



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

---

---

## DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICO ADMINISTRATIVAS

### ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA EN LA PRODUCCIÓN DE PIÑA

Que como requisito parcial para obtener el grado de:  
**MAESTRO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA  
Y DE LOS RECURSOS NATURALES**

Presenta:

**BYRON ADRIÁN ZAYAS PÉREZ**



Bajo la supervisión de:

**DRA. DIXIA DANIA VEGA VALDIVIA**

DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES

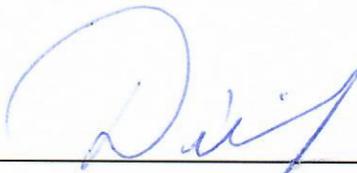


Chapingo, Estado de México, Diciembre de 2018

**“ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA EN LA PRODUCCIÓN DE PIÑA”**

Tesis realizada por **Byron Adrián Zayas Pérez**, bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA Y DE LOS  
RECURSOS NATURALES**

DIRECTOR:   
DRA. DIXIA DANIA VEGA VALDIVIA

ASESOR:   
DR. RAMÓN VALDIVIA ALCALÁ

ASESOR:   
DRA. LAURA ELENA GARZA BUENO

Chapingo, Estado de México, Diciembre de 2018

## 1 Índice de Contenido

1	Índice de Contenido .....	i
2	Índice de Figuras.....	v
3	Índice de Tablas .....	vii
4	Índice de Ilustraciones .....	viii
5	Abreviaturas .....	ix
6	Agradecimientos .....	x
7	Datos biográficos .....	xi
8	Resumen General .....	xii
9	General Abstract .....	xiii
1	INTRODUCCIÓN GENERAL .....	1
1.1	Planteamiento del problema .....	1
1.2	Justificación .....	6
1.3	Objetivo General .....	9
1.3.1	Objetivos Específicos .....	10
1.4	Hipótesis .....	10
1.5	Contenido de la tesis .....	11
2	EL CULTIVO DE LA PIÑA .....	12
2.1	Origen de la piña.....	12
2.2	Monografía del cultivo de la piña .....	13
2.2.1	Características de la piña .....	14
2.2.2	Condiciones edáficas y clima de la piña .....	14

2.2.3	Establecimiento de la plantación de la piña.....	15
2.2.4	Usos de la piña .....	15
2.3	Proceso productivo de la piña variedad md2.....	15
2.3.1	Preparación y acondicionamiento del terrero .....	15
2.3.2	Acolchado plástico .....	16
2.3.3	Riego.....	16
2.3.4	Producción de material vegetativo.....	16
2.3.5	Siembra.....	16
2.3.6	Control de malezas .....	16
2.3.7	Fertilización.....	17
2.3.8	Control de plagas y enfermedades.....	17
2.4	Proceso productivo de la piña variedad cayena lisa.....	17
3	MARCO ECONÓMICO .....	18
3.1	Contexto económico mundial de la piña .....	18
3.2	Contexto económico de la piña en Veracruz .....	22
4	MARCO TEÓRICO.....	28
4.1	Antecedentes del análisis del ciclo de vida.....	28
4.2	El análisis del ciclo de vida .....	30
4.2.1	Concepto de análisis del ciclo de vida (ACV) .....	30
4.2.2	Alcances en un ACV .....	31
4.3	Fases en un ACV .....	33
4.3.1	Definición del objetivo y el alcance:.....	33
4.3.2	Análisis del inventario (ICV):.....	34

4.3.3	Evaluación del impacto ambiental (EICV): .....	35
4.3.4	Interpretación: .....	39
5	MATERIALES Y MÉTODOS .....	41
5.1	Método Utilizado .....	41
5.1.1	Universo de estudio .....	41
5.1.2	Muestra .....	42
5.1.3	La obtención de datos .....	42
5.1.4	Método de Análisis del Ciclo de Vida (ACV).....	43
5.1.5	Paquete Estadístico .....	43
5.2	El ACV a la producción de piña en Veracruz.....	43
5.2.1	Objetivo y alcance en un ACV .....	43
5.2.2	Análisis del inventario .....	46
5.2.3	Evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV) .....	51
5.2.4	Resultados .....	52
6	RESULTADOS .....	53
6.1	Resultados de producción de piña bajo modalidad convencional .....	53
6.2	Resultados de la producción de piña bajo modalidad ambiente protegido .....	57
6.3	Comparación del sistema de producción convencional y ambiente protegido según el método de evaluación .....	59
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	64
7.1	Conclusiones .....	64
7.2	Recomendaciones .....	65

8 Bibliografía .....68

## 2 Índice de Figuras

Figura 1. Producción anual de los principales países productores de piña en el mundo 2000-2016. ....	19
Figura 2. Área cosechada anual de los principales países productores de piña en el mundo 2000-2016. ....	20
Figura 3. Rendimiento de los principales países productores de piña en el mundo 2000-2016. ....	21
Figura 4. México: Participación porcentual de los estados mexicanos en la producción nacional, 2000-2017. ....	23
Figura 5. Superficie sembrada y cosechada de piña en el estado de Veracruz, 2000-2017. ....	24
Figura 6. Rendimiento del cultivo piña en el estado de Veracruz, 2000-2017. ...	24
Figura 7. Superficie sembrada y cosechada de las variedades “cayena lisa y md2” del cultivo piña en Juan Rodríguez Clara del estado de Veracruz, 2000-2017. ....	26
Figura 8. Participación porcentual de las variedades “cayena lisa y md2” del cultivo piña, en el valor total de todos los cultivos producidos, en Juan Rodríguez Clara del estado de Veracruz, 2000-2017. ....	27
Figura 10. Diagrama simplificado de los procesos en un ACV. ....	31
Figura 11. Etapas que conforman un ACV. ....	33
Figura 12. Elementos de una evaluación del impacto ambiental. ....	35
Figura 13. Resultados de las categorías de impacto intermedio producción convencional .....55	55
Figura 14. Asignación de categoría final por daño bajo la producción convencional .....57	57
Figura 15. Valor de la categoría de impacto intermedio producción ambiente protegido .....58	58

Figura 16. Comparación del impacto ocasionado por los insumos etiquetados como diversos del sistema de producción convencional y ambiente protegido.61

Figura 17. Comparación del impacto ocasionado por los insumos etiquetados como fertilizantes del sistema de producción convencional y ambiente protegido .....62

Figura 18. Comparación del impacto ocasionado por los insumos etiquetados como combustible del sistema de producción convencional y ambiente protegido .....63

### 3 Índice de Tablas

Tabla 1. Rendimiento presentado por cada país según el año que le corresponde .....	21
Tabla 2. Participación porcentual de Juan Rodríguez Clara en el Distrito de los Tuxtla.....	25
Tabla 3. Categorías intermedias de Impacto en un ACV .....	37
Tabla 4. Categorías finales de daño en un ACV .....	39
Tabla 5. Cantidad de piña cosecha por hectárea.....	47
Tabla 6. Hectáreas sembradas y litros de combustible, consumido al año por productor .....	47
Tabla 7. Insumos diversos utilizados en la producción de piña por ha .....	48
Tabla 8. Tipo y dosis de agroquímicos utilizados en la producción de piña .....	49
Tabla 9. Tipo de productos aplicados en el proceso de la fertilización de la piña .....	50
Tabla 10. Estructura según grados de elementos de cada fertilizante .....	50
Tabla 11. Dosis total de elementos usados por ha. ....	51
Tabla 12. Valor de la categoría de impacto intermedio producción convencional .....	54
Tabla 13. Asignación de categoría final por daño bajo producción convencional .....	56
Tabla 14. Valor de la categoría de impacto intermedio producción ambiente protegido .....	57
Tabla 15. Valor por inventario en cada categoría de impacto final bajo producción ambiente protegido .....	59
Tabla 16. Comparación de resultados bajo un ambiente convencional con ambiente protegido.....	60

## **4 Índice de Ilustraciones**

Ilustración 1. Ejemplo de esquema de evaluación. ....	36
Ilustración 2. Fases que conforman un ACV. ....	40
Ilustración 3. Mapa de la localidad Los Tigres .....	41
Ilustración 4. Insumos: Consumo de entradas. ....	46

## 5 Abreviaturas

ACV: Análisis del Ciclo de Vida

EA: Educación Ambiental

EICV: Evaluación del Impacto Ambiental

FAO: Food and Agriculture Organization

GREENPACE: Del inglés Green: verde y Peace: paz.

ha: Hectáreas

hg: Hectogramo

ICV: Análisis del inventario

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

ISO: Organización Internacional de Normalización

LCA: Life Cycle Assessment

Método DALY: Disability Adjusted Life Years

Método PDF\*m2\*yr.: Potentially Disappeared Fraction

Método MJ excedente: Mega Joules

MRI: Midwest Research Institute

SAGARPA: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

SIAP: Servicios de Información Agraria y Pesquera

TC: Comité Técnico

tn: Toneladas

udm: Unidad de medida

## **6 Agradecimientos**

Agradezco al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico brindado durante la realización de la maestría y al posgrado de la División de Ciencias Económico Administrativas de la Universidad Autónoma Chapingo por su aceptación a dicho programa para realizar la maestría en ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales.

Agradezco en especial a mi directora de tesis Dra. Dixia Dania Vega Valdivia, por su guía, consejos y tiempo dedicado para la elaboración de la tesis, así como a todo el cuerpo académico que forjaron día a día mis conocimientos.

Agradezco a los miembros del comité, al Dr. Ramón Valdivia Alcalá y la Dra. Laura Elena Garza Bueno; por sus valiosas contribuciones y el tiempo dedicado para la revisión del trabajo.

## 7 Datos biográficos



### Datos personales

Nombre	Byron Adrián Zayas Pérez
Fecha de nacimiento	17 de septiembre de 1984
Lugar de nacimiento	San Andrés Tuxtla, Veracruz
CURP	ZAPB840917HVZYRY07
Profesión	Lic. Economía
Cédula Profesional	9746638

### Desarrollo Académico

Bachillerato	Colegio de Bachilleres del estado de Baja California
Licenciatura	Universidad Autónoma de Baja California

## 8 Resumen General

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta de gestión medioambiental cuya finalidad es analizar de forma objetiva, metódica, sistemática y científica, el impacto ambiental originado por el proceso de un producto o servicio durante su ciclo de vida. En los últimos 16 años México se ha venido posicionando entre los 10 países de mayor importancia en la producción de piña como fruto fresco, destacando, en particular la participación del estado de Veracruz a nivel nacional. En este sentido el trabajo tiene como objetivo principal la aplicación de la metodología de ACV, mediante la evaluación de las cargas ambientales que ocasiona la producción de piña en Los Tigres, Juan Rodríguez Clara, Veracruz. Los resultados de la valoración proporcionarán a los productores agrícolas mexicanos tanto de piña en el estado de Veracruz como de otros estados elementos de juicio para la implementación de prácticas con bajos impactos ambientales. El estudio abarcó dos modalidades de producción que se dan en la región convencional y bajo ambiente protegido, poniendo en evidencia que no existe una gran diferencia en las cargas ambientales de una y otra, dado la similitud de químicos utilizados a la hora de realizar la fertilización. La Economía Ambiental menciona que el ambiente ha llegado a ser una restricción que debe tomarse en cuenta a fin de mantener la trayectoria del desarrollo, por lo que, México debe de plantearse fomentar la sustentabilidad a través de la metodología de ACV, que otorga información del impacto ambiental que genera un producto o servicio, lo que a su vez puede derivar en una ventaja competitiva con el etiquetado ecológico.

**Palabras Clave:** Análisis del Ciclo de Vida, Impacto Ambiental, Economía Agrícola, Economía Ambiental, Recursos Naturales.

---

Tesis de Maestría en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales, División de Ciencias Económico Administrativas, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Byron Adrián Zayas Pérez

Directora de Tesis: Dra. Dixia Dania Vega Valdivia

## 9 General Abstract

The Life Cycle Analysis (LCA) is an environmental management tool whose purpose is to analyze objectively, methodically, systematically and scientifically, the environmental impact caused by the process of a product or service during its life cycle. Mexico, as a producer of pineapple as a fresh fruit, has positioned itself in the last 16 years within the 10 important countries highlighting the manufacture of the state of Veracruz at a national level. In this sense, the main objective of the work is to expose the LCA methodology, evaluating the environmental burdens caused by the production of pineapple in Los Tigres, Juan Rodríguez Clara, Veracruz, as an alternative to the Mexican agricultural producers of pineapple in the State of Veracruz as to the agricultural producers in general in the search or implementation of practices with low environmental impacts. The modalities of production that occur in the region are: conventional and under protected environment, which do not represent a great difference in environmental loads given by the similarity of chemicals used at the time of fertilization. The Environmental Economy mentions that the environment has become a restriction that must be taken into account in order to maintain the trajectory of development, if the trend of the economy continues to revolving around the conservation of resources, Mexico should consider the future commercial barriers that face polluting processes, promoting sustainability through the LCA methodology, which provides information on the environmental impact generated by a product or service, to promote political and social actions, mitigating the impact, generating a sustainable economic development, and in turn to obtain a competitive advantage with eco-labeling.

**Keywords:** Life Cycle Analysis, Environmental Impact, Agricultural Economics, Environmental Economics, Natural Resources.

