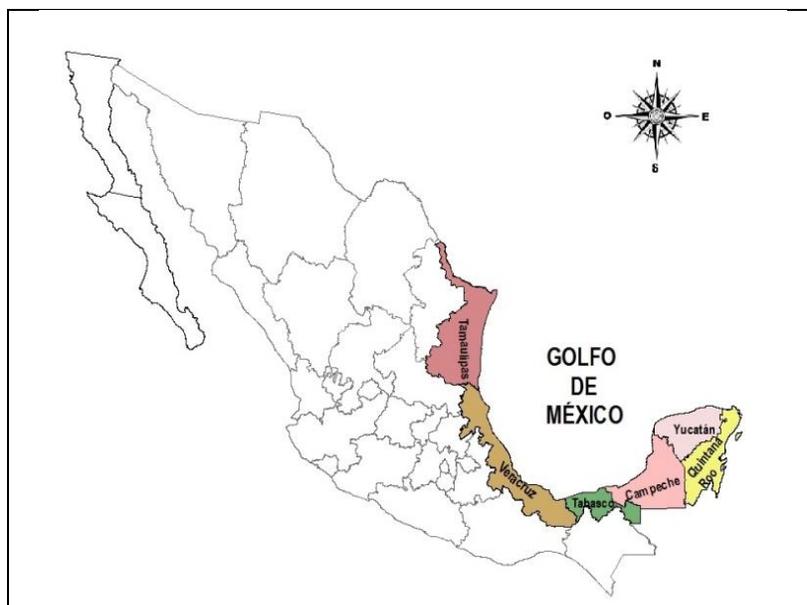


Figura 2. Localización geográfica del área de estudio

Fuente. Elaboración propia con datos del INEGI (2013).

Las capitales de los estados de la CAM son Campeche (Campeche), Chetumal (Quintana Roo), Villahermosa (Tabasco), Ciudad Victoria (Tamaulipas), Xalapa (Veracruz), y Mérida (Yucatán). Mientras, Tamaulipas es la entidad con la mayor superficie del total de la CAM (79 332 km), Tabasco es el estado con la menor superficie (24 712 km). Tamaulipas y Veracruz representan cerca del 50 % de la superficie de la CAM. La CAM tiene un total de 398 municipios. El 80 % de los municipios se ubican en Veracruz (212 municipios) y Yucatán (106 municipios) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Superficie territorial del área de estudio

Entidad	Capital	Municipios	Superficie km ²
Campeche	Campeche	11	57 477
Quintana Roo	Chetumal	9	42 786
Tabasco	Villahermosa	17	24 712
Tamaulipas	Ciudad Victoria	43	79 332
Veracruz	Xalapa	212	71 492
Yucatán	Mérida	106	39 335
	Suma	398	315 134

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2011).

b) Fisiografía e hidrología

La CAM presenta una diversidad de relieves fisiográficos que cubren diferentes provincias: Sierra Madre Oriental (Veracruz), Grandes Llanuras de Norteamérica (Tamaulipas), Llanura Costera del Golfo Norte (Tamaulipas y Veracruz), Península de Yucatán (Campeche, Quintana Roo y Yucatán), Llanura Costera del Golfo Sur (Veracruz, Tabasco y Campeche), Sierras de Chiapas y Guatemala (Tabasco y Veracruz) y Cordillera Centroamericana (Veracruz). Las principales cumbres en la CAM son el Pico de Orizaba, Veracruz (5 610 msnm) y el Cofre de Perote, Veracruz (4 200 msnm). La CAM está compuesta por 16 vertientes hidrológicas, las cuales cubren una superficie total de 549 810 km², una longitud de 5 174 km y un escurrimiento natural medio anual superficial de 248 575 hm³ de agua, lo cual representa cerca del 74 % del escurrimiento total nacional. La vertiente Grijalva-Usumacinta (115 536 hm³) y la del Papaloapan (44 662 hm³) aportan cerca del 65 % del escurrimiento total de la CAM (INEGI, 2013).

c) Clima

Con estas características fisiográficas e hidrológicas tan particulares, las temperaturas, la precipitación y los grupos climáticos de la CAM también son diversos (INEGI, 2013). La temperatura promedio anual de la CAM oscila en un rango de 17 - 27 °C, presentándose la temperatura promedio máxima por encima de los 29 °C en cinco estados de la CAM con excepción de Tamaulipas y la temperatura promedio mínima igual o por debajo de 0 °C sólo en Veracruz. La precipitación pluvial anual media de la CAM cubre un rango de 683 a 2 833 mm, las precipitaciones inferiores a los 500 mm se presentan en los estados de Tamaulipas, Veracruz y Yucatán; y las precipitaciones superiores a los 3 000 mm se observan en Tabasco y Veracruz. Existen 6 grupos climáticos principales en la CAM, distribuidos de la siguiente manera: clima cálido con lluvias todo el año (Campeche, Quintana Roo, Veracruz), cálido con lluvias intensas en verano (Tabasco), cálido seco (Yucatán), Templado (Veracruz), seco y frío (Veracruz), y seco y cálido (Tamaulipas).

Cuadro 2. Grupo de climas, rangos de temperatura media anual y de precipitación total anual de la CAM

ENTIDAD	TEMPERATURA (°C)	PRECIPITACIÓN (mm)	CLIMAS
Campeche	21 - 32	800 - 2 000	Cálido con lluvias todo el año (Af)
Quintana Roo	21 - 31	800 - 2 000	Cálido con lluvias todo el año (Af)
Tabasco	20 - 30	1 500 - 4 500	Tropical con lluvias intensas en verano (Am)
Tamaulipas	10 - 22	300 - 2 000	Seco y cálido (Bs), Templado con lluvias en verano (Cw)
Veracruz	0 - 28	300 - 4 500	Cálido con lluvias todo el año (Af), Templado con lluvias en invierno (Cf), seco y frío (Eb)
Yucatán	20 - 32	400 - 2 000	Cálido y seco (Bs)
Promedio	15 - 29	683 - 2 833	

Fuente: elaboración propia con datos del INEGI (2013).

d) Vegetación y uso actual de los suelos

La diversidad de relieves, suelo y climas presentes en la CAM resultan en una abundancia de ecosistemas. Existe la presencia de 5 grupos de ecosistemas en la CAM: Bosque (1 002 925 Ha), selva (11 060 771 Ha), vegetación xerófito (3 029 769 Ha), humedales (1 229 231 Ha) y áreas perturbadas (5 436 014 Ha), los cuales representan el 3.3 %, 41.8 %, 5.2 %, 29.5 % y 24.4 % de cada grupo a nivel nacional, respectivamente. La superficie boscosa se ubica en Tamaulipas y Veracruz. Las selvas se distribuyen a lo largo de las seis entidades, donde Campeche y Quintana Roo concentran más del 62 % de la superficie total de la CAM. La vegetación xerófito se ubica en Tamaulipas, Veracruz y Yucatán, donde Tamaulipas concentra el 99% de la superficie total. Los humedales también se pueden encontrar en los seis estados, destacándose Tabasco quien concentra el 42 % de la superficie de este importante ecosistema. Las áreas perturbadas se observan en las seis entidades, de las cuales Campeche y Yucatán cubren el 50 % de la superficie de este grupo.

Cuadro 3. Superficie forestal de la CAM por entidad y tipo de ecosistema en hectáreas

ENTIDAD	BOSQUE	SELVA	VEGETACIÓN XERÓFITA	HUMEDAL	ÁREAS PERTURBADAS
Campeche	0	3,286,346	0	178,709	1,196,728
Quintana Roo	0	3,686,715	0	157,391	888,219
Tabasco	0	276,618	0	522,827	410,001
Tamaulipas	524,307	1,060,029	3,010,184	228,466	398,239
Veracruz	478,618	1,355,721	18,221	124,818	975,752
Yucatán	0	1,395,342	1,364	17,020	1,567,075
SUMA	100,2925	11,060,771	3,029,769	1,229,231	5,436,014

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI (2013).

1.3.2.2 Aspectos sociales de la CAM

La CAM, como se menciona anteriormente, está compuesta por una sociedad compleja y con diferentes antecedentes históricos: fuerte presencia de comunidades nativas originarias, procesos de colonización, migración laboral a los nuevos centros de desarrollo (petrolero, turístico, agrícola). Los aspectos sociales que fueron revisados influyen la población por género, grupos indígenas, educación, salud, información asociada a la vivienda y nivel de pobreza (Cuadro 4).

a) Población y vivienda

La población total de la CAM proyectada para el 2013 ascendió a 18 148 437 personas, lo cual representó el 15.3 % de la población nacional. El 50.6 % de la población de la CAM son mujeres. En la CAM existe una fuerte presencia de grupos indígenas y el 12.7 % de la población habla alguna de estas lenguas, siendo mayor la participación en Yucatán (30 %), Quintana Roo (16 %), Campeche (12 %) y Veracruz (9 %). En promedio, el 45 % de la población de la CAM muestra algún nivel de pobreza (moderada y extrema), lo cual es un indicativo de la vulnerabilidad de la población ante diferentes escenarios adversos; Veracruz tiene un poco más de la mitad de su población en estas condiciones. El total de las viviendas particulares en la CAM es de 4 486 694, lo que representa un 15.9 % del total nacional. El 87 % de las viviendas cuentan con drenaje, el 85 % con agua potable y el 97 % con energía eléctrica (INEGI, 2013).

b) Educación y Salud

Respecto a la educación en la CAM, el 7.4 % de la población de 15 y más años es analfabeta; el grado promedio de escolaridad, medido en número de años de estudio, en la CAM es de 8.8 (nivel secundaria casi completa). En relación a la investigación, la CAM solicitó el registro de 75 patentes en 2011, lo que equivale a una contribución del 7 % respecto al total nacional; Veracruz, Yucatán y Tamaulipas contribuyeron con el 90% del total de patentes solicitadas. En promedio el 32.9 % de la población no tiene acceso al sistema de salud público (IMSS, ISSSTE, Seguro Social del estado, PEMEX, Seguro Popular), esta cifra es 18 % inferior al promedio nacional (40.5 %). En promedio 185 médicos están en contacto directo con el paciente en la CAM, este indicador es superior al promedio nacional (168); sin embargo Veracruz y Quintana Roo están por debajo de este valor (INEGI, 2013).

Cuadro 4. Indicadores seleccionados de los aspectos sociales de la CAM y a nivel nacional

Entidad	Nacional	Campeche	Quintana Roo	Tabasco	Tamaulipas	Veracruz	Yucatán
Población, personas¹	118 395 054	880299	1484960	2334493	3461336	7923198	2064151
Mujeres de la población total, %²	51.2	50.5	49.3	50.8	50.7	51.6	50.7
Habla una lengua indígena, %³	6.7	12.3	16.7	3	0.8	9.36	30.3
Pobreza, %⁴	45.5	44.7	38.8	49.7	38.4	52.6	48.9
Viviendas ⁵	28138556	211555	362762	558882	867935	1982612	502948
Viviendas con drenaje, %⁵	90	86	93	95	87	84	80
con agua potable,⁵	88	85	90	73	94	76	94
con energía eléctrica, %⁵	98	97	96	98	97	97	97
Alfabetismo, %⁶	6.9	8.3	4.8	7.1	3.6	11.4	9.2
Grado promedio de escolaridad ⁷	8.8	8.6	8.8	8.9	9.4	7.8	8.4
Patentes solicitadas, %⁸	1065	0.3	0.1	0.3	1.8	2.4	2.2
Sin afiliación al sistema de salud público ⁹	40.5	29.1	33.4	27.4	29.4	46.2	31.7
Médicos en contacto directo con el paciente¹⁰	168	237	144	221	179	153	179

¹ Proyecciones de la población total a mitad del 2013; ² porcentaje del total; ³ porcentaje de la población de 5 y más años, cifras al 12 de junio; ⁴ porcentaje de la población con algún nivel de pobreza en el año 2012; ⁵ viviendas particulares en el censo 2010; ⁷ población de 15 y más años en el censo 2010; ⁸ residencia del inventor porcentaje del total nacional en 2011; ⁹ Porcentaje de la población sin afiliación al sistema de salud público en 2009; ¹⁰ Valor por cada 100 000 habitantes censo preliminar del 2011.

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2013).

1.3.2.3 Aspecto económico de la CAM

La CAM juega un papel importante en la economía nacional ya que en esta región se ubican la actividad petrolera del país. Algunos de los indicadores que se revisaron sobre el aspecto económico incluyen: el uso de suelo, el producto interno bruto, y la población económicamente activa.

a) Uso del suelo

El principal uso de suelo en la CAM es el agropecuario y forestal. La CAM tiene una superficie de 18 982 146 hectáreas dedicada a la actividad primaria, la cual representa cerca del 17 % de la superficie nacional. El 62 % de esta superficie la aportan Tamaulipas y Veracruz. El 35 % de la superficie de la CAM está dedicada a la producción de cultivos, con énfasis en los frutales y granos, el 60 % se utiliza para la producción ganadera, especialmente de doble propósito y en sistemas extensivos en pastizales, y casi un 3 % dedicado a la producción de madera o papel ya sea en bosques o selvas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Superficie según uso del suelo en hectáreas

ENTIDAD	TOTAL	CULTIVOS	PASTIZALES	BOSQUES Y SELVAS
Campeche	2,146,429	843,258	1,134,962	146,891
Quintana Roo	977,662	378,092	491,979	103,526
Tabasco	1,734,545	622,179	1,053,012	23,532
Tamaulipas	5,729,461	1,484,166	4,080,315	101,822
Veracruz	6,213,303	2,730,130	3,348,218	112,205
Yucatán	2,180,746	628,647	1,458,467	57,539
SUMA	18,947,829	6,901,083	1,1243,448	634,867

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2013).

b) Producto Interno Bruto

En 2011, el producto interno bruto (PIB) de la CAM ascendió a 2 836 402 millones de pesos, cifra que representó el 20 % del PIB nacional (14 030 842 millones pesos). Campeche y Veracruz aportaron el 63 % de este valor. La economía de la CAM se

basa principalmente en la industria minera (petrolera), la cual aporta el 36 % del PIB de esta región. La construcción y la industria manufacturera aportan un 17 %, el comercio, el transporte y los medios contribuyen con un 16 % y el sector de los servicios profesionales genera un 14 % del PIB de la CAM. La agricultura solo aporta un 2.5 % del PIB total de la CAM (Cuadro 6). Existen diferencias de la contribución del PIB de las entidades a cada sector económico: Campeche y Tabasco aportan el 90 % del PIB total del sector minero (petrolero); el 70 % del PIB agrícola y el 76 % del PIB de las industrias manufactureras proviene de Tamaulipas y Veracruz; y el 80 % del PIB de servicios hoteleros se concentra en Quintana Roo, Veracruz y Campeche.

Cuadro 6. Producto interno bruto y participación porcentual de los sectores económicos de las entidades en el PIB total de la CAM

Entidad	Millones de pesos	PARTICIPACIÓN DE LOS SECTORES ECONÓMICOS EN EL PIB DE LA CAM (%)				
		Agricultura	Minería	Industria Manufacturera	Comercio	Servicios
Campeche	763116	0.15	22.12	0.11	0.78	1.00
Quintana Roo	203444	0.07	0.03	0.23	1.78	1.74
Tabasco	501233	0.22	11.14	0.69	1.63	1.65
Tamaulipas	425386	0.55	1.31	2.29	3.64	3.19
Veracruz	739094	1.24	2.19	4.89	5.56	4.98
Yucatán	204129	0.27	0.07	1.24	1.74	1.56
SUMA	2836402	2.5	36.8	9.46	15.3	14.1

Fuente: elaboración propia con datos del INEGI (2013).

c) Población económicamente activa

La población económicamente activa ocupada (PEA) en la CAM asciende a 7 532 110 de personas mayores de 15 y más años, lo cual representa el 15 % de la PEA ocupada nacional (Cuadro 7). Un 4.5 % de la PEA no estaba ocupada en 2013. El 70 % de la PEA de la CAM se localiza en Tamaulipas y Veracruz. La participación de la mujer en la PEA es de 21 %. La PEA se concentra principalmente en las actividades terciarias (61 %), posteriormente en las actividades secundarias (22 %), y una última parte se dedica a las actividades primarias (16 %). Algunas diferencias resaltan al analizar los

datos por entidades, Quintana Roo concentra más del 80 % de la PEA ocupada en el sector servicios, Al menos una cuarta parte de la PEA ocupada se dedica a las actividades secundarias en Tamaulipas y Yucatán, casi un cuarta parte de la PEA ocupada se dedica a las actividades primarias en Veracruz, lo cual contrasta con Quintana Roo y Tamaulipas.

Cuadro 7. Población económicamente activa en la CAM según tipo de ocupación, género, y distribución porcentual por tipo de actividad

Entidad	PEA (ocupada)	% PEA (no ocupada)	% PEA (ocupada mujeres)	Actividad primaria	Actividad secundaria	Actividad terciaria
Campeche	391,930	2.6	20.4	1.0	1.1	3.1
Quintana Roo	706,544	4.8	17.7	0.6	1.2	7.6
Tabasco	907,603	6.9	21.4	2.0	2.4	7.6
Tamaulipas	1,459,044	6.3	23.7	1.4	5.6	12.2
Veracruz	3,099,934	3.6	24.1	10.1	8.4	22.7
Yucatán	967,055	3.2	19.7	1.6	3.3	7.9
SUMA	7,532,110	4.57	21.17	16.6	22.0	61.0

Fuente: elaboración propia con datos del INEGI (2013).

1.3.3 Importancia económica de la Industria de los Alimentos de la Costa Atlántica de México

La Costa Atlántica de México (CAM) es un importante activo económico para el país. Varios temas económicos están asociados con el aprovechamiento eficiente de sus recursos naturales, tales como la minería y la agricultura. Otro temas están asociados con su capital humano, el desarrollo de sus competencias y habilidades para añadir valor a la producción, y en consecuencia a la sociedad. Una de las industrias más importantes para la región es la industria de los alimentos, la cual comprende desde la elaboración de pan, azúcar, tortillas hasta la producción de alimentos balanceados y otros productos terminados. Sin embargo, como lo señalan varios estudios, también es recomendable actualizar la información de interés e identificar algunos indicadores de cambio que permitan la construcción de una mayor comprensión sobre los niveles de significancia de las actividades sobre el área geográfica y sus respectivas tendencias

(Latorre, 2001; Adams *et al.*, 2004; Sánchez-Gil 2004; Kubis *et al.*, 2012; Czyz, 2012; Thakur y Alvaya, 2012).

1.3.3.1 Indicadores

El estudio de los indicadores de desempeño de una economía total cumple varios propósitos, entre otros, medir el grado de desarrollo económico y la tasa de crecimiento económico, la evolución del consumo, el ahorro, las inversiones, las deudas y la riqueza (patrimonio), prever el crecimiento del sector o estudiar las repercusiones de la implementación de políticas públicas asociadas al sector y realizar análisis comparativos en diferentes planos espaciales y temporales. A nivel industrial, sin embargo, el enfoque se ajusta y sirve para estudiar en detalle los costos de producción, pronosticar las necesidades de insumos de la producción, definir la oferta y los usos que permiten estudiar el equilibrio entre las industrias y vincular estas con otras instancias (*e.g.* gobierno), analizar el valor agregado y el PIB del sector o sectores industriales seleccionados (UN, 2000, 2003; INEGI, 2011b).

La actualización y descripción de los sectores económicos de una o varias regiones se lleva a cabo mediante el análisis descriptivo de sus principales indicadores. Algunos indicadores forman parte de diferentes sistemas de clasificación estandarizados propuestos, generalmente, por los programas de estadística internacional, nacional, estatal o local (Latorre *et al.*, 2001; Adams *et al.*, 2004; Sánchez-Gil, 2004; Czyz, 2012; Kubis *et al.*, 2012; Thakur y Alvayay, 2012). Otros indicadores son diseñados e implementados como parte de estudios específicos sobre el sector o sectores de interés (Bamire y Amujoyegbe, 2004; Melean y Nava, 2007; Kareem *et al.*, 2008; Elkholy *et al.*, 2012; Zhong *et al.*, 2013). El Cuadro 8 muestra las variables comúnmente asociadas a los indicadores de desempeño para la caracterización de los sectores productivos o de las regiones seleccionadas.

Cuadro 8. Indicadores económicos utilizados en la caracterización de un sector o región

INDICADORES	VARIABLES	ESTUDIOS
Identificación y ubicación de las unidades de producción	<ul style="list-style-type: none"> • Número de unidades de producción • Cobertura geográfica (países, estados, municipios) • Cobertura sectorial (Niveles de clasificación industrial) • Cobertura temporal (series o registros únicos) 	Adams <i>et al.</i> , 2004; Sánchez-Gil <i>et al.</i> , 2004; Kubis <i>et al.</i> , 2012; Czyz, 2012; Oketola y Osibanjo, 2007; Pardo y Silveira, 2012;
Producción	<ul style="list-style-type: none"> • Ventas o ingresos • PIB • Precios unitarios 	Adams <i>et al.</i> , 2004; Sánchez-Gil <i>et al.</i> , 2004; Kubis <i>et al.</i> , 2012; Czyz, 2012; Setiawan, 2012
Costos	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo intermedio • Personal ocupado • Remuneraciones • Gastos 	Latorre <i>et al.</i> , 2001; Thakur y Alwayay, 2012; Oketola y Osibanjo, 2007; Pardo y Silveira, 2012
Capital fijo	<ul style="list-style-type: none"> • Activos fijos • Consumo del capital 	Romero y Vasquez, 2007; Blum, 2010;

1.3.3.2 Caracterización: Análisis Descriptivo

Existen una serie de métodos para la caracterización de un sector o sectores de un área específica; no obstante, incluso sin el apoyo de mecanismos analíticos sofisticados, los indicadores económicos son muy útiles para observar el comportamiento general del sector, su fortaleza y sus puntos débiles. En algunos casos, estos indicadores pueden completarse con otros indicadores que se obtienen de estadísticas especializadas. La revisión que se hace a continuación no pretende ser exhaustiva, sino mostrar principalmente la importancia del análisis descriptivo de los indicadores que se obtienen en las estadísticas nacionales o internacionales y que en la mayoría de los casos, su potencial no es aprovechado completamente (UN, 2000 y 2003; Schulz y Crespi, 2012). Las comparaciones constituyen una técnica analítica adecuada para detectar diferencias cuando los indicadores están por debajo del promedio, son mínimos o máximos. Las comparaciones pueden llevarse a cabo en diferentes niveles analíticos: sectorial, regional y temporal.

En un análisis sectorial, los estudios deben considerar dos aspectos. El primero se refiere a la selección de las actividades productivas sujetas de análisis. Esto es importante ya que algunas bases de datos tienen limitada su “frontera de producción” y por tanto la información de un sector puede estar contenido en ciertas bases de datos, pero no en otras (por ejemplo, los censos económicos no contienen la información de las actividades agrícolas, ganaderas, y forestales debido a que para éstas se lleva a cabo el Censo Agropecuario). El segundo aspecto considera la selección del nivel de agregación de la información de las unidades de producción. A nivel internacional, el sistema de clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) distingue 4 categorías de agrupación, y en México el Sistema de Clasificación Industrial del Atlántico Norte (SCIAN) utiliza 5 categorías (Sector, subsector, rama, subrama, y clase). De acuerdo con el INEGI (2008), el SCIAN en 2007 estaba conformado por 20 sectores de actividad económica, que a su vez se dividen en 94 subsectores, 304 ramas, 617 subramas y 1 049 clases de actividad, de las cuales 962 son objeto de los Censos Económicos de 2009. La información estadística generada mediante el SCIAN permite su comparación respecto de la obtenida en el CIIU. De acuerdo con varios autores, la selección tanto de las actividades productivas (sujetos de estudio) como el nivel de agregación estará determinado por la disponibilidad y calidad de los datos, así como el alcance de los estudios propuestos. Las comparaciones entre las industrias revelan las diferencias de desempeño, así también se pueden comparar con hechos frecuentes basados en la experiencia de los estudios sobre el desarrollo económico, tecnológico y organizacional, entre otros (UN, 2008; INEGI, 2008; Setiawan *et al.*, 2012; Shulz y Crespi, 2012).

En el análisis regional, la información esta agregada por unidades geográficas, las cuales obedecen al marco jurídico de los países o regiones seleccionados. A partir de esta definición se distinguen diferentes niveles de desagregación: nacional, estatal, municipal, rural, urbana, localidad, entre otras. Para el caso de México, los Censos Económicos proporcionan la información a nivel nacional (todas las unidades

geográficas), estatal (31 estados y un Distrito Federal), y a nivel de localidades (rural – menor a 2 500 habitantes y urbana – mayor a 2 500 habitantes). No obstante, la información geográfica tiene, en principio, poca relación con la clasificación sectorial, si afecta la formación de las unidades de observación, es decir los casos de estudio. Por esta razón, es importante asegurarse que existe homogeneidad de estas unidades para ambos casos actividad económica y ubicación (Adams *et al.*, 2004; INEGI, 2008; UN, 2008; Schulz y Crespi, 2012).

Finalmente, la mayoría de las estadísticas nacionales comprenden una serie temporal, lo cual proporciona la mayor parte de los datos importantes que se utilizan en el diseño e implementación de modelos para pronosticar el desarrollo económico, realizar análisis de cambio y tendencias, así como calcular los efectos económicos de las políticas de los gobiernos, entre otros propósitos. Los análisis temporales estarán limitados por la periodicidad con la cual se recaba la información, la cual puede incluir desde periodos anuales, mensuales, semanales o diarios. Si bien existe un fuerte interés en la continuidad de las series temporales para alcanzar los propósitos analíticos antes descritos, los ajustes realizados en los diferentes sistemas estadísticos nacionales e internacionales a lo largo de los últimos 25 años para mantener esta continuidad muestran que ha estado limitada, pero aun así es posible tener altos niveles de comparabilidad y pertinencia en una gran número de secciones de estas bases de datos (Adams *et al.*, 2004; INEGI, 2008; UN, 2008; Schulz y Crespi, 2012).

1.3.4 Medición y análisis de la eficiencia

La eficiencia es un enfoque que permite medir, analizar y mejorar el desempeño de un conjunto de unidades de toma de decisión, este enfoque fue seleccionado para la identificación de las principales industrias de los alimentos de la Costa Atlántica de México y en esta sección se revisan los principales tópicos referentes a este enfoque y uno de los métodos analíticos de mayor relevancia para evaluar la eficiencia. La sección ha sido dividida en tres partes: (1.3.4.1) Antecedentes, en esta primer parte se revisan los conceptos básicos sobre los factores que influyen en el desempeño de una UTD, los principales enfoques para analizar la eficiencia, y el origen del Análisis

Envolvente de Datos; (1.3.4.2) los modelos del método de análisis de datos envolvente según su tipo de orientación y de escala; (1.3.4.3) el uso del análisis de datos envolvente en la identificación de industrias eficientes.

1.3.4.1 Antecedentes

A través del tiempo, se ha exigido a las Unidades de Toma de Decisiones (UTD) ser más eficientes y eficaces. En este documento las UTD serán utilizadas para referirse a las diversas formas individuales o agregadas que pueden representar una unidad de toma de decisión, por ejemplo organizaciones, empresas, establecimientos, productores, industrias, sectores, regiones o países, etc. Mientras ser eficiente está asociado con la relación entre la cantidad de productos (o resultados) obtenidos y los insumos utilizados para lograr dicho resultado; ser eficaz está relacionado con la pertinencia, es decir, no es suficiente sólo hacer bien los cometidos, sino hacer los cometidos correctos que ayudan a las UTD a ser cada vez más competitivas y sustentables. En la práctica, ambos términos forman parte de las caras de una misma moneda, ya que desde el punto de vista analítico es fundamental conocer cómo las empresas logran alcanzar la pertinencia a través de la asignación eficiente de sus recursos bajo ciertas condiciones establecidas referidas a un entorno altamente variable y, en condiciones de cambio climático, cada vez más incierto. Sin embargo, eficiencia es el concepto que ha permitido el desarrollo de enfoques y técnicas para evaluar a las UTD. En esta sección se revisan los conceptos de eficiencia y eficacia, los factores que determinan el desempeño, los enfoques para analizar el desempeño y una breve introducción histórica al método de Análisis de Datos Envolvente (ADE).

a) Factores que determinan el desempeño

En términos prácticos, ser eficiente significa medir, analizar y mejorar el desempeño o rendimiento de una UTD a través del tiempo. De acuerdo con algunos autores, el rendimiento está relacionado con los factores externos e internos. Los primeros se refieren a todos aquellos factores que se encuentran fuera del control de la UTD. Por ejemplo, los factores físicos (clima, relieve, vegetación), demografía, etc. Dependiendo de la escala que represente una UTD estos factores se encontrarán “dentro” de la

misma y por tanto podrán pasar a la categoría de controlables; esto es importante resaltarlo para los efectos de los análisis de eficiencia. Los factores internos por el contrario son todos aquellos que se caracterizan por estar bajo el control de la UTD y por tanto se pueden modificar según sea requerido. Aquí se distinguen tres categorías: (i) los insumos, (ii) los procesos y (iii) los productos (Prokopenko y North, 1996).

Los factores relacionados a los insumos pueden incluir tópicos que van desde el capital, las instalaciones y el equipamiento, pasando por la tecnología, los saberes, los materiales y la energía, hasta el diseño de los productos y las personas. Los factores relacionados con los productos distinguen al menos dos categorías; primero los productos que cumplen con las expectativas de la UTD, las regulaciones, en su caso, y los consumidores finales; pero en los últimos años se ha prestado mayor atención a los subproductos derivados de todo el proceso, su impacto en el ambiente, los desperdicios, las emisiones de CO₂, la responsabilidad social, el empleo interno, la imagen corporativa, entre otros (Prokopenko y North, 1996).