---

Thesis, de Maestría en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales,  
División de Ciencias Económico Administrativas, Universidad Autónoma Chapingo.

Author: Byron Adrián Zayas Pérez

Advisor: Dra. Dixia Dania Vega Valdivia

# 1 INTRODUCCIÓN GENERAL

En este primer capítulo se habla de manera introductoria sobre la problemática ambiental que se detecta en casi todos los ámbitos de la economía, de ahí la necesidad de conocer el origen y la evolución de la metodología Análisis del Ciclo de Vida que propone encontrar una posible solución al dilema que significa producir sin dañar el medio ambiente.

## 1.1 Planteamiento del problema

Los objetivos de desarrollo sostenible abordan los desafíos ambientales que el mundo enfrenta con el fin de mejorar la vida de manera sostenible para las generaciones futuras, uniendo a los países en la búsqueda de un cambio positivo en beneficio de las personas y el planeta. El objetivo número doce que lleva por nombre producción y consumo responsable, centra la búsqueda de un crecimiento económico y desarrollo sostenible, ya que se necesita con urgencia reducir la huella ambiental mediante un cambio en los métodos de producción y consumo de bienes y recursos. Lograr el cumplimiento del objetivo sería a través de un uso eficiente de los recursos naturales disponibles y la forma en que se eliminan los desechos tóxicos y contaminantes (PNUD, 2018).

El intensivo uso de recursos naturales en la producción agrícola preocupa que obstaculice alcanzar una producción con baja huella ambiental y que a su vez garantice una seguridad alimentaria en el mundo, ya que con las producciones actuales no se logra satisfacer la demanda en una gran proporción de la población mundial en sus necesidades básicas. Añadiendo a ésta problemática el incremento que ha presentado la demanda del consumo de bienes de origen agrícola entre países, que se derivan de las recomendaciones médicas y de la disminución o desaparición del área con fines productivos de algún país (Leos y Fortis, 2003).

México se ve favorecido al tener una amplia biodiversidad propicia para el sector agrícola, de ahí sus grandes volúmenes de producción en comparación con otros países. Al contar con una ubicación estratégica, lo transforma en un país favorecido en la producción y proveedor de alimentos a nivel internacional (Jiménez y Chaidez, 2013). En el 2014 contó con una superficie sembrada de 22.2 millones de ha., una producción anual en ganadería de 28.87 millones de ton., y una producción pesquera nacional en toneladas de 1.75 millones. (SAGARPA, 2014). Mientras que el incremento real del 2.3% que registró el PIB mexicano en el primer semestre del 2017 respecto al mismo periodo del año anterior, la aportación de las actividades primarias representó el 3.3%, aun cuando la tendencia que registró las actividades primarias cayeron 2% en el segundo trimestre frente al trimestre previo. (GobMx, 2017)

Los datos anteriores permiten visualizar la importancia de las actividades agropecuarias y su contribución al fortalecimiento de la economía, no obstante, es importante reconocer que también son generadoras de grandes impactos en el medio ambiente, las actividades agrícolas consumen del 70% de agua dulce disponible, también las actividades agropecuarias se identifican como responsables del vertido de químicos, materia orgánica, desechos, sedimentos y sales, la FAO ha logrado identificado en los últimos veinte años, una nueva clase de contaminantes en forma de fármacos como los antibióticos y las hormonas que fueron empleados en la ganadería, los cuales tienen como destino final las fuentes hídricas y los ecosistemas, representando un alto riesgo para la salud, en el mismo estudio resaltan que los cultivos tiene una estrecha relación con el uso de pesticidas y elementos químicos como el potasio o el magnesio que de igual forma llegan al agua; las actividades ganaderas y los cultivos representan una amenaza por el exceso en la utilización de nitrato, fosfato y otros nutrientes como fertilizantes para el medio ambiente (FAO, 2018).

Las alternativas para contrarrestar tales efectos han llevado al sector privado a generar una proliferación en los mecanismos de producción-cultivo, la implementación de tecnologías en sus procesos, y la especialización haciendo frente a los retos que enfrentan las actividades primarias, de igual forma estas opciones conllevan a generar una producción con un alto valor en los mercados globales, al grado de impulsar el desarrollo de las regiones vinculadas al comercio (Maya, 2011). Mientras que otros autores mencionan que aun cuando la tecnología está presente en las actividades agroindustriales, ésta no puede ser considerada de un dinamismo de alto valor en la competitividad global, pero, las actividades primarias merecen un trato especial ya que en ella recae el acceso a la seguridad alimentaria de cada nación e inclusive desenvuelve un papel importante al ser un pilar de la economía para regiones con índices altos de pobreza (Mercado y Córdova, 2011). Sin embargo, en un estudio realizado para la CEPAL en el 2003, la autora destaca que las empresas adoptan cambios en sus procesos productivos y de certificación por las exigencias de los clientes locales y del exterior, pues comienzan a solicitar información detallada de las gestiones ambientales en que la empresa incurre, la autora percibe que en un plazo no muy largo la certificación ISO 14001 se volverá un requisito de mercado (Chidiak, 2003).

La creciente población<sup>1</sup> analizada en un contexto mundial o en un escenario específico, presenta una correlación positiva con el aumento de la demanda de productos agrícolas y con el impacto que la producción y los hombres tienen en el medio ambiente, como ya se explicó anteriormente. Dichos efectos comprenden la serie de problemas ambientales mencionados por FAO como la contaminación del agua y se debe tomar en cuenta también los efectos como la sobre explotación de zonas productivas, dilapidación y destrucción de espacios fértiles y degeneración de la biodiversidad.

---

<sup>1</sup> México pasó del 2005 con 103 263 388 de habitantes a un total de 112 336 538 habitantes en el 2010, según INEGI.

En México se han identificado riesgos ambientales que enfrenta la población como a la mala calidad del aire, la exposición a sustancias químicas, alteraciones climáticas, acceso a agua no segura para beber (Hurtado, 2015), que afecta a la salud de los mexicanos ocasionado por la alta contaminación. Resultaría erróneo pensar que solo las actividades en el sector agrícola tienen un efecto contaminante en la biodiversidad, destrucción de espacios fértiles y deterioro de mantos acuíferos, la mayoría de las empresas con actividades de producción industrial generan efectos en la naturaleza, de igual forma el sector servicios como generadores de grandes volúmenes de basura y demandantes de recursos, contribuyen a ello.

Todas las afectaciones señaladas contribuyen a generar cambios bruscos en el clima, de acuerdo a lo señalado por GREENPACE, SAGARPA Y FAO en el año 2012, lo que habrá de verse reflejado negativamente en la producción agrícola a nivel mundial. En el caso de México, implica que prevalezcan las sequías en el norte del país, intensas heladas e inundaciones en el centro, mientras que el sur aumentará la presencia de lluvias extremas y huracanes (GREENPEACE, 2012), (SAGARPA Y FAO, 2012).

El concepto de desarrollo sustentable acentúa la estrecha relación entre la economía y el ambiente, como lo hace la Educación Ambiental (EA), pero enfatiza el polo desarrollista de la problemática. El ambiente ha llegado a ser una restricción que debe tomarse en cuenta a fin de mantener la trayectoria del desarrollo. La dominación de la naturaleza toma la forma de control o gestión del ambiente (Sauvé, 1999). De acuerdo con (Romero, 2003), la EA es un tema que en la actualidad toma relevancia, pues, existe una preocupación colectiva sobre el medio ambiente y el legado que se deja a las futuras generaciones. En el marco de la globalización de las economías no es posible estar al margen de esta preocupación.

En estos días, los consumidores son más exigentes, tanto en la conservación de los recursos naturales y en la protección del medio ambiente, como en la calidad de los productos y servicios que reciben. Por tal motivo, la industria enfrenta el reto de producir con alta calidad y satisfacer las expectativas de los consumidores y de otras partes interesadas en el tema de la protección del medio ambiente (Romero, 2003).

La creciente conciencia con respecto a la importancia de la protección ambiental, y los posibles impactos asociados con los productos y servicios, tanto manufacturados como consumidos, han aumentado el interés por el desarrollo de métodos para comprender mejor y tratar esos impactos. Una de las técnicas desarrolladas, en este sentido, es el Análisis del Ciclo de Vida (ACV o LCA, Life Cycle Assessment), cuya base parte de la Norma Internacional ISO 14040 que fue preparada por el Comité Técnico ISO/TC 207, Gestión Ambiental, Subcomité 5. ISO (Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). El trabajo de preparación de las Normas Internacionales normalmente se realiza a través de los comités técnicos de ISO. Cada organismo miembro interesado en una materia para la cual se haya establecido un comité técnico, tiene el derecho de estar representado en dicho comité. Las organizaciones internacionales, públicas y privadas, en coordinación con ISO, también participan en el trabajo (ISO 14040, 2006).

El escaso conocimiento que hay sobre la metodología de ACV en México lo posiciona en desventaja ante un panorama internacional, ya que en el caso de Europa para disminuir las emisiones de gases efecto invernadero se están proponiendo políticas complementarias a las ya existentes.

En Regiones de España se financia la huella de carbono que generan los productos agroalimentarios. Francia por su parte con su Ley Grenelle II, desde el 2011, implementa una medida de barrea a la importación de productos, ya que dicha ley exige que se informe de manera obligatoria al consumidor a través del etiquetaje, el impacto medio ambiental que el producto genera al consumir los recursos naturales durante todo el ciclo de vida (Moreu, 2010).

## **1.2 Justificación**

El ACV puede ayudar según sus creadores, no sólo a obtener indicadores de desempeño ambiental, sino, a identificar mejoras en las distintas etapas de un bien, otorgando a su vez información a los tomadores de decisiones. Pero, su influencia abarca los objetivos buscados en la Educación Ambiental (EA).

En Antón (2012), los Análisis del Ciclo de Vida se desarrollaron, en un principio, para el estudio de procesos industriales. Dentro de la industria, los ACV se han empleado, tradicionalmente en el desarrollo de productos menos contaminantes. También se han utilizado para mejorar la política ambiental de la empresa. Asimismo, resulta un instrumento eficaz en el desarrollo de los criterios necesarios para las etiquetas verdes.

México ha firmado acuerdos y tratados internacionales<sup>2</sup> con diferentes países, la implementación se traduce como estrategias de comercio que entran dentro de los objetivos de las políticas públicas efectuados por el Estado, para impulsar el posicionamiento del país en el comercio mundial, elevar los flujos de mercancía entre naciones, de igual manera, para tener acceso a bienes en los cuales no hay especialización, existe una demanda no satisfecha y/o no se

---

<sup>2</sup> México cuenta con una red de 11 tratados de libre comercio con 46 países (TLCs), 32 acuerdos para la promoción y protección recíproca de las Inversiones (APPRI) con 33 países y 9 acuerdos de alcance limitado (acuerdos de complementación económica y acuerdos de alcance parcial) en el marco de la Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI), (Secretaría Gobierno, 2016).

cuentan con los recursos para su obtención. Sin embargo, de la apertura comercial y centrando el estudio sólo a productos agrícolas se derivan una serie de temas apreciables los cuales deben beneficiarse de un análisis a profundidad, sea cual sea, el propósito de cualquier investigación, para la obtención de un conocimiento amplio y claro de los resultados. Ya que los intercambios comerciales entre países en el mundo ha generado una demanda de recursos naturales para la obtención de productos agrícolas, el aumento de la demanda de las economías emergente por recursos naturales, junto con el alto nivel de consumo y uso de recursos registrados en los países más desarrollados, contribuyen a un aumento sin precedentes del consumo de recursos naturales en las últimas dos décadas (Frohmann, et al., 2015).

El tema agrícola tiene una relevancia importante en las diferentes formas de abordarle, pero, cuando se enfoca el estudio en la implementación de normas y el compromiso de cada productor en lo económico, social y ambiental, surgen interrogantes aún por encontrar; éstos resultan temas de intereses para investigadores como (Vásquez y Cabral, 2001), (Leos y Fortis, 2003), (Villafán y Ayala, 2012), (Jiménez y Chaidez, 2013) y (Avendaño, et. al., 2015), por citar algunos. Cuando las empresas son generadoras de grandes volúmenes y dispuestas a llevar su producto a mercados cada vez más lejanos a los que abarcan, se encuentran con el compromiso de cumplir normas a nivel nacional e internacionalmente<sup>3</sup>, para satisfacer las exigencias de los mercados en la obtención de productos sanos, con calidad y de empresas comprometidas con el medio ambiente.

---

<sup>3</sup> El objetivo de estas normativas es brindar a los productores un marco general de requisitos para reducir los riesgos de contaminación a lo largo de todas las etapas de la producción de alimentos, con el fin de fortalecer el sistema de abastecimiento alimentario bajo formas de producción más seguras (Jiménez y Chaidez, 2013).

Según los datos que presenta el Banco Mundial, la participación que tiene la agricultura en el Producto Interno Bruto (PIB) de México, no es superior a 5%, en los últimos quince años (Banco Mundial, 2018), es un dato aparentemente nada relevante si se compara con los otros sectores, debemos recordar la existente cadena de valor que un bien final representa en toda la fragmentación que hay desde su producción hasta el consumo. Veracruz es un estado con actividades en el sector minero, pesquero, comercial, industrial, energético y agrícola, en éste último ha presentado una variación significativa decreciente en la importancia que tiene el valor de la producción pasando del 7.99% en el 2010 a 7.04% en el 2014, aun cuando la importancia de la superficie cosechada presenta un ligero incremento del 6.68% en el 2010 al 6.83% en el 2014, datos obtenidos de (INEGI, 2014).

La labor de impulso al campo para elevar el valor de la producción y las hectáreas cosechadas mediante subsidios ha sido en grandes proporciones, pero, los recursos según González y Orrantia (2006) deberían ser distribuidos de tal manera que se abarcaran temas en infraestructura de riego y de transporte, educación y capacitación, seguros agrícolas, investigación, entre otras; prioridades que el sector privado debe de tener muy presente para la obtención de producciones competitivas ante las exigencias de cualquier mercado. El sector agrícola es de gran relevancia no sólo para el dinamismo de la economía, sino que debemos de recordar la importancia de la producción para garantizar la seguridad alimentaria de la población. A medida que la población mundial crece aceleradamente la producción agrícola tiene que aumentar proporcionalmente (Jiménez y Chaidez, 2013).

Para poder abarcar esta demanda en aumento se debe de garantizar la inocuidad en la producción, formando empresas con etiquetas responsables socialmente para obtener como resultado un alza en el valor de la producción, posicionando y elevando los productos de origen mexicano en el mundo. Sin embargo, debemos tener muy presente que, al referirnos a una producción agrícola sustentable, no hace referencia a que las prácticas utilizadas son necesariamente técnicas orgánicas.

En este trabajo se presenta la descripción de la metodología del Análisis del Ciclo de Vida y se realiza un ejercicio práctico para el cultivo de la piña variedades Cayena Lisa y MD2 en Los Tigres, Juan Rodríguez Clara, en el estado de Veracruz. Dar a conocer la metodología de ACV en el caso de estudio para la piña contribuirá a exponer una alternativa a los productores agrícolas mexicanos en la búsqueda o implementación de prácticas con bajos impactos ambientales. Dando una posición atractiva de productos calificados para su exportación a mercados europeos.

Veracruz es un estado con actividades en el sector minero, pesquero, comercial, industrial, energético y agrícola, en éste último ha presentado una variación significativa decreciente en la importancia que tiene el valor de la producción agrícola pasando del 7.99% en el 2010 a 7.04% en el 2014, aun cuando la importancia de la superficie cosechada presenta un ligero incremento del 6.68% en el 2010 al 6.83% en el 2014, datos obtenidos de (INEGI, 2014).

### **1.3 Objetivo General**

Aplicar la metodología de Análisis del Ciclo de Vida (ACV), evaluando las cargas ambientales que ocasiona la producción de piña en Los Tigres, Juan Rodríguez Clara, Veracruz.

Es importante señalar que la aplicación de la metodología de ACV en el caso de la piña constituye una alternativa para los productores agrícolas mexicanos tanto de este producto en el estado de Veracruz como para los productores agrícolas en general en la búsqueda o implementación de prácticas con bajos impactos ambientales.

### **1.3.1 Objetivos Específicos**

Evaluación de las dos especies de piña que se producen mediante el desarrollo de un ACV.

Comparar desde un punto de vista ambiental la producción convencional y ambiente protegido, en la localidad de estudio, bajo las formas de producción convencional y protegida.

Cuantificar el consumo de los recursos utilizados en la producción convencional y protegida, de las dos variedades, desde la siembra hasta la cosecha.

### **1.4 Hipótesis**

Las mayores cargas ambientales se ocasionan cuando la producción de piña se da bajo la modalidad convencional.

La hipótesis se infiere del hecho de que los productores tienden a utilizar un menor número de insumos, sin embargo, el poco rendimiento obtenido que tiene la producción convencional por hectárea da un incremento de los recursos que se utilizan en la obtención de un kilo gramo de piña. En contraste con la producción agrícola bajo ambiente protegido, esta tiende a utilizar grandes cantidades de insumos, pero, su alto rendimiento podría justificar a largo plazo seguir manteniendo las técnicas de ambiente protegido utilizadas.

## **1.5 Contenido de la tesis**

El capítulo primero tiene como fin introducir, los aspectos relevantes de la investigación explicando de forma global la problemática detectada y el objetivo que se persigue.

El segundo capítulo trata sobre la descripción del cultivo de la piña, las características que debe cumplir como producto fresco y también las que debe cumplir el terreno donde debe ser sembrado.

En el capítulo tercero se aborda sobre el contexto económico que tiene la producción de piña desde un escenario mundial hasta uno de carácter regional que considera la localidad objetivo del estudio.

En el capítulo cuarto se realiza la descripción metodológica bajo la normativa que expone la Organización Internacional de Normalización para cumplir con el ACV planteado, y los antecedentes de los análisis realizados en otros trabajos.

En el capítulo quinto aborda la aplicación y desarrollo de las fases que conlleva el ACV de la producción de piña en la localidad de estudio, bajo la modalidad de producción convencional y en ambiente protegido, explicando a detalle los pasos que sigue el análisis bajo la normativa expuesta en el capítulo anterior.

En el sexto capítulo se exponen los resultados obtenidos, mediante el software Sima Pro, así como la identificación de las cargas ambientales que el paquete arrojó en las modalidades de producción estudiadas.

Séptimo capítulo se desarrollan las conclusiones a las que se llegó realizando la investigación.

## **2 EL CULTIVO DE LA PIÑA**

En este capítulo se exponen el origen y las características el proceso productivo de la piña, la descripción del cultivo, las características que debe cumplir como producto fresco y también las que debe cumplir el terreno donde debe ser sembrado.

### **2.1 Origen de la piña**

La piña es una planta tropical que desarrolla una excelente calidad en los lugares cálidos donde se cultiva. Es un fruto muypreciado en los mercados internacionales por su exquisito sabor, no sólo en su estado natural como fruta fresca, sino también en forma de productos elaborados (Montilla, et. al., 1997).

La Piña cuyo verdadero nombre de origen guaraní es Anana, de donde proviene su nombre científico (Montilla, et. al., 1997). En (Dussel, 2002) el caso de México, la piña Cayena Lisa la introdujo a inicios del siglo XX el estadounidense Frank Peter, quien trajo vástagos de Hawái para su cultivo en Veracruz, en la región de Tezonapa y en Oaxaca en Loma Bonita, mientras que el híbrido MD2, desarrollado por la empresa Del Monte, se ha convertido crecientemente en la principal variedad de las empresas transnacionales estadounidenses; su color, firmeza y sabor diferente a las variedades conocidas, además de que la forma de la fruta es completamente cilíndrica y de menor tamaño, repercuten en un precio superior.

Un factor fundamental para la temprana y rápida distribución de este cultivo radica en la resistencia de las partes vegetativas de la planta a la desecación, lo cual la capacita para resistir viajes de muchos meses (Montilla, et. al., 1997).

La piña es el tercer fruto tropical más importante. La mayoría de la piña se consume como fruta fresca (Montilla, et. al., 1997). Es considerada una de las principales frutas tropicales y es superada en este rubro sólo por la producción mundial de plátano, los cítricos y los mangos (Dussel, 2002).

La piña es un cultivo de amplia distribución en el trópico, donde el principal factor que limita su extensión es la temperatura; la planta no puede sobrevivir a las heladas y su crecimiento se retarda tanto más cuanto más baja es la temperatura media (Montilla, et. al., 1997). Con el aumento del comercio marítimo desde mediados del siglo XIX también comenzó el comercio de piñas, inicialmente con la planta entera de Bahamas al Reino Unido y a inicios del siglo XX se iniciaron exportaciones de piña de Cuba y Puerto Rico a Estados Unidos, las cuales competían con los productores de Florida (Dussel, 2002).

Con la destrucción de plantaciones durante la segunda guerra mundial y la revolución en Cuba una serie de países, incluyendo a México, se vieron beneficiados y crearon una industria propia para proveer de piña a Estados Unidos y otros mercados (Dussel, 2002).

## **2.2 Monografía del cultivo de la piña**

La monografía del cultivo se extrae de un cuadernillo, que en conjunto con otros 28 completan la investigación de la Planeación Agrícola Nacional 2017-2030, en su primera edición 2017, realizada por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2017) y del Programa Estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur-Sureste de México (Uriza, 2011).

### **2.2.1 Características de la piña**

Fruto ovalado y grueso que mide 30 cm de largo y 15 cm de diámetro, su promedio. Su pulpa comestible está rodeada de brácteas verdes que pasan a anaranjadas al madurar, formando la piel del fruto. En el extremo superior las brácteas se transforman en una corona de hojas. Su pulpa, amarilla o blanca, es carnosas, aromática, jugosa y dulce. En su interior hay un tronco fibroso duro que va desde la corona al pedículo.

### **2.2.2 Condiciones edáficas y clima de la piña**

**Temperatura:** El crecimiento de raíces y hojas es prácticamente nulo a temperaturas menores a 21 °C y mayores a 35 °C; el máximo crecimiento ocurre entre 30 y 31 °C; y el mejor desarrollo de la planta se obtiene cuando la temperatura anual está entre 24 y 27 °C.

**Precipitación:** pluvial media anual de 1,000 a 1,800 mm, preferentemente bien distribuida. En menos de 60 mm de lluvia se reduce la probabilidad de obtener cosechas abundantes y de calidad.

**Suelos:** El cultivo de la piña requiere suelos de buen drenaje, permeables, franco-limosos, y con pH de 5 a 6; debe evitarse la siembra en suelos arcillosos, de mala estructura y pobre drenaje.

**Pendiente:** preferentemente, menor al 6% o condicionada a la aplicación estricta de prácticas de control de la erosión.

**Vientos:** frecuentes no mayores a 50 km/h, o en su ocurrencia, procurar la protección de las plantaciones con malla-sombra para reducir sus efectos negativos sobre plantas y frutos.

**Altitud:** de hasta 250 metros, aunque en alturas mayores (hasta de 500 metros), sin excesos de nubosidad, existe la posibilidad de producir frutas de calidad aceptable.

### **2.2.3 Establecimiento de la plantación de la piña**

Este cultivo se puede sembrar todo el año siempre y cuando se cuente con un sistema de riego. Debe seleccionarse la semilla por tamaño y tipo para uniformar cada superficie plantada; necesita sembrarse a una profundidad adecuada de modo que al crecer y fructificar no se vaya a volcar por el peso de la fruta y el efecto del viento. Debe usarse una espátula que permita profundizar el hijuelo.

### **2.2.4 Usos de la piña**

Consumirla fresca es un placer; puede cortarse en cubitos y rebanadas. En la industria de los alimentos se elaboran jugos y concentrados, jaleas y preparaciones enlatadas. Con la cáscara se puede hacer vinagre, y combinada con agua, hasta cierto grado de fermentación, se obtiene una bebida llamada tepache.

## **2.3 Proceso productivo de la piña variedad md2**

El proceso productivo es extraído del Paquete Tecnológico Piña MD2 expuesto por (Uriza, 2011).

### **2.3.1 Preparación y acondicionamiento del terrero**

Una buena cama de siembra se logra con las siguientes labores, realizadas de manera oportuna y con alta calidad en su ejecución: chapeo, incorporación de residuos de cosecha, encalado dolomítico, barbecho, rastreos, nivelación, trazo de caminos primarios, secundarios y terciarios, así como la construcción de camas y drenes.

### **2.3.2 Acolchado plástico**

Esta práctica es opcional, pero, reduce la erosión del suelo, la lixiviación y el arrastre de los nutrientes al evitar que las gotas de lluvia o del riego por aspersión rompan los agregados del suelo y permitir que las plantas crezcan más rápido y cubran el terreno en un menor tiempo.

### **2.3.3 Riego**

Para las condiciones de los suelos donde se cultiva piña en México, los sistemas de riego recomendados son preferentemente, goteo, mientras que aspersión sería la opción secundaria.

### **2.3.4 Producción de material vegetativo**

La propagación de la piña es asexual y para establecer plantaciones nuevas se utilizan los brotes vegetativos que la planta madre emite en forma natural. Existen tres tipos de vástagos o hijuelos: 1) coronas, 2) clavos y 3) gallos.

### **2.3.5 Siembra**

Se debe garantizar que la base de los hijuelos quede totalmente en contacto con el suelo y no queden “bolsas de aire”, ya que ahí se generaran enfermedades fungosas o las raíces no desarrollan, dejando a la planta sin sustento y poco acceso al agua y nutrientes del suelo.

### **2.3.6 Control de malezas**

El control de malezas durante el ciclo de piña se basa en dos aplicaciones de los herbicidas (los propuestos por Uriza, son: Bromacil y Diuron, 2.0 kg + 2.0 kg por hectárea, respectivamente), complementadas con sus correspondientes deshierbes manuales dos o tres meses después para eliminar las malezas que escaparon a dichos tratamientos.

### **2.3.7 Fertilización**

La fertilización química se distribuye durante todo el período de cultivo, realizando en promedio dos o tres aplicaciones al suelo y de ocho a 15 aplicaciones foliares, en aspersión total. Las aplicaciones solidas se realizan en los meses dos y cuatro después de la siembra, mientras que las foliares a partir del mes seis hasta el 14, con una frecuencia quincenal. Posterior a la cosecha de fruta, se puede realizar una aplicación adicional si la plantación tiene como objetivo la reproducción de material vegetativo.