Una vez identificados los factores que determinan el desempeño. El punto de partida en la medición de la eficiencia conlleva a medir la relación de los insumos utilizados y los productos obtenidos tanto en su dimensión física como monetaria.

En la Figura 3 se observan las diferentes relaciones que influyen en el desempeño. En la fila superior se muestra la relación tradicional de los cambios de ingresos causados por las cantidades de productos y precios ofertados por las UTD. La fila inferior muestra los cambio en los costos causados por los cambios en las cantidades de los insumos y los costos unitarios. El rectángulo rojo muestra el cambio de las utilidades causadas por los cambios de los ingresos y los costos. Estas relaciones causa-efecto (desempeño económico) son analizadas por la mayoría de los sistemas de contabilidad. Adicionalmente, se agrega una nueva perspectiva a este análisis. La columna con la celda verde muestra el cambio en la productividad causada por los cambios en las cantidades de insumos y productos (desempeño tecnológico). Así

mismo, la columna con la celda amarilla muestra el cambio en la recuperación de precios causada por los cambios de los precios de los productos y los costos unitarios de los insumos (desempeño de asignación) (Coelli y Perelman, 1999; Prokopenko y North, 1996).

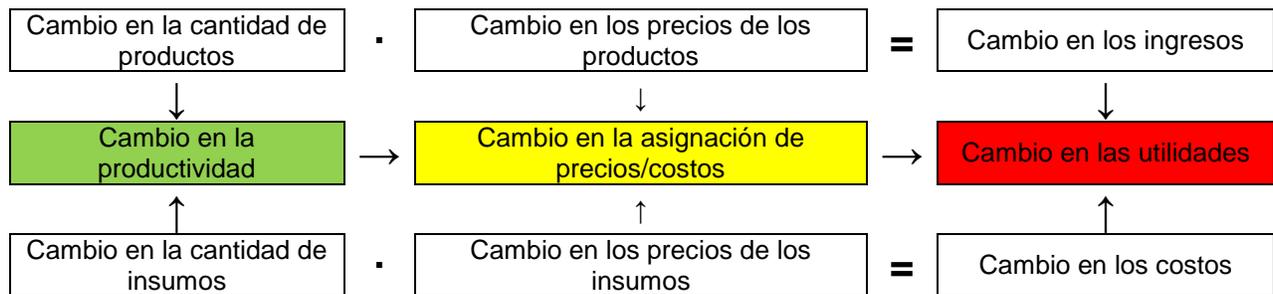


Figura 3. Modelo conceptual básico del desempeño de una UTD

Fuente: Adaptado de Prokopenko y North (1996) y Coelli y Perelman (1999).

Una manera de mejorar el desempeño, ya sea económico, de asignación o tecnológico, es a través de la comparación. En la siguiente sección se presenta los enfoques para analizar el desempeño desde el enfoque de la eficiencia.

b) Enfoques para analizar el desempeño

Si bien existen avances significativos en la medición del desempeño (i.e. relación de los insumos utilizados y los productos obtenidos) en una UTD, el análisis de esta relación se puede complicar, ya que en forma práctica la evaluación puede realizarse desde varias direcciones, pero destacan dos: comparar el valor absoluto del desempeño con las mejores prácticas y comparar el valor absoluto con otros valores absolutos de desempeño de UTD similares. Adicionalmente, como se discutió en la sección anterior no existen UTD con un solo valor, se presentan situaciones de múltiples insumos y también de productos. En esta sección se abordan estas cuestiones y se revisan los enfoques para analizar la eficiencia.

Inicialmente la economía aborda estas preguntas mediante técnicas econométricas (paramétricas y estocásticas) las cuales se sustentan con el uso de una función de producción, costos, utilidad o ventas, a partir de la cual se mide los desplazamiento de cada UTD y con ello se puede examinar los valores de desempeño de las misma; así mismo en algunos casos es posible calcular las condiciones de incertidumbre o error que tiene esta medición. Una de las ventajas de este enfoque es que permite la prueba de hipótesis así como la medición de la incertidumbre de los resultados (o el nivel de confianza). Sin embargo, también se tienen desventajas, la susceptibilidad a la influencia de los puntos extremos (outliers), así como la rigidez del método debido a los requerimientos estadísticos inherentes; adicionalmente la identificación de las UTD con mejor desempeño se supedita a la posición que esta guarde con respecto a la línea de tendencia central calculada, sin identificar que UTD es la que tiene la mejor práctica (Coelli y Perelman, 1999).

Con el desarrollo de la programación lineal, las preguntas arriba mencionadas se abordaron con un enfoque alterno, el cual propone salir de las restricciones que impone los métodos paramétricos y estocásticos. Por tanto, este enfoque no requiere la especificación de una forma funcional particular de la tecnología (insumo-producto) que demandan los métodos econométricos tradicionales. Ya que en principio, el método genera su propia frontera de producción mediante la construcción de una serie de planos intersectados; de esta manera la intersección de los planos se define como los puntos de la frontera eficiente. La principal desventaja de este método reside también en la alta susceptibilidad de los puntos extremos y que los resultados sólo son válidos para la muestra analizada (Coelli y Perlman, 1999).

c) Historia del Análisis de Datos Envolvente (ADE)

El mejoramiento del desempeño de un taller hasta una economía completa es una de las principales cuestiones que arrojan diferentes disciplinas desde las agronómicas, encargadas de la producción de alimentos, pasando por las de ingeniería que han construido parte de la infraestructura, maquinaria y equipos, hasta las económicas que

buscan mejores métodos para distribuir de manera eficiente los recursos escasos de los gobiernos y las empresas.

Farrell en 1957 utilizó el concepto de eficiencia empleado en las ingenierías para desarrollar un método que permitiera medir las relaciones de los insumos utilizados y los productos obtenidos y comparar estas relaciones con el fin de identificar la mejor práctica. Farrell acuñó varios términos como: “eficiencia técnica” “eficiencia asignativa” y “eficiencia de escala”; estos dos últimos adaptados de la literatura económica. El ejemplo para ilustrar el método de programación lineal fue el de la agricultura de los Estados Unidos. Dos razones fundamentaron esta selección: la disponibilidad de la información y la multivariabilidad de productos de la agricultura sobre el resto de las industrias. Con ello demostró la capacidad del método para evaluar una industria y que por tanto es capaz también de evaluar economías completas a nivel nacional o internacional (Farrell, 1957).

Koopmans en 1951 siguió y adaptó una de las premisas modernas del “bienestar económico” propuestas por el economista suizo-italiano Vilfredo Pareto en su Manual de Política Económica de 1906, en la cual menciona que cualquier política social podrá ser justificada si y sólo si logra que ésta haga de las personas lo mejor sin hacer de otras lo peor. Bajo esta premisa, Koopmans prestó especial atención a la “eficiencia de los precios” en la cual los precios están asociados con la eficiente asignación de los recursos (en este caso los insumos) para satisfacer la asignación preestablecidas de los bienes finales. Al estudio de estos mecanismos Koopmans se refería como enfoque de “análisis de actividad” (Charnes y Cooper, 1961).

La propuesta de un nuevo modelo de programación matemática aplicado a datos observados que provee un nuevo camino para obtener estimaciones empíricas de relaciones insumo-producto surgió cuando Charnes, Cooper y Rhodes juntaron sus experiencias. En la primera experiencia, Charnes y Cooper trabajaban en la implementación de computacional sobre los conceptos de “análisis de actividad”

propuestos por Koopmans. En la segunda experiencia, Rhodes asesorado por W. Cooper llamo la atención de éste último con la publicación de Farrell (1957). Así en 1985, Charnes, Cooper, Seiford y Stutz presentan los fundamentos del análisis de datos envolventes para las funciones de producción empírica de la eficiencia basada en la definición extendida de Pareto y Koopmans (Charnes *et al.*, 1985).

Desde los estudios iniciales de Charnes, Cooper y Rhodes más de 5000 artículos han aparecido en la literatura. La aceptación de la metodología de ADE es testimonio de sus fortalezas y usabilidad. Actualmente, ADE comprende una variedad de enfoque alternos pero relacionados para evaluar el desempeño, además cada día se abona en las propiedades inherentes del método tales como isotonicidad, no-concavidad, economías de escala, linearidad de planos, formas logarítmicas Cobb-Douglas, insumos discrecionales y no discrecionales, variables categóricas y relaciones ordinales (Charnes *et al.*, 1994).

1.3.4.2 Modelos del método de Análisis de Datos Envolvente

En esta sección se describen los conceptos básicos relacionados con el método de análisis envolvente (ADE), se presenta una revisión de la definición del método de análisis de datos envolvente, el modelo básico de estimación y sus aspectos computacionales.

a) Definición y modelos de estimación de la eficiencia

El propósito del ADE es determinar la eficiencia de las UTD a evaluar. Los modelos ADE calculan la eficiencia en un rango de 0 a 1. Donde el 1 corresponde a las UTD eficientes y por debajo de 1 se ubican las UTD ineficientes. Para la determinación de las UTD eficientes, ADE utiliza las técnicas de programación lineal para construir una frontera linear envolvente de eficiencia (FLEE o referida simplemente como envolvente) a partir de los datos de insumo y producto de las UTD a evaluar; de tal manera que algunos datos observados se ubiquen “sobre” (valores de 1) o “dentro” (valores menores a 1) de la envolvente. La representación gráfica del análisis ADE se muestra en la Figura 4. En este ejemplo, se grafican seis UTD, mientras F, E y B son las UTD

que se ubican “sobre” la FLEE; A, D y C son las UTD que se ubican dentro de la envolvente. En general los modelos DEA parten de un principio básico la solución del problema de programación lineal de insumos y productos de cada UTD evaluada con el fin de obtener la FLEE. Sin embargo, existen diferentes modelos de estimación de la eficiencia identificadas a lo largo del desarrollo del ADE y que serán discutidas en esta sección.

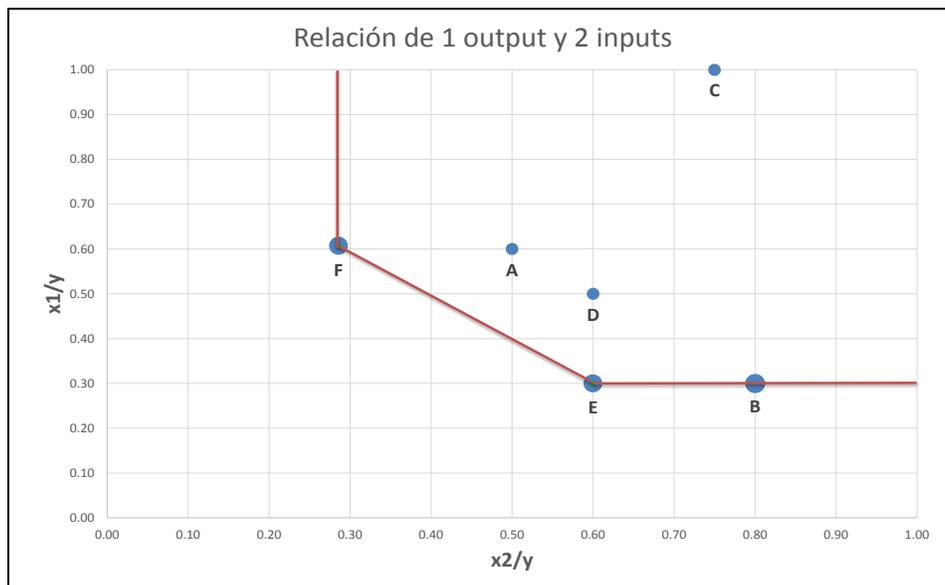


Figura 4. Representación gráfica del análisis envolvente de datos y modelos de estimación de la eficiencia

Fuente: Charnes *et al* (1994).

Estimación del dispendio de los recursos.- En la construcción de la FLEE, ADE proyecta líneas que son paralelas a los ejes de las relaciones de insumos y productos que son evaluadas, en estas proyecciones se pueden ubicar algunas UTD y entonces, establecerse casos denominados “dispendio” de recursos. Como se ve en la Figura 4, la UTD B está sobre la FLEE, pero todavía puede reducir el consumo del insumo x_2 , y ubicarse así en la posición E. Este caso se denomina “dispendio de insumos” en la literatura; pero también puede presentarse “dispendio de productos”. Estos dispendios deben ser reportados para proveer mayor precisión sobre la eficiencia tecnológica de

las UTD en un análisis de ADE. Si uno desea identificar todas los dispendios de eficiencia, entonces se debe resolver programas lineares adicionales (Cooper *et al.*, 2004; Coelli *et al.*, 2005).

Mediciones radiales y no radiales.- El cálculo de la eficiencia se realiza mediante las proyecciones “radiales”. Por ejemplo, en la Figura 4, la eficiencia de la UTD A se calcula mediante el uso de la proyección radial AO; dividiendo en este caso la distancia de A'O entre AO, donde A' es el punto que intersecta la recta AO con FE. En contraparte, en un modelo no-radial, el cálculo de la eficiencia se realiza considerando un punto diferente al origen y nuevamente en este caso pueden presentarse requerimiento de cálculos adicionales si se ubican los puntos en líneas de dispendio (Cooper *et al.*, 2004; Coelli *et al.*, 2005).

Orientación del modelo.- Como se ha mencionado, el ADE evalúa la relación de los insumos entre los productos. Por tanto, se distinguen dos orientaciones: (i) modelos orientados a los productos y (ii) modelos orientados a los insumos. Los modelos orientados a los productos pueden estar orientados a maximizar la reducción proporcional de los insumos sin modificar la cantidad de productos; y los modelos orientados a los insumos buscan el máximo incremento proporcional de los productos.

Escalas del rendimiento.- En la literatura se advierte que debido a la competencia imperfecta, las regulaciones de gobierno y las limitaciones de financiamiento, entre otros factores podrían causar que una UTD no opere a escala óptima. Existen tres tipos de escalas de rendimiento identificadas en la literatura. Los retornos de rendimiento de escala constante se presentan cuando el incremento porcentual de los productos es igual al incremento porcentual de los insumos. La pendiente de la ecuación es una constante o lineal. Los retornos de rendimiento de escala crecientes (economías de escala) se observan cuando el incremento porcentual del producto es mayor que el incremento porcentual de los insumos. La ecuación presenta una pendiente variable que puede ser cuadrática, cúbica, polinomial, etc. Los rendimientos de escala

decreciente se presentan cuando el incremento porcentual de los productos es menor que el incremento porcentual de los insumos. Por lo anterior, ADE presenta dos modelos para atender estas situaciones, el primero propone métodos de programación lineal que asumen que las UTD operan a escala óptima; el segundo presenta métodos de programación lineal que toman en cuenta que las UTD operan bajo retornos de escala variable, de esta manera se suprime las “eficiencias ocultas” que resultan de los efectos de eficiencias de escala.

b) Ventajas e inconvenientes del ADE

El Análisis de Datos Envolvente (ADE) es una metodología dirigida a identificar la posición (nivel de eficiencia) de una unidad de toma de decisión (UTD) con respecto a la eficiencia óptima generada por el conjunto de UTD que son evaluadas. La determinación de estos valores de eficiencia con ADE tiene una serie de ventajas y también de desventajas.

Entre las ventajas se puede mencionar que ADE permite incorporar la existencia de múltiples insumos y múltiples productos sin la necesidad de cualquier supuesto sobre la forma funcional de éstos; también permite comparar cada UTD con solamente los mejores, resultando la identificación tanto de las UTD con las mejores prácticas (alto desempeño en la relación insumo-producto), como de las UTD que no son eficientes; ADE calcula la eficiencia mediante la asignación de valores en un rango de 0 a 1, donde este último denota “ser eficiente”. Finalmente, permite conocer que factores contribuyen con este desempeño y cuáles tienen oportunidad de ser mejorados sin necesidad de afectar las relaciones de otros insumos o productos. Una elección no juiciosa de combinaciones de outputs/inputs puede permitir calificar como eficiente a una UTD que no debería serlo. Finalmente, ADE debe conservar una relación “mínima” entre el número de UTD y el número de *inputs* y *outputs*, al menos el triple es lo que se recomienda. Aunque los programas computacionales han permitido el cálculo de la eficiencia de varias UTD, esto puede ser un limitante para aplicaciones de uso diario. Un pendiente de la técnica ADE es la falta de poder determinar una puntuación de

eficiencia absoluta, lo cual, no permite comparar las UTD con un máximo teórico (Cooper, 2000 y 2004).

c) ADE-CCR orientado a los insumos

Como ya se mencionó en la sección anterior, existen diferentes modelos de estimación de la eficiencia desarrollados a partir del ADE. Aquí se revisa el modelo ADE orientado a insumos a escala constante (ADE-OIEC). El modelo ADE-OIEC basa sus cálculos considerando tres condiciones: (i) todos los datos de las UTD (X y Y) forman parte de la FLEE (dentro o debajo); (ii) los datos que se ubican dentro de la frontera no exceden el valor de eficiencia de 1 y entre estos datos se asume una relación linear, lo que se le conoce como “retorno a escala constante”; (iii) cualquier actividad por debajo de la FLEE es menor a 1 y el cálculo del valor de la eficiencia será optimizado desde la perspectiva de sus insumos (θx_0), es decir cualquier mejora de eficiencia considera minimizar los insumos mientras satisface al menos el mismo nivel de productos.

$$\text{Min}_{\theta\lambda} z_0 = \theta$$

Sujeto a:

$$Y \lambda \geq y_0$$

$$\theta x_0 \geq X \lambda$$

$$\lambda \geq 0$$

Donde:

z_0 valor de la eficiencia de la UTD a evaluar, UTD_0

Y es el vector de los productos, y_i .

y_0 es el vector de los productos de la UTD_0 .

λ es el vector de pesos o intensidades para cada UTD.

θ denota la puntuación de eficiencia (técnica) de la UTD_0 .

x_0 es el vector de los insumos de la UTD_0 .

d) ADE-orientado a los insumos con escala variable

El método ADE-OIEC estima la eficiencia considerando los retornos de rendimiento a escala constante. A continuación se presenta el modelo ADE orientado a insumos a escala variable (ADE-OIEV). El modelo ADE-OIEV basa sus cálculos considerando tres condiciones: (i) todos los datos de las UTD (X y Y) forman parte de la FLEE (dentro o debajo); (ii) los datos que se ubican dentro de la frontera no exceden el valor de eficiencia de 1 y entre estos datos se asume una forma convexa (relación no-linear), lo que se le conoce como “retorno a escala variable”; (iii) cualquier actividad por debajo de la FLEE es menor a 1 y el cálculo del valor de la eficiencia será optimizado desde la perspectiva de sus insumos (θx_0), es decir cualquier mejora de eficiencia considera minimizar los insumos mientras satisface al menos el mismo nivel de productos; (iv) el resultado obtenido es la eficiencia técnica “neta de cualquier escala”, (v) finalmente, la UTD eficiente cumple con la definición de Pareto-Koopmans: si y sólo si en la solución óptima $\theta=1$ y las variables de holguras son todas nulas.

$$\text{Min}_{\theta, \lambda, s^+, s^-} z_0 = \theta - \varepsilon (Is^+ + Is^-)$$

Sujeto a:

$$\lambda Y \geq y_0 + s^+$$

$$\lambda X = \theta x_0 - s^+$$

$$1\lambda = 1$$

$$\lambda, s^+, s^- \geq 0$$

Donde:

z_0 valor de la eficiencia de la UTD a evaluar, UTD_0

Y es el vector de los productos, y_i .

y_0 es el vector de los productos de la UTD_0 .

λ es el vector de pesos o intensidades para cada UTD.

θ denota la puntuación de eficiencia (técnica) de la UTD_0 .

x_0 es el vector de los insumos de la UTD_0 .

1λ es el vector de convexidad de pesos o intensidades para cada UTD, que está asociado con la variable k.

k es el valor del intercepto en el eje de los productos de la proyección de cada segmento (o cara) que define la envolvente. En el modelo de retornos de rendimiento a escala constante, ADE-OIEC, toma el valor de cero.

$\varepsilon = 10^{-6}$, infinitésimo no-arquimedeeo.

Is^+ vector de holguras de productos, donde $Is^+ = \sum_{r=1}^s s_r^+$

s^+ variables de holguras de productos

Is^- vector de holguras de insumos, donde $Is^- = \sum_{i=1}^s s_i^-$

s^- variables de holguras de insumos

La elección del modelo ADE estará definido los siguientes supuestos

1. En las evaluaciones en las que los insumos no están completamente bajo el control del evaluador, los modelos orientados a productos serán los más adecuados.
2. En las evaluaciones donde los resultados del proceso (productos) son decididos por los objetivos de los evaluadores antes que establecidos a partir de la mejor práctica observada sería preferible recurrir a los modelos orientados a los insumos.
3. El supuesto de retornos de rendimiento a escala constante parece ser el supuesto más apropiado cuando el rendimiento de las UTD a comparar no depende de la escala de operación.

e) Métodos computacionales

Como lo comentó Farrell (1957), el método de programación lineal para determinar la frontera de eficiencia requería de recursos físicos significativos, por ejemplo la capacidad de la supercomputadora, EDSAC, que utilizó Farrell para realizar la solución de una matriz de 4×12 , equivalente a 1 820 combinaciones, necesitaba alrededor de 2 horas, y que para un pequeño incremento de 5×20 con 55 130 combinaciones, significaba un tiempo de cálculo de 60 horas. Sin embargo, 20 años después, al mismo tiempo que el método ADE y sus respectivos modelos se incrementaban y mejoraban, se presentaban avances significativos tanto en la computación como con la incorporación de equipos con capacidades de cálculo cada vez más poderosas. Esta combinación teórica y tecnológica permitió el desarrollo de programas computacionales para realizar análisis de eficiencia en menor tiempo.

Actualmente existe una serie de recursos computacionales para calcular la eficiencia, desde aquellos que utilizan las hojas de cálculo comerciales, pasando por los programas de cómputo desarrollados para este propósito hasta los algoritmos desarrollados para ser empleados en software libre. Las computadoras ahora tienen capacidad suficiente para resolver problemas de programación lineal, como los planteados por Farrell (1957), en cuestión de minutos.

1.3.4.3 Eficiencia y las industrias de referencia

Una vez revisado el concepto de eficiencia y el ADE, es posible considerar el potencial de este concepto para la identificación de las principales industrias de los alimentos de la Costa Atlántica de México. Para abordar este importante tema se presenta una revisión de la literatura respecto al uso de ADE para la identificación de los sectores de referencia (eficientes), delineando los factores que determinan esta condición y las principales consideraciones al implementar este método. Esta sección fue dividida en dos partes. La primera revisa los estudios realizados para determinar la eficiencia de la industria de los alimentos, poniendo énfasis en dos aspectos, el uso del ADE y el análisis de la eficiencia a nivel rama, subrama o clase. La segunda sección revisa los estudios que cumplen con ambas consideraciones y describe brevemente los principales resultados.

a) Análisis sectorial mediante el uso del método ADE

El enfoque de eficiencia ha permitido el estudio de una gran variedad de sectores y regiones. Farrell (1957), de hecho inicia con el estudio de la agricultura de todos los estados que formaban parte de los Estados Unidos en 1957. Con la aparición de ADE, los estudios, en principio, se orientaban a los sectores sin fines de lucro, tales como hospitales, servicios educativos, servicio civil, entre otros (Anderson, 2004; Ruggiero, 2004). Pero poco a poco los estudios han empezado a cubrir a los sectores productivos, tales como la industria, el comercio, el sistema financiero, las ingenierías, entre otros (Athanasopoulos y Triantis, 1998). Así mismo los estudios, pueden ir de una escala local, o regional (Kuosmanen *et al.*, 2013; Wang *et al.*, 2013) a una escala

nacional o internacional (De Witte y Marques, 2010; Halkos y Tzeremes, 2010; Lu y Lo, 2012).

Si bien el propósito principal al aplicar ADE es identificar los puntos de referencia mediante el concepto de “unidades de toma de decisión eficientes”, también ADE permite explicar cuáles son las prácticas de gestión de mayor impacto a través del análisis de la eficiencia técnica de la relación productos-insumos. Esta información permite a los tomadores de decisiones identificar las estrategias para mejorar los sistemas en su conjunto trasladando y adaptando las experiencias de una UTD o un lugar a otro (Dadura y Lee, 2011; Buckley y Carney, 2013; Wang *et al.*, 2013).

Al realizar una revisión sobre los estudios para la identificación de los puntos de referencia en un sector o región mediante el uso del método ADE, se observó que la mayor parte de los estudios sobre el sistema alimentario (que incluye las actividades primarias, secundarias y terciarias) se concentran en el sector primario o agricultura, otra parte se concentra en el sector terciario o servicios y una pequeña parte en el sector secundario o manufacturero. A partir de esta información se pudiera hacer notar que la literatura sobre el estudios de la eficiencia de las ramas, subramas o clases que integran la industria de los alimentos es escasa, adicionalmente los estudios que incorporan el método ADE para la identificación de los puntos de referencia (ramas, subramas y clases eficientes) es aún más incipiente (Mazzoco y Cloutier, 1995).

Los estudios de la Industria de los Alimentos se agruparon en tres categorías para tener una mejor visión del conocimiento generado hasta ahora. La primera categoría agrupa los estudios que presentan un nivel industrial de clasificación y tiene como propósito identificar la eficiencia de estas ramas y explicar las causas de las mejores prácticas (Ali *et al.*, 2009; Mohamad y Said, 2010), la segunda categoría reúne los estudios de niveles industriales o clases seleccionadas, la incorporación de tópicos de interés para evaluar estos niveles industriales y nuevamente identificar la eficiencia de estas clases, explicado la mejor combinación de insumos-productos de las mejores

prácticas (Dimara *et al.*, 2008; Bayraktar *et al.*, 2010; Dadura y Lee, 2011). La tercera categoría incluye los estudios en los cuales el desempeño del total de la industria de los alimentos se compara con sus pares, es decir con otras que integran el sector manufacturero (Chapelle y Plane, 2005; Egilmez, 2013).

b) Análisis de la eficiencia en la Industria de los Alimentos

De acuerdo con la revisión de la literatura, el análisis de la industria de los alimentos inicia con el estudio de Mazzoco y Cloutier (1995) con tres dígitos del Sistema de Clasificación Industrial, por ejemplo, Industria Alimentaria (311). Los resultados indican que los sectores de producción de lácteos y de carne son eficientes y que se observa una gran variedad de valores eficiencia tecnológica a lo largo de la industria. Sin embargo, no queda claro qué métodos de estimación ni cuáles variables (insumos y productos) fueron utilizadas en la evaluación.

Ali *et al* (2009) analizan la industria de los alimentos de la India con el propósito de identificar los cambios estructurales de la misma durante el periodo de 1980 a 2002, comparan el desempeño de la industria en términos de cambios de productividad y eficiencia, finalmente, dan explicación sobre las causas de ineficiencia en este importante sector. Las variables utilizadas fueron para los insumos: el costo de capital, la mano de obra, las materias primas y la energía utilizada, para los productos se utilizó el producto interno bruto. Los datos fueron obtenidos del ministerio de estadística nacional de la India, los valores monetarios fueron deflactados y el número de ramas industriales evaluadas fue de 12, lo que corresponde al Sistema de Clasificación Industrial de 3 dígitos, los periodos evaluados fueron 1980, 1990 y 2001. Los modelos de estimación utilizados consideraron los retornos de rendimiento a escala constante y variable, con orientación a los insumos; así mismo se calculó la eficiencia a escala. De acuerdo con el análisis, ninguna de las ramas fue eficiente tanto a escala constante como escala variable. Las ramas con los valores máximos de eficiencia correspondieron a “aceites vegetales” (en 1980 a escala constante), y “otras industrias” para el resto de los años y los dos modelos de estimación considerando la escala de

rendimientos. Los aspectos que marcan esta investigación son los siguientes: (a) evalúa el desempeño de la industria de los alimentos y (b) proporciona sugerencias para mejorar la productividad y la eficiencia.

Mohamad y Said (2009) analizan la industria de los alimentos de Malasia con el propósito de identificar la eficiencia técnica de 32 clases de esta importante industria durante el periodo de 2002 a 2007. El método ADE utilizado fue índice de crecimiento de Malmquist de la productividad total de factores (PTF). Las variables de cálculo fueron: costo de insumos, número total de trabajadores y activo fijo total y los principales resultados indican que la elaboración de hielo y elaboración de azúcar son eficientes.

Las limitaciones que tiene ADE en la determinación de la eficiencia de los sectores o UTD seleccionados en estos estudios también fueron señalados y en su mayoría coinciden con los revisados en la subsecciones arriba señaladas, entre las que destacan una matriz de datos confiable para disminuir los errores de registro, la selección del modelo de estimación de la eficiencia y sus particularidades, entre otros (Cooper, 2004; Coelli *et al.*, 2005). Por todo lo anterior, ADE es un método confiable para identificar las principales unidades de toma decisión o sus niveles agregados basados en el enfoque de eficiencia. La relación de insumo-producto permite a los tomadores de decisiones determinar las mejores prácticas utilizadas para alcanzar el máximo rendimiento. Las limitaciones pueden ser superadas si el evaluador pone atención en los datos y detalla la manera en que fue realizado el cálculo y describe las condiciones para seleccionar los modelos de estimación.

1.3.5 Estimación de Gases de Efecto Invernadero

La estimación de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) de la industria de los alimentos forma parte de los objetivos de este trabajo de investigación. En esta sección se presenta una revisión completa pero no exhaustiva del método internacional propuesto por el IPCC para estimar las fuentes y absorciones de GEI de las diferentes

actividades humanas. La revisión de este método de cálculo incluye la exploración de tres tópicos: (1.3.5.1) Los gases de efecto invernadero, (1.3.5.2) Método simple de estimación de GEI, (1.3.5.3) Orientación general y buenas prácticas en la estimación de los GEI.