### **2.3.8 Control de plagas y enfermedades**

La eficiencia del control depende del ingrediente activo, calidad y presentación, edad del cultivo y dosis, humedad, temperatura y viento; equipo y calidad de la aplicación, así como de la oportunidad con que ésta se realice. Invariablemente debe privilegiarse su prevención, ya que su control resulta más costoso en términos económicos y ecológicos.

## **2.4 Proceso productivo de la piña variedad cayena lisa**

El proceso productivo de la variedad Cayena Lisa que incurren los productores en la localidad de Los Tigres, Veracruz, es el mismo para ambas plantaciones, no existe una distinción en el proceso, sólo se da la siembra de plantas según la variedad que se dese obtener.

### **3 MARCO ECONÓMICO**

En este capítulo se expone los temas sobre el contexto económico que tiene la producción de piña desde un escenario mundial hasta llegar a la región donde se realizó el estudio; con el objetivo de identificar el rendimiento obtenido por los productores y los espacios que ocupa la producción de piña en la región, para dar un panorama de la importancia que representa el cultivo para México.

#### **3.1 Contexto económico mundial de la piña**

El interés de conocer el proceso que tiene la piña en México, en específico, el que se da, en el municipio de Juan Rodríguez Clara, perteneciente al distrito de San Andrés Tuxtla, Veracruz, México; es por la creciente tendencia de la producción ha experimentado la zona en los últimos años. Según datos reportados en el portal Servicios de Información Agraria y Pesquera (SIAP), en el periodo del año 2000 al 2016, la producción estatal pasó de 519,285 tn. en el año 2003 a 569,045 tn. en el 2016, siendo 49760 tn. más producidas en los últimos 15 años. La inquietud por realizar el marco económico nace también por el limitado crecimiento que México como productor de piña presenta cuando hay una comparación de la producción anual en toneladas mexicanas respecto a otros países.

Los mayores productores de piña en el mundo son: Brasil, China, China Continental<sup>4</sup>, Costa Rica, Filipinas, India, México, Nigeria y Tailandia. En la Figura 1, se puede observar la participación que México tiene en la producción de piña, la cual, ha mantenido una tendencia creciente, como se observa lo han hecho los países de mayor producción en el mundo. No obstante, en el caso de México, el crecimiento es muy poco significativo en comparación con el resto de importantes productores como son Brasil, China y Costa Rica. De este último, convirtiéndose en uno de los principales exportadores de piña como fruto fresco

---

<sup>4</sup> Es la denominación convencional para la zona de China bajo la soberanía efectiva de la República Popular China, sin incluir a las regiones administrativas especiales de Hong Kong y Macao, antiguas colonias europeas, ni a la isla de Taiwán.

en los mercados mundiales, con una producción de piña de 2028 miles de tn. en el 2016 más de las que producía en el 2000. Mientras que México solo alcanzó una producción mayor de 353 miles de tn. en el mismo periodo (FAO, 2018).

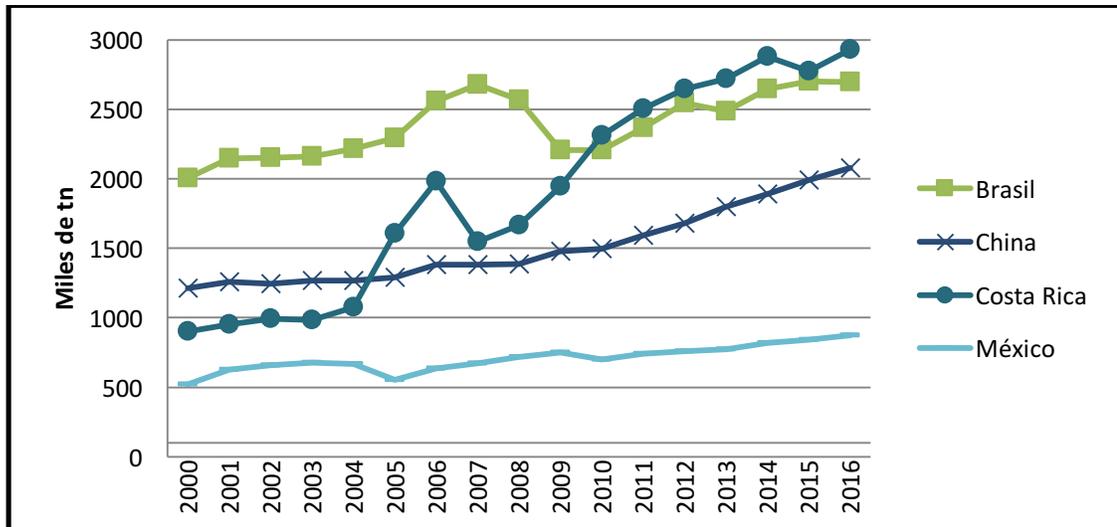


Figura 1. Producción anual de los principales países productores de piña en el mundo 2000-2016.

Fuente: Elaboración propia con base a datos disponibles en <http://www.fao.org/faostat>

Al comparar el área cosechada que México presenta respecto a países que también son importantes productores, es posible observar que nuestro país muestra el crecimiento más bajo durante el periodo 2000-2016, con un incremento de solo 7 mil ha., utilizadas para la producción de piña. Mientras tanto, Costa Rica que mostraba una misma dimensión de superficie cosechada con México, en los primeros años del periodo antes señalado, se puede observar en la Figura 2 un incremento del área cosechada en 31 miles de ha. Brasil uno de los mayores países en la producción de piña, pasó de 60 a más de 68 mil ha., de área cosechadas, mientras que en China el incremento fue de 23 mil ha.

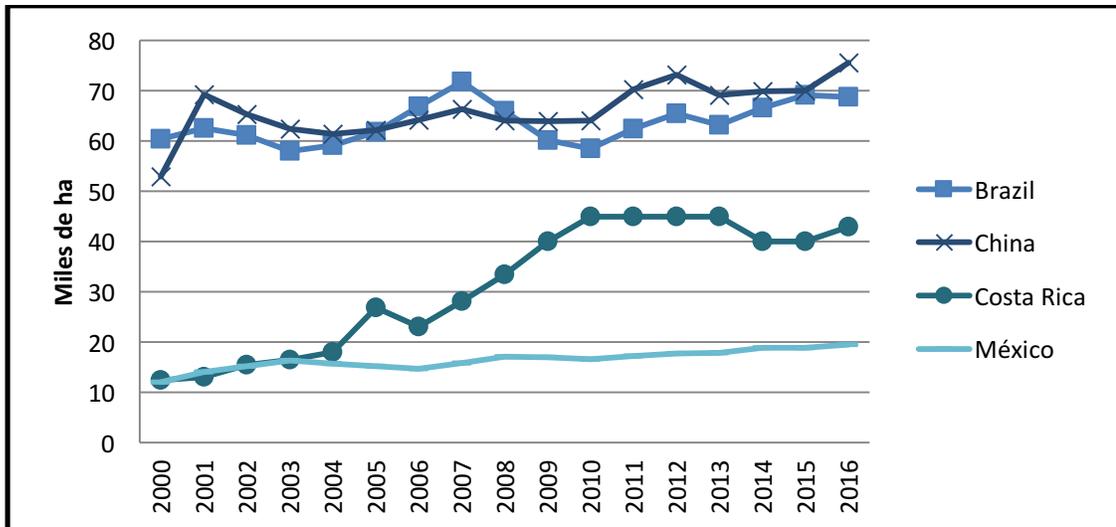


Figura 2. Área cosechada anual de los principales países productores de piña en el mundo 2000-2016.

Fuente: Elaboración propia con base a datos disponibles en <http://www.fao.org/faostat>

En algunos casos es importante hacer la distinción entre superficie sembrada y cosechada. México en 1998, por ejemplo, menos de la mitad de la superficie sembrada de piña fue cosechada (Dussel, 2002). Anterior a los años 90 había alcanzado su máximo nivel en la superficie sembrada y en la producción, como resultado de una serie de programas públicos y de la dinámica de la piña industrializada.

Con los datos de rendimiento de la producción de piña obtenidos por la FAO, se elabora la Figura 3, la cual muestra que México presenta rendimientos superiores a Brasil y China, siendo solo menor al obtenido por Costa Rica. Dussel (2002) explica que el rendimiento en México durante la década de los 90 es 50% inferior al de cultivos en Costa Rica y Hawái, particularmente debido a la menor densidad y al uso de variedades específicas. “La baja densidad de población utilizada en México se debe al agotamiento del suelo, la mala distribución de la lluvia, a los escasos recursos financieros de los productores y a que la producción se orienta fundamentalmente en fresco, el cual demanda un fruto de mayor tamaño que la industria” (Sánchez Peña/Caraveo López, 1996).

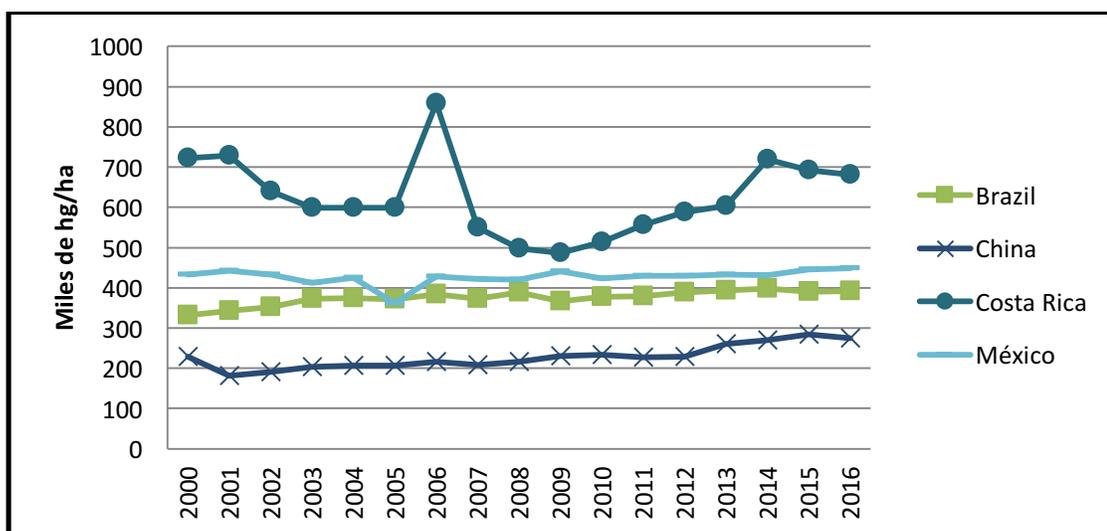


Figura 3. Rendimiento de los principales países productores de piña en el mundo 2000-2016. Fuente: Elaboración propia con base a datos disponibles en <http://www.fao.org/faostat>

Tabla 1. Rendimiento presentado por cada país según el año que le corresponde

Año	Tailandia	Brasil	Filipinas	China	India	Costa Rica	Nigeria	China Continental	México
2000	230.159	331.703	362.959	229.27	145.714	722.5	75.754	190.337	433.545
2001	226.151	342.672	364.886	181.571	152.5	729.114	76.047	143.266	442.091
2002	218.815	351.702	364.574	190.425	147.5	640	76.638	147.208	432.866
2003	233.287	372.507	356.241	203.229	145.556	598.5	76.397	156.249	412.977
2004	236.054	374.55	364.819	206.382	152.559	598.5	76.41	158.481	424.932
2005	222.312	371.028	363.348	207.288	154.457	598.5	76.395	164.835	361.705
2006	267.508	383.07	368.158	215.491	153.228	858.321	76.496	167.425	428.758
2007	298.074	372.628	373.571	208.205	156.552	549.41	76.596	164.562	421.618
2008	244.658	389.28	379.279	216.471	155.625	497.949	75	174.838	420.546
2009	209.017	366.673	373.748	231.01	159.643	486.514	80	193.425	440.588
2010	206.261	376.978	370.511	233.678	150.903	513.941	82.631	195.636	422.637
2011	250.762	378.588	384.352	226.635	158.989	556.051	82.296	192.107	429.536
2012	242.124	388.782	410.222	229.438	147.059	587.531	79.621	198.015	429.171
2013	242.509	392.986	404.636	260.248	149.619	604.391	80.13	229.151	432.267
2014	264.843	397.34	406.713	270.047	158.058	719.496	80.499	234.875	431.138
2015	252.377	390.678	411.179	284.317	171.034	692.894	80.869	247.177	445.517
2016	242.889	392.226	400.536	274.822	178.545	681.549	81.238	236.488	449.393

Fuente: Elaboración propia con base a datos disponibles en <http://www.fao.org/faostat>  
hg/ha: hectogramos sobre hectáreas

Por último y para tener claro la importancia de la producción que existe en México, en las Figuras 1, 2 y 3, se puede observar que la tendencia creciente del volumen de producción, se ve explicado, por el aumento que el área cosechada mexicana ha mostrado, y no por el rendimiento como país. Si bien, el rendimiento que México tiene cuando se compara con otros países, no es tan bajo. Claro ejemplo de que elevar el área de cosecha no significa elevar en grandes volúmenes la producción si se mantiene un rendimiento bajo, como se puede ver en la Tabla 1, el caso de Nigeria, con un rendimiento bajo y cuyas áreas de cosecha se incrementaron en 79 mil ha. del 2000 al 2016, no logra posicionarse como el mayor productor.

### **3.2 Contexto económico de la piña en Veracruz**

La alta participación que tiene el estado de Veracruz en el valor de la producción nacional de piñas, se puede observar en la figura 4, manteniendo un promedio en los últimos 17 años de alrededor del 74%, si bien hay estados que han ido aumentando la participación, Veracruz sigue manteniendo su liderazgo, la inclusión de estados como Colima, Jalisco, Nayarit, Quintana Roo y Tabasco, se debe a la disminución de la producción del estado de Oaxaca.

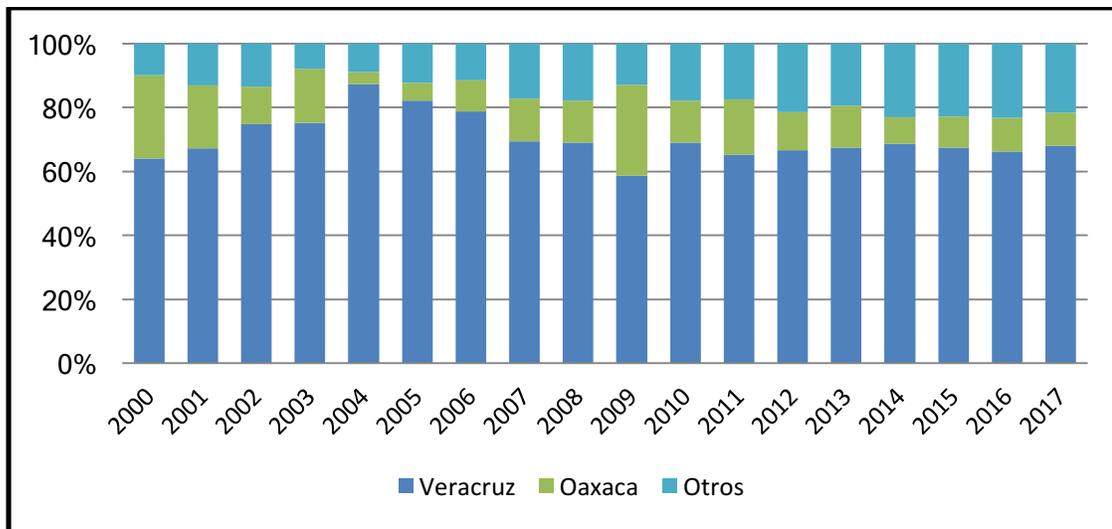


Figura 4. México: Participación porcentual de los estados mexicanos en la producción nacional, 2000-2017.

Fuente: Elaboración propia con base a datos disponibles en: <https://www.gob.mx/siap>

Las siguientes figuras 5 y 6, nos ejemplifican claramente la dimensión que el cultivo de la piña alcanza, en el suelo agrícola del estado de Veracruz. Destacando el hecho de que para mantener el liderazgo en producción los agricultores veracruzanos no están presentando un alto rendimiento, sino que simplemente han ido elevando la superficie sembrada.

Según Alanís (2012), los campos de México se asocian a muchas circunstancias adversas que determinan rendimientos agrícolas extremadamente bajos. Las condiciones geográficas, las calidades de los suelos y los regímenes climatológicos peculiares de grandes regiones, son contrarios a una agricultura de altos rendimientos. A estas causas naturales se agregan situaciones históricas, sociales, tecnológicas y económicas, que contribuyen a mantener los rendimientos agrícolas en niveles inferiores.

La producción de piña en el Distrito de los Tuxtla reúne las condiciones climáticas y geográficas que se requieren para una alta producción, sin embargo, los productores de piña no han podido adecuarse a los cambios que exige las condiciones del mercado mundial al sector agropecuario y alimentario, como hacer eficientes los procesos productivos mejorando su organización y desarrollo de nuevas tecnologías.

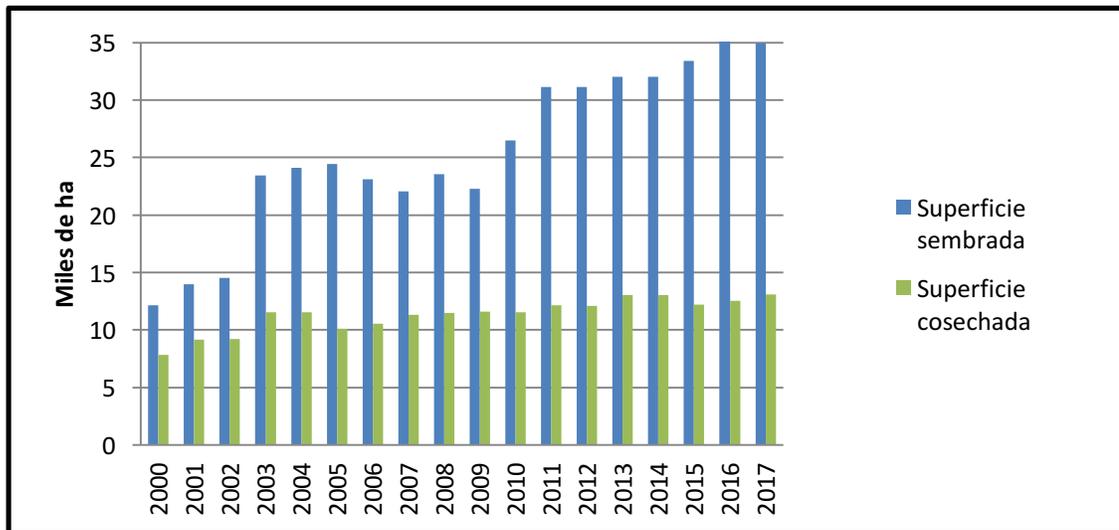


Figura 5. Superficie sembrada y cosechada de piña en el estado de Veracruz, 2000-2017.  
Fuente: Elaboración propia con base a datos disponibles en: <https://www.gob.mx/siap>

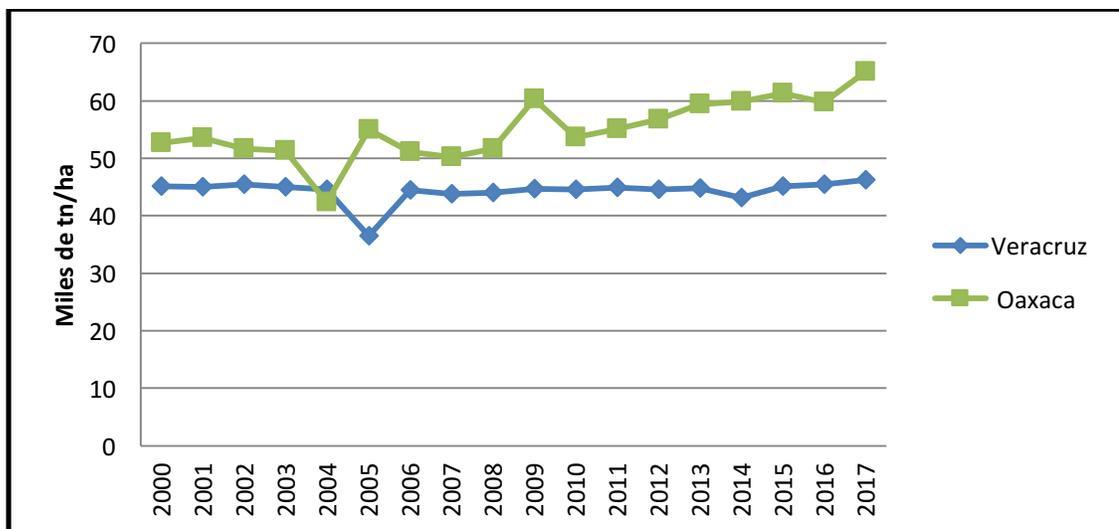


Figura 6. Rendimiento del cultivo piña en el estado de Veracruz, 2000-2017.  
Fuente: Elaboración propia con base a datos disponibles en: <https://www.gob.mx/siap>

Sin embargo, el municipio de estudio, tienen una alta participación con la producción de piñas, a nivel distrital, y a su vez en el estado, siendo la variedad Cayena Lisa, con mayor historial, seguida por la introducción de MD2, reflejando un alto porcentaje en el Valor de la Producción agrícola de la zona, como se puede observar en la Tabla 2, con el cual se puede afirmar que la economía del municipio tienen una alta dependencia con el proceso de la producción de las dos variedades que se plantan en la región.

Tabla 2. Participación porcentual de Juan Rodríguez Clara en el Distrito de los Tuxtla

<b>Año</b>	<b>Cayena Lisa</b>	<b>MD2</b>
2003	83.88%	0.00%
2004	81.89%	0.00%
2005	87.96%	0.00%
2006	88.36%	0.00%
2007	73.61%	0.00%
2008	76.17%	0.00%
2009	63.82%	0.00%
2010	88.37%	0.00%
2011	75.23%	1.09%
2012	62.22%	13.41%
2013	66.56%	12.14%
2014	62.25%	15.27%
2015	65.39%	12.04%

Fuente: Elaboración propia con base a datos disponibles en: <https://www.gob.mx/siap>

El municipio de Juan Rodríguez Clara muestra la misma problemática que presenta el estado de Veracruz cuando se compara el rendimiento, éste es menor al que presenta Oaxaca en la Figura 6, el bajo rendimiento que hay en el municipio, hace que la superficie cosechada sea muy inferior a la sembrada, pues apenas y se alcanza un 50 % de la cosecha. Con los datos disponibles en el sistema SIAP, hay un ligero decrecimiento de la superficie sembrada de la variedad Cayena Lisa y un aumento de MD2, ésta última siendo la que mayor demanda tiene según los agricultores en los últimos años, por su aspecto, color, sabor, en general, por todas las características atractivas no sólo para el mercado nacional, sino, para el mercado mundial.

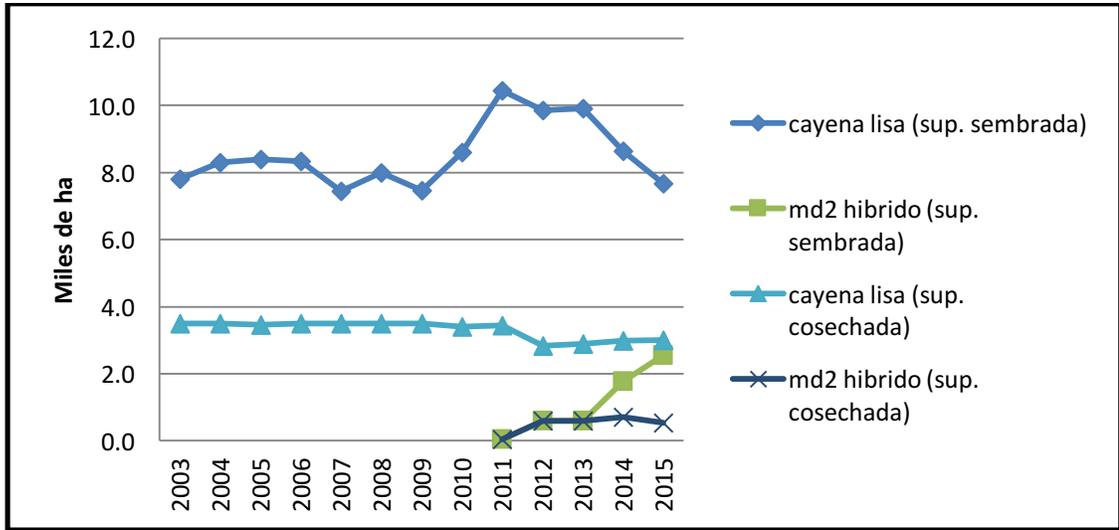


Figura 7. Superficie sembrada y cosechada de las variedades “cayena lisa y md2” del cultivo piña en Juan Rodríguez Clara del estado de Veracruz, 2000-2017.  
Fuente: Elaboración propia con base a datos disponibles en: <https://www.gob.mx/siap>

El alto volumen de la producción de piña que existe en el municipio, hace que la participación porcentual que se da en relación a todos los cultivos, de las dos variedades de piña que se siembran y cosechan en la región sea muy alta. En la Figura 8, se puede entender la gran dependencia que hay de los agricultores en el cultivo de la piña, pues, domina más del 70 %, en todos los años que se analizan, siendo el año 2009 el más bajo, pero, la tendencia a nivel mundial de la producción cayó en todos los países productores.