1.3.5.1 Los Gases de Efecto Invernadero (GEI)

El nombre efecto invernadero proviene de su similitud con un invernadero (instalación construida para cultivar plantas en el cual se proporciona un ambiente más cálido que el exterior); el techo de un invernadero tiene la capacidad de dejar entrar la radiación solar y atrapar la terrestre generada en su interior. De manera similar, la radiación solar atraviesa la atmósfera y llega a la superficie (continente y océano). La superficie se calienta y emite radiación terrestre, la cual es absorbida por el vapor de agua y el dióxido de carbono (CO_2) quienes actúan como el techo de un invernadero. De esta forma, los GEI son capaces de atrapar la radiación infrarroja que emite la superficie de la tierra hacia el espacio y transferirla en forma de calor al resto de los gases que forman la atmósfera (SEMARNAT, 2012a y 2012b).

Los GEI se dividen en gases de efecto directo e indirecto. Los gases de efecto directo cubiertos en las directrices del IPCC (2006), incluyen al:

- Dióxido de Carbono (CO_2),
- Metano (CH_4),
- Óxido nitroso (N_2O),
- Perfluorocarbonos (PFC),
- Hexafluoruro de azufre (SF_6),
- Trifluoruro de nitrógeno (NF_3),
- Trifluorometil pentafluoruro de azufre (SF_5CF_3)
- Éteres halogenados (p ej., $\text{C}_4\text{F}_9\text{OC}_2\text{H}_5$, $\text{CHF}_2\text{OCF}_2\text{OC}_2\text{F}_4\text{OCHF}_2$, $\text{CHF}_2\text{OCF}_2\text{OCHF}_2$)
- y Otros halocarbonos no cubiertos por el Protocolo de Montreal, incluidos CF_3I , CH_2Br_2 , CHCl_3 , CH_3Cl , CH_2Cl_2

Para cada uno de estos gases directos se ha estimado su potencial de calentamiento atmosférico (PCA), el cual compara el forzamiento radiactivo de una tonelada de un gas de efecto invernadero en un período de tiempo dado (e.g. 100 años) con una tonelada de CO₂ (IPCC, 2006).

De acuerdo con las directrices del IPCC (2006), los gases precursores, tales como el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x), y los compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM) en presencia de la luz solar contribuyen a la formación de ozono (O₃), gas de efecto invernadero, en la troposfera y, por tanto se refiere a ellos como “precursores de ozono”. Las emisiones de dióxido de azufre (SO₂) producen la formación de partículas de sulfato, que también influyen en el cambio climático. Estas emisiones se deben declarar en los inventarios de GEI, pero no serán incluidas en los totales de las emisiones de GEI con potencial de calentamiento atmosférico ponderado.

1.2.5.2 Método simple de estimación de los GEI directos e indirectos

A nivel internacional, el IPCC ha desarrollado y propuesto, primero en 1996 y posteriormente una revisión en 2006, una metodología para la estimación de los GEI (directos e indirectos) y la elaboración de los inventarios de emisiones nacionales, conocida como Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de GEI (referida en este documento como Directrices). Existe una gran experiencia generada con el desarrollo y puesta en marcha de las Directrices de 1996 y 2006. En esta sección se revisaron las directrices del IPCC-2006 con el fin de analizar el método simple de estimación, la recopilación de datos, los factores de emisión y la incertidumbre del proceso de determinación de emisiones y absorciones.

a) Método simple de estimación de GEI

Las Directrices de 1996 y 2006 propusieron un procedimiento metodológico simple para estimar las emisiones de GEI, el cual consiste en combinar la información sobre el alcance que tiene lugar en cada actividad humana, referida como datos de la actividad

(DA), con los coeficientes que cuantifican las emisiones o absorciones de cada actividad identificada y seleccionada, a estos coeficientes se les conoce como factores de emisión (FE). De esta manera la expresión para medir las estimaciones de GEI de una actividad (EA) se obtiene a partir de:

$$EA = DA \cdot FE$$

Fuente: IPCC, 2006

Ejemplo 1.- Para calcular las emisiones de GEI de la combustión de gasolina (EA₁), se debe conocer tanto la cantidad de gasolina (DA₁), como la masa de dióxido de carbono emitido por unidad de combustible consumido, en este caso el de la gasolina (FE₁). La fortaleza de la simplicidad de esta ecuación es que en algunas circunstancias se modifica la ecuación con el fin de incluir otros parámetros para la estimación de diferentes factores de emisión, o para incluir métodos de equilibrio de masa, o para ajustar el cálculo dependiendo el nivel de detalle que se quiere obtener, entre otros.

Ejemplo 2.- Siguiendo con el ejemplo 1; si la gasolina utilizada es quemada en un cierto tipo de motor, por ejemplo menos eficiente (motocicleta), entonces se modificará tanto la cantidad de gasolina empleada en dichos motores (DA₂) como la fracción de CO₂ emitido en el tipo de motor seleccionado (FE₂).

A partir de este método simple, se desarrollaron los procesos metodológicos para recopilar los datos de actividad, para seleccionar los niveles de estimación y la incertidumbre inherente de este proceso.

b) Recopilación de los datos de actividad

Como se observó en el método simple de estimación, los datos de actividad es una parte fundamental en la estimación de GEI. Por lo tanto, se recomienda formalizar las actividades de recopilación de datos, adaptarlas a las circunstancias de los países y revisarlas de forma periódica. También se denota que la generación de nuevas fuentes de datos se verá limitada por los recursos disponibles y será necesario priorizar esta

actividad, tomando en cuenta los resultados del análisis de categoría principal de la subsección niveles de estimación de esta sección.

Los datos de actividad son resultado de tres procesos principalmente: la recopilación de datos existentes, la generación de datos nuevos y la adaptación de algunos datos. En el primer caso, el compilador hace una revisión de las posibles fuentes de datos, tales como organismos nacionales, estatales o locales de estadísticas, expertos del sector, organizaciones de partes interesadas, bases de datos internacionales, otros expertos nacionales o internacionales, bibliotecas de referencia, artículos científicos, universidades, inventarios presentados en el CMNUCC, entre otros. En cualquier caso los datos de actividad compilados deben pasar por un proceso de depuración que consiste en tres actividades: clasificación de los datos disponibles, refinación de los requisitos de los datos (serie temporal, estructura, calidad, etc), selección final de los datos y pertinencia del uso de datos sustitutos. En el segundo caso, el compilador sugiere la generación de datos nuevos si no existe los datos de actividad u otros parámetros de estimación representativos, o si no se puede estimar a partir de las fuentes existentes. Esta actividad puede implicar el diseño y puesta en marcha de programas de medición de datos de actividad apoyados por diversas entidades por ejemplo los organismos de estadística nacional, los sectores identificados y seleccionados para contribuir con esta nueva información o las instituciones de educación e investigación que pueden generar esta particular información. Estas actividades suelen exigir demasiados recursos adicionales por tanto se sugiere priorizar, e implementar en actividades que sean identificadas como categoría principal y no haya otras opciones alternas. Los elementos que debe contener un programa para la obtención de nuevos datos de actividad son objetivo de la medición, protocolo de metodología, plan de medición y procedimientos para el procesamiento de datos, la generación de informes y el resguardo de la información. Finalmente, la adaptación de datos de actividad, es una opción que ayuda a subsanar inconsistencias en las distintas necesidades de estimación tales como subsanar vacíos en los datos periódicos, revisar las series temporales, incorporar datos mejorados, compensar datos que se deterioran (empalme), corregir la cobertura incompleta, entre otros. El propósito de este proceso

es garantizar que coincida el nivel de detalle con la cobertura de los datos, incluidos los sectores, el proceso, la reducción, la ubicación, el tipo de tierra, el compuesto y los años incluidos, etc.

c) Factores de emisión

Los coeficientes que cuantifican las emisiones o absorciones de cada actividad humana han sido calculados con el paso del tiempo. Mientras algunos países, pueden carecer de centros de investigación que estudien y generen información actualizada sobre los factores de emisión, existen otros países y organizaciones que han dirigido sus esfuerzos para generar y concentrar esta información. Por tanto, el compilador también tiene la opción de recopilar, medir o adaptar los factores de información para poder estimar las emisiones de GEI. Actualmente, están disponible una base de datos de factores de emisión (por sus siglas en inglés EFDB) del IPCC, la cual fue concebida como una plataforma para que expertos e investigadores den a conocer nuevos factores de emisión u otros parámetros a un público mundial de usuarios finales potenciales. Los criterios para la inclusión de datos en esta EFDB son: solidez, es decir el valor del factor de emisión tenga pocas probabilidades de modificarse dentro de la incertidumbre aceptada de la metodología, aplicabilidad, acoplamiento claro entre el factor de emisión y el dato de actividad junto con sus propiedades inherentes (tecnología, condiciones operacionales, etc) y, documentación, que se refiere a otorgar un completo acceso a la referencia técnica original. En el caso de que los factores de emisión sean determinados por un programa de medición se recomienda como una buena práctica: distinguir entre los diferentes componentes de una carga mixta de combustible y materia prima (carbón y madera en una caldera de combustibles diversos), especificar la forma de determinar la composición química de los combustibles y de la materia prima a partir de los análisis de las muestras tomadas de los camiones de reparto o cisterna, los gasoductos o las reservas, garantizar un muestreo representativo de los gases de escape; y utilizar instrumentos con características de desempeño conocidas o efectuar auditorías de exactitud relativa respecto de los métodos de referencia estándar establecidos. Existen normas que

aseguran la gestión de la calidad de esta información la norma ISO 17025:2005 «Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración» aborda de manera clara estos ensayos y mediciones. Adicionalmente existen otros métodos estándar internacionales (ISO) o de otras nacionales (US EPA) para medir los factores de emisión y se recomienda referirse a ellos en el diseño y puesta en marcha de programas de medición para la determinación de nuevos factores de emisión.

d) Incertidumbres

A partir de la ecuación $EA=DA \cdot FE$, es posible apreciar que las estimaciones de las emisiones y absorciones de GEI pueden estar sujetas a “error”, el cual es referido por el IPCC como incertidumbre. El propósito principal del análisis de la incertidumbre es que sea un medio para determinar la calidad de las estimaciones de las emisiones y absorciones ya sea de manera individual o agregada por sectores o categorías principales. Adicionalmente, el análisis también es un medio para priorizar los esfuerzos destinados a reducir la incertidumbre de las emisiones en el futuro y para guiar las decisiones sobre la elección metodológica. Los errores típicos se observan a lo largo de la aplicación del método simple de estimación, pero se distinguen en general tres aspectos:

La conceptualización.- Esta se establece a partir de un conjunto de hipótesis relacionada con la estructura de una actividad o un conjunto de actividades humanas. Las hipótesis suelen comprender el tamaño de la cobertura geográfica, el tiempo promedio temporal, las categorías, los procesos de emisiones o absorciones y los gases incluidos. Adicionalmente, las hipótesis determinan las necesidades de datos e información, lo cual depende, entonces, de la disponibilidad de datos y una adecuada recopilación y evaluación de datos. En consecuencia, se debe analizar la incertidumbre de este aspecto.

Los modelos.- Las estimaciones de emisión y absorción pueden obtenerse directamente de la ecuación 1, como la multiplicación aritmética de los factores de la actividad y de las emisiones para cada categoría, y en su caso, con la consiguiente suma de todas las categorías. Sin embargo, también, esta determinación puede incluir modelos de procesos complejos específicos para las categorías particulares (equilibrio de masas). Esta diferencia de datos e información resulta en la necesidad de analizar la incertidumbre.

Las fuentes de datos e información.- Como ya se mencionó los datos y la información obtenidos a partir de la recopilación de datos se convierten en una entrada para una base de conocimiento más específica de datos y evaluación. La interpretación y uso de esta información conlleva a la necesidad de analizar su incertidumbre.

Las causas de la incertidumbre en la estimación de emisiones y absorciones de GEI pueden incluir: falta de exhaustividad debida a la inexistencia de métodos de medición o una conceptualización incompleta; una variedad de modelos que incluyen diferentes técnicas de interpolación, extrapolación, formulaciones alternativas, simplificación y sustitución de datos lo que deriva en tanto en sesgo como error aleatorio por diversos motivos; falta de datos simple y sencillamente porque no hay datos disponibles para aplicar la ecuación 1 lo cual resulta en ciertos casos a utilizar datos sustitutos; falta de representatividad de los datos lo cual se asocia a una falta de correspondencia entre las condiciones vinculadas a los datos disponibles y las condiciones vinculadas a las emisiones o absorciones o a la actividad real; error de muestreo aleatorio estadístico cuando los datos provienen de una muestra aleatoria de tamaño finito y por tanto suele depender de la varianza de la población de la cual se extrae la muestra y del tamaño de la muestra en sí; error de medición que resulta de cometer errores en las etapas de medir, registrar y transmitir la información; datos faltantes surge también del procesos de medición pero en este caso particular se efectuó la medición (individual o agregada), pero no había ningún valor; generación de informes o clasificaciones erróneas donde

se presenta una definición incompleta, poco clara o errónea de una emisión o absorción.

1.2.5.3 Orientación general y buenas prácticas en la estimación de los GEI

La metodología para la determinación de las emisiones de la industria de los alimentos de la CAM se basa en las Directrices de 2006, por ello, en esta sección se hace una revisión de la orientación general y las buenas prácticas para la estimación de los GEI. La sección está dividida en tres partes. La primera presenta una serie de conceptos claves que son utilizadas en las Directrices de 2006. La segunda sección contiene la estructura de las fuentes y absorciones de GEI en las cuales están organizadas las Directrices de 2006 y que permiten al compilador identificar, seleccionar y realizar los cálculos de las emisiones y absorciones de los sectores, categorías y subcategorías de primer, segundo y tercer orden de las actividades humanas de un país. En la última sección, se revisa el árbol de decisiones a partir del cual se define el nivel de detalle de las estimaciones de emisión y absorción de GEI.

a) Conceptos clave

Las directrices del IPCC 1996 y 2006 presentan una serie de conceptos clave que tiene como propósito abordar de manera sistemática la complejidad de las actividades humanas y de disponer de un sistema de definiciones estandarizado que permita a los usuarios realizar los inventarios de manera simple y confiable y que reduzca al mínimo el número de malinterpretaciones, inconsistencias y errores. En el Cuadro 9, se presenta un extracto de los conceptos claves utilizados en las directrices del IPCC.

Cuadro 9. Conceptos claves utilizados en las Directrices del IPCC, 2006

Emisiones y absorciones antropogénicas	Los inventarios nacionales se elaboran con las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero que provienen de las actividades humanas. Así las variaciones interanuales de las “emisiones y absorciones naturales” no son consideradas en los inventarios ya que se considera que éstas se equilibran con el tiempo.
Directrices	Es un documento técnico resultado de la invitación efectuada por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) para actualizar las Directrices, versión revisada en 1996 y la orientación de buenas prácticas asociada, en las que se brindan metodologías acordadas internacionalmente para que utilicen los países en la estimación de sus inventarios de gases de efecto invernadero e informar los resultados a la CMNUCC.
Sectores	Las estimaciones de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero se dividen en sectores principales, que son grupos de procesos, fuentes y sumideros relacionados, se distinguen 5 sectores: (1) Energía, (2) Procesos industriales y uso de productos, (3) silvicultura y otros usos de la tierra, (4) desechos y (5) otras emisiones.
Categoría principal	Se refiere al nivel absoluto de emisiones o absorciones de las actividades que incluye cada sector. Debido a la complejidad inherente de cada actividad, el método de cálculo está organizado para primero, identificar cada categoría principal y segundo, desglosar la misma en subcategorías de primero, segundo o tercer orden, incluso hasta completar el cálculo de un proceso individual. En ocasiones, debe evitarse la desagregación a niveles de gran detalle, puesto que puede dividir una categoría importante agregada en muchas subcategorías pequeñas que ya no son principales.
Nivel de análisis	Un nivel representa una fase de complejidad metodológica. Se distinguen al menos tres niveles. El nivel es el método básico, el Nivel 2 es intermedio, y el Nivel 3 es el método más demandante en cuanto al detalle de los datos y la precisión del cálculo.
Datos por defecto	Son parámetros preestablecidos que permiten tener una evaluación rápida y confiable en el Nivel 1 a partir del uso de las estadísticas nacionales o internacionales disponibles.
Árboles de decisiones	Son guías que permiten a los compiladores seleccionar la metodología que sea adecuada a sus circunstancias sobre la base de la evaluación de las categorías principales.
Buenas prácticas	Es el conjunto de indicadores para crear inventarios coherentes, comparables, completos, exactos y transparentes, de manera que éstos mejoren con el transcurso del tiempo.
Año del inventario y serie temporal	Los inventarios nacionales contienen estimaciones para el año calendario durante el cual se producen las emisiones a la atmósfera (o las absorciones de ésta). En los casos en los que faltan los datos apropiados para respetar este principio, es posible estimar las emisiones y las absorciones utilizando los datos de años anteriores y aplicando los métodos correspondientes, tales como promedio, interpolación y extrapolación. La secuencia de estimaciones anuales de los inventarios de gases de efecto invernadero (p. ej. cada año, desde 1990 a 2000) se denomina serie temporal. Debido a la importancia de hacer el seguimiento de las tendencias de emisiones a través del tiempo, los países deben garantizar que la serie temporal de estimaciones sea lo más coherente posible.
Informe del inventario	Un informe de inventario de gases de efecto invernadero incluye un conjunto de cuadros estándar para generación de informes que cubren todos los gases, las categorías y los años pertinentes, y un informe escrito que documenta las metodologías y los datos utilizados para elaborar las estimaciones.

Estos conceptos forman parte de las Directrices de 2006 que tiene como propósito principal la integración de un inventario de emisiones y absorciones de GEI.

b) Estructura de las fuentes y absorciones de GEI: sectores, categorías y subcategorías.

Las Directrices de 2006 están organizadas en una estructura estándar que brinda una orientación metodológica para estimar las emisiones y absorciones de una serie de actividades humanas, que incluyen actividades primarias (agricultura), secundarias (industrias) y terciarias (servicios). Estas actividades han sido agrupadas en sectores, categorías y subcategorías de primer, segundo y tercer orden, junto con una serie de recomendaciones concretas para calcular la incertidumbre, garantizar el control de calidad, la coherencia de la serie temporal y la generación de los informes. En el Cuadro 10 se presentan los sectores y el número de categorías, subcategorías de las emisiones y absorciones de los GEI (directos e indirectos) en los tres niveles de desagregación considerados en las Directrices de 2006.

Cuadro 10. Clasificación y número de categorías de emisiones y absorciones de GEI de las Directrices de 2006

SECTORES	CATEGORÍAS	SUBCATEGORÍAS	1° ORDEN	2° ORDEN	3° ORDEN
Energía	1	3	11	39	35
Procesos industriales y uso de productos	1	8	44	23	
Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	1	3	18	35	33
Desechos	1	5	7		
Otras emisiones	1	2			

Fuente: Elaboración propia con datos de las Directrices del 2006 (IPCC, 2006).

Los sectores de energía y de agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra contienen subcategorías que se desagregan hasta el 3° orden; procesos industriales hasta

subcategorías de 2° orden, Desechos sólo subcategorías que se desagregan hasta el 1° orden y “Otros” solo esta desglosado a nivel de subcategorías.

Un ejemplo de la estructura del inventario nacional típico de GEI se muestra en la Figura 5, la cual incluye los cinco sectores y sus respectivas categorías principales, así como las subcategorías de emisión y absorción de GEI de primer y segundo orden para el sector de energía. Con base en esta clasificación, se identificaron las categorías que están relacionadas con las actividades y los procesos de la industria de los alimentos de este trabajo de investigación:

(1A2e) Procesamiento de los alimentos, bebida y tabaco.- Emisiones por la quema de combustibles en la industria. Incluye asimismo la quema para la generación de electricidad y calor para el uso propio en estas industrias. Las emisiones del sector de la industria deben especificarse por subcategorías que se corresponden con las de la Clasificación Industrial Internacional Estándar (ISIC, del inglés). La energía usada por la industria para el transporte no debe declararse aquí, sino en Transporte (1 A 3). Las emisiones que emanan de vehículos todo terreno y otra maquinaria móvil en la industria deben desglosarse, de ser posible, como una subcategoría aparte. Deben declararse las emisiones de las categorías industriales de la ISIC que consumen más combustible de cada país, como así también las que son emisoras significativas de contaminantes: Divisiones 15 y 16 de la ISIC.

(2G3b) Propulsor para productos presurizados y aerosoles.- Esta fuente cubre emisiones evaporativas de óxido nitroso (N₂O) consecuencia de su uso como propulsor en aerosoles, sobre todo en la industria de la alimentación. El uso típico es para la preparación de crema batida, donde se usan cartuchos llenos con N₂O para convertir la crema en espuma.

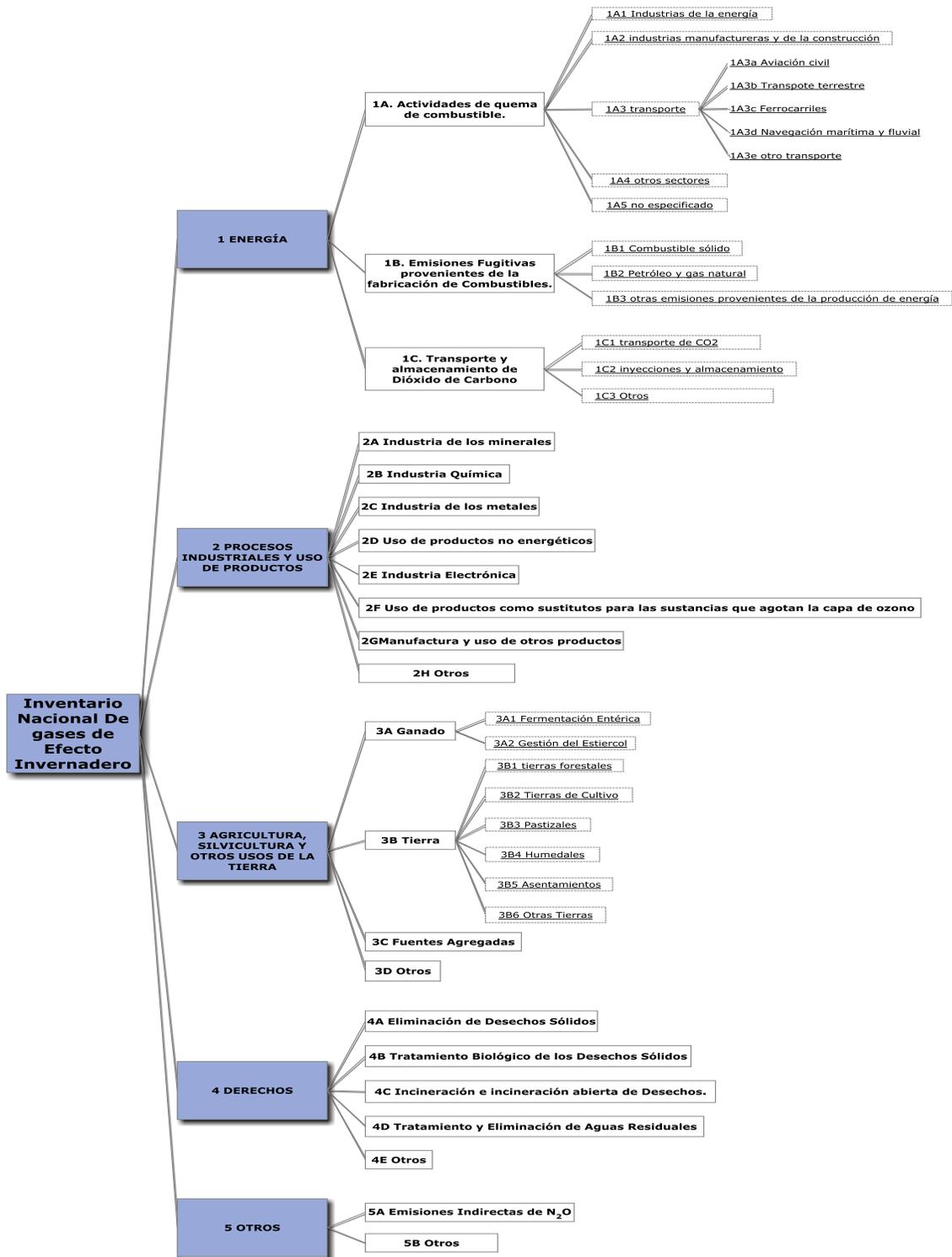


Figura 5. Categorías y subcategorías del inventario de nacional típico de GEI según las Directrices de 2006

Fuente: Adaptado de IPCC (2006).

(2H2) Industria de la alimentación y la bebida.- Otros. No está especificado para esta industria.

(4D2) Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales.- Se produce el metano por la descomposición anaeróbica bacteriana de materia orgánica en instalaciones de aguas servidas y del procesamiento de alimentos y otras instalaciones industriales durante el tratamiento de las aguas residuales. El N₂O también es producido por bacterias (desnitrificación y nitrificación) en el tratamiento y la eliminación de aguas residuales.

Las emisiones que fueron determinadas en este trabajo de investigación corresponden a la categoría 2H2 y se determinaron los compuestos orgánicos volátiles diferentes al Metano (COVDM) que resultan de los procesos de elaboración de alimentos.

c) El árbol de decisiones para seleccionar el método de estimación

La estimación de emisiones y absorciones requiere en términos prácticos ser confiable en cuanto a la importancia de la aportación absoluta y relativa, la tendencia y la incertidumbre de las mismas, lo cual se traduce en una mejor calidad y en una mejor gestión de la incertidumbre (IPCC, 2006). Para lograr esto es necesario considerar dos elementos fundamentales: (i) la selección de las categorías principales y (ii) el árbol de decisiones. A partir de ellos se genera una regla simple, si las categorías son principales los métodos de estimación deben estimar las emisiones a detalle (mayor nivel de estimación, e.g. 2 y 3). En caso contrario, se deben tomar una serie de consideraciones y recomendaciones para solventar o alcanzar esta condición.

La selección de las categorías principales es fundamental en la estimación de los GEI por tres razones. La primera sostiene que esta identificación permite priorizar y hacer un uso eficiente de los recursos limitados disponibles para elaborar un inventario. De esta manera los recursos disponibles se orientan a la obtención de los datos y la mejora de los métodos para estimar las categorías identificadas como principales. La

segunda razón se basa en la premisa de seleccionar los métodos de nivel superior (2 y 3), es decir los más detallados, para la estimación de las categorías principales. Sin embargo, en algunos casos no se logra compilar los datos necesarios para un nivel más alto o no se pueden determinar los factores de emisión específicos de un país y otros datos necesarios para los métodos de los niveles 2 y 3; en estos casos se puede usar el nivel 1 y documentarse claramente el motivo por el cual la elección metodológica no respeta el árbol de decisiones por sectores, así mismo para estos particulares casos una buena práctica será tener prioridad para la mejores futuras. La última razón se centra en prestar atención adicional en garantizar la calidad y el control de calidad de la estimación de las categorías principales, tal y como lo sugiere la buena práctica (IPCC, 2006).

De acuerdo con las Directrices de 2006, “Los árboles de decisiones de cada categoría ayudan al analista a desplazarse entre las fuentes de datos y de información disponible y seleccionar la metodología de estimación que sea adecuada a sus circunstancias”, considerando para ello una evaluación previa de las categorías principales. Adicionalmente, sugiere la utilización de métodos de estimación de niveles superiores para las categorías principales identificadas, y a menos que los requisitos de los recursos para hacerlo sean prohibitivos se recomienda usar el nivel 1.

La Figura 6, presenta una adaptación del Árbol de decisión del sector 2. Procesos industriales y uso de productos para la determinación de las emisiones de las actividades de las industrias de los alimentos. El árbol de decisión del sector de alimentos y bebidas muestra dos niveles de estimación. El nivel 1 está considerado como el nivel básico basado en la “producción agregada” de cada categoría industrial (e.g. panificación, producción de azúcar, cervecerías) y el factor de emisión relacionado al proceso de producción de este alimento o bebida, el cual es proporcionado por las Directrices de 2006. El nivel 2 hace una estimación intermedia, para lo cual se requiere obtener la información de la tecnología por estratificación de los datos de actividad y factores de emisión, es decir se requiere conocer los productos o tecnologías del

proceso de producción de alimentos y bebidas (e.g. pan blanco, integral, granos, procesos cortos o largos) así mismo se requieren los factores de emisión relacionados con el proceso de producción de este tipo de producto o del tipo de tecnología utilizado) (EEA, 2009).

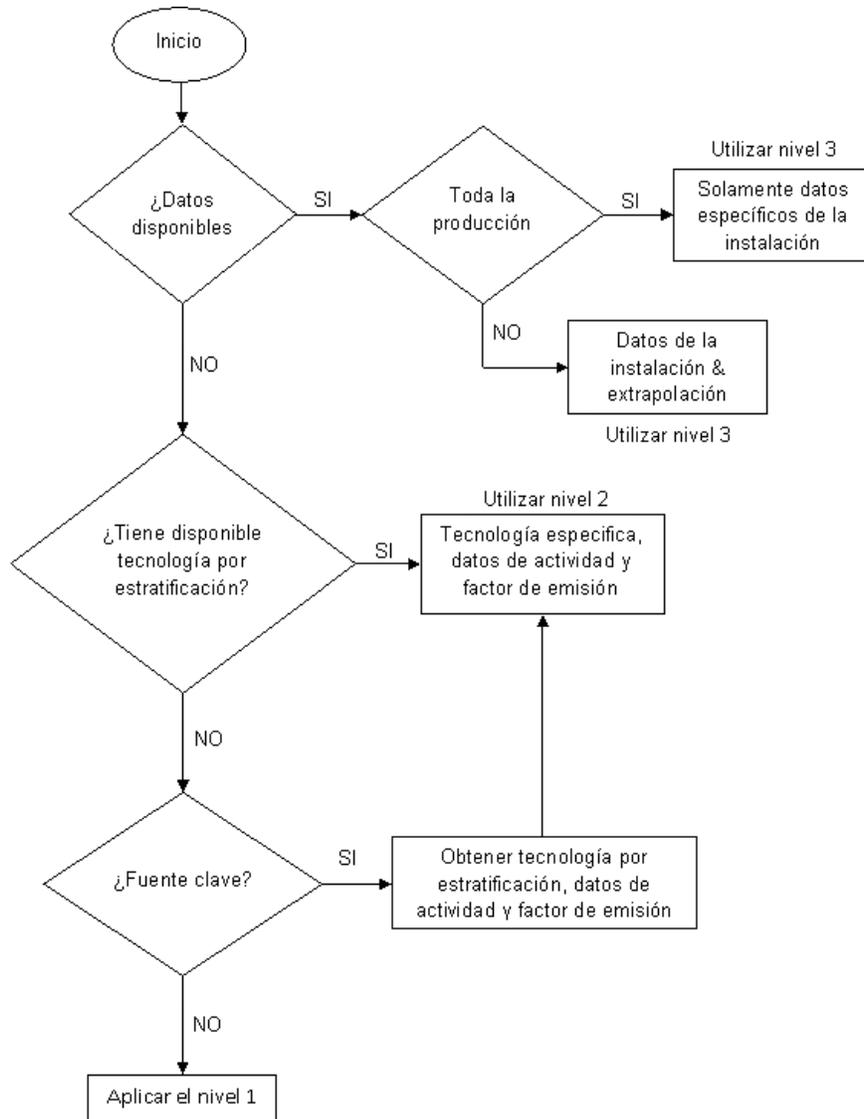


Figura 6. Árbol de decisión para la estimación de emisiones de la industria de alimentos y bebidas

Fuente: Elaboración propia adaptado de EEA (2009).

1.4 Literatura citada

- Adamo S. B. 2010. Environmental migration and cities in the context of global environmental change. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2(3): 161-165.
- Adams C. M., Hernández, E., y Cato, J. C. 2004. The economic significance of the Gulf of Mexico related to population, income, employment, minerals, fisheries and shipping. *Ocean and coastal management*, 47(11), 565-580.
- Aderson N. 2004. The Dark side of Monn: Applicant Perspectives, Negative Psychological Effects (NPEs), and Candidate Decision Making in Selection. *International Journal of Selection and assessment*. 1-8 pp.
- Ali J., Singh, S. P., Ekanem, E. 2009. Efficiency and Productivity Changes in the Indian Food Processing Industry: Determinants and Policy Implications. *International Food and Agribusiness Management Review* 12(1): 43-66.
- Athanassopoulos A. y Triantis, K. 1998. Assesing Aggregate Cost Efficiency and the Related Policy Implications for Greek Local Municipalities. *INFOR*, vol. 36, núm.3, p. 66-83.
- Bamire A. S. y B. J. Amujoyegbe 2004. Economics of poultry manure utilization in land quality improvement among integrated poultry-maize-farmers in Southwestern Nigeria. *Journal of Sustainable Agriculture* 23(3): 21-37.
- Barr R. S. 2004. DEA software tools and technology. In *Handbook on data envelopment analysis* (pp. 539-566). Springer US.
- Bayraktar E., Gunasekaran, A., Koh, S. C. L., Tatoglu, E., Demirbag, M., Zaim, S. 2010. An efficiency comparison of supply chain management and information systems practices: a study of Turkish and Bulgarian small- and medium-sized enterprises in food products and beverages. *International Journal of Production Research* 48(2): 425-451.
- Blackhurst M., Matthews, H. S., Sharrard, A. L., Hendrickson, C. T., and Azevedo, I. L. 2011. Preparing US community greenhouse gas inventories for climate action plans. *Environmental Research Letters*, 6(3), 034003.
- Buckley C. and P. Carney 2013. The potential to reduce the risk of diffuse pollution from agriculture while improving economic performance at farm level. *Environmental Science & Policy* 25: 118-126.

- Caso Pisanty, I., y Ezcurra, E. 2004. Diagnóstico ambiental del Golfo de México. SEMARNAT, INE, Instituto de Ecología, Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies. 1108 p.
- Chacón-Anaya, M.E. Giner, M. Vázquez-Valles, S.M. Roe, J.A. Maldonado, H. Lindquist, B. Strode, R. Anderson, C. Quiroz, J. Schreiber. 2010. Emisiones de gases de efecto invernadero en Tamaulipas y proyecciones de casos de referencia 1990-2025. 1a. ed. Ciudad Juárez, Chihuahua. Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza, 2010. 127 p.
- Chapelle K. and P. Plane 2005. "Productive efficiency in the Ivorian manufacturing sector: An exploratory study using a data envelopment analysis approach." *Developing Economies* 43(4): 450-471.
- Charnes A., and Cooper, W.W. 1961. *Management Models and Industrial Applications of Linear Programming*. John Wiley and Sons, New York.
- Charnes A., W. Cooper, A. Lewin y L. Seiford. 1994. *DEA: Theory. Methodology and Applications*, Kluwer Academic Publishers.
- Charnes W. W. Cooper, A. Y. Lewin, R. C. Morey, J. Rousseau 1985. Sensitivity and stability analysis in DEA. *Annals of Operations Research* 139-156pp.
- Coelli T.J. and Perelman, S. 1999. A comparison of parametric and non-parametric.
- Coelli Tim J., Prasada Rao, D.S., O'Donnell, C.J. y Battese, G.E. 2005. *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, 2nd Edition, Springer, New York.
- Cooper W; Seiford, L y Zhu, J. 2004. *Data Envelopment Analysis: Models and interpretations en Handbook on Data Envelopment Analysis*. Kluwer Academic Publisher.
- Cooper William; Seiford, Lawrence y Tone, K. 2000. *Data Envelopment Analysis. A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. Boston: Kluwer Academic Publishers. 316 p.
- Dadura A. M. and T. R. Lee 2011. Measuring the innovation ability of Taiwan's food industry using DEA. *Innovation-the European Journal of Social Science Research* 24(1-2): 151-172.
- De Witte K. and R. C. Marques 2010. Designing performance incentives, an international benchmark study in the water sector. *Central European Journal of Operations Research* 18(2): 189-220.

- Dimara E., Skuras, D., Tsekouras, K., Tzelepis, D. 2008. Productive efficiency and firm exit in the food sector. *Food Policy* 33(2): 185-196.
- Dixon J. 2011. Diverse food economies, multivariant capitalism, and the community dynamic shaping contemporary food systems. *Community Development Journal* 46: 120-135.
- Egilmez G., Kucukvar, M., Tatari, O. 2013. Sustainability assessment of U.S. manufacturing sectors: an economic input output-based frontier approach. *Journal of Cleaner Production* 53: 91-102.
- Elkholy T. A., et al. 2012. Demographic, Socio-Economic Factors and Physical Activity Affecting the Nutritional Status of Young Children Under Five Years. *Life Science Journal-Acta Zhengzhou University Overseas Edition* 9(4): 3604-3614.
- European Environmental Agency (EEA). 2009. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook: Technical guidance to prepare national emission inventories. Dos apartados A y B. [en línea] Sección 2.D.2. Food and Drink <http://www.eea.europa.eu/publications/>. Último acceso 16.02.2014.
- FAO.2002. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura. 1997; El estado mundial de la agricultura y la alimentación; Departamento económico y social; publicación de la biblioteca David Lubin; Numero 30. pp 285.
- Farrell M.J. 1957. The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal.*
- Garg A., Shukla, P. A., y Kapshe, M. 2006. The sectoral trends of multigas emissions inventory of India. *Atmospheric Environment*, 40(24), 4608-4620
- Garnett T. 2011. Where are the best opportunities for reducing greenhouse gas emissions in the food system (including the food chain). *Food Policy* 36: S23-S32.
- Gavrilova O., and Vilu, R. 2012. Production-based and consumption-based national greenhouse gas inventories: An implication for Estonia. *Ecological Economics*, 75, 161-173..
- Godfray H. C. J., I. R. Crute. 2010. The future of the global food system. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* 365(1554): 2769-2777.
- Halkos G. E. and N. G. Tzeremes 2010. Measuring regional economic efficiency: the case of Greek prefectures. *Annals of Regional Science* 45(3): 603-632.
- INEGI. 2008. Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte 2007. 10-17 pp.

- INEGI. 2011a. Panorama Sociodemográfico de México. Censo de población y vivienda. Segunda edición; pp 96; Información del internet: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biinegi/?e=30&m=0&ind=1005000038>.
- INEGI. 2011b. Sistema de Cuentas Nacionales de México (SCNM). Producto Interno Bruto por entidad federativa 2005-2009. 34-56 pp.
- INEGI. 2013. Anuario de Estadísticas por entidad Federativa 2012. INEGI. 666 p.
- Ingram, J. 2011. A food systems approach to researching food security and its interactions with global environmental change. *Food Security* 3(4): 417-431.
- IPCC. 1996. Intergubernamental Panel on Climate Change. Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996; Houghton J.T., Meira F., Lim K., Treaton K., Bonduki Y., Griggs D.J., y Callander B.A., (eds).
- 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).
- IPCC. 2013. Resumen para responsables de políticas. En: Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, Estados Unidos de América.
- Jimenez M. 2000. Global change, economic restructuring and labour market issues in Mexico City. *International Journal of Manpower* 21(6): 464-480.
- Kareem R. O. 2008. Economic efficiency in fish farming: hope for agro-allied industries in Niagara. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology* 26(1): 104-115.
- Kirch P. V. 2005. Archaeology and global change: The Holocene record. *Annual Review of Environment and Resources*. Palo Alto, Annual Reviews. 30: 409-440.
- Kubis A., Brachert, M., y Titze, M. 2012. Economic Structure and Regional Performance in Germany, 2002–2007. *European Planning Studies*, 20(2), 213-229.
- Kuosmanen N., 2013. Consistent Aggregation of Generalized Sustainable Values from the Firm Level to Sectoral, Regional or Industry Levels. *Sustainability* 5(4): 1568-1576.

- Latorre, J. G., García-Latorre, J., y Sanchez-Picón, A. 2001. Dealing with aridity: socio-economic structures and environmental changes in an arid Mediterranean region. *Land use policy*, 18(1), 53-64.
- Liverman, D. M. and K. L. Obrien. 1991. Global warming and climate change in Mexico. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions* 1(5): 351-364.
- Lu, W. M. and S. F. Lo 2012. Constructing stratifications for regions in China with sustainable development concerns. *Quality & Quantity* 46(6): 1807-1823.
- Martin, M. A. 2001. The future of the world food system. *Outlook on Agriculture* 30(1): 11-19.
- Mazzocco M. A. and L. M. Cloutier 1995. Relative efficiency in food processing industries: An application of data envelopment analysis. *Journal of Agricultural and Resource Economics* 20(2): 401-401.
- Melean Romero, R. and Y. Nava Vasquez 2007. Business strategies applied to the productive process for the pasta industry in the State of Zulia. *Revista Venezolana De Gerencia* 12(39): 431-450.
- Merino, P., Ramirez-Fanlo, E., Arriaga, H., del Hierro, O., Artetxe, A., and Viguria, M. 2011. Regional inventory of methane and nitrous oxide emission from ruminant livestock in the Basque Country. *Animal Feed Science and Technology*, 166, 628-640.
- Mohamad, N. H. and F. Said. 2010. Decomposing productivity growth in Malaysian food manufacturing industry. *African Journal of Business Management* 4(16): 3522-3529.
- Neff, R. A., I. L. Chan. 2009. Yesterday's dinner, tomorrow's weather, today's news US newspaper coverage of food system contributions to climate change. *Public Health Nutrition* 12(7): 1006-1014.
- Nikol'skii Y. N., M. Castillo-Alvarez. 2010. Assessing the Effect of Possible Global Climate Changes on the Fertility of Mexican Soils and the Prediction of Crop Yields. *Eurasian Soil Science* 43(9): 985-992.
- Ogle, S. M., Buendia, L., Butterbach-Bahl, K., Breidt, F. J., Hartman, M., Yagi, K., and Smith, P. 2013. Advancing national greenhouse gas inventories for agriculture in developing countries: improving activity data, emission factors and software technology. *Environmental Research Letters*, 8(1), 015030.

- OIT. 2011. Food, Drink and Tobacco Country Profile – Mexico. Sectoral Activities Department. http://ilo.org/sector/Resources/publications/WCMS_161972/lang-en/index.htm (Revisado el 09.02.2014).
- Olguín E. J., Sánchez, G., y Mercado, G. 2004. Cleaner production and environmentally sound biotechnology for the prevention of upstream nutrient pollution in the Mexican coast of the Gulf of México. *Ocean and coastal management*, 47(11), 641-670.
- Organización Internacional del Trabajo (OIT). 2007. La incidencia de las cadenas mundiales de alimentación en el empleo en el sector de alimentación y bebidas. Programa de Actividades Sectoriales. Ginebra. http://ilo.org/sector/Resources/publications/WCMS_161663/lang-en/index.htm. Revisado el 09.02.2014.
- Peterson, A. T., M. A. Ortega-Huerta. 2002. Future projections for Mexican faunas under global climate change scenarios. *Nature* 416(6881): 626-629.
- Prokopenko, J., and North, K. 1996. Productivity and Quality Management: A Modular Programme, International Labour Organisation.
- Ramankutty, N., J. A. Foley. 2002. The global distribution of cultivable lands: current patterns and sensitivity to possible climate change. *Global Ecology and Biogeography* 11(5): 377-392.
- Ramírez, A., de Keizer, C., Van der Sluijs, J. P., Olivier, J., y Brandes, L. 2008. Monte Carlo analysis of uncertainties in the Netherlands greenhouse gas emission inventory for 1990–2004. *Atmospheric environment*, 42(35), 8263-8272.
- Reilly, M. and D. Willenbockel 2010. Managing uncertainty: a review of food system scenario analysis and modelling. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* 365(1554): 3049-3063.
- Ruggiero, J. 2004. Performance evaluation in education: modelling educational production, En Cooper, W. W., Seiford, L. M. y Zhu, J. (Eds.), *Handbook on data envelopment analysis*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Sánchez-Gil, P., A. Yañez-Arancibia, J. Ramírez-Gordillo, J.W. Day y P.H. Templet. 2004. Some socio-economic indicators in the Mexican states of the Gulf of Mexico. *Ocean and Coastal Management* 47: 581–596.
- Schmitz, C., 2012. Trading more food: Implications for land use, greenhouse gas emissions, and the food system. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions* 22(1): 189-209.

- Schulz, L. L. and J. M. Crespi 2012. Presence of Check-Off Programs and Industry Concentration in the Food Manufacturing Sector. *Agribusiness* 28(2): 148-156.
- SEMARNAT. 2004. Cambio Climático: Una vision desde México. Martínez J. y Fernández A. (compiladores)]. SEMARNAT-INE. 525 p.
- SEMARNAT. 2005. Guía de elaboración y usos de inventarios de emisiones. SEMARNAT-INE. 508 p.
- SEMARNAT. 2006. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2002. SEMARNAT-INE. 258 p.
- SEMARNAT. 2009. Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. SEMARNAT-INE. 274 p.
- SEMARNAT. 2012a. Cambio climático: una reflexión desde México. SEMARNAT-INE. 145 p.
- SEMARNAT. 2012b. Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. SEMARNAT-INE. 399 p.
- SERNAPAM. 2011. Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático. Aceves-Navarro, B.H.J. de Jong, E, del Ángel-Meráz, L.M. Gama-Campillo (Coordinadores)], Villahermosa, Tabasco. SERNAPAM, 213 p.
- Setiawan, M. 2012. Industrial concentration and price-cost margin of the Indonesian food and beverages sector." *Applied Economics* 44(29): 3805-3814. Statistical Society, Series A (General), Vol. 120, No. 3, pp. 253-290.
- Steffen, R. 2005. Changing travel-related global epidemiology of hepatitis A. *American Journal of Medicine* 118: 46-49.
- Stern, N. N. H. (Ed.). 2007. *The economics of climate change: the Stern review*. Cambridge University Press.
- Thakur, S. K., and Alvaay, J. R. 2012. Identification of regional fundamental economic structure (FES) of Chilean economy: A field of influence approach. *Structural Change and Economic Dynamics*, 23(1), 92-107.
- Trapp, R. J., N. S. Diffenbaugh, et al. 2007. Changes in severe thunderstorm environment frequency during the 21st century caused by anthropogenically enhanced global radiative forcing. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104(50): 19719-19723.

- UN 2003. National Accounts: A practical introduction. Studies in Methods, Handbook of National Accounting. United Nations, NY. <http://unstats.un.org/unsd/nationalaccount>. Revisado el 18.02.2014.
- UN. 2008. International Standard Industrial Classification of all economic activities (ISIC), Rev.4. Statistical Papers. United Nations, NY. <https://unstats.un.org/unsd/cr/registry/isic-4.asp>. Revisado el 18.02.2014.
- United Nations (UN). 2000. Links between business accounting and national accounting. Studies in Methods, Handbook of National Accounting. United Nations, NY. <http://unstats.un.org/unsd/nationalaccount>. Revisado el 18.02.2014.
- United Nations Framework Convention for Climate Change (UNFCCC). 1992. Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático. (UNFCCC_convention). UNFCCC. Disponible en: http://unfccc.int/portal_espanol/documentacion/items/6221.php. [Revisado el 06.02.2014].
- Vazquez-Botello, Villanueva, S., Gutierrez, J., Rojas-Galaviz J.L. (eds.) 2010. Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático. Gobierno del Estado de Tabasco. SERMARNAT-INE, UNAM-ICMyL, Universidad de Campeche. 512 p.
- Vazquez-Botello, Villanueva, S., Gutierrez, J., Rojas-Galaviz J.L. (eds.) 2011. Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el Cambio Climático (segunda edición). Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, UNAM-ICMyL, Universidad de Campeche. 754 p.
- Vermeulen, S. J., B. M. Campbell, et al. 2012. Climate Change and Food Systems. Annual Review of Environment and Resources, Vol 37. A. Gadgil and D. M. Liverman. Palo Alto, Annual Reviews.
- Wang, K., Y.M. Wei, y X. Zhang. 2013. Energy and emissions efficiency patterns of Chinese regions: A multi-directional efficiency analysis. Applied Energy 104: 105-116.
- Welsh-Rodríguez, L. Rodríguez-Viqueira, S. Guzmán-Rojas. 2006. Inventario preliminar de emisiones de gases de efecto invernadero en el estado de Veracruz 2000-2004. Universidad de Veracruz [en línea]. Disponible en: http://www.peccuv.mx/index.php?section=reportes_investigacion. Visitado el: 7.02.2014.
- Woods, J. 2010. Energy and the food system. Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences 365(1554): 2991-3006.

Xi, F., Geng, Y., Chen, X., Zhang, Y., Wang, X., Xue, B., and Zhu, Q. 2011. Contributing to local policy making on GHG emission reduction through inventorying and attribution: A case study of Shenyang, China. *Energy Policy*, 39(10), 5999-6010.

Zhong, Z., et al. 2013. Production pattern, transaction style and raw milk quality An empirical study based on a "comprehensive quality perspective. *Agricultural Economic Review* 5(4): 526-542.

CAPITULO II. IDENTIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES SUBRAMAS DEL SECTOR DE ALIMENTOS DE LA COSTA ATLÁNTICA DE MÉXICO

2.1 Introducción

En termino general se define que la alimentación es un conjunto de productos que se consume de manera cotidiana (Ortiz *et al.*, 2005). El sector de alimentos ofrece una amplia variedad de alimentos como huevos, lácteos, cárnicos, pescados, frutas, vegetales y granos, entre otros (Duana y Benítez, 2010). INEGI (2008) define sector/unidad económica como un grupo de empresas desde un establecimiento hasta una industria manufacturera. El sector productivo incluye diversas actividades económicas desde actividades primarias hasta actividades terciarias. (1) El sector primario realiza actividades que comprende: agricultura, minería, pesca entre otros, de la cual se genera materia prima. (2) El sector secundario realiza actividades productivas en la cual transforma la materia prima (FAO, 1997). (3) El sector terciario son aquellas actividades económicas que proporcionan algún servicio: transporte, comercio etc., (Ballesteros, 2000).

La función de la Industria de Alimentos es procesar la materia prima o de alguna forma pasar por la materia prima por un proceso industrial. Dentro del sector alimenticio se realizan diversas actividades económicas como molienda de granos, elaboración de botanas, lácteos, elaboración de refrescos, beneficio del tabaco, etc. (SIB, 2012).

Debido a las diversas actividades económicas que presenta la industria de alimentos y bebidas, Bonilla (2011) menciona que las unidades económicas son estudiadas con el propósito de analizar y evaluar las tendencias del crecimiento económico ya sea desde una pequeña escala hasta una macro-escala de producción. La metodología que aplica Torres y Cervantes, (2012), se focaliza en la estructura económica regional, la cual consiste en conocer los cambios ocurridos durante diferentes periodos aportando información a nivel nacional e internacional.

El ADE muestra la eficiencia de escala de producción que alcanza el nivel de producción (Dimara et al., 2008). La técnica del ADE permite tener una estimación de índice de eficiencia de las empresas (Cooper *et al.*, 2011).

Este trabajo tiene como objetivo destacar los factores que inciden en la vulnerabilidad de la industria alimenticia ante el Cambio Climático (CC) en particular la Industria de Alimentos y bebidas que son más vulnerables ante este fenómeno, para ello se utilizará el cálculo de eficiencia, la cual consiste en una regresión lineal mostrando un nivel óptimo con valor 1 de eficiencia.

2.2 Materiales y métodos

El estudio presenta información de las principales Industrias de Alimentos y bebidas de la CAM. La investigación se realizó mediante una compilación de datos mediante estadísticos generados por el Censo Económico del periodo 1999 y 2009 incluyendo seis entidades federativas (Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo). Posteriormente se analizaron los datos estadísticos con un análisis exploratorio (AE) y, por último se aplicó el Análisis de Datos Envolvente (ADE). Dentro del AE se realizó una exploración de datos mediante descriptores estadísticos a nivel subrama¹, nivel temporal y nivel regional del periodo de 1999 y 2009, utilizando la herramienta del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN). El SCIAN es una herramienta que proporciona datos de las actividades económicas para la recopilación y análisis estadísticos de la Industria Alimenticia. Al obtener los datos de las actividades económicas a nivel subrama, nivel temporal y nivel regional con las cinco variables económicas se analizaron los datos estadísticos mediante el ADE

¹ La subrama se refiere a las actividades económicas que comprende la industria de alimentos y bebidas, la cual está integrada por 28 subramas: elaboración de alimentos para animales 31111; elaboración de productos de molinería y manufactura de malta 31121; elaboración de almidones, aceites y grasas vegetales comestibles 31122; elaboración de cereales para el desayuno 31123; elaboración de azúcar 31131; elaboración de chocolate y productos de chocolate a partir de cacao 31132; elaboración de productos de chocolate a partir de chocolate 31133; elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate 31134; congelación de frutas, verduras y guisos 31141; conservación de frutas, verduras y guisos por procesos distintos a la congelación 31142; elaboración de leche y derivados lácteos 31151; elaboración de helados y paletas 31152; matanza, empacado y procesamiento de carne de ganado y aves 31161; preparación y envasado de pescados y mariscos 31171; elaboración de pan y otros productos de panadería 31181; elaboración de galletas y pastas para sopa 31182; elaboración de tortillas de maíz y molienda de nixtamal 31183; elaboración de botanas 31191; industrias del café y del té 31192; elaboración de concentrados, polvos, jarabes y esencias de sabor para refrescos 31193; elaboración de condimentos y aderezos 31194; elaboración de otros alimentos 31199; elaboración de refrescos y hielo, y purificación de agua 31211; elaboración de cerveza 31212; elaboración de bebidas alcohólicas a base de uva y otras bebidas fermentadas 31213; elaboración de otras bebidas destiladas 31214; beneficio del tabaco 31221; elaboración de productos de tabaco 31222

seleccionando cinco variables económicas: unidades económicas, personal ocupado, remuneración, consumo intermedio y producción bruta total utilizando Excel Solver. A partir de estas variables seleccionadas se desarrollaron otros indicadores como valores promedio, mínimos, máximos y tasa de crecimiento anual. Aplicando la técnica del ADE se obtuvo una índice de eficiencia de las principales Industrias Alimenticias de la CAM. El ADE permitió identificar las principales industrias de alimentos y bebidas a nivel subrama, mediante una regresión lineal mostrando un nivel óptimo con valor 1 de eficiencia.

2.2.1 Obtención y depuración de datos

La obtención de datos de las actividades económicas de la industria de alimentos y bebidas fue mediante la compilación del censo económico del periodo de 1999 y 2009 utilizando la herramienta del SCIAN. El SCIAN es una herramienta que clasifica las actividades económicas con un sistema de codificación incluyendo cinco niveles de agregación: sector, subsector, rama, subrama y clase (Ver Anexo 1). Los niveles de agregación de la industria alimenticia están integrados por 1 sector, 2 subsector, 11 ramas, 28 subramas y 56 clases (Cuadro 11 y Cuadro 12).

Cuadro 11. Nivel de agregación de la industria de alimentos y bebidas

CATEGORÍA	NUMERO DE CATEGORÍA INDUSTRIAL
Sector	1
Subsector	2
Rama	11
Subrama	28
Clase	56

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2008)

Cuadro 12. Cambios ocurridos a nivel regional y nivel industrial durante el periodo de 1999 y 2009

Periodo 1999-2009					
Estado	Municipios		Categoría	Número de categoría industrial	
	1999	2009		1999	2009
Campeche	11	11	Sector	1	1
Quintana Roo	8	9	Subsector	2	2
Tabasco	17	17	Rama	11	11
Tamaulipas	42	41	Subrama	28	28
Veracruz	208	211	Clase	52	54
Yucatán	106	106			
TOTAL	392	395		94	96

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2008)

Al obtener los datos de las actividades económicas de la industria de Alimentos, se analizaron las actividades económicas a nivel subrama, así como también a nivel regional con las variables económicas (unidades económicas, personal ocupado, remuneración, consumo intermedio y producción bruta total) correspondientes a los periodos de 1999 y 2009. El estudio se realizó a nivel subrama por dos razones: (1) La subrama presenta en ambos periodos el mismo número de categoría industrial, (2) El nivel subrama presenta una descripción detallada de las actividades económicas de la industria alimenticia.

Realizando una exploración de datos se observó que la unidad económica mostró datos confidenciales; es decir, los datos confidenciales se presentaban con asteriscos (*)², los cuales no mostraban datos numéricos de la unidad económica. Asimismo en tres variables económicas: remuneración, producción bruta total y consumo intermedio se presentaba una inflación de datos monetarios; por lo cual se realizó una conversión de Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) diciembre 2010³. Posteriormente, se realizó una depuración de datos de la unidad económica que presentaba datos

² Los Datos confidenciales se debe a que la ley del sistema nacional de información estadística y geográfica, en sus artículos 37, 38, 42 y 47 establece la confidencialidad de la información, lo cual se presentan un asterisco. Fuente: INEGI - censos económicos 2009.

³ Los datos monetarios fueron deflactados a precio consumidor en base a diciembre 2010. De acuerdo al Diario Oficial, menciona que el Banco de México informó mediante un comunicado de prensa que a partir de enero del 2011 utilizaría como periodo base para determinar la variación en los precios de los conceptos de consumo que integran el Índice Nacional de Precios al Consumidor, la segunda quincena de diciembre de 2010.

confidenciales en algunas casillas en la hoja de Excel, para ello se realizó de forma aleatoria la colocación de una numeración del 1-5 o una numeración máxima referente a lo que presentaba el personal ocupado, esto con el propósito de ajustar los datos. Al realizar la depuración de datos se presentó una disminución de 11, 728 casos a nivel industrial, nivel regional durante el periodo de 1999 y 2009.

2.2.3 Análisis Exploratorio (AE)

Según Figueras y Gargallo (2003), definen el AE como una herramienta descriptiva que permite examinar los datos previamente antes de aplicar cualquier técnica estadística. En término propio se podría definir que el AE visualiza los datos estadísticos con el propósito de obtener resultados preliminares. El AE fue realizado mediante descriptores estadísticos obteniendo valores mínimos, máximos, tasa de crecimiento, porcentaje de participación y promedios. El AE se realizó en tres niveles: estatal, industrial y CAM del periodo de 1999 y 2009. En el nivel estatal se evaluaron las entidades federativas. Posteriormente en el nivel industrial se analizaron las 28 subramas de la industria alimenticia y, finalmente en el nivel CAM se evaluaron las variables económicas (unidades económicas, personal ocupado, remuneración, consumo intermedio y producción bruta total). El propósito del AE fue delimitar el conjunto de datos para posteriormente aplicar la técnica del ADE e identificar las principales industrias de alimentos de la CAM.