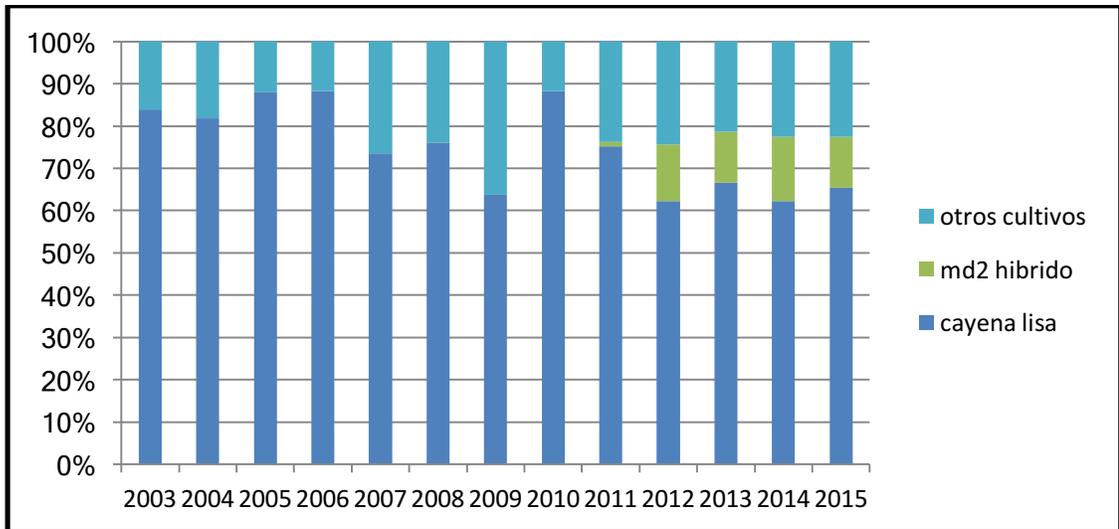


Figura 8. Participación porcentual de las variedades “cayena lisa y md2” del cultivo piña, en el valor total de todos los cultivos producidos, en Juan Rodríguez Clara del estado de Veracruz, 2000-2017.

Fuente: Elaboración propia con base a datos disponibles en: <https://www.gob.mx/siap>

## **4 MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se realiza la descripción general metodológica, bajo la normativa que expone la Organización Internacional de Normalización (ISO 14040, 2006), para cumplir un Análisis del Ciclo de Vida (ACV). Se explica los alcances y los límites que existen a la hora de realizar un análisis, así como las fases que intervienen desde un punto conceptual, el texto fue extraído de la normativa 14040:2006 y 14044:2006.

### **4.1 Antecedentes del análisis del ciclo de vida**

El ACV es una técnica que empezó a utilizarse en Estados Unidos en los años sesenta. Su evolución histórica se divide en dos períodos: el primero va desde los años sesenta hasta finales de los ochenta y el segundo, comenzó en 1990 y continúa en nuestros días (Haya, 2016). El desarrollo del ACV se originó casi simultáneamente en Estados Unidos y Europa, el primer ACV fue realizado en 1969 por el Midwest Research Institute (MRI) para la Coca-Cola, donde la premisa fundamental fue disminuir el consumo de recursos y, por lo tanto, disminuir la cantidad de emisiones al ambiente. Los estudios continuaron durante los años setenta, y grupos como Franklin Associates Ltd. junto con la MRI realizaron más de 60 análisis usando métodos de balance de entradas/salidas e incorporando cálculos de energía (Romero, 2003).

Entre 1970 y 1974, la Environmental Protection Agency realizó nueve estudios de envases para bebidas. En (Romero, 2003), los resultados sugirieron no utilizar el ACV en cualquier estudio, especialmente para empresas pequeñas, ya que involucra costos altos, consume mucho tiempo e involucra micro-manejo en empresas privadas. En Europa, estudios similares se realizaron en la década de los sesenta. En Gran Bretaña, Lan Boustead realizó un análisis de la energía consumida en la fabricación de envases (de vidrio, plástico, acero y aluminio) de bebidas. Pero fue a partir de los años ochenta cuando la aplicación del ACV se incrementó (Romero, 2003).

En (Romero, 2003), muchos ACV realizados han sido parciales (sólo se ha practicado la fase de inventario) y aplicados mayoritariamente al sector de envases (aproximadamente un 50%), seguidos de los de la industria química y del plástico, los materiales de construcción y sistemas energéticos, y otros menores como los de pañales, residuos, etc.

La aplicación de la metodología de ACV a productos primarios según Tilman y Clark (2014), nace a partir del año 2000, principalmente en Europa, iniciando en los países nórdicos y en Suiza, los estudios que se han realizados según la clasificación de los autores son: 1. Aceites, 2. Acuicultura circulante, 3. Acuicultura no circulante, 4. Arroz, 5. Aves de corral, 6. Azúcar, 7. Carne de rumiante, 8. Cebada, 9. Cerdo, 10. Cereales (excepto cebada, maíz y arroz), 11. Cerveza, 12. Cultivos azucareros, 13. Frutas templadas, 14. Frutas tropicales, 15. Huevos, 16. Lácteos, 17. Legumbres, 18. Maíz, 19. Mantequilla, 20. Oleaginosos, 21. Pesca de arrastre, 22. Pesquerías de arrastre, 23. Raíces almidonadas, 24. Soja, 25. Trigo, 26. Vegetales y 27. Vino.

La Sociedad de Toxicología Ambiental y Química define cuatro categorías finales de impacto claves en los ACV: 1. Salud del ecosistema, 2. Salud humana, 3. Agotamiento de recursos y 4. Bienestar social. Mientras que la Agencia Europea de Medio Ambiente identifica 10 categorías intermedias fundamentales: 1. Recursos abióticos, 2. Recursos bióticos, 3. Uso de la tierra, 4. Calentamiento global, 5. Disminución de la capa de ozono, 6. Impactos ecotoxicológicos, 7. Impactos toxicológicos, 8. Oxidantes fotoquímicos, 9. Acidificación y 10. Eutrofización entre las categorías más importantes (Niembro & González, 2010).

## **4.2 El análisis del ciclo de vida**

### **4.2.1 Concepto de análisis del ciclo de vida (ACV)**

El ACV es una herramienta de gestión medioambiental cuya finalidad es analizar de forma objetiva, metódica, sistemática y científica, el impacto ambiental originado por el proceso de un producto o servicio durante su ciclo de vida completo (esto es, de la cuna a la tumba). En los inicios de su uso se le denominaba también eco-balance o análisis del perfil ambiental (Haya, 2016).

Según Haya E., (2006), todos los ACV deben cubrir las mismas etapas, el nivel de detalle no es el mismo en todos ellos, ya que depende del objetivo a cubrir. Ello da lugar a la diferenciación de tres tipos de ACV:

#### **4.2.1.1 ACV conceptual**

Es el ACV más sencillo. Se trata de un estudio básicamente cualitativo, cuya finalidad principal es la identificación de los potenciales impactos que son más significativos. Los datos que se utilizan son cualitativos y muy generales.

#### **4.2.1.2 ACV simplificado**

Es el segundo en escala de complejidad. Consiste en aplicar la metodología del ACV para llevar a cabo un análisis selectivo (tomando sólo en consideración datos genéricos y abarcando el ciclo de vida de forma superficial), seguido de una simplificación (centrándose en las etapas más importantes) y un análisis de la fiabilidad de los resultados.

#### **4.2.1.3 ACV completo**

Es el nivel más complejo. Consiste en realizar un análisis a detalle, tanto del inventario como de los impactos, de forma cualitativa y cuantitativa.

Desde la preparación de la Norma Internacional ISO 14040 por parte del Comité Técnico ISO/TC 207, Gestión ambiental, Subcomité SC 5, en 1994. Llega la segunda edición de la norma ISO 14040 (Gestión Ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Principios y Marco de referencia), junto con la Norma ISO 14044: 2006

(Gestión Ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Requisitos y Directrices), quedando como referencia para la realización de un ACV. Y se anulan y reemplazan las siguientes: Norma ISO 14041: 1998, ISO 14042: 2000 e ISO 14043: 2000 que han sido revisadas técnicamente (ISO 14040, 2006) (ISO 14044, 2006).

En la Figura 9, se representa en una forma simplificada el proceso por el cual las etapas de un ACV deben pasar:

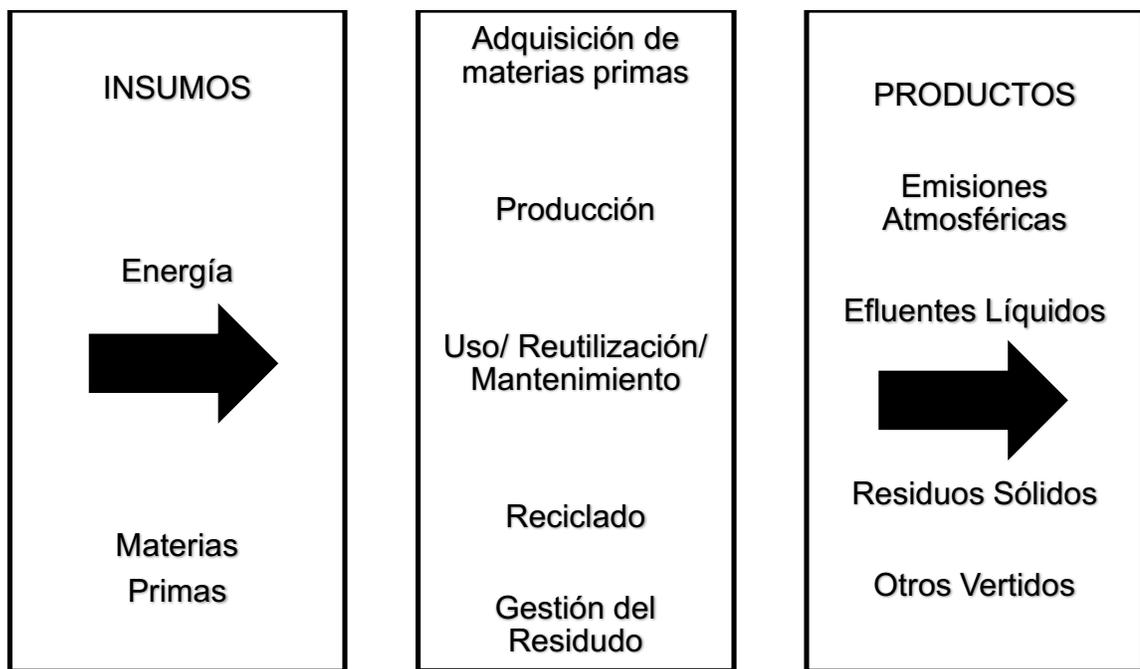


Figura 9. Diagrama simplificado de los procesos en un ACV.  
Fuente: Elaboración propia con base a datos disponibles en (ISO 14040, 2006).

#### 4.2.2 Alcances en un ACV

Los alcances que conforman el ciclo de vida, es habitual encontrarse con alcances diferentes en el desarrollo de un ACV, siendo los más habituales (Haya, 2016):

- De la puerta a la puerta (gate to gate): considera únicamente las actividades (proceso productivo) de la empresa a la que se aplica.
- De la cuna a la puerta (cradle to gate): toma en consideración desde la extracción y acondicionamiento de materias primas hasta el proceso productivo de la empresa.
- De la puerta a la tumba (gate to grave): considera el proceso productivo de la empresa y abarca hasta la fase de gestión de los residuos a que da lugar el producto.
- De la cuna a la tumba (cradle to grave): estudia desde el acondicionamiento de las materias primas hasta la gestión última de los residuos (reciclaje u otros).
- De la cuna a la cuna (cradle to cradle): considera el ciclo de vida completo del producto, ya que abarca desde el acondicionamiento de las materias primas hasta que el producto, tras quedar fuera de uso, es reintroducido en el mismo proceso productivo o en otro.

En la siguiente Figura 10, se puede ver con claridad los alcances que pueden tener cada estudio que se realiza, si bien, existen guías que mencionan la existencia de tres alcances (a, b y d), la autora incorpora nuevas limitaciones (e y d), estas desde la complejidad de cada análisis que se desee abarcar.