2.2.4 Análisis de Datos Envolvente (ADE)

El ADE es una técnica que permite estudiar la eficiencia de una empresa en relación con el comportamiento de otras empresas similares mediante una metodología no paramétrica (Quindós *et al.*, 2003). Shuschny (2007), menciona que el ADE es una herramienta de análisis económico cuantitativo que estudia el desempeño del sector productivo. En este estudio se realizó un análisis de eficiencia para identificar las principales industrias de alimentos y bebidas de la CAM; para ello se utilizó la técnica de ADE con Solver Excel 2007, con el objetivo de identificar las industrias alimentarias eficientes. Arzubi y Berbel (2002), menciona que el modelo original de ADE fue desarrollado por Charnes *et al.*, (1978). De acuerdo a Arzubi y Berbel (2002), para calcular la eficiencia se utiliza el siguiente modelo:

$$\begin{aligned}
& \min \theta, \lambda \theta \\
& \text{s a:} \\
& -y_i + Y\lambda \geq 0 \\
& \theta x_i - X\lambda \geq 0 \\
& \lambda \geq 0
\end{aligned}$$

Donde:

X= matriz de insumos (inputs) K x N

Y=matriz de productos (outputs) M x N; θ es un escalar (multiplica al vector de inputs)

λ = es un vector de constantes N x 1 (multiplica al vector de inputs y outputs)

N= número de muestras.

El análisis de eficiencia de las industrias alimenticias comprendió 28 subramas y seis variables económicas (unidad económica, personal ocupado, consumo intermedio, producción bruta total, costo/beneficio y tasa de crecimiento), Arzubi y Berbel (2002), menciona que para cada estudio se utilizan variables económicas apropiadas; es por ello que estas seis variables económicas fueron consideradas para el análisis de eficiencia. Al aplicar la técnica de AED se identificaron las principales industrias de alimentos y bebidas presentando un valor óptimo de 1; considerado como eficiente por Pedraja y Salinas (1994).

2.3 Resultados y discusión

2.3.1 Análisis Exploratorio (AE)

En el AE del periodo de 2009 se observó que la industria de alimentos y bebidas presentó un aumento de dos categorías a nivel clase. En el nivel regional la industria de alimentos y bebidas presentó un incremento de municipios en el estado de Veracruz (211 municipios), y para el estado de Tamaulipas la industria de alimentos y bebidas presentó una disminución de municipio (1 municipio) (Cuadro 12). Otros resultados que se obtuvieron del AE de las industrias de alimentos y bebidas fueron las cinco variables económicas seleccionadas, las cuales presentaron valores de miles de pesos y millones de pesos (Ver Anexo 2,3 y 4).

1) Unidades económica (UE)

En 1999, el total de UE en la CAM fue de 19 634 y en 2009 fue 50 628 UE. El AE presentó que la subrama elaboración de tortillas de maíz y molienda de nixtamal (31183) mostró valores máximos de UE en ambos años censales. Por otra parte, la subrama elaboración de cerveza (31212) obtuvo valores mínimos de UE durante el mismo periodo. Analizando la distribución del total de UE de las seis entidades que comprenden la CAM se observó que el estado de Veracruz presentó mayor número de UE tanto en 1999 como en 2009. En contraste, Quintana Roo mostró un valor mínimo de UE durante el mismo periodo.

2) Personal Ocupado (PO)

La CAM presentó un total de 121 058 y 146 232 personas ocupadas en 1999 y 2009 respectivamente. Al revisar la distribución del personal ocupado en las 28 subramas de la industria alimenticia se observaron las siguientes particularidades: primero, la subrama elaboración de tortillas de maíz y molienda de nixtamal (31183) presentó el número máximo de personal ocupado para ambos años censales y que corresponden al 25.3 % y 30.5 % del total de personal ocupado de la CAM respectivamente. En contraste, la subrama elaboración de productos de chocolate a partir de chocolate (31133) presentó el número mínimo de personal ocupado durante estos periodos. Al analizar la distribución del personal ocupado por entidad federativa, se observó que Veracruz tiene el mayor número de personas ocupadas y corresponde a un poco más de 50 % del total de la CAM para ambos años censales. Mientras en 1999, Quintana Roo presentó el valor mínimo de personal ocupado.

3) Remuneración (RE)

En 1999, la RE ascendió a un total de 6, 062 millones de pesos y 7 414 millones de pesos en el 2009. Por un lado, la subrama elaboración de azúcar (31131) mostró los valores máximos de RE para ambos años censales, los cuales representaron un poco más del 30 % del total de RE erogadas durante el periodo. Por otro lado, la subrama elaboración de bebidas alcohólicas a base de uva y bebidas fermentadas, excepto

cerveza (31212) presentó el valor mínimo de RE durante dichos periodos. También se analizó la distribución de la RE por entidad federativa; el estado de Veracruz presentó valor máximo de RE para ambos años censales. Nuevamente, Quintana Roo se ubica en la última posición en 1999, y Campeche lo desplaza en el 2009.

4) Producción Bruta Total (PBT)

En 1999, el total de producción bruta total en la CAM fue de 68 881 millones de pesos y en 2009 registró 111 832 millones de pesos. Durante este periodo, la CAM incrementó la PBT en 62.4 % con respecto a 1999. El AE muestra que la subrama elaboración de azúcar (31131) presentó los valores máximos de PBT en ambos periodos, los cuales corresponden al 23 % y 15 % de la PBT de la CAM en cada periodo. Por otra parte, la subrama elaboración de bebidas alcohólicas a base de uva y bebidas fermentadas, excepto cerveza (31213) obtuvo valores mínimos de PBT durante el periodo de 1999 y 2009. La mayor parte de la producción PBT de las seis entidades que comprenden la CAM, se concentra en el estado de Veracruz en ambos periodos, representando un poco más del 55 % del total. En contraste, Campeche mostró valores mínimos de PBT durante el periodo de 1999 y 2009, mientras que Quintana Roo presentó valores mínimos en el periodo de 2009.

5) Consumo intermedio (CI)

El CI del periodo de 1999 presentó un total de 30 636 millones de pesos y en el 2009 de 63 887 millones. La subrama elaboración de azúcar (31131) mostró los valores máximos de consumo intermedio para ambos periodos, los cuales representaron el 23.5 % y 18.6 % respectivamente. Sin embargo, la subrama elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean chocolate (31134) y la subrama elaboración de productos de chocolate a partir de chocolate (31133) presentaron valores mínimos de CI durante los periodos 1999 y 2009. El estado de Veracruz presentó los valores máximos de CI en ambos censos anuales. Nuevamente, Quintana Roo y Campeche mostraron valores mínimos de CI para 1999 y 2009 respectivamente.

2.3.2 Análisis de Datos Envolvente (ADE)

El ADE consistió en identificar la eficiencia de la industria de alimentos y bebidas de la CAM. Para calcular la eficiencia de la industria de alimentos de la CAM se tomó como referencia dos categorías: nivel subrama y seis variables económicas. El nivel subrama fue seleccionado porque presenta una descripción detallada de las actividades económicas de la industria de alimentos y bebidas. Las seis variables económicas: unidad económica, personal ocupado, consumo intermedio, producción bruta total, costo/beneficio y tasa de crecimiento fueron seleccionadas porque son apropiadas para la aplicación del ADE.

Al aplicar el ADE se obtuvo que 19 subramas de la industria alimenticia presentaron ineficiencia las cuales corresponden a los siguientes productos alimenticios: elaboración de productos de molinería y manufactura de malta 31121; elaboración de azúcar 31131; elaboración de chocolate y productos de chocolate a partir de cacao 31132; elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate 31134; conservación de frutas, verduras y guisos por procesos distintos a la congelación 31142; elaboración de leche y derivados lácteos 31151; elaboración de helados y paletas 31152; matanza, empacado y procesamiento de carne de ganado y aves 31161; preparación y envasado de pescados y mariscos 31171; elaboración de pan y otros productos de panadería 31181; elaboración de galletas y pastas para sopa 31182; elaboración de tortillas de maíz y molienda de nixtamal 31183; industrias del café y del té 31192; elaboración de concentrados, polvos, jarabes y esencias de sabor para refrescos 31193; elaboración de condimentos y aderezos 31194; elaboración de otros alimentos 31199; elaboración de refrescos y hielo, y purificación de agua 31211; elaboración de otras bebidas destiladas 31214; elaboración de productos de tabaco 31222.

Posteriormente, dentro del análisis se identificaron las industrias alimenticias eficientes, las cuales correspondieron a siete procesos de alimentos (elaboración de alimentos para animales 31111; productos de molinería 31121; elaboración de almidón, aceite y grasas vegetales comestibles 31122; elaboración de cereales para el desayuno 31123;

elaboración de producto de chocolate a partir de chocolate 31133; congelación de frutas, verduras y guisos 31141; y elaboración de botanas 31191); y dos procesos de bebidas (elaboración de cerveza 31212; elaboración de bebidas alcohólicas a base de uva y bebidas fermentadas, excepto cerveza 31213) (Cuadro 13).

Cuadro 13. Índice de eficiencia de la Industria de Alimentos a nivel subrama

SUBRAMA	PO	CI	PBT	TC	EFICIENCIA
31111	1756	6352944	9131121	0.655	1
31121	1488	4009266	4845230	0.268	0.65
31122	1592	2686110	8678428	0.556	1
31123	72	25253	36777	0.237	1
31131	16748	12421532	17170191	0.070	0.36
31132	255	76895	145213	0.677	0.95
31133	4	415	1074	-11.719	1
31134	1984	1604645	3096074	0.997	0.65
31141	160	75506	130800	0.526	1
31142	2093	310556	1032834	0.337	0.30
31151	2884	3659727	6591750	0.402	0.49
31152	1906	122011	187271	-0.194	0.22
31161	6152	3436853	5583586	0.426	0.28
31171	838	411289	691033	-1.415	0.37
31181	24353	3371749	8030703	0.446	0.14
31182	1877	926933	1304312	0.381	0.43
31183	40749	3222768	5229306	0.012	0.07
31191	2075	208604	4901124	0.990	1.00
31192	1992	3699357	4812522	0.212	0.45
31193	3069	3193815	4742707	0.703	0.38
31194	1441	1058238	1798059	0.788	0.55
31199	372	56913	98288	-3.761	0.18
31211	20754	9858227	15089349	0.441	0.24
31212	825	2513793	5156587	0.207	1
31213	30	441	1083	-1.393	1
31214	319	64385	101028	-0.064	0.34
31221	219	28199	40147	-2.960	1
31222	716	71301	130805	-0.635	0.69

Al aplicar la técnica del ADE se identificó el índice de eficiencia; Según Pedrajas y Salinas (1994), el valor 1 es considerada eficiente. Parras (2013), menciona que en termino de eficiencia el valor 1 indica que la empresa es eficiente debido a las técnicas complejas que se aplican.

Los resultados muestran que siete industrias de alimentos y dos industrias de bebidas son eficientes, las cuales presentaron un valor óptimo de 1; estas industrias eficientes probablemente tienen tecnologías innovadoras. Por otra parte las industrias ineficientes se ubicaron en el rango de 0.1-0.99, es posible que estas empresas muestren poco interés en el desempeño económico y tecnológico en sus productos alimenticios (Figura 8).

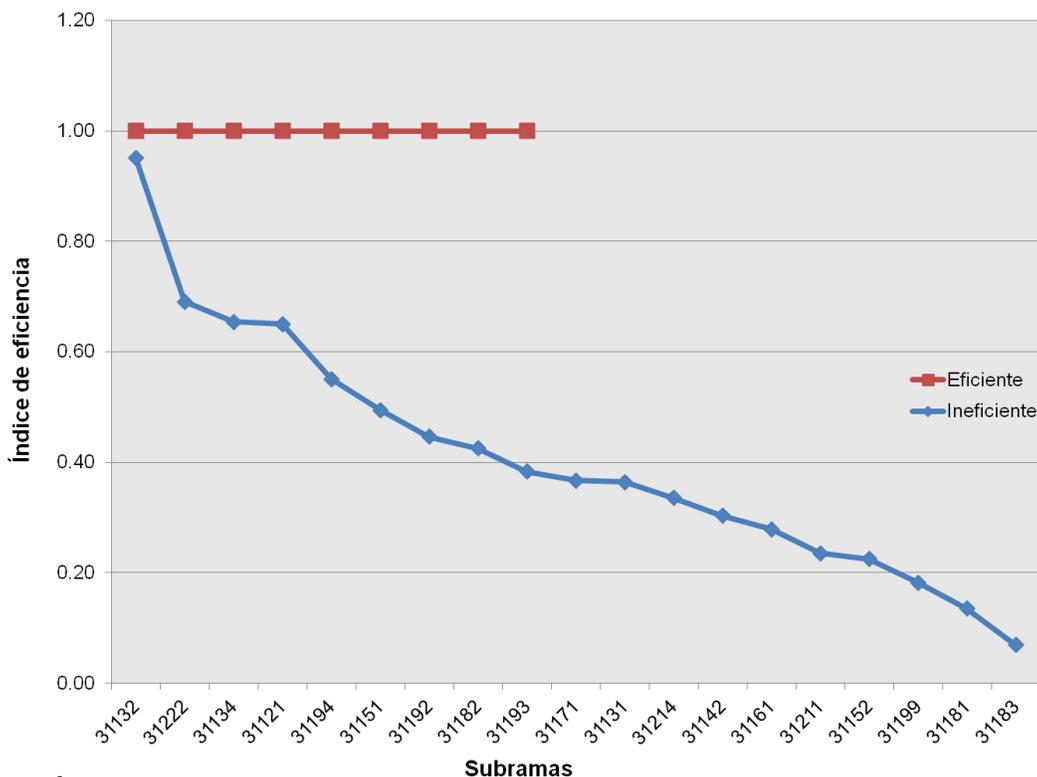


Figura 7. Índice de eficiencia e ineficiencia de las Industrias Alimentos a nivel Subrama

Los resultados encontrados de AE y ADE tienen similitud con otros autores como Benita et al., (2011) y SIB (2012), los cuales realizaron estudios de estructura económica a nivel rama de la industria alimenticia. Otros reportes encontrados de estudios socioeconómicos de industria de alimentos y bebidas a nivel sector y rama fueron hechos por Dávila (2004), Evia (2009) y Benita y Gaytán (2011). Los análisis de eficiencia encontrados fueron por Arzubi y Berbel (2002), en este estudio realizaron un análisis enfatizando a la industria alimenticia a nivel subrama focalizado a la explotación lechera.

2.4 Conclusión

La Clasificación Industrial (rama, subrama y clase) del sector de alimentos y bebidas permitió conocer las diversas actividades económicas que existen en la Industria de Alimentos. Sin embargo estos niveles de clasificación mostraron cambios entre los periodos de 1999 y 2009 debido a la desagregación de los alimentos y bebidas correspondientes al periodo de 1999 y 2009.

Esta Clasificación Industrial permitió conocer y seleccionar a nivel subrama el sector de alimentos en seis estados (Campeche, Quintana Roo, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán), por lo que también se encontró que en los seis estados mostraron cambios en los periodos de 1999 y 2009 debido al aumento de municipios en los estados de Quintana Roo y Veracruz y una disminución de municipios en el estado de Tamaulipas. El propósito de este capítulo “Identificación de las principales subramas del sector de alimentos de la Costa Atlántica de México (CAM)” fue priorizar las actividades económicas del sector de alimentos, así como también identificar las principales Industrias de Alimentos de la CAM aplicando un análisis de eficiencia y obteniendo como resultado siete industrias de alimentos y dos industrias de bebidas eficientes.

2.5 Literatura citada

- Arzubi A., y Berber J. 2002. Determinación de índices de eficiencia mediante DEA en explotaciones lecheras de Buenos Aires; Vol.17; pp 104-122.
- Ballestero E.. 2000. Economía de la empresa agraria y alimentaria. Producción costos mercadotecnia agroalimentaria inversiones-financiación valoración agraria; Ediciones Mundi-Prensa. pp. 21-31.
- Benita J. y Gaytan A. E. David. 2011. Concentración de las industrias manufactureras en México: el caso de Zacatecas; Investigación científica; Vol. 6; Núm. 1; nueva época; pp 38.
- Bonilla C.S. 2011. Estructura económica y desempleo en Colombia: un análisis Vector de Corrección de Error (VEC). Asistencia de docencia, Facultad de Ciencia Sociales y economía, universidad del Valle; Sociedad y Economía Número 20; pp. 99-124.
- Braun J.V. 2007. La situación alimentaria mundial-Nuevos factores y acciones necesarias. Instituto Internacional sobre políticas alimentarias; pp.18.
- Castañón, R; Solleiro, J. Luis; Del valle, María del Carmen. 2003. Estructura y perspectiva de la industria de alimentos; Comercio exterior. Volumen 53; Numero 2; pp. 127.
- Castillo A. Silvia y Moreno C. P. 1998. Análisis de la flora de dunas costeras del litoral Atlántico de México. Instituto de ecología A.C; Acta botánica Mexicana; Universidad Autónoma del Estado de México; pp. 55-80.
- Cooper, W., Seiford, L., Zhu, J., 2011. Data Envelopment Analysis: History, Models and interpretations.
- Cordero-Borjas, A. Emilia. 2011. Formulación estratégica, caso: empresas del sector alimentos y bebidas del estado Carabobo Venezuela; Journal of economics, finance and administrative science; Universidad de Carabobo, Venezuela; pp.20
- Dávila F. A. 2004. México: Concentración y localización del empleo Manufacturero, 1980-1998., Centro de Investigaciones socioeconómicas de la Universidad Autónoma de Coahuila e integrantes del sistema de Investigadores., Vol. XIII, numero 2; pp. 1-46.
- Duana, A. Dánae y Benítez, M. Gloria. 2010. Situación actual de los alimentos en México; Universidad Autónoma del estado de Hidalgo- Instituto de ciencia económico administrativas; pp. 15

- De Lanza E. Guadalupe y Gómez R. Juan C. 2004. Características físicas y químicas del golfo de México. Volumen I; pp. 105-133. Caso M; Pisanty I. y Ezcurra E. (compiladores). Diagnóstico ambiental del Golfo de México (primera edición). Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales Instituto Nacional de Ecología; pp. 603.
- Ellis, E.A. y M. Martínez-Bello. 2010. Vegetación y Uso de Suelo de Veracruz. En Atlas del Patrimonio Natural, Histórico y Cultural del Estado de Veracruz (Tomo 1, Patrimonio Natural). Comisión para la Conmemoración del Bicentenario de la Independencia Nacional y del Centenario de la Revolución Mexicana. Gobierno del Estado de Veracruz. Xalapa, Veracruz. pp. 203-226.
- Evia P. 2009. El sector Industrial Manufacturero; Unidad de Análisis de políticas sociales y economías; Diagnostico sectorial; área macrosectorial. Tomo VII; pp. 1-32.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura. 1997; El estado mundial de la agricultura y la alimentación; Departamento económico y social; publicación de la biblioteca David Lubin; Numero 30. pp 285.
- Figueras M. S. y Gargallo V.P. 2003. Análisis Exploratorio de Datos (A.E.D). Universidad de Zaragoza España; <http://www.5campus.com/leccion/aed>; pp 1-68.
- García, M. G. 2010. Escenarios de reducción de emisiones en el sector industrial de Jurisdicción local del Distrito Federal. pág. 116.
- Gómez, L., y Magaña V. 2009. Tendencias en el Uso de suelo, p.642. J. Buenfil, F. (editor). Adaptación a los impactos del Cambio Climático en los humedales costeros del Golfo de México, primera edición, volumen 2. Instituto Nacional de Ecología. 841p.
- INE. Instituto Nacional de Ecología. 2012. Tipos de mapas. Información de internet <http://www2.ine.gob.mx/emapas>
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. 2008. Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte 2007. 10-17 pp.
- INEGI. Instituto Nacional de estadística y geografía. 2011a. Panorama sociodemográfico de México. Censo de población y vivienda. Segunda edición; pp 96; Información del internet: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biinegi/?e=30&m=0&ind=1005000038>
- INEGI. Instituto Nacional de estadística y geografía. 2011b. Sistema de Cuentas Nacionales de México (SCNM). Producto Interno Bruto por entidad federativa 2005-2009. 34-56 pp

- INEGI. Instituto Nacional de estadística y geografía. 2011c. Anuario de estadística por entidad federativa. 40-62 pp
- Jordana. J. 2009. Hacia dónde va la industria agroalimentaria; pp 207-226; Lamo-de Espinosa J. (coordinador). El nuevo sistema agroalimentario es una crisis global; colección de estudios socioeconómicos; pp. 383
- Loubet B. 1998. Herramienta Solver., Facultad de Ciencia Económicas. Universidad Nacional de Cuyo- Argentina., pp 1-23
- Magaña V; Gómez L.; C. Neri.; Landa R.; León C. y Ávila B. 2011. Humedales costeros del Golfo de México.; pp. 10-27. Magaña V (coordinador). Medidas de Adaptación al Cambio Climático en humedales del Golfo de México. Instituto Nacional de Ecología, Universidad Autónoma Metropolitana y Universidad Nacional Autónoma de México.; pp 10-90
- Monreal G. María A; Salas L. David A; Velazco. M. H. 2004. La Hidrodinámica del Golfo de México. Volumen I; pp. 41-68. Caso M; Pisanty I y Ezcurra E. (compiladores). Diagnóstico ambiental del Golfo de México (primera edición). Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales Instituto Nacional de Ecología; pp. 603
- OET. 2008. Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional de Golfo de México y Mar Caribe. Universidad de Quintana Roo.; grupo de Ordenamiento.; pp.38
- Ortiz C. Humberto y Uribe J. Ignacio. 2006. Apertura, Estructura económica e informalidad: un modelo teórico; cuadernos de economía; volumen XXV; numero 44; Universidad Nacional de Colombia-Bogotá; pp.143-175
- Ortiz G. A. Silvia; Vázquez G. V; Montes E. M. 2005. La alimentación en México: enfoque y visión futuro; Estudios sociales; enero-junio, año/vol. XIII, numero 025; Universidad de Sonora Hermosillo, México; pp. 8-34
- Pedraja y Salinas. 1994. La restricción de las ponderaciones en el análisis envolvente de datos: Una fórmula para mejorar la evolución de la eficiencia; Investigaciones económicas. Volumen XVIII (2); pp.365-380
- Quindós M. Ma. P; Morollón R. F; Cuervo V. Ma. R. 2003. Análisis Envolvente de datos: Una aplicación al sector de los servicios avanzados a las empresas del principado de Asturias. Universidad de Oviedo; Departamento de Economía; pp 1-9
- Rangel M. Elva; Muñoz O. A.; Vázquez C. G.; Cuevas S. Jesús; Merino C. Jorge y Miranda C. S. 2003. Nixtamalización, elaboración y calidad de tortilla de maíces de Ecatlan, Puebla, México; Instituto de Recursos Genéticos y productividad; pp54-61

- Rodríguez Herrero H., y L. Bozada Robles. 2011. Vulnerabilidad social al cambio climático en las costas del Golfo de México: Un estudio exploratorio; Tomo II; pp 583-624. A.V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez, y J.L. Rojas Galaviz (editores.). Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático (segunda edición). Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Universidad Autónoma de Campeche. pp. 583
- Sánchez-Gil, P; Yañez A. Alejandro; Ramírez G. José; W. Day Jonh; Templet Paul H. 2004. Some Socio-economic indicators in the Mexican states of the Gulf of México; Elsevier; pp 16
- Serrano S. Juan C y Rodríguez V. C. Mario. 2011. El sector servicios en la economía global: transformaciones y consecuencias; Temario de oposiciones de Geografía e Historia; Clío 37. pp 17
- Schuschny, A.R. 2007. El método DEA y su aplicación al estudio del sector energético y las emisiones de CO₂ en América Latina y el Caribe. División de Estadística y Proyecciones Económicas; pag.53
- Superintendencia de Bancos Guatemala (SIB). 2012. Sector de alimentos. Análisis de sectores económicos; Departamento de análisis Económicos y Estándares de supervisión. Área de análisis económico y financiero. pp 3-23
- Torres G. Carmen y Cervantes R. Yasmani. 2012. Análisis de la Estructura Económica del municipio Guantánamo; Universidad de Guantánamo; pp-21
- Tunnell J. W; L. Felder D y A. Earle Sylvia. 2004. El golfo de México: pasado, presente y futuro. Una colaboración entre Estados Unidos de América, México y Cuba; Volumen I; pp. 361-371. Caso M; Pisanty I y Ezcurra E. (compiladores). Diagnóstico ambiental del Golfo de México (primera edición). Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales Instituto Nacional de Ecología; pp. 603
- Zarate Lomelí; Yañez A; J.W.Day; Ortiz P; Lara Domínguez A; Ojeda F. C; Morakes A L; Guevera Sada S. 2004. Lineamiento para el programa Regional de manejo integrado de la zona costera del golfo de México y el Caribe; Volumen II; pp. 899-935. Caso M; Pisanty I y Ezcurra E. (compiladores). Diagnóstico ambiental del Golfo de México (primera edición). Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales Instituto Nacional de Ecología; pp. 603-1083

CAPITULO III. ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL SECTOR DE ALIMENTOS DE LA COSTA ATLÁNTICA DE MÉXICO

3.1 Introducción

Las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) han generado el aumento de temperatura en la superficie del planeta (IPCC, 2006). A través del Programa Especial de Cambio Climático (PECC) se han elaborado inventarios de emisiones de GEI (PEACC, 2008). El Gobierno de México ha realizado Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático (PEACC). El PEACC es un instrumento de apoyo para la elaboración de inventarios de GEI; es por ello que algunas entidades federativas como Baja California, Baja California Sur, Guanajuato, Hidalgo, Distrito Federal, Puebla, Veracruz, Tabasco, Chiapas y Nuevo León han elaborado sus PEACC; probablemente las demás entidades federativas que no han elaborado sus PEACC se encuentren en proceso de planeación y desarrollo (INE, 2013).

Al elaborar los inventarios se obtiene una estimación de emisión de GEI por cada sector productivo: energía; procesos industriales y uso de productos; agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra; y desechos (IPCC, 2006; Alemán *et al.*, 2008). Por otra parte, Welsh *et al* (2004), señalan que los inventarios de GEI identifican el sector productivo que contribuye a las emisión de GEI. Los inventarios de GEI no solo contribuyen a estimar las emisiones de cada sector productivo, sino que también proporcionan acciones para mitigar dichas emisiones (Alemán *et al.*, 2008). Hoy en día existen publicaciones de diferentes autores como Garg *et al* (2006); Gillenwater (2007); Reyes (2009) y Domínguez y Reyes (2011), los cuales aplican la metodología del IPCC.

El IPCC (2006), menciona que existen gases directos e indirectos. Los gases directos son aquellos gases que absorbe calor al estar presente en la atmósfera, entre los gases directos se encuentran: bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆)

estos elementos químicos tienen un potencial calentamiento atmosférico (PCA). El PCA es el promedio mundial del efecto relativo de calentamiento provocado por las emisiones de GEI. Los gases indirectos son aquellos gases que cuando al estar en el ambiente produce reacciones con el oxígeno o con la luz que dan como producto un gas de efecto directo también conocido como gas precursor. Los gases precursores son gases que en presencia de luz solar contribuyen a la formación de ozono (O_3) o gases de efecto invernadero (IPCC, 2006). Los elementos químicos que se encuentran en los gases indirectos son: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM) y dióxido de azufre (SO_2) estos gases indirectos son emitidos por el sector de procesos industriales y uso de productos (Buitrago y Gutiérrez, 2010).

La industria de alimentos y bebidas está considerada como uno de los sectores más productivos (IGEI, 2012). Sin embargo estos procesos alimenticios dan lugar a emisiones de COVDM. El COVDM es un gas incoloro e inodoro, y se evapora a temperatura ambiente (PRTR, 2012). El impacto de este gas a nivel global es indirecto teniendo su incidencia como precursor del ozono troposférico (Marín, 1995). Las emisiones de COVDM son generadas durante la fermentación; el calentamiento de las grasas y aceites; el horneado de cereales, harina y frijoles; la cocción de hortalizas y carnes; y el secado de residuos (Anexo 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13,14) (IPCC, 1999; EMEP/CORINAIR, 2009). La producción de bebidas alcohólicas, panificación y elaboración de otros productos generan emisiones de COVDM (Herrera, 2010).

Este estudio presenta un cálculo de estimación de gas que generan los alimentos y bebidas. El objetivo de la investigación del trabajo fue evaluar la emisión de GEI de los productos alimenticios en la Costa Atlántica de México (CAM). Lo interesante de este trabajo de investigación fue aplicar el cálculo de estimación a cada proceso alimenticio y tener resultados una estimación de las tendencias de emisiones que emiten los productos de alimentos y bebidas del periodo 2007 al 2011. Para realizar este trabajo de investigación se compilo fuente de información metodológica del sector de

alimentos, tales como, datos de actividad (producción anual), factor de emisión y cálculo de emisión.

3.2 Materiales y métodos

En este apartado se realizó un inventario de GEI dirigido al sector de alimentos de la CAM. Para ello, el primer paso fue identificar los gases que se emiten en los alimentos utilizando la metodología del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (PICC) versión 2006. Posteriormente, se realizaron compilaciones de datos de actividad y factor de emisión. Para la compilación de datos de actividad se utilizó información del INEGI (Sector alimentario en México y Banco de Información Económica) del periodo 2007 al 2011, y para los datos de factor se utilizó la guía CORINAIR, 2009 de alimentos y bebidas. Por último, se realizó un cálculo de estimación mediante una sencilla ecuación que consiste en multiplicar datos de actividad por factor de emisión.

3.2.1 Proceso de alimentos y bebidas

Los resultados de la identificación de las principales industrias de alimentos y bebidas de la CAM resaltan a los siguientes productos alimenticios:

1. Elaboración de alimentos para animales
2. Productos de molinería
3. Elaboración de almidón, aceite y grasas vegetales comestibles
4. Elaboración de cereales para el desayuno
5. Elaboración de producto de chocolate a partir de chocolate
6. Congelación de frutas, verduras y guisos
7. Elaboración de botana;
8. Elaboración de cerveza y
9. Elaboración de bebidas alcohólicas a base de uva y bebidas fermentadas, excepto cerveza.

Sin embargo, la guía CORINAIR, 2009 no reporta factor de emisión de algunos de los alimentos identificados (productos de molinería; elaboración de almidón, aceite y grasas vegetales comestibles; elaboración de producto de chocolate a partir de chocolate; congelación de frutas, verduras y guisos; congelación de frutas, verduras y

guisos; elaboración de botana; elaboración de bebidas alcohólicas a base de uva y bebidas fermentadas, excepto cerveza), debido a que la guía CORINAIR solamente presenta productos alimenticios de acuerdo a estudios que fueron realizados en Europa, es por eso que se tomó la decisión cuantificar las emisiones de COVDM solamente de los siguientes alimentos y bebida:

1. Producción de azúcar
2. Producción de pan
3. Producción de alimentos para animales (aves de corral-balanceado)
4. Producción de cereales para el desayuno (hojuelas de maíz-azucaradas)
5. Producción de cerveza.

3.2.2 Datos de actividad

Datos de actividad son datos de producción anual que se registra durante la producción. Los estudios realizados por Garg et al (2006); Exnerová y Cienciala (2009); Merino et al (2011); Ogle et al (2013) mencionan que los datos de actividad pueden ser obtenidos mediante datos oficiales del Censo Económico, documento publicados, inventarios de emisiones, instituciones de gobierno, encuestas, entrevistas y/o de empresas que proporcionen datos de producción anual. Los PEACC que elaboraron los estados de Tabasco, Chiapas y Veracruz mencionan que los datos de actividad fueron obtenidos mediante Cédulas de Operación Anual (COAs) y datos de producción de algunas industrias alimenticias como la Bimbo y los ingenios azucareros. Al obtener los datos de actividad disponibles de la producción de los alimentos y bebidas se procede a realizar el cálculo de estimación, por ejemplo en el Cuadro 14 se muestra información anual de la producción de azúcar del periodo 2007 al 2011 utilizando información del INEGI (Sector Alimentario en México).

Cuadro 14. Producción de azúcar del periodo 2007 al 2011

ENTIDAD	PRODUCTO ALIMENTICIO	PRODUCCIÓN (t*)				
		2007	2008	2009	2010	2011
Campeche		40,189	44,270	42,601	36,704	45,202
Quintana Roo		130,872	115,041	110,535	125,204	153,312
Tabasco	Azúcar	153,144	134,655	157,145	169 024	140,156
Tamaulipas		211,260	230,311	227,603	150 194	231,022
Veracruz		2,022,923	2,076,051	1,857,269	1,816,227	1,892,096
Yucatán		-	-	-	-	-

*tonelada

■ No hay producción

Fuente: INEGI (2012).

3.2.3 Factor de emisión

El factor de emisión es la cuantificación de emisiones que se emiten en la producción.

El factor de emisión de se encontraron en la guía CORINAIR, 2009 de alimentos y bebidas (Cuadro 15).

Cuadro 15. Emisión COVDM en la producción de alimentos y bebidas

PRODUCTO ALIMENTICIO	FACTOR DE EMISIÓN COVDM
ALIMENTO	
Alimentos para animales	1 kg/ton alimento
Cereales para desayuno	1 kg/ton producto
Azúcar	10 kg/ton azúcar
Pan	8 kg/ton pan
BEBIDA ALCOHOLICA	
Cerveza	0.035 kg/hl cerveza
TOTAL DE EMISIÓN COVDM	20.035 Gg

Fuente: EMEP/CORINAIR (2009).

En el Cuadro 15, se observa que los alimentos y bebidas dan lugar a emisiones de COVDM. Las emisiones de COVDM son generadas durante la fermentación, el calentamiento de las grasas y aceites, el horneado de cereales, la cocción y el secado.

3.3 Resultados y discusión

Retomando nuevamente el objetivo de este capítulo II “Estimación de las emisiones de GEI del sector de los alimentos en la Costa Atlántica de México”, se señala que los cuatros productos alimenticios restantes no fueron realizados por entidad federativa solamente por producción total anual y factor de emisión para los años 2007 al 2011; debido a las siguientes observaciones: (a) no se encontró datos de producción anual para cada producto alimenticio a nivel regional, (b) existen empresas que no reportan producción, (c) Hay empresas que deciden confidenciar su producción.

La producción de pan, alimentos para animales, cereales para el desayuno y cerveza fueron obtenidos del Banco de Información Económica del INEGI; es importante señalar que en estos cuatro productos alimenticios solamente se focalizo en la producción total anual del periodo 2007 al 2010 (Cuadro 16).

Cuadro 16. Producción total anual de productos alimenticios del periodo 2007-2011

PERIODO	ALIMENTO PARA ANIMALES (t*)	CEREALES PARA EL DESAYUNO (t*)	CERVEZA (hl**)	PAN (t*)
2007	1,587,944	45,545	1,952,470	200,083
2008	1,572,979	46,527	2,069,546	187,932
2009	1,288,916	53,608	2,061,827	182,704
2010	1,135,796	58,246	2,008,324	183,854
2011	1,207,590	58,346	2,139,406	183,850

*tonelada; **hectolitro
Fuente: INEGI (2013).

La guía CORINAIR, 2009 está vinculada con el IPCC, 2006 para realizar el cálculo de estimación COVDM. Es importante señalar que la guía CORINAIR, 2009 no presenta una lista extensa de productos alimenticios, debido por lo que solamente aborda los reportes de productos alimenticios de estudios que fueron realizados en Europa; por tal motivo el método de estimación fue delimitada solamente a cinco procesos alimenticios entre ellos se encuentra el procesos de azúcar, pan, alimentos para animales, cereales para el desayuno y cerveza. Mediante los datos de actividad (producción anual) de

cada producto alimenticio y el factor de emisión COVDM de cada proceso alimenticio se aplicó el cálculo de estimación COVDM. Los productos alimenticios presentan una emisión de gas COVDM entre 0.035 Gg a 10 Gg.

El factor de emisión que se aplicó en los cinco productos alimenticios provienen de estudios que fueron realizados en Europa; probablemente en otros países podrían existir procesos y factores de emisión diferentes, sin embargo estos factores de emisión están considerados como una estimación que algunos autores como López, (2006); Sheinbaum *et al.*, (2008); Herrera, (2010) tomaron como referencia para los cálculos de estimación de COVDM de la industria alimenticia.

Los Anexos 15 y 16, presentan la producción anual a nivel regional de la producción de azúcar, y la producción total anual de cereal para desayuno, pan, alimento para animales y cerveza. Los resultados de emisión de COVDM de los cinco productos alimenticios del periodo 2007 al 2010 se presentan en la hoja de trabajo (ver Anexo 17, 18 y 19). Los resultados de las emisiones COVDM se estimaron a partir de la producción anual de cada producto alimenticio y de los factores de emisión (Cuadro 18 y 19).

Cuadro 17. Emisión COVDM de la producción de azúcar

Entidad	Producto alimenticio	Factor de emisión	Emisión COVDM (Gg)				
			2007	2008	2009	2010	2011
Campeche			0.40	0.44	0.43	0.37	0.45
Quintana Roo			1.31	1.15	1.11	1.25	1.53
Tabasco	Azúcar	10 kg/ton	1.53	1.35	1.57	1.69	1.40
Tamaulipas			2.11	2.30	2.28	1.50	2.31
Veracruz			20.23	20.76	18.57	18.16	18.92

Cuadro 18. Emisión COVDM de la producción alimenticia: alimento para animales, cereal para desayuno, pan y cerveza

Producto alimenticio	Factor de emisión	Emisión COVDM (Gg)				
		2007	2008	2009	2010	2011
Alimento para animales	1 kg/ton	1.59	1.57	1.29	1.14	1.21
Cereales para el desayuno	1 kg/ton	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06
Cerveza	0.035 kg/hl	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Pan	8 kg/ton	1.60	1.50	1.46	1.47	1.47

Se señala que la elaboración de cerveza presentó una producción de 10,231,573 litros de cerveza, mientras que cereales para el desayuno mostró una producción de 262,272 toneladas (Figura, 9). Por otra parte, la Figura 10 muestra que la producción de pan emite mayor emisión de COVDM (6.79 Gg).

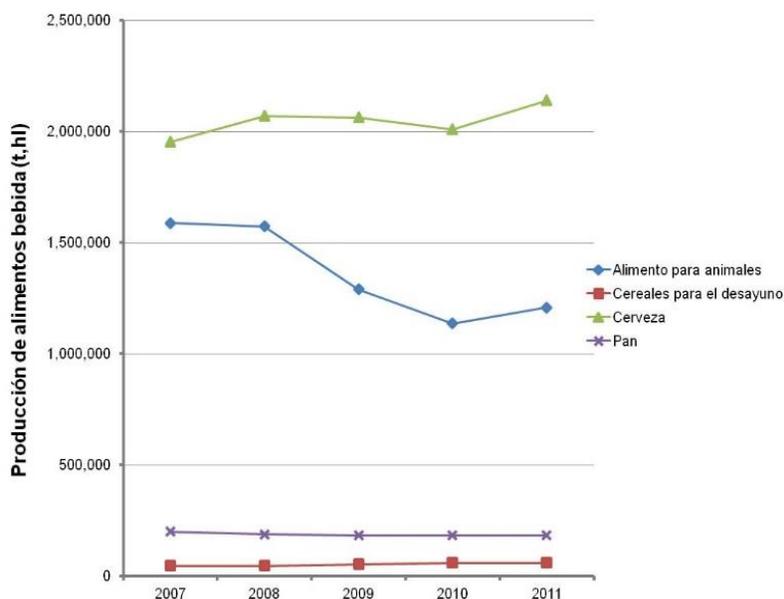


Figura 9. Producción total anual de cada proceso alimenticio.

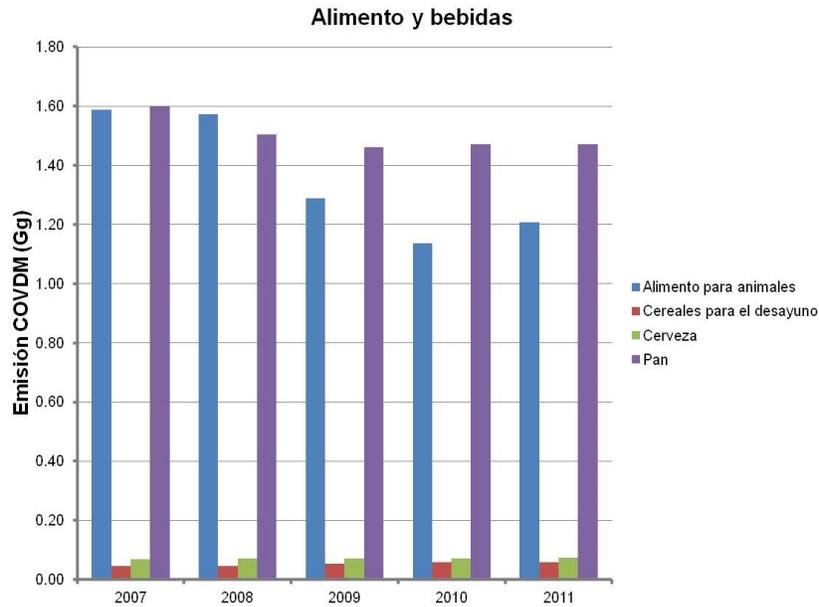


Figura 10. Emisión COVDM de cada proceso alimenticio

A continuación se presentan los resultados obtenidos de azúcar, pan, cereal para el desayuno, alimento para animales y cerveza.

3.3.1 Producción de azúcar

La producción de azúcar en los cinco estados fue de 12,313,010 toneladas correspondiente a los años del 2007 hasta 2011. Esta producción fluctuó en los mismos periodos, de manera que Veracruz fue el estado que presentó un crecimiento en la producción de azúcar de 9,664,566 toneladas, el cual corresponde al 80% en los periodos del 2006-2011. Mientras que el estado de Campeche presentó un decrecimiento de 208,966 toneladas de azúcar equivalente al 2% del periodo del 2007-2011 (Figura 11).

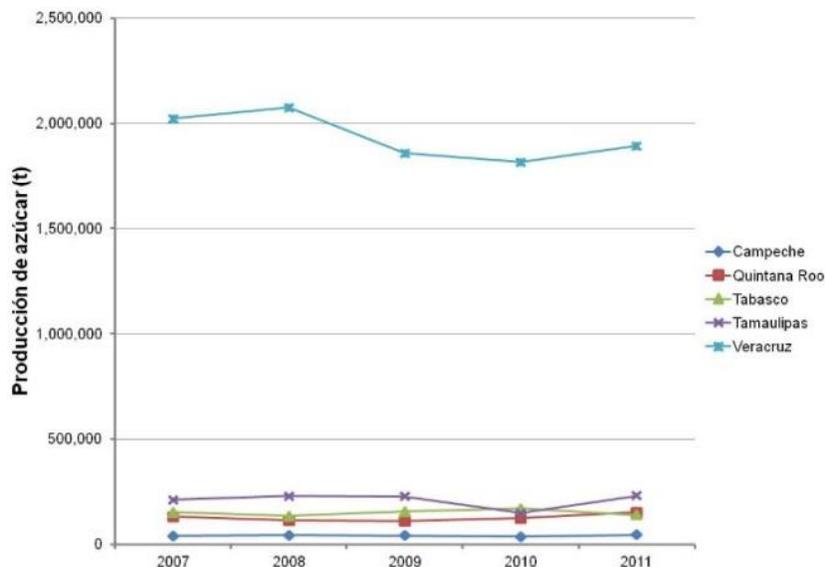


Figura 11. Producción anual de azúcar a nivel regional

El total de emisión de COVDM que emitió la producción de azúcar en los seis estados fue de 123.13 Gg COVDM correspondiente del periodo 2007 al 20011. El estado de Veracruz fue el que emitió mayor cantidad de COVDM equivalente 96.65 Gg. Mientras que Campeche fue el estado que emitió una mínima cantidad de COVDM de 2.09 Gg (Figura 12).

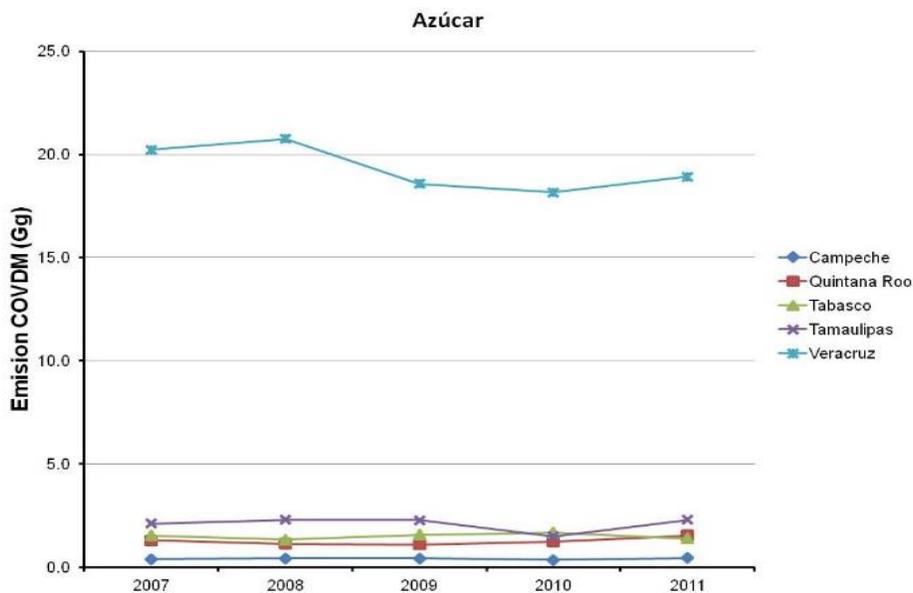


Figura 12. Emisión COVDM en la producción de azúcar a nivel regional

3.3.2 Producción de pan

La producción total anual de pan fue de 938,423 toneladas del periodo de 2007 al 2011. Esta producción fluctuó en el mismo periodo, de manera que en el 2007 presento un crecimiento en la producción de 200,083 toneladas de pan; mientras que en el 2011 se redujo a 183,850 toneladas de pan. El total de emisión de COVDM que se emitió en la producción de pan en los periodos del 2007 al 2011 fue de 7.51 Gg COVDM. En el 2007 la emisión de COVDM en la producción de pan presentó un aumento de 1.60Gg COVDM. A través del tiempo la emisión de COVDM en la producción de pan fue disminuyendo, por lo que en el año 2011 la emisión de COVDM disminuyó a 1.47Gg (Figura 13).

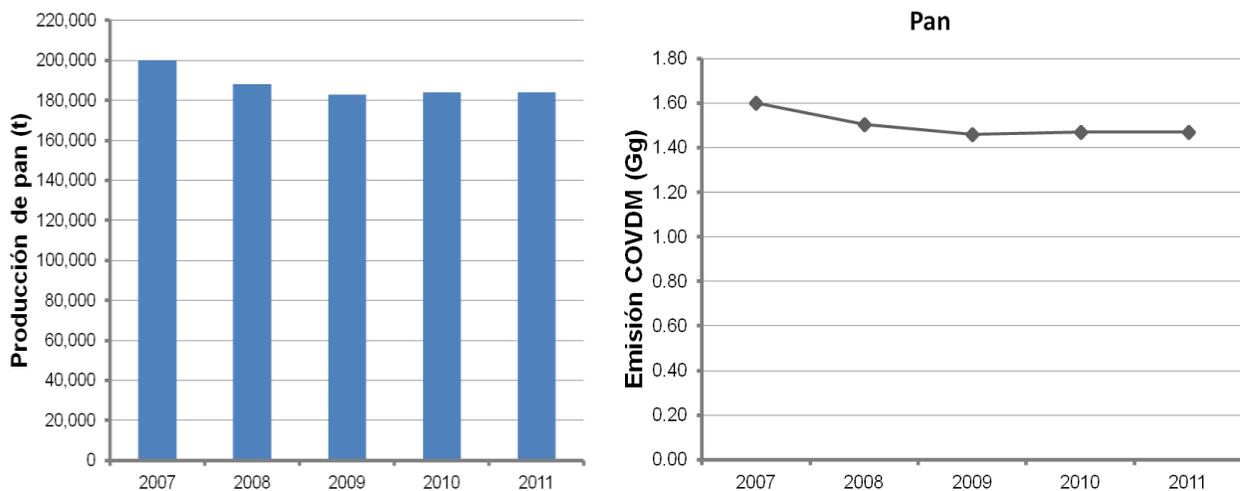


Figura 13. Producción y emisión de COVDM de la industria del pan

3.3.3 Cereal para el desayuno

Para el año 2007 se produjeron 45,545 toneladas de cereal para el desayuno (hojuelas de maíz azucaradas), mientras que en el periodo del 2011 se produjeron 58,346 toneladas de cereal para el desayuno. En este proceso se emitieron un total de 0.26 Gg COVDM correspondiente al periodo del 2007 al 2011. En el 2007, la emisión de COVDM fue de 0.046 Gg, mientras que en el año 2010 y 2011 la emisión de COVDM aumento a 0.058 Gg COVDM (Figura 14).

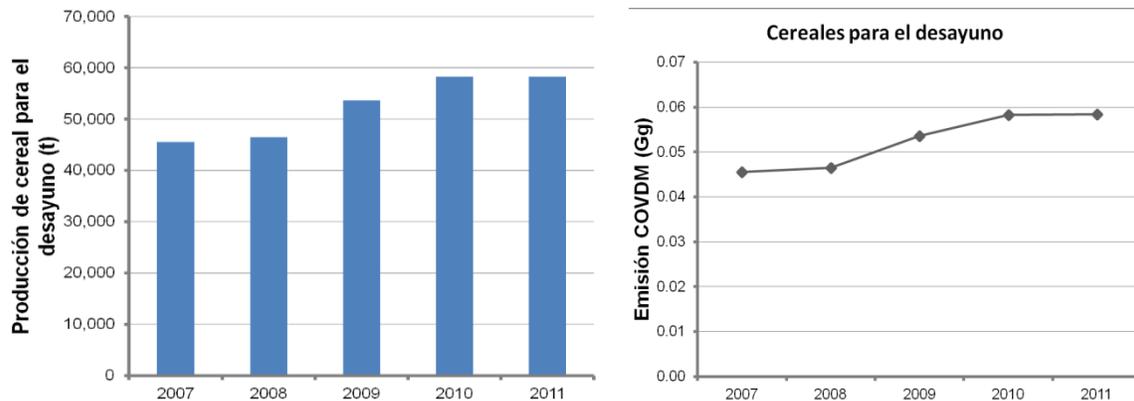


Figura 14. Producción y emisiones de CO2DM de la industria de cereal para el desayuno

3.3.4 Alimentos para animales

La Figura 15, presenta la producción de alimentos para animales (aves de corral-balanceado) y la emisión CO2DM. En el periodo 2010, la producción de alimento para animales presentó 1,135,796 toneladas, con una emisión CO2DM de 1.14 Gg.

En base al crecimiento que presentó la producción de alimento para animales en los periodos 2007 y 2008 la emisión CO2DM aumento a 3.16 Gg. De tal manera que las emisiones totales de CO2DM fueron de 6.79 Gg correspondiente del periodo 2007 al 2011.

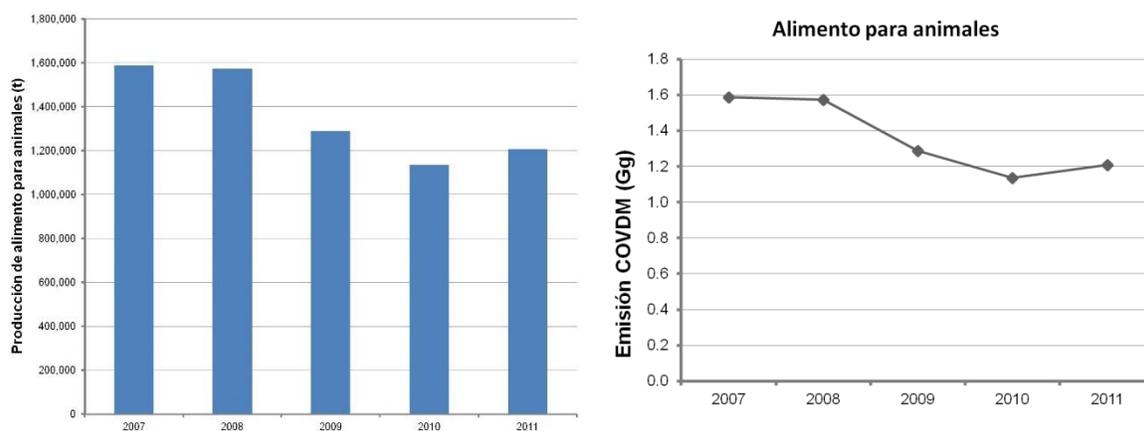


Figura 15. Producción y emisiones de CO2DM de la industria de alimentos para animales

3.3.5 Producción de cerveza

En el año 2011, la producción de cerveza en lata presentó un crecimiento de producción de 2,139,406 litros de cerveza. En contraste que en el periodo del 2007, la producción de cerveza mostro un decremento de 1,952,470 litros de cerveza. La producción total anual de cerveza fue de 10,231,573 litros de cerveza del periodo de 2007 al 2011. El total de emisión de COVDM que se emitió en la producción de cerveza en los periodos del 2007 al 2011 fue de 0.36 Gg COVDM cerveza. En el 2007 la emisión de COVDM fue de 0.068 Gg COVDM, mientras que en el 2011 fue de 0.075 Gg COVDM (Figura 16).

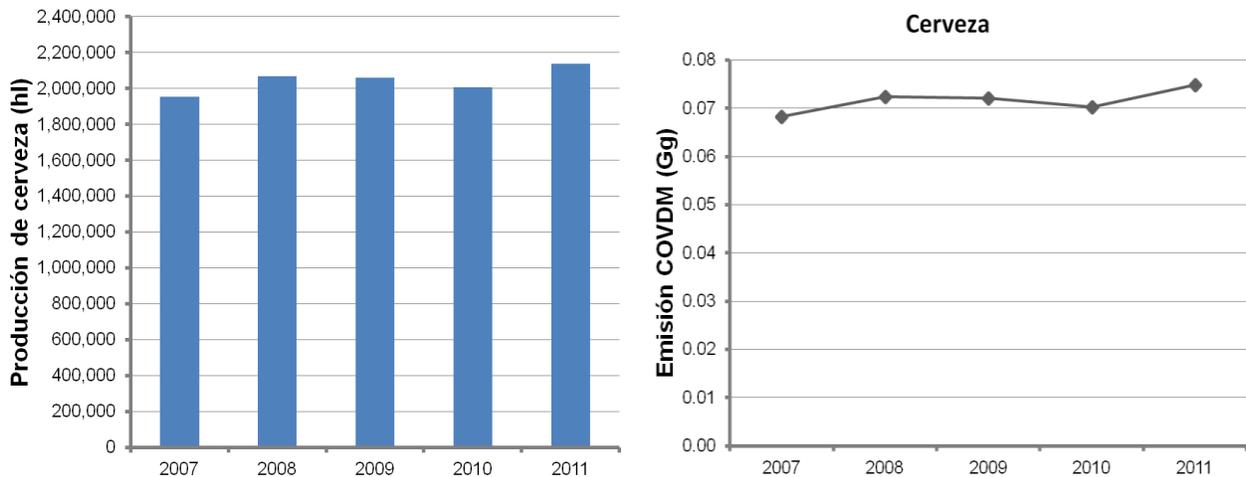


Figura 16. Producción y emisión de COVDM por parte de la industria de la cerveza

3.4 Conclusión

Aplicando la metodología del IPCC, 2006 permitió calcular las emisiones de Gases de Efecto Invernadero de las subramas prioritarias del sector de alimentos de la Costa Atlántica de México (CAM).

Este trabajo de investigación no realizó un inventario parcial y regional, ya que queda fuera de los alcances de la misma. Sin embargo, los lineamientos y conceptos claves de estas directrices fueron empleados para el cálculo de las emisiones de la Industria de los Alimentos de la CAM.

En base a la realización de los diagramas de flujo de los principales alimentos y bebidas de la CAM (ver Anexo 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14) se observó que los alimentos y bebidas emiten COVDM debido a la fermentación, el calentamiento de las grasas, el horneado de granos, la cocción y el secado. El factor de emisión de los alimentos y bebidas emite una mínima cantidad de gas COVDM aproximadamente 1.5% Gg. Aunque el sector de alimentos emite poca emisión de COVDM se señala que probablemente a través del tiempo este gas precursor se incremente debido al desarrollo de las industrias alimenticias.

3.5 Literatura citada

- Alemán G. M., Rodríguez O. J., y Salcedo S. J. 2008. Emisión de Gases de Efecto Invernadero en la provincia de Matanzas; Revista de Arquitectura e Ingeniería, Vol. 2, núm. 3. Empresa de Proyecto de Arquitectura e Ingeniería Cuba; pp 10.
- Baethgen W.E., y Martino D.L. 2001. Emisiones de gases de efecto invernadero en los sectores agropecuarios y forestales del Uruguay y oportunidades en el mercado de carbono. Conferencia presentada en la XVI reunión de ALPA en Montevideo; pp. 8.
- Buitrago, B.D.M., y Gutiérrez A. M.M. 2009. Módulo de procesos industriales. Mesa Técnica de trabajo Interinstitucional., pág. 58.
- Bohórquez, L.A.V., Y Lugo, A.D.C. 2010. Cuantificación y análisis de gases de efecto invernadero (GEI) en el ciclo de vida del etanol obtenido de la caña de azúcar, con base en las directrices del IPCC 2006. Caso de estudio: Ingenio Providencia S.A. Universidad de la Salle Facultad de Ingeniería; pág. 201.
- Calderón y Alvarado. 2009. Estrategia Nacional de Cambio Climático. San José, Costa Rica Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones; pág. 107.
- CECONT. 2013. Gases de Efecto Invernadero., Instituto de Meteorología; pág. 4.
- COMECYT. 2013. Estudios de tendencias y oportunidades para el sector de alimentos procesados del Estado de México; pág. 65.
- Dominguez, O. N., y Reytez, L. J. 2011. Parámetros de emisión para la estimación de emisiones de CH₄ procedentes de RMS en el estado de Tabasco. pág. 86.
- EMEP/CORINAIR. 2009. Emission Inventory Guidebook. Technical guidance to prepare national emission inventories. Volumen 2 Industrial processes, modulo 2.D.2 Food and drink. <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook> 2009.
- Exnerová, Z., y Cienciala, E. 2009. Greenhouse gas inventory of agriculture in the Czech Republic; Institute of Forest Ecosystem Research, Jilové u Prahy, Czech Republic; pp. 311-319.
- Font, P.M.E., y Hernández, A.F.L. 2011. Estudio de los principales procesos que originan emisiones de gases a la atmosfera. Centro de Información y gestión tecnológica Cuba; pp.1-19.
- Garg, A., Shukla P.R., and Kapshe M. 2006. The sectoral trends of multigas emissions inventory of India. Atmospheric Environment; pp. 13.