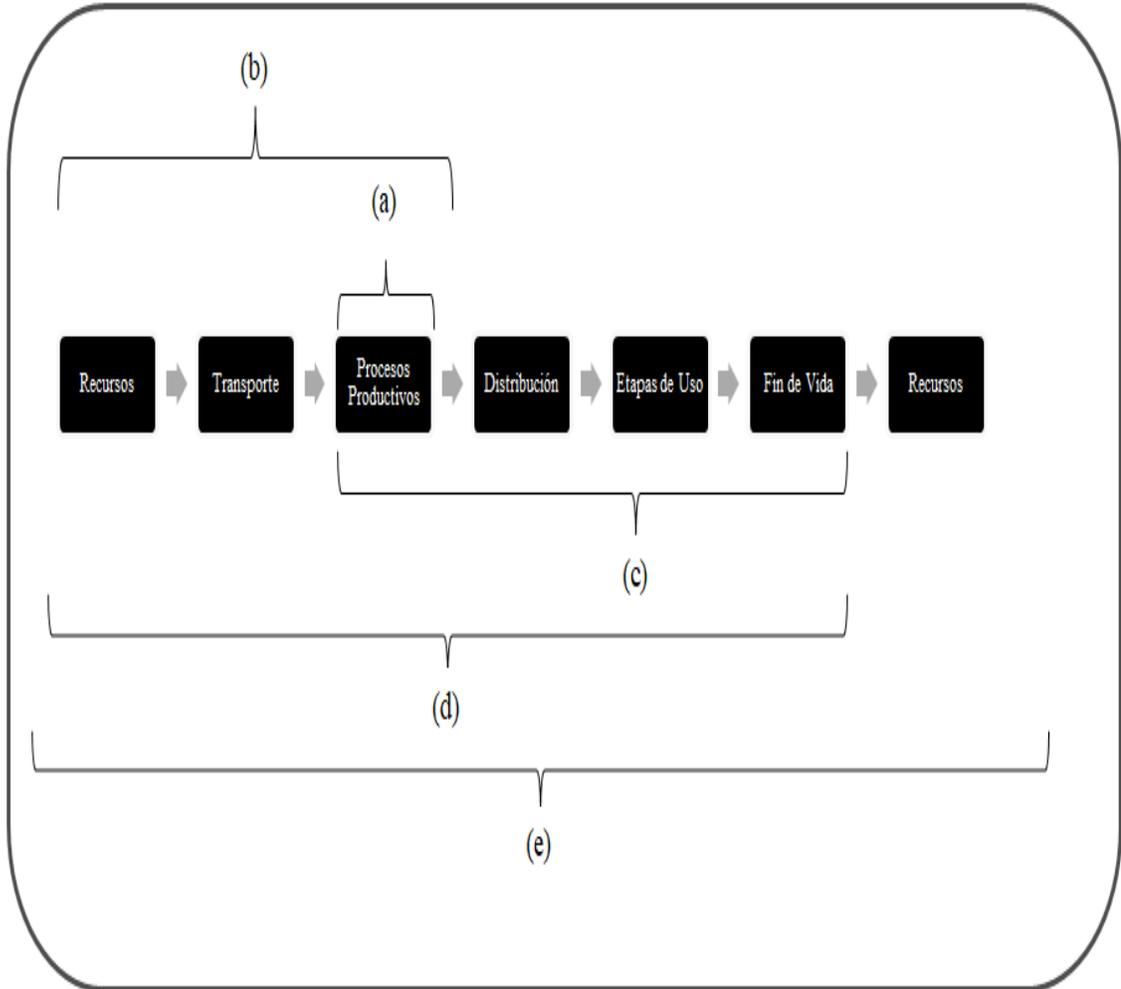


Figura 10. Etapas que conforman un ACV.  
Elaboración propia con base a (Haya, 2016).

### 4.3 Fases en un ACV

La normativa ISO propone en su metodología que un proyecto de ACV puede ser dividido en cuatro fases (ISO 14040, 2006):

#### 4.3.1 Definición del objetivo y el alcance:

La primera fase en el desarrollo de un ACV se empieza por la definición del objetivo(s) que el estudio tendrá como fin, explicando el(s) motivos por los que se pretende hacer el análisis. El objetivo debe tener claridad y coherencia de las razones para elaborar el estudio así como la esperada información a obtener.

Algo que también se debe de detallar es el uso que se le dará a los resultados, y si la información será de ámbito privado o público. Las comparaciones que pueden realizarse con un ACV deben ir enfocados aquellos servicios y/o cantidades de producto que llevan a cabo una misma función.

Aquí se especifica también los límites y el nivel de detalle que se quiera para alcanzar el estudio, ya que un ACV completo puede resultar de una extensión grande. Debe existir un reflejo claro del alcance del estudio, del sistema de producción al que se enfoca el análisis. Así como la unidad funcional que es aquella entendida como la unidad de referencia en el cual se expresaran, desde un punto de vista matemático, los tipos y fuente de datos de entrada y salida.

#### **4.3.2 Análisis del inventario (ICV):**

Esta fase se refiere a la recopilación de los datos, así como de los procedimientos que se hacen para el cálculo y con ello poder identificar los efectos ambientales que tendrán. Se especifican todas las entradas que se recolectaron, ya sea como materia o energía en el sistema y así tener las salidas que causan efectos en el medio ambiente. La realización de los cálculos adecuados para cuantificar las entradas (son las materias primas y las fuentes de energía) y salidas (son las emisiones al aire, agua y suelo) del sistema que se estudia. Es recomendable que los datos se obtengan a través de entrevistas, fuentes bibliográficas, datos certeros.

### 4.3.3 Evaluación del impacto ambiental (EICV):

La tercera fase comprende la realización de una evaluación con los resultados obtenidos en la fase 2, desde un punto de vista ambiental que es especificado en la fase 1. Los datos del inventario son clasificados en esta fase para ser asignados a cada categoría de impacto según el tipo de efecto ambiental esperado. Las categorías con las que se puede realizar una evaluación de impacto, pueden ser a un nivel de categorías intermedias o categorías finales del impacto, las cuales representan las consecuencias ambientales que se generan en los procesos o el sistema de productos.

El análisis de impacto del ciclo de vida y la asignación de las categorías se hacen siguiendo la siguiente matriz:

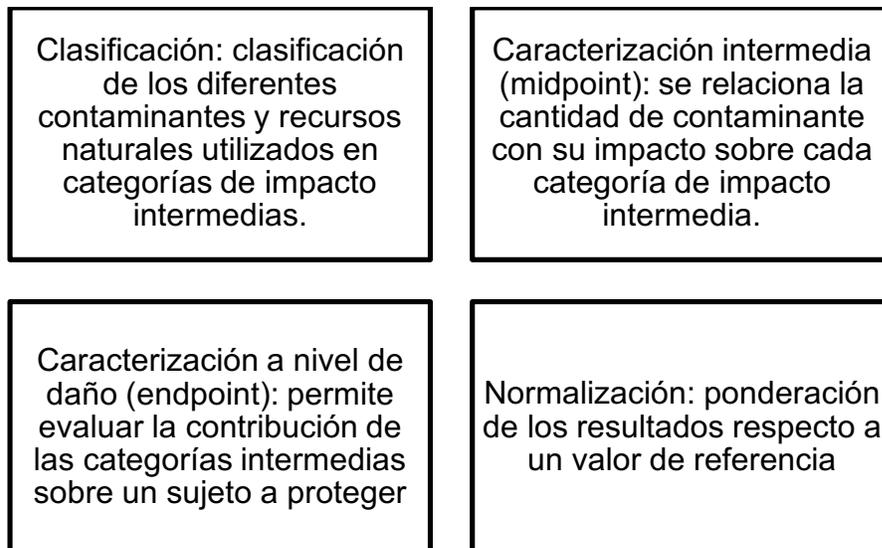


Figura 11. Elementos de una evaluación del impacto ambiental.

Fuente: Elaboración propia con datos de **(Gómez, 2014)**

Es importante señalar el alcance que tendrá el método de evaluación de impacto, ya que la diferencia de éste reside en dos opciones, la primera se considera las categorías finales de impacto y se obtendrá un efecto final llamado “endpoint”, y el segundo alcance de la evaluación sólo considerar los efectos intermedios, “midpoints” (Ilustración 1). Las categorías de impacto

ambiental intermedias se hallan más cercanas a la intervención ambiental, permitiendo, en general, modelos de cálculo que se ajustan mejor a dicha intervención. Éstas proporcionan una información más detallada de qué manera y en qué punto se afecta el medio ambiente. Y las categorías finales de impacto son variables que afectan directamente a la sociedad, por lo tanto, la elección realizada es más relevante y comprensible a escala global (Udo de Haes, et. al., 1999b) y (Antón, 2012).

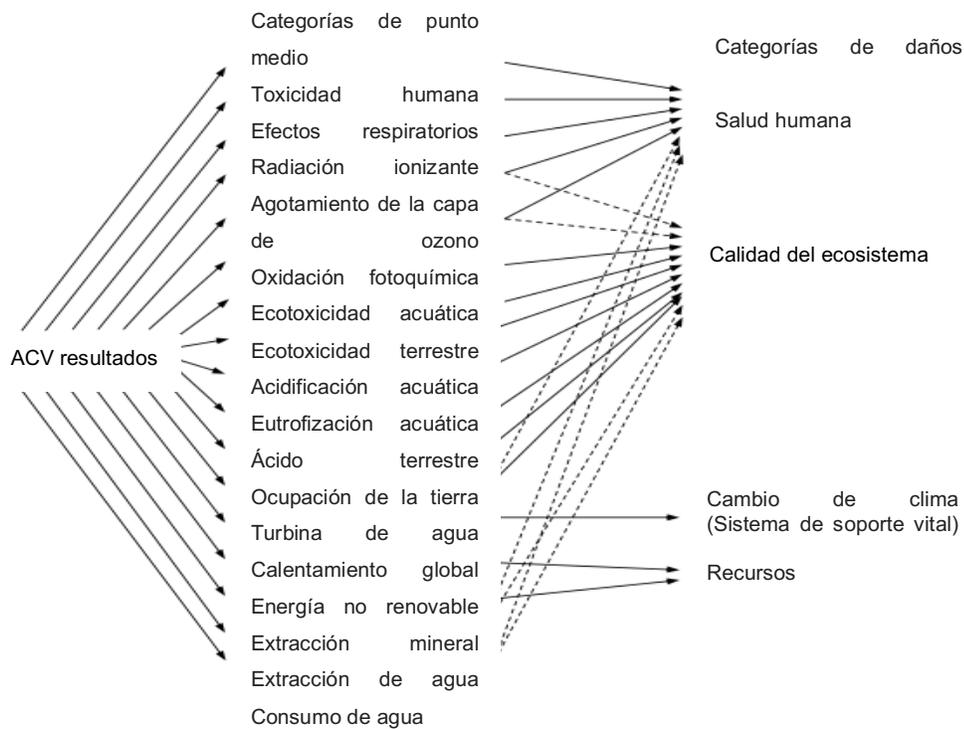


Ilustración 1. Ejemplo de esquema de evaluación.  
Fuente: Ilustración tomada de (Humbert, et. al., 2012)

Las unidades que el software mide las categorías de impactos se basan en los siguientes métodos, cuyas definiciones según la Organización Mundial de la Salud, son:

**Método DALY** (Disability Adjusted Life Years): mide los años de vida que las personas pierden y los vividos con alguna discapacidad causadas por alguna enfermedad ocasionada por los impactos que origina la variable en cuestión. La utilidad de salud toma generalmente un valor entre 0 y 1, donde 0 representa salud perfecta y 1 representa la muerte (Seuc, et. al., 2000).

**Método PDF\*m<sup>2</sup>\*yr** (Potentially Disappeared Fraction): es la medida que genera el impacto al número de especies vegetales que se extinguen al año (year) por metro cuadrado. Por ejemplo, un producto que tiene un puntaje de calidad del ecosistema de 0.2 PDF\*m<sup>2</sup>, supone la pérdida del 20% de las especies en un m<sup>2</sup> de la superficie de la tierra (Humbert, et. al., 2012).

**Método MJ excedente** (Mega Joules): se refiere al excedente usado de energía que se requiere por kg o m<sup>3</sup> de mineral o combustible fósil que se extrae, ocasionado por la escases de los mismos y lo complicado que se da hoy en día extraerlos de la naturaleza.

Las categorías intermedias y las categorías finales de daño arrojadas por el software Sima Pro son las mostradas a continuación:

Tabla 3. Categorías intermedias de Impacto en un ACV

Categorías Intermedias		Método
<b>Carcinógenos</b>	Efectos cancerígenos causados por emisiones de sustancias al aire, agua o suelo.	DALY/kg
<b>Respiración orgánicas</b>	Efectos respiratorios resultantes del smog de verano, debido a las emisiones de sustancias orgánicas al aire.	DALY/kg
<b>Respiración Inorgánicas</b>	Efectos respiratorios resultantes del smog de invierno, causado por polvo, y óxidos de azufre y nitrógeno.	DALY/kg
<b>Cambio climático</b>	Afecta las áreas de salud humana,	DALY/kg

	ambiente natural y ambiente modificado por el hombre.	
<b>Radiación</b>	Es el daño de las emisiones, que resultan de la radiación radiactiva	DALY/kg
<b>Capa de ozono</b>	Es el daño de las emisiones debido al incremento de la radiación ultravioleta como resultado de la emisión a la atmósfera de gases destructores de la capa de ozono.	DALY/kg
<b>Ecotoxicidad</b>	Daño a la calidad del ecosistema, como resultado de la emisión de sustancias ecotóxicas al aire, agua y suelo.	PDF*m <sup>2</sup> yr/kg
<b>Acidificación o Eutrofización</b>	Es el daño a la calidad del ecosistema, como resultado de emisiones al aire de sustancias de acidificación.	PDF*m <sup>2</sup> yr/kg
<b>Uso de suelo</b>	El indicador guarda una relación con la biodiversidad. Se traduce como el impacto en la diversidad de las especies.	PDF*m <sup>2</sup> yr/kg
<b>Minerales</b>	Es el agotamiento de los recursos naturales. Y la energía de más utilizada para extraer los recursos cada vez más escasos.	MJ excedente/ kg o m <sup>3</sup>
<b>Combustibles Fósiles</b>	Se relaciona con el concepto de Minerales, pero, es específico al agotamiento y a la energía de más que requiere la extracción de combustible fósil.	MJ excedente/ kg o m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia con las definiciones según la Organización Mundial de la Salud

En la Tabla 4 se muestra una clasificación que el sistema hace a las categorías finales de daño a la salud, a los ecosistemas o a los recursos, de acuerdo a la unidad de medida en su base de datos.