- Gillenwater M. 2007. Forgotten carbon: indirect CO₂ in greenhouse gas emission inventories. *Environmental Science and Policy*., pp. 19.
- Herrera, T.R. 2010. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010. Categoría: Procesos industriales y utilización de solvente y otros productos. Instituto Nacional de Ecología; pág. 33.
- INE. Instituto Nacional de Ecología. 2013. Avances de los Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático. <http://www2.inecc.gob.mx/sistemas/peacc/>
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. 2012. El sector Alimentario en México; pág. 309.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. 2008. Banco de Información Económica. Disponible en línea: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>
- IGEI. 2012. Inventario de Gases de Efecto Invernadero-Yucatán; Secretaria de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente, Unidad de Energía Renovado; pág. 132.
- IPCC. 1996. Intergubernamental Panel on Climate Change. Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996; Houghton J.T., Meira F., Lim K., Treaton K., Bonduki Y., Griggs D.J., y Callander B.A., (eds); Modulo 2 procesos industriales.
- 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). Volumen 3 procesos industriales y uso de productos; pag.35.
- López, C. C. 2006. Inventario Nacional de emisiones y absorciones de gases de invernadero; Republica Dominicana Secretaria de Estado de medio ambiente y recursos naturales; pág. 130.
- Malagié, M., Jensen, G., y Smith, D.L. 2013. Procesos de la industria alimentaria. Visión general y efectos sobre la salud. *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*; pág.36.
- Merino, P., Ramirez, F.E., Arriaga, H., Del Hierro, A, O., Artetxe, A., Viguria, M. 2011. Regional inventory of methane and nitrous oxide emission from ruminant livestock in the Basque Country; *Animal Feed Science and Technology*; pp. 628-640.
- Ogle, S.M., Buendia, L., Butterbach, B.K., Breid, J.F., Hartman, M., Yagu, K., Nayamuth, R., Spencer, S., Wirth, T., y Smith, P. 2013. Advancing national greenhouse gas inventories for agriculture in developing countries: improving activity data, emission factors and software technology; pp.1-9.

- Restrepo, G. M. 2006. Producción más limpia en la industria alimentaria; Universidad Nacional de Colombia y Grupo de investigaciones alimentarias; pag.15.
- PRTR. Registro Estatal de emisiones y fuentes contaminantes. 2012. Compuestos Orgánicos Volátiles distinto al metano; Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente; <http://www.prtr-es.es/NMVOC-COVIDM-Compuestos-Organicos-Volatilés,15594,11,2007.html>
- Reyes, S. A.I. 2009. Estrategia de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero. Estudio de caso: Instituto Politécnica Nacional., pág. 179.
- Rodrigo, Ch., Cuervo, M.P., Gómez, J., y Toro, M.A. 2001. Emisiones al ambiente en Colombia; Facultad de ingeniería y Universidad Nacional de Colombia; pág. 14.
- Sheinbaum, P.C., y Ozaca, M.L. 2008. Inventario Nacional de gases de efecto invernadero 2006. Procesos industriales y uso de productos; Instituto Nacional de Ecología, Instituto de ingeniera UNAM; pág. 150.
- Vera, G.A., Santiago, G.P., y López, M.G. 2009. Compuestos Volátiles aromáticos generados durante la elaboración de mezcal de *Agave angustifolia* y *Agave patatorum*; Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Instituto Politécnico Nacional; pp. 1-7.
- Watson T.R., Zinyowera C.M., y Moss H. R. 1996. Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el Cambio Climático; Documento Técnico I del IPCC, 1996; pág. 102.
- Welsh R. C., Rodríguez V. L., Guzmán R. S. 2004. Inventario preliminar de emisiones de gases de efecto invernadero en el estado de Veracruz 2000-2004; Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana; Instituto de ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México; pp 94.

CAPITULO IV. DISCUSION GENERAL

La industria de alimentos es un sector clave para la sociedad, por un lado es un proveedor de alimentos, generador de empleos e integrador de cadenas productivas (agricultura e industria); por otro lado tiene un compromiso con el ambiente ya que sus actividades inherentes generan gases de efecto invernadero que están provocando el calentamiento global en la tierra. Como se presentó en el capítulo II, los estudios para identificar sectores prioritarios relacionados con la producción de alimentos son incipientes y para el caso de países no obligados a reducir sus emisiones, tales como México, son mínimos. Adicionalmente, la estimación de gases de efecto invernadero de una región basada en la priorización de los componentes de un sector son pocas y la mayoría se concentran en estudios de países obligados a reducir sus emisiones. Este trabajo de investigación cubre parte de estos vacíos de conocimiento mediante el estudio del sector de los alimentos de la Costa Atlántica de México.

El objetivo general de este trabajo de investigación fue **Identificar las principales subramas del sector de alimentos de la Costa Atlántica de México y estimar las emisiones de gases de efecto invernadero de estas subramas**. Para lo cual se realizaron cuatro objetivos específicos: (i) caracterizar económica, social y ambientalmente la Costa Atlántica de México (Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo), (ii) realizar un análisis exploratorio de variables económicas del sector de alimentos a nivel rama, subrama en los periodos 1999 y 2009, (iii) identificar las principales subramas de la industria de los alimentos de la Costa Atlántica de México y (iv) estimar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero de las principales subramas de la industria de los alimentos de la Costa Atlántica de México.

En este capítulo se discute los alcances del trabajo de investigación en función de los objetivos e hipótesis planteadas. Para lo cual, el capítulo ha sido dividido en tres secciones. En la sección 4.1 se discuten los cambios observados en los diferentes niveles de clasificación industrial (rama, subrama y clase) del sector de alimentos de la

Costa Atlántica de México entre los periodos 1999 y 2009, así como entre las seis entidades. En la sección 4.2 se discute la pertinencia del concepto de eficiencia en la identificación de las principales subramas de la industria de alimentos de la Costa Atlántica de México. Finalmente, en la sección 4.3 se discute la aptitud de la metodología del IPCC-1996 que permite calcular las emisiones de gases de efecto invernadero de las subramas prioritarias del sector de alimentos de la Costa Atlántica de México.

4.1. El sector de los alimentos de la Costa Atlántica de México

De acuerdo con la revisión de literatura (sección 1.3.3), la industria de los alimentos de la Costa Atlántica de México es de gran importancia por diversas razones: (i) el volumen de alimentos que produce, (ii) la cantidad de empleos que genera tanto en las zonas urbanas como rurales y (iii) la aportación económica de este sector a sus respectivas entidades y en conjunto a la CAM. En este trabajo de investigación se realizó un análisis exploratorio con el objetivo de caracterizar los componentes de la industria de alimentos de la CAM e identificar los cambios entre los periodos 1999 y 2009. Con base en los resultados (capítulo II) fue posible apreciar ciertos cambios en la estructura de la Industria de Alimentos de la CAM, dos nuevas clases. Incluso se reveló que durante este lapso, un par de estados habían modificado su división municipal. Los cambios en la estructura de un sector han sido estudiados por diferentes autores (Adams et al., 2004; Sánchez-Gil, 2004; Czyz, 2012; Kubis et al., 2012; Thakur y Alvayay, 2012; Elkholy et al., 2012; Zhong et al., 2013) pero en este trabajo de investigación se resalta la importancia de haber generado un proceso metodológico sencillo pero poderoso para caracterizar un sector económico de interés. Como lo han precisado varios estudios, el análisis exploratorio permite tener un panorama general de una región y con el análisis temporal puede también observarse su dinámica. El presente estudio confirmó la utilidad de este enfoque para identificar los cambios en la estructura de cualquier sector económico de interés. Así como del potencial de análisis exploratorio para evaluar los tres niveles de agrupación que permite el SCIAN: rama, subrama y clase.

4.2. La priorización de las subramas de la Industria de Alimentos de la Costa Atlántica de México

El concepto de eficiencia propuesto por Farrell (1957) ha sido de gran utilidad para identificar aquellas unidades de toma de decisión que son eficientes de las que no lo son y por tanto tienen un potencial para mejorar dentro del ámbito de combinación de productos e insumos que son evaluados. El presente trabajo de investigación apelo a este concepto con el objetivo de identificar las principales Industria de Alimentos de la Costa Atlántica de México (CAM). Para cumplir con este objetivo se utilizó la técnica de análisis de datos envolvente (Charnes et al., 1994; Cooper et al., 2004; Coelli et al., 2005), la cual permite calcular la eficiencia utilizando una escala de 0 a 1, donde 1 indica que las unidades de toma de decisión son eficientes y menores de 1 indica que estas unidades son ineficientes. Para los propósitos de este trabajo de investigación esta clasificación sirvió para identificar las subramas importantes, es decir aquellas que son eficientes (valor = 1).

Con base en la literatura consultada, es importante recalcar que, los estudios de eficiencia del sector de alimentos se mantienen a un nivel de tres dígitos (Mazzocco y Cloutier, 1995; Arzubi y Berbel, 2002; Ali *et al.*, 2009) y en este trabajo de investigación se realizó el análisis de eficiencia a nivel subrama, es decir cuatro dígitos según el Sistema de Clasificación Industrial de la ONU. Hay un estudio con mayor detalle y lo realizó Mohamad y Said (2009) a nivel clase.

El trabajo de investigación identificó un total de 9 de 19 subramas de la industria de alimentos como eficientes. De acuerdo con la revisión de la literatura (sección 1.3.4.3), algunas de la subramas eficientes identificadas en este trabajo de investigación corresponden a las identificadas por Ali *et al* (2009), esto es aceites vegetales y Mohamad y Said (2009), esto es clase: industria del azúcar. Algunas otras ramas y clases que fueron identificadas como eficientes pero no corresponden a las encontradas en este trabajo de investigación son: las ramas de producción de lácteos y

de carne (Mazzoco y Cloutier, 1995), la clase elaboración de hielo (Mohamad y Said, 2009) y Elaboración de leche (Arzubi y Berbel, 2002).

El modelo de análisis utilizado en este trabajo de investigación se basó en el orientado a insumo a escala constante, lo cual es similar con el usado por Mazzoco y Cloutier, (1995), pero que difiere de Ali et al (2009) y Mohamad y Said (2009) quienes usaron también a escala variable.

Respecto a las variables utilizadas para calcular el índice de eficiencia, estas mantienen cierta relación con los trabajos de Ali *et al* (2009) (el costo de capital, la mano de obra, las materias primas y la energía utilizada, para los productos se utilizó el producto interno bruto) y Mohamad y Said (2009) (costo de insumos, número total de trabajadores y activo fijo total). Los demás autores no precisan de manera clara las variables utilizadas.

Finalmente, este trabajo de investigación también concluye que el concepto de eficiencia y la técnica de Análisis de Datos Envolvente es útil para evaluar el desempeño de la industria de los alimentos y proporcionar sugerencias para mejorar la productividad y la eficiencia.

4.3. La estimación de los gases de efecto invernadero en las principales industrias de alimentos de la Costa Atlántica de México

Una de las preocupaciones del sector de alimentos es la sustentabilidad, la cual también se mide en función de las emisiones de gases de efecto invernadero. Como se indicó en la revisión de la literatura (sección 1.3.5), existen diversos estudios enfocados en la elaboración de inventarios de emisión de GEI tales como Welsh *et al* (2004), Alemán *et al* (2008), Garg *et al* (2006), Gillenwater (2007), Reyes (2009) y Domínguez y Reyes (2011). Estos inventarios cubren diferentes regiones y actividades humanas, las cuales se circunscriben a las cuatro categorías principales propuestas por las dos

metodologías del IPCC (1996 y 2006): energía, procesos industriales y uso de productos, agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, y desechos.

El objetivo de este trabajo de investigación fue calcular las emisiones de gases de efecto invernadero de las principales Industrias de Alimentos identificadas en el capítulo II, es decir las subramas eficientes.

Las emisiones de gases de efecto invernadero se calcularon para las industrias de alimentos de las seis entidades de la Costa Atlántica de México, lo cual tiene una contribución de conocimiento práctico por parte de este trabajo de investigación ya que en el caso de Campeche, Yucatán y Quintana Roo aún no se ha generado la información respectiva por parte de las entidades públicas encargadas del Plan Estatal de Acción ante el Cambio Climático –PEACC (SEMARNAT 2012 a,b).

Las emisiones de gases de efecto invernadero obtenidas son similares a las calculadas en los inventarios de emisiones de los PEACC de los estados de Tamaulipas, Veracruz y Tabasco (SEMARNAT 2012 a,b). Sin embargo, para los casos de producción de pan, cereales para el desayuno y alimento para animales no fueron calculados a nivel estatal. Esto se explicó por la nula disponibilidad de información de producción en cada entidad federativa.

El trabajo de investigación coincide con algunos autores sobre las limitaciones de la metodología del IPCC ya que está no considera la gran diversidad de actividades de todos los países (Welsh *et al*, 2004; Alemán *et al*, 2008; Garg *et al*, 2006; Gillenwater, 2007; Reyes, 2009; Domínguez y Reyes, 2011), por ejemplo en este trabajo se identificó como subrama principal la *elaboración de botanas* (31191), pero IPCC (1999) no tiene un proceso para calcular estas emisiones.

Adicionalmente, algunas de estas actividades no necesariamente tienen un gran impacto en el total de emisiones liberadas, pero si identifican áreas de oportunidad para incrementar la sustentabilidad de una región, o un país (Alemán *et al.*, 2008); un

ejemplo de este trabajo de investigación es la subrama *elaboración de tortillas de maíz y molienda de nixtamal* (31183).

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones generales

De acuerdo a los resultados obtenidos del capítulo II y capítulo III se generan las siguientes conclusiones:

- La Clasificación Industrial a nivel subrama presento cambios entre los periodos de 1999 y 2009 a nivel clase y en el número de municipios.
- El enfoque de eficiencia y la herramienta analítica de Análisis de Datos Envoltantes (ADE) permitió identificar las subramas eficientes del sector de alimentos de la CAM.
- La metodología del IPCC (1996) permitió cuantificar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero de algunas de las subramas prioritarias del sector de alimentos, identificando que la producción de azúcar y alimentos para animales emiten aproximadamente 22% del total de COVDM.

5.2 Recomendaciones

Algunas de las recomendaciones derivadas de este trabajo de investigación son:

- El análisis exploratorio de cualquier sector económico incluido en el Censo Económico requiere de cuatro etapas básicas: (i) identificación de las variables a estudiar, (ii) selección del nivel industrial con base en el SCIAN (rama, subrama, clase) y (iii) selección del nivel geográfico a estudiar (municipal o estatal) y (iv) selección de los periodos de los Censos Económicos. En este estudio se realizó en análisis exploratorio de 6 de 50 variables económicas, el análisis se realizó a nivel subrama, por entidad federativa y sólo dos periodos de evaluación. Por lo tanto, para tener una mayor detalle de la Costa Atlántica es posible incluir un mayor número de variables, realizar el análisis a nivel clase, por municipio y al menos tres periodos de evaluación.

- La técnica de Análisis Envolvente de Datos requiere de tres acciones básicas: (i) seleccionar los insumos y productos a evaluar, (ii) seleccionar el modelo de análisis (tipo de orientación y escala) y (iii) distinguir los niveles de evaluación de las unidades de toma de decisión. En este trabajo de investigación se utilizaron dos productos y cuatro insumos, el modelo de insumos orientados y escala constante fue seleccionado y el análisis se realizó a nivel subrama y en total de la CAM. En consecuencia se recomienda evaluar la industria de alimentos considerando un modelo de escala variable, otros insumos y productos, así como realizar análisis a diferentes niveles por ejemplo industrial (clase), geográfico (estatal y municipal) y temporal (diferentes periodos)
- El cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero se realizó considerando las directrices del IPCC, en este caso las de 1996. Algunas de las emisiones de las subramas identificadas como eficientes fueron calculadas, pero en otros casos la falta de información limitó realizar dicha estimación. Por lo tanto, se recomienda utilizar métodos indirectos, desde el consumo, para superar esta limitación técnica de la metodología IPCC, tal y como lo recomiendan otros autores y fue discutido en el capítulo IV.

ANEXOS

Anexo 1. Nivel de agregación de la industria de alimentos y bebidas con sus respectivos códigos

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
01.Sector	Industrias manufactureras	31
02.Subsector	Industria alimentaria	311
	Industria de las bebidas y del tabaco	312
03.Rama	Elaboración de alimentos para animales	3111
	Molienda de granos y de semillas oleaginosas	3112
	Elaboración de azúcar, chocolates, dulces y similares	3113
	Conservación de frutas, verduras y guisos	3114
	Elaboración de productos lácteos	3115
	Matanza, empacado y procesamiento de carne de ganado y aves	3116
	Preparación y envasado de pescados y mariscos	3117
	Elaboración de productos de panadería y tortillas	3118
	Otras industrias alimentarias	3119
	Industria de las bebidas	3121
	Industria del tabaco	3122
04.Subrama	Elaboración de alimentos para animales	31111
	Elaboración de productos de molinería y manufactura de malta	31121
	Elaboración de almidones, aceites y grasas vegetales comestibles	31122
	Elaboración de cereales para el desayuno	31123
	Elaboración de azúcar	31131
	Elaboración de chocolate y productos de chocolate a partir de cacao	31132
	Elaboración de productos de chocolate a partir de chocolate	31133
	Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	31134
	Congelación de frutas, verduras y guisos	31141
	Conservación de frutas, verduras y guisos por procesos distintos a la congelación	31142
	Elaboración de leche y derivados lácteos	31151
	Elaboración de helados y paletas	31152
	Matanza, empacado y procesamiento de carne de ganado y aves	31161

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
	Preparación y envasado de pescados y mariscos	31171
	Elaboración de pan y otros productos de panadería	31181
	Elaboración de galletas y pastas para sopa	31182
	Elaboración de tortillas de maíz y molienda de nixtamal	31183
	Elaboración de botanas	31191
	Industrias del café y del té	31192
	Elaboración de concentrados, polvos, jarabes y esencias de sabor para refrescos	31193
	Elaboración de condimentos y aderezos	31194
	Elaboración de otros alimentos	31199
	Elaboración de refrescos y hielo, y purificación de agua	31211
	Elaboración de cerveza	31212
	Elaboración de bebidas alcohólicas a base de uva y otras bebidas fermentadas	31213
	Elaboración de otras bebidas destiladas	31214
	Beneficio del tabaco	31221
	Elaboración de productos de tabaco	31222
	Elaboración de alimentos para animales	311110
	Beneficio del arroz	311211
	Elaboración de harina de trigo	311212
	Elaboración de harina de maíz	311213
	Elaboración de harina de otros productos agrícolas	311214
	Elaboración de féculas y otros almidones y sus derivados	311221
	Elaboración de aceites y grasas vegetales comestibles	311222
05.Clase	Elaboración de cereales para el desayuno	311230
	Elaboración de azúcar de caña	311311
	Elaboración de otros azúcares	311319
	Elaboración de chocolate y productos de chocolate a partir de cacao	311320
	Elaboración de productos de chocolate a partir de chocolate	311330
	Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	311340
	Congelación de frutas y verduras	311411

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
	Congelación de guisos	311412
	Deshidratación de frutas y verduras	311421
	Conservación de frutas y verduras por procesos distintos a la congelación y la deshidratación	311422
	Conservación de guisos por procesos distintos a la congelación	311423
	tratamiento y envasado de leche líquida	311511
	Elaboración de leche en polvo, condensada y evaporada	311512
	Elaboración de derivados y fermentos lácteos	311513
	Elaboración de helados y paletas	311520
	Matanza de ganado y aves	311611
	Corte y empacado de carne de ganado y aves	311612
	Preparación de embutidos y otras conservas de carne de ganado y aves	311613
	Elaboración de manteca y otras grasas animales comestibles	311614
	Preparación y envasado de pescados y mariscos	311710
	Panificación industrial	311811
	Panificación tradicional	311812
	Elaboración de galletas y pastas para sopa	311820
	Elaboración de tortillas de maíz y molienda de nixtamal	311830
	Elaboración de botanas	311910
	Beneficio del café	311921
	Tostado y molienda de café	311922
	Elaboración de café soluble	311923
	Preparación y envasado de té	311924
	Elaboración de concentrados, polvos, jarabes y esencias de sabor para refrescos	311930
	Elaboración de condimentos y aderezos	311940
	Elaboración de postres en polvo	311991
	Elaboración de alimentos frescos para consumo inmediato	311993
	Elaboración de otros alimentos	311999
	Elaboración de refrescos	312111
	Purificación de agua	312112

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
	Elaboración de hielo	312113
	Elaboración de cerveza	312120
	Elaboración de bebidas alcohólicas a base de uva	312131
	Elaboración de aguamiel y pulque	312132
	Elaboración de sidra y otras bebidas fermentadas	312133
	Elaboración de sidra y otras bebidas fermentadas	312139
	Elaboración de ron y otras bebidas destiladas de caña	312141
	Elaboración de bebidas destiladas de agave	312142
	Elaboración de otras bebidas destiladas	312149
	Beneficio del tabaco	312210
	Elaboración de cigarros	312221
	Elaboración de puros y otros productos de tabaco	312222

Elaboración propia con datos del Censo económico 1999-2009

Anexo 2. Análisis Exploratorio de la industria alimenticia por cada variable económica a nivel CAM correspondiente al periodo 1999-2009

NIVEL CAM										
PERIODO										
DESCRIPCIÓN	1999	2009	1999	2009	1999	2009	1999	2009	1999	2009
	UE (MILES DE PESOS)		PO (MILES DE PESOS)		RE (MILLONES DE PESOS)		PBT (MILLONES DE PESOS)		CI (MILLONES DE PESOS)	
Total por cada variable económica en la CAM	19634	50628	121058	146232	6062	7414	68881	111832	30636	63887
Tasa de crecimiento media de cada variable económica en la CAM	157.9		20.8		22.3		62.4		108.5	

Anexo 3. Análisis Exploratorio de la industria alimenticia por cada variable económica a nivel Estatal correspondiente al periodo 1999-2009

NIVEL ESTATAL										
DESCRIPCIÓN	PERIODO 1999 2009		PERIODO 1999 2009		PERIODO 1999 2009		PERIODO 1999 2009		PERIODO 1999 2009	
	ENTIDAD	UE (MILES DE PESOS)	ENTIDAD	PO (MILES DE PESOS)	ENTIDAD	RE (MILLONES DE PESOS)	ENTIDAD	PBT (MILLONES DE PESOS)	ENTIDAD	CI (MILLONES DE PESOS)
Entidad con valor máximo	Veracruz	11348 28962	Veracruz	6076 76196	Veracruz	3178 3791	Veracruz	38587 64776	Veracruz	17444 33896
Entidad con valor mínimo	Quintana Roo	646 2983	Quintana Roo	3382	Quintana Roo	130	Quintana Roo	1401	Quintana Roo	542
			Campeche	5432	Campeche	126	Campeche	2104	Campeche	1451
Valor máximo de cada variable económica perdidas/ganadas por entidad	Veracruz	17614	Veracruz	15400	Veracruz	613	Veracruz	26189	Veracruz	16456
Valor mínimo de cada variable económica perdidas/ganadas por entidad	Campeche	191	Campeche	461	Campeche	-53	Campeche	361	Campeche	650
Valor máximo de la tasa de crecimiento de cada variable económica por entidad	Quintana Roo	526.9	Quintana Roo	101.1	Quintana Roo	205.1	Quintana Roo	329.8	Quintana Roo	528.2
Valor mínimo de la tasa de crecimiento de cada variable económica por entidad	Tamaulipas	6.4	Tamaulipas	4.1	Campeche	-29.7	Campeche	20.7	Campeche	81.2

Anexo 4. Análisis Exploratorio de la industria alimenticia por cada variable económica a nivel Industrial correspondiente al periodo 1999-2009

NIVEL INDUSTRIAL															
DESCRIPCIÓN	PERIODO			PERIODO			PERIODO			PERIODO			PERIODO		
	1999	2009		1999	2009		1999	2009		1999	2009		1999	2009	
	SUBRAMA	UE (MILES DE PESOS)		SUBRAMA	PO (MILES DE PESOS)		SUBRAMA	RE (MILLONES DE PESOS)		SUBRAMA	PBT (MILLONES DE PESOS)		SUBRAMA	CI (MILLONES DE PESOS)	
Subrama con valor máximo	31183	105883	13811	31183	30684	44570	31131	1934	2651	31131	15974	17170	31131	7204	11874
Subrama con valor mínimo	31212	7	2	31133	42	18	31134	0.72	0	31213	2.6	1.3	31134	3.9	
													31131		0.6
Valor máximo de cada variable económica pérdidas/ganadas por subrama	31211	3944		31183	13886		31131	716		31211	6605		31211	6299	
Valor mínimo de cada variable económica pérdidas/ganadas por subrama	31171	-45		31171	-2305		31212	-326		31171	-957		31171	-308	
Valor máximo de la tasa de crecimiento de cada variable económica por subrama	31213	10145.7		31134	1226.1		31134	582		31134	33608		31134	39564	
Valor mínimo de la tasa de crecimiento de cada variable económica por subrama	31221	-85.7		31171	-72.2		31212	-100		31133	-90.07		31134	-89.52	

Donde:

UE= Unidad económica

PO= Personal ocupado

RE= Remuneración

PBT= Producción bruta total

CI= Consumo intermedio

Anexo 5. Índice de eficiencia de las industrias alimentarias de la CAM a nivel subrama

SUBRAMA	UE	PO	CI	PBT	CB	TC	PARÁMETROS	EFICIENCIA
31111	61	1756	6352944	9131121	0.74	0.65	0	1
31121	162	1488	4009266	4845230	0.67	0.27	0	0.65
31122	18	1592	2686110	8678428	0.64	0.56	0.00857001	1
31123	14	72	25253	36777	0.60	0.24	0.69980094	1
31131	308	16748	12421532	17170191	0.69	0.07	0	0.36
31132	44	255	76895	145213	0.58	0.68	0	0.95
31133	4	4	415	1074	0.43	11.72	0	1
31134	82	1984	1604645	3096074	0.58	1.00	0	0.65
31141	84	160	75506	130800	0.62	0.53	0	1
31142	116	2093	310556	1032834	0.55	0.34	0	0.30
31151	288	2884	3659727	6591750	0.62	0.40	0	0.49
31152	412	1906	122011	187271	0.65	-0.19	0	0.22
31161	758	6152	3436853	5583586	0.54	0.43	0	0.27
31171	44	838	411289	691033	0.68	-1.42	0	0.36
31181	2168	24353	3371749	8030703	0.60	0.45	0	0.13
31182	52	1877	926933	1304312	0.61	0.38	0	0.42
31183	5838	40749	3222768	5229306	0.63	0.01	0	0.06
31191	137	2075	208604	4901124	0.52	0.99	0.00402357	1
31192	168	1992	3699357	4812522	0.64	0.21	0	0.44
31193	146	3069	3193815	4742707	0.60	0.70	0	0.38
31194	81	1441	1058238	1798059	0.55	0.79	0	0.55
31199	95	372	56913	98288	0.57	-3.76	0	0.18
31211	1681	20754	9858227	15089349	0.56	0.44	0	0.23
31212	5	825	2513793	5156587	0.49	0.21	0	1
31213	7	30	441	1083	0.46	-1.39	0	1
31214	56	319	64385	101028	0.53	-0.06	0	0.33
31221	2	219	28199	40147	0.70	-2.96	0.27335063	1
31222	16	716	71301	130805	0.62	-0.63	0	0.69

Donde:

UE= Unidad económica

PO= Personal ocupado

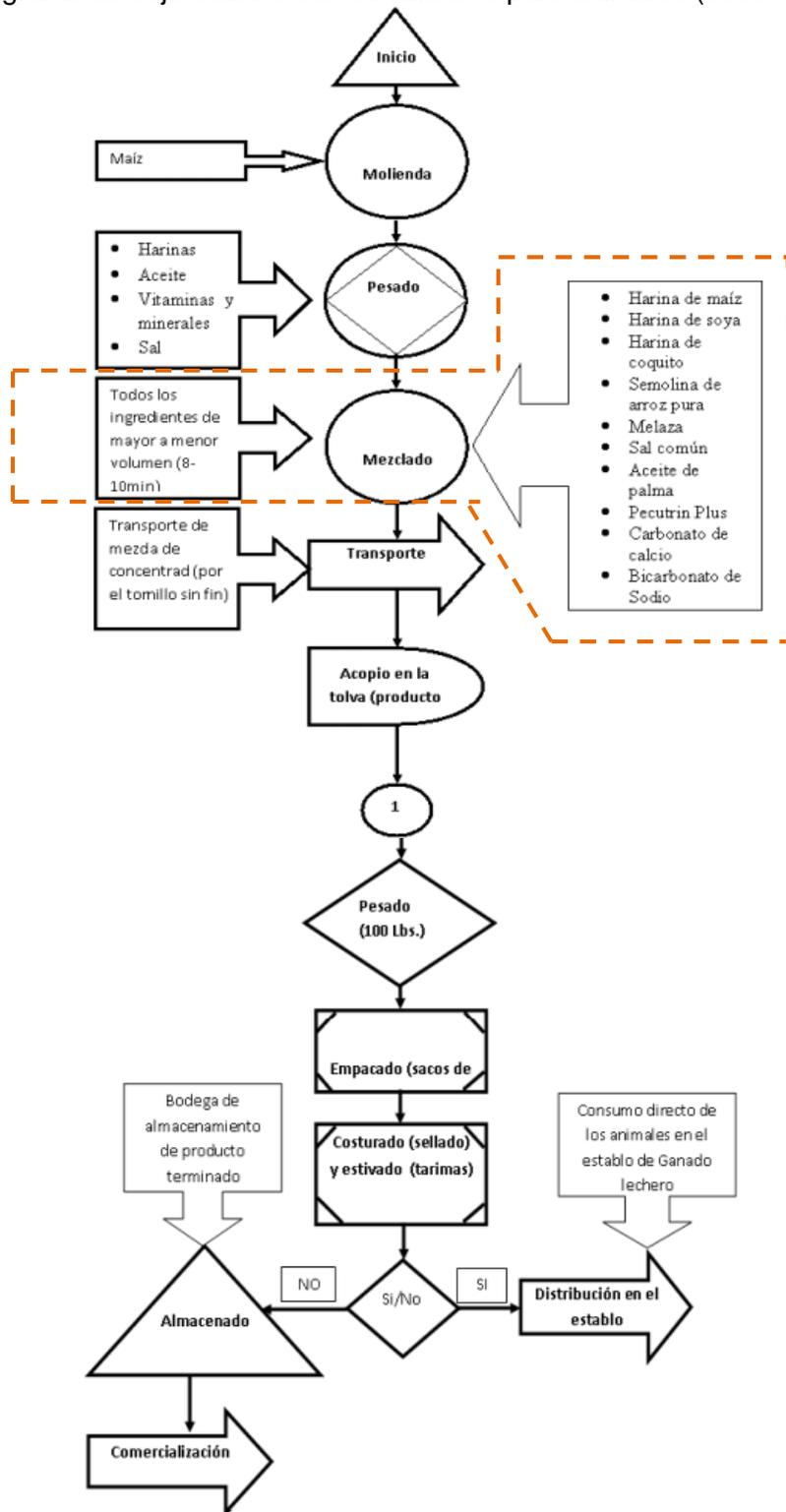
CI= Consumo intermedio

PBT= Producción bruta total

CB= Costo/Beneficio

TC= Tasa de crecimiento

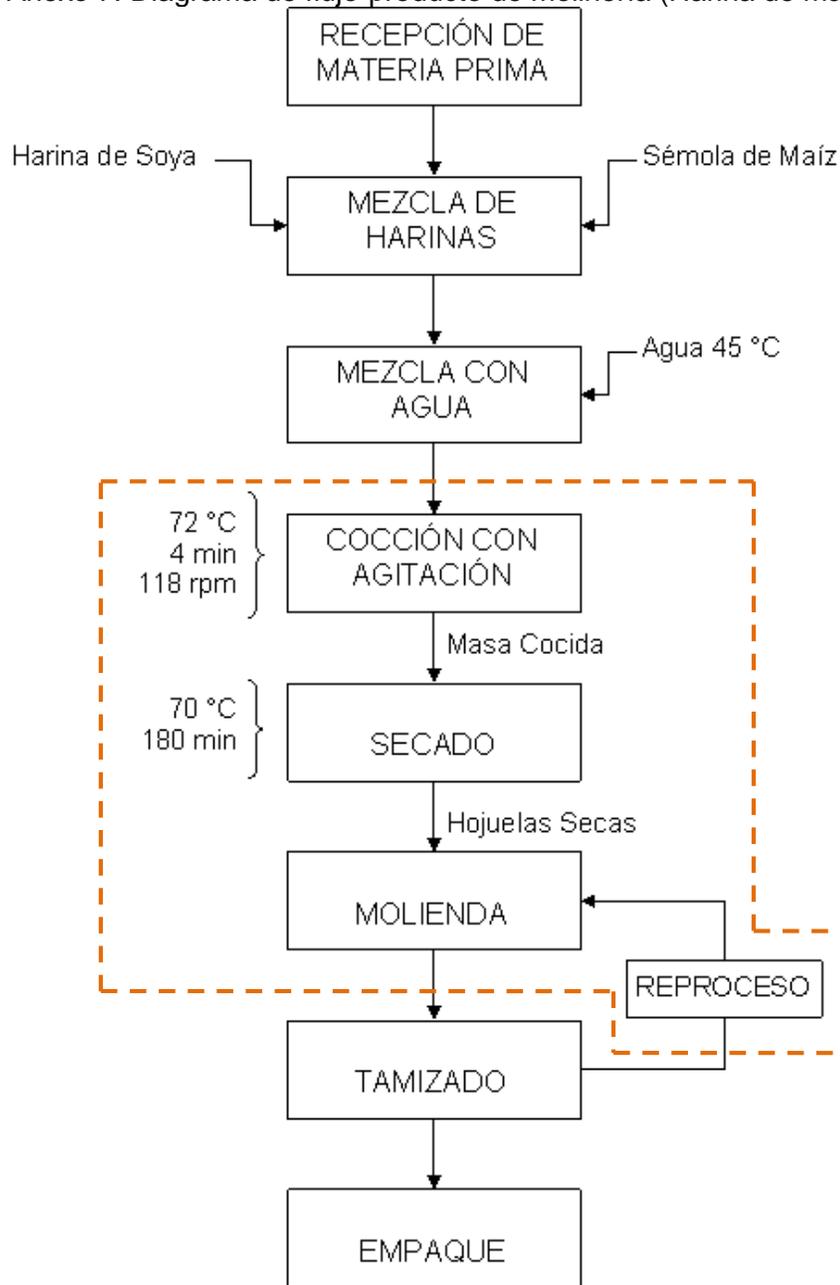
Anexo 6. Diagrama de flujo-elaboración de alimento para animales (vacas lecheras)



Fuente: Durán y Kebreau, 2011

Emisión COVDM

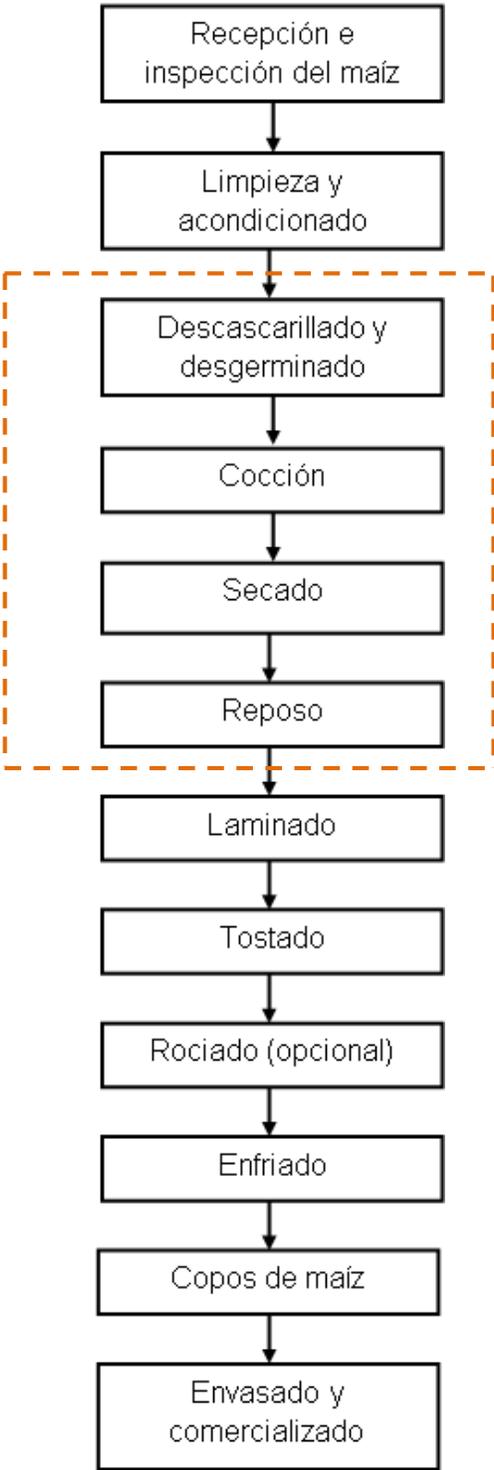
Anexo 7. Diagrama de flujo-producto de molinería (Harina de maíz)



Fuente: Blum y Contreras, 2010

Emisión COVDM

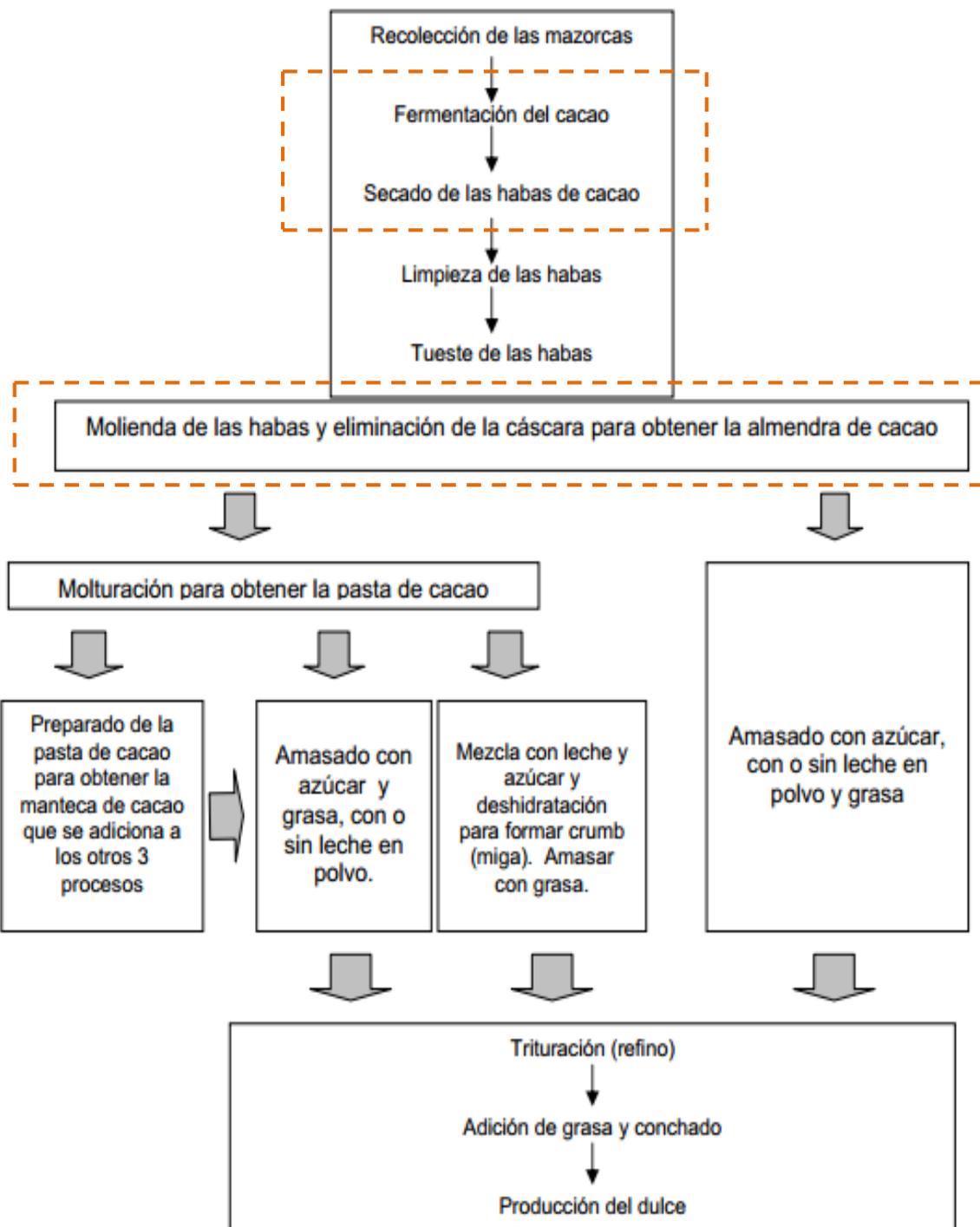
Anexo 8. Diagrama de flujo-elaboración de cereales para el desayuno



Fuente: Lezcano, 2010

Emisión COVDM

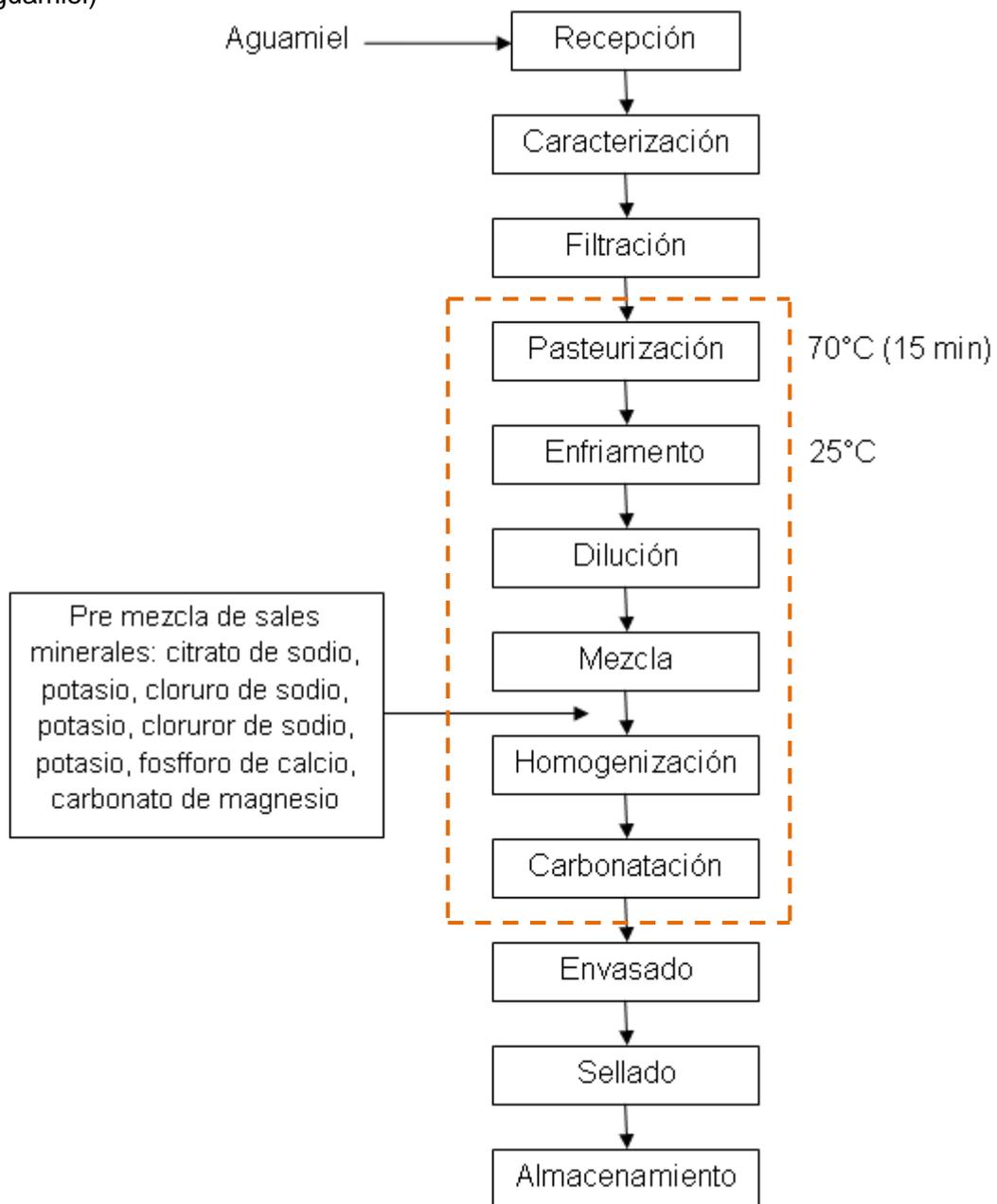
Anexo 9. Diagrama de flujo-elaboración de chocolate



Fuente: Hernández y Calderón, 2006

Emisión COVDM

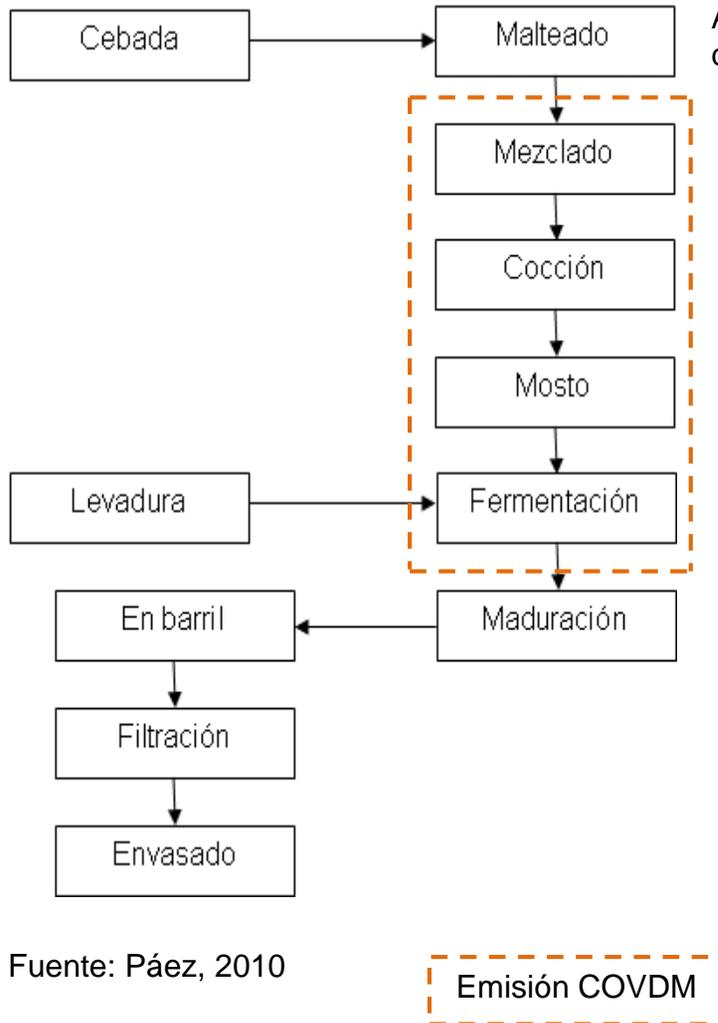
Anexo 10. Diagrama de flujo-elaboración de bebida fermentada, excepto cerveza (Aguamiel)



Fuente: Meza, 2011

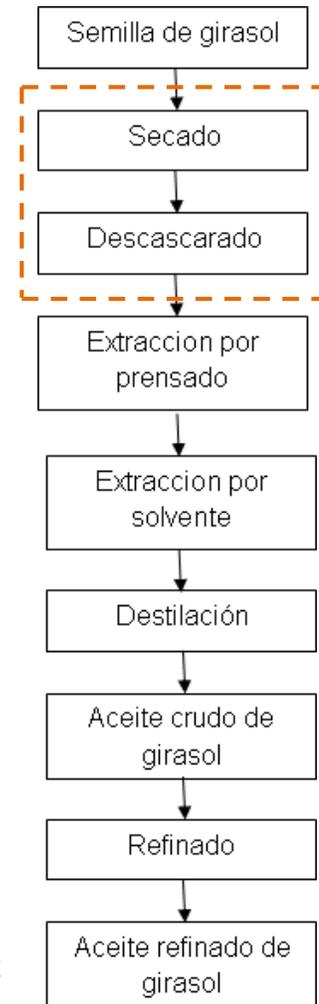
Emisión COVDM

Anexo 11. Diagrama de flujo-elaboración de cerveza



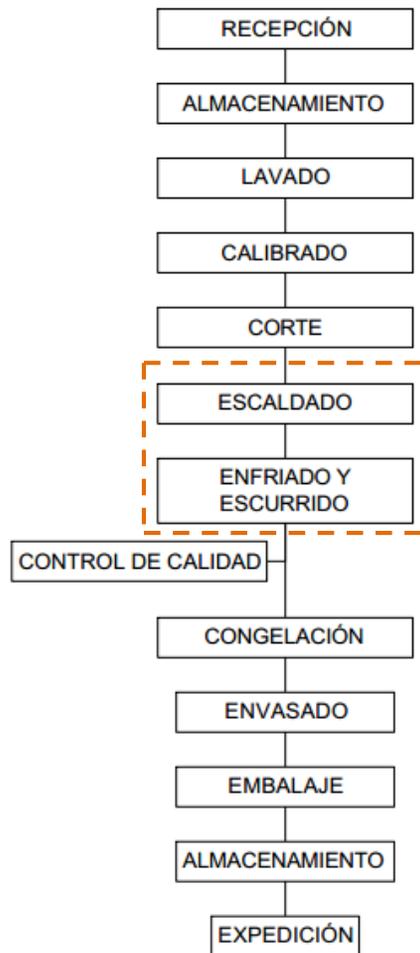
Fuente: Páez, 2010

Anexo 12. Diagrama de flujo-elaboración de aceite comestible (aceite de girasol)

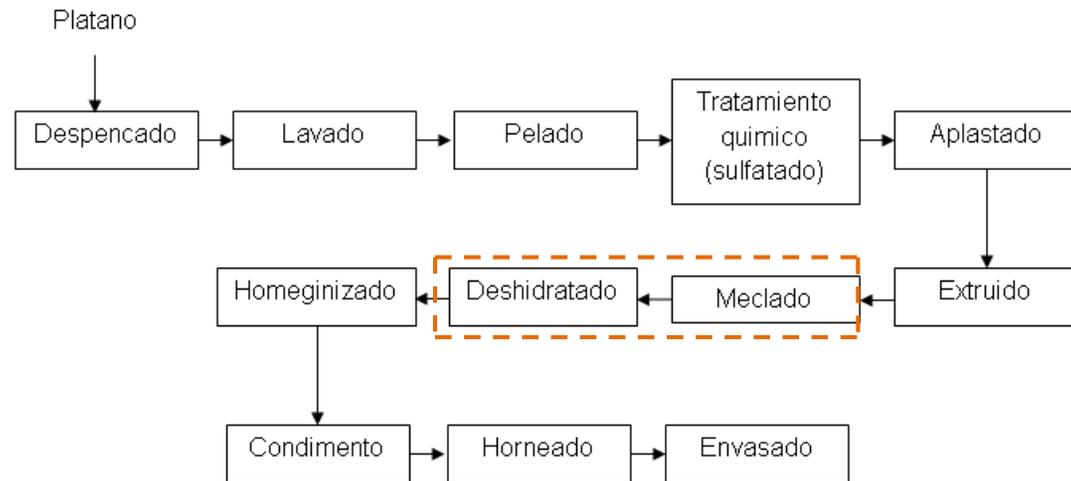


Fuente: Behr, 2002

Anexo 13. Diagrama de flujo-congelación de frutas



Anexo 14. Diagrama de flujo-elaboración de botanas (harina de plátano)



Fuente: Arroyo et al., 1999

Emisión COVDM

Anexo 15. Producción de azúcar anual a nivel regional

		PRODUCCIÓN (TONELADA)				
PRODUCTO ALIMENTICIO		2007	2008	2009	2010	2011
Campeche		40,189	44,270	42,601	36,704	45,202
Quintana Roo		130,872	115,041	110,535	125,204	153,312
Tabasco	Azúcar	153,144	134,655	157,145	169 024	140,156
Tamaulipas		211,260	230,311	227,603	150 194	231,022
Veracruz		2,022,923	2,076,051	1,857,269	1,816,227	1,892,096

Anexo 16. Producción total anual de tres alimentos y una bebida

PRODUCCION DE ALIMENTOS Y BEBIDA (TONELADA)				
Periodo	Alimento para animales	Cereales para el desayuno	Cerveza	Pan
2007	1,587,944	45,545	1,952,470	200,083
2008	1,572,979	46,527	2,069,546	187,932
2009	1,288,916	53,608	2,061,827	182,704
2010	1,135,796	58,246	2,008,324	183,854
2011	1,207,590	58,346	2,139,406	183,850

Anexo 17. Hoja de trabajo-Emissiones de COVDM de producción de pan, alimentos para animales y cereales de desayuno

MODULO		PROCESOS INDUSTRIALES			
SUBMODULO		ALIMENTO Y BEBIDAS			
HOJA DE TRABAJO		2-1			
HOJA		Producción de pan y otros alimentos-emisiones de COVDM			
Año	Tipo de producción de alimento	A	B	C	D
		Cantidad de alimento producido (t)	Factor de emisión (kg COVDM/t de alimento elaborado)	Emissiones de COVDM (kg)	Emissiones de COVDM (Gg)
				$C=(A \times B)$	$D=C/10^6$
2007	Alimentos para animales	1,587,944	1	1,587,944	1.59
2007	Cereales para desayuno	45,545	1	45,545	0.05
2007	Pan	200,083	8	1,600,664	1.60
				Total (Gg)	3.23
2008	Alimentos para animales	1,572,979	1	1,572,979	1.57
2008	Cereales para desayuno	46,527	1	46,527	0.05
2008	Pan	187,932	8	1,503,456	1.50
				Total (Gg)	3.12
2009	Alimentos para animales	1,288,916	1	1,288,916	1.29
2009	Cereales para desayuno	53,608	1	53,608	0.05
2009	Pan	182,704	8	1,461,632	1.46
				Total (Gg)	2.80
2010	Alimentos para animales	1,135,796	1	1,135,796	1.14
2010	Cereales para desayuno	58,246	1	58,246	0.06
2010	Pan	183,854	8	1,470,832	1.47
				Total (Gg)	2.66
2011	Alimentos para animales	1,207,590	1	1,207,590	1.21

MODULO		PROCESOS INDUSTRIALES			
SUBMODULO		ALIMENTO Y BEBIDAS			
HOJA DE TRABAJO		2-1			
HOJA		Producción de pan y otros alimentos-emisiones de COVDM			
Año	Tipo de producción de alimento	A	B	C	D
		Cantidad de alimento producido (t)	Factor de emisión (kg COVDM/t de alimento elaborado)	Emisiones de COVDM (kg)	Emisiones de COVDM (Gg)
				$C=(A \times B)$	$D=C/10^6$
2011	Cereales para desayuno	58,346	1	58,346	0.06
2011	Pan	183,850	8	1,470,800	1.47
Total (Gg)					2.74

Anexo 18. Hoja de trabajo-Emisiones de COVDM de producción de azúcar

MODULO		PROCESOS INDUSTRIALES				
SUBMODULO		ALIMENTO Y BEBIDAS				
HOJA DE TRABAJO		2-2				
HOJA		Producción de azúcar-emisiones de COVDM				
Entidad	Año	Tipo de producción de alimento	A	B	C	D
			Cantidad de alimento producido (t)	Factor de emisión (kg COVDM/t de alimento elaborado)	Emisiones de COVDM (kg)	Emisiones de COVDM (Gg)
					$C=(A \times B)$	$D=C/10^6$
Campeche	2007	Azúcar	40,189	10	401,890	0.40
	2008	Azúcar	44,270	10	442,700	0.44
	2009	Azúcar	42,601	10	426,010	0.43
	2010	Azúcar	36,704	10	367,040	0.37
	2011	Azúcar	45,202	10	452,020	0.45
Total (Gg)						2.09
Quintana Roo	2007	Azúcar	130,872	10	1,308,720	1.31
	2008	Azúcar	115,041	10	1,150,410	1.15
	2009	Azúcar	110,535	10	1,105,350	1.11
	2010		125,204	10		

MODULO		PROCESOS INDUSTRIALES				
SUBMODULO		ALIMENTO Y BEBIDAS				
HOJA DE TRABAJO		2-2				
HOJA		Producción de azúcar-emisiones de COVDM				
Entidad	Año	Tipo de producción de alimento	A	B	C	D
			Cantidad de alimento producido (t)	Factor de emisión (kg COVDM/t de alimento elaborado)	Emisiones de COVDM (kg)	Emisiones de COVDM (Gg)
					$C=(A \times B)$	$D=C/10^6$
		Azúcar			1,252,040	1.25
	2011	Azúcar	153,312	10	1,533,120	1.53
Total (Gg)						6.35
Tabasco	2007	Azúcar	153,144	10	1,531,440	1.53
	2008	Azúcar	134,655	10	1,346,550	1.35
	2009	Azúcar	157,145	10	1,571,450	1.57
	2010	Azúcar	169,024	10	1,690,240	1.69
	2011	Azúcar	140,156	10	1,401,560	1.40
Total (Gg)						7.54
Tamaulipas	2007	Azúcar	211,260	10	2,112,600	2.11
	2008	Azúcar	230,311	10	2,303,110	2.30
	2009	Azúcar	227,603	10	2,276,030	2.28
	2010	Azúcar	150,194	10	1,501,940	1.50
	2011	Azúcar	231,022	10	2,310,220	2.31
Total (Gg)						10.50
Veracruz	2007	Azúcar	2,022,923	10	20,229,230	20.23
	2008	Azúcar	2,076,051	10	20,760,510	20.76
	2009	Azúcar	1,857,269	10	18,572,690	18.57

MODULO		PROCESOS INDUSTRIALES				
SUBMODULO		ALIMENTO Y BEBIDAS				
HOJA DE TRABAJO		2-2				
HOJA		Producción de azúcar-emisiones de COVDM				
Entidad	Año	Tipo de producción de alimento	A	B	C	D
			Cantidad de alimento producido (t)	Factor de emisión (kg COVDM/t de alimento elaborado)	Emisiones de COVDM (kg)	Emisiones de COVDM (Gg)
					$C=(A \times B)$	$D=C/10^6$
	2010	Azúcar	1,816,227	10	18,162,270	18.16
	2011	Azúcar	1,892,096	10	18,920,960	18.92
Total (Gg)						96.65

Anexo 19. Hoja de trabajo-Emisiones de COVDM de cerveza

MODULO		PROCESOS INDUSTRIALES			
SUBMODULO		ALIMENTO Y BEBIDAS			
HOJA DE TRABAJO		2-3			
HOJA		Producción de cerveza-emisiones de COVDM			
Año	Tipo de producción de alimento	A	B	C	D
		Cantidad de bebida alcohólica producida (hl)	Factor de emisión (kg COVDM/hl de bebida producida)	Emisiones de COVDM (kg)	Emisiones de COVDM (Gg)
				$C=(A \times B)$	$D=C/10^6$
2007	Cerveza	1,952,470	0.035	68,336.45	0.07
2008	Cerveza	2,069,546	0.035	72,434.11	0.07
2009	Cerveza	2,061,827	0.035	72,163.95	0.07
2010	Cerveza	2,008,324	0.035	70,291.34	0.07
2011	Cerveza	2,139,406	0.035	74,879.21	0.07
Total (Gg)					0.36