Tabla 4. Categorías finales de daño en un ACV

Salud Humana	Ecosistemas	Recursos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carcinógenos</li> <li>• Respiración orgánicas</li> <li>• Respiración inorgánicas</li> <li>• Cambio climático</li> <li>• Radiación</li> <li>• Capa de ozono</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ecotoxicidad</li> <li>• Acidificación</li> <li>• Eutrofización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minerales</li> <li>• Combustibles fósiles</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.4 Interpretación:

Esta es la última fase la cual utiliza los resultados alcanzados para obtener conclusiones y recomendaciones. La interpretación puede ser realizada con los resultados del análisis del inventario ICV y de la evaluación de impacto EICV, para con ellos poder proporcionar resultados coherentes con el objetivo y el alcance definido. En la fase de interpretación debe haber identificación de aspectos significativos.

La Ilustración 2 representa de una forma simplificada la relación que existe entre cada fase de un ACV, así como las aplicaciones más usadas al momento de realizar las interpretaciones de los datos.

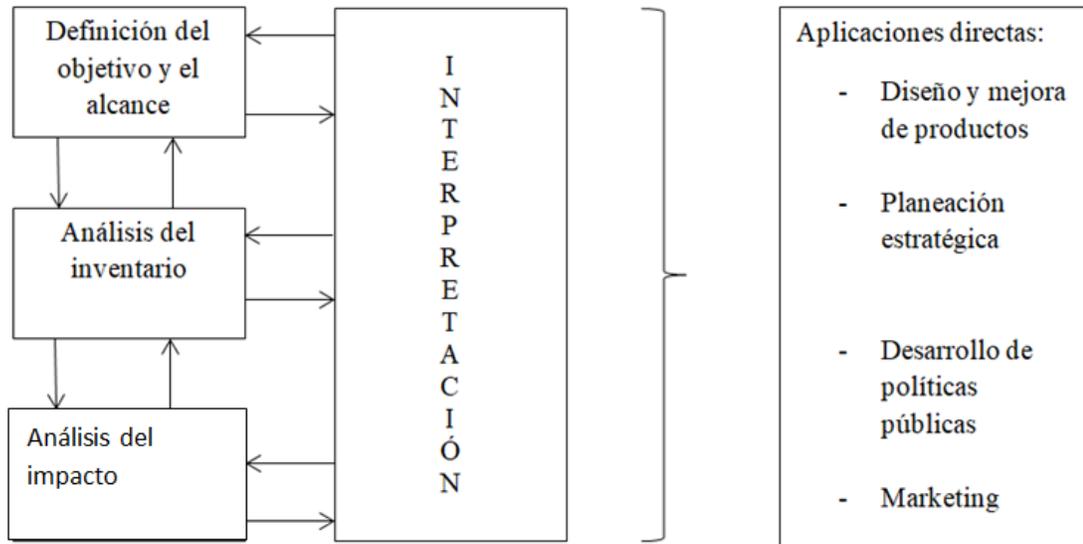


Ilustración 2. Fases que conforman un ACV.

Fuente: Elaboración propia con base a datos disponibles en (ISO 14040, 2006).

## 5 MATERIALES Y MÉTODOS

En el capítulo se hace un desarrollo de las fases que conlleva un ACV a la producción de piña en la localidad de estudio, bajo la modalidad de producción convencional y en ambiente protegido, explicando a detalle los pasos que sigue un análisis bajo la normativa expuesta en el capítulo anterior.

### 5.1 Método Utilizado

#### 5.1.1 Universo de estudio

La localidad de Los Tigres (San Marcos) se localiza en el Municipio Juan Rodríguez Clara del estado de Veracruz de Ignacio de la Llave México y se encuentra en las coordenadas GPS:

Longitud (dec): -95.347778

Latitud (dec): 17.892500

La localidad se encuentra a una mediana altura de 180 metros sobre el nivel del mar. Como se puede observar en la siguiente Ilustración 3, es una población rodeada por terrenos utilizados para la producción de piña. Para el presente estudio de tipo descriptivo transversal, fueron objetos de estudio los productores de piña de la localidad de Los Tigres, que se encuentran dentro del listado de beneficiarios bajo el programa Pro Agro que SAGARPA tiene publicado en su página oficial.



Ilustración 3. Mapa de la localidad Los Tigres  
Fuente: Ilustración extraída de Google Maps

### **5.1.2 Muestra**

Se utilizó el tipo de muestreo bola de nieve, este tipo de muestra no probabilístico, fue utilizada ya que del mencionado listado oficial del ciclo Primavera-Verano 2017 y Otoño-Invierno 2017-2018 los sujetos potenciales a entrevistar fueron difícil de localizar. Con ayuda de personas residentes del poblado se identificaron un total de 180 personas que reciben el programa Pro Agro en el grupo de edad mayores y adultos mayores, de los cuales sólo 25 productores accedieron a contestar los datos solicitados.

### **5.1.3 La obtención de datos**

La obtención de los datos se obtuvo mediante la aplicación de un cuestionario, en un principio este pretendía diferenciar a los productores de piña Cayena Lisa bajo los ambientes convencional y protegido y de igual manera a los productores de piña MD2, sin embargo en el transcurso de la recolección de datos se identificó que los productores tienden a siembran ambas especies utilizando un sólo sistema de producción. Por lo cual se encuestaron a 12 personas bajo la modalidad de un proceso de producción convencional y 13 bajo un ambiente protegido.

La encuesta tuvo como objetivo principal recabar información de todos los recursos necesarios por hectárea que utilizan los productores en:

- Establecimiento: presiembra, siembra, desinfectación de la planta, fertilización sólida, control de malezas, control de plagas y fertilización foliar.
- Mantenimiento: fertilización foliar, hormonización, fertilización sólida, control de malezas, control de plagas y protección del fruto.

Al igual que los otros insumos que se llegaran a necesitar en el proceso productivo.

#### **5.1.4 Método de Análisis del Ciclo de Vida (ACV)**

Se utilizó la metodología de análisis a partir de la normativa ISO 14040:2006 y 14044:2006, misma que rige la realización de un ACV, y se detalla su aplicación a partir del subcapítulo 5.2.

#### **5.1.5 Paquete Estadístico**

El paquete estadístico que se utilizó para la obtención de resultados, es Sima Pro, según sus creadores, este es una herramienta profesional para el cálculo de los impactos ambientales, sociales y económicos, asociados a un producto o servicio a lo largo de todo su ciclo de vida, con aplicación al ecodiseño, al desarrollo de eco-etiquetas, al cálculo de huellas de carbono o huellas hídricas, entre otros.

### **5.2 El ACV a la producción de piña en Veracruz**

Se aplicó la metodología de ACV simplificado, siguiendo los requisitos de las Normas Internacionales ISO, (ISO 14040, 2006), a la producción de piña Cayena Lisa y MD2, bajo las formas de producción convencional y protegida.

#### **5.2.1 Objetivo y alcance en un ACV**

El objetivo del estudio es la evaluación de las cargas ambientales que genera el proceso de cultivo de piña bajo la modalidad convencional y protegida. La realización del estudio tiene como fin exponer la utilización de la metodología de ACV de puerta a puerta, en la producción agrícola en México, cuyos resultados serán utilizados académicamente para posibles aplicaciones futuras en otros cultivos.

### **5.2.1.1 Función de los sistemas analizados**

Según la norma UNE-ISO 14040:2006, se deben definir los sistemas a estudiar.

- a) **Sistema Convencional:** En este tipo de sistema los productores siembran las plantas de piña la cual tiene un desarrollo sobre suelo desnudo y a cielo abierto, la única protección que tiene la planta ante la exposición de radiación solar es con sus propias hojas utilizando la rafia para mantenerlas sujetadas. El tiempo que dura el ciclo según los productores es un promedio de 20 meses.
  
- b) **Sistema Ambiente Protegido:** En este tipo de sistema los productores utilizan la protección de acolchado plástico y malla-sombra, teniendo un control del suelo, humedad y planta/fruto, de las radiaciones solares. El tiempo que dura el ciclo según los productores es un promedio de 16 meses.

### **5.2.1.2 Unidad funcional**

La unidad funcional actúa como medida de referencia en el cual se pueden comparar el comportamiento que existe entre las entradas y salidas del sistema. La producción obtenida en un sistema agrícola es medida en kilogramos, por lo tanto, un kilogramo de producto fresco es la unidad funcional que se utilizó.

### **5.2.1.3 Límites**

La limitación del cultivo parte del principio que las condiciones edáficas y climáticas, expuestas anteriormente, son las mismas para ambas plantaciones, el análisis considera como estudio la cosecha neta que genera una hectárea de siembra, cuyo dueño del terreno son los productores.

El análisis de puerta a puerta no considera las cargas ambientales que genera la producción de insumos, como manufactura y transporte de materias primas, energía utilizada, la fabricación de los materiales, generación de residuos en las instalaciones de fabricación, en general todos los aspectos capaces de producir daños al entorno que forman parte del ciclo de vida de la piña. La infraestructura que utiliza el cultivo del producto siendo de vida útil extensa queda fuera del alcance del análisis.

El alcance del análisis empieza con los insumos e infraestructura en la puerta y tiene fin con la cosecha de la fruta, ya que no todos los productores incurren en gastos para transportar el producto a los mercados o fábrica de empaque. La limitación geográfica que abarca el estudio es en Los Tigres, Juan Rodríguez Clara, Veracruz, y la limitación temporal es la producción de piña de los productores de la localidad tuvieron en el periodo de presiembra-cosecha durante el 2016 al 2017.

#### **5.2.1.4 Supuestos**

La modalidad de producción convencional y protegida no utiliza el mismo sistema de irrigación por aspersión.

El ciclo de producción del hijuelo de la piña es el mismo para las dos variedades.

La infraestructura abarca tanto los edificios y maquinaria.

La energía eléctrica y el combustible que utilizan los productores viene de los monopolios proveedores en México.

La distancia que existe en la transportación de los insumos del edificio al campo es de 30 km.

### 5.2.2 Análisis del inventario

Como parte de la complejidad que abarca un ACV y para facilitar la exposición de la metodología en este ejercicio, se realiza una clasificación de Inputs (entradas) para el establecimiento del plantío y su mantenimiento, el consumo de entradas queda de la siguiente manera:

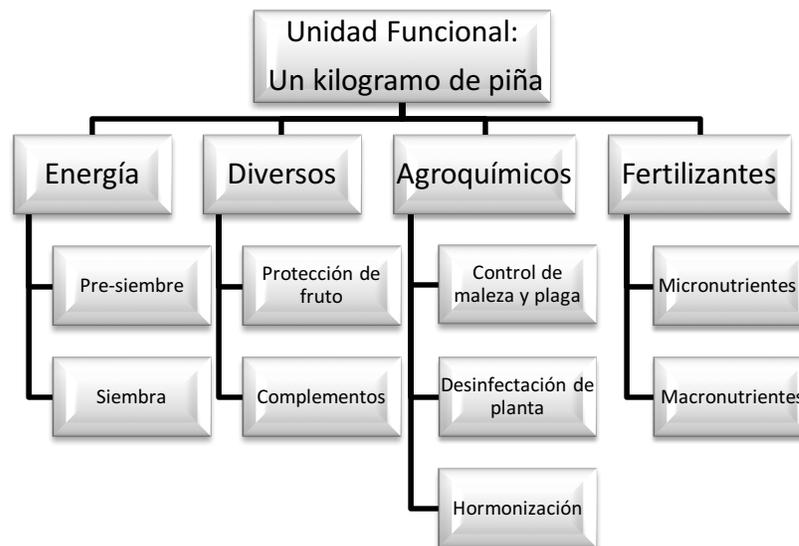


Ilustración 4. Insumos: Consumo de entradas.  
Fuente: Elaboración propia

Para proteger la confiabilidad de los datos obtenidos de cada productor encuestado se omiten los nombres de cada uno para la realización del inventario. Los datos que hacen referencia a las entradas utilizados por hectárea, fueron convertidas a unidad funcional con base a la siguiente ecuación:

$$Input_{i=1,2} = \frac{Ins_{j=1,2}}{\text{Kilogramo de Piña}}$$

Donde:

$Input_i$ : Input de proceso convencional y protegido

$Ins_j$ : Insumo Fertilizantes y Agroquímicos

El rendimiento que se obtiene en los dos sistemas según los productores es diferente, teniendo un rendimiento promedio de cosecha por hectárea de 70 tn., para el proceso convencional y un rendimiento promedio de 95 tn., para el protegido, así como la cantidad de insumos utilizados, esta diferencia hace la importancia que tiene cada salida por sistema ya que arrojará una divergencia en las cargas ambientales.

Tabla 5. Cantidad de piña cosecha por hectárea

<b>Ambiente Convencional</b>	<b>Ambiente Protegido</b>
<b>Cantidad de piña cosechada (kg/ha)</b>	
70,000	95,000

Fuente: Elaboración propia con base en encuesta

### 5.2.2.1 Energía

El concepto de energía representa la utilizada en la pre-siembra y siembra, engloba la quema de combustible utilizada por las diferentes maquinarias utilizadas en una hectárea en un año, que va desde el chapeo, rastra, barbecho, corte y selección de hijo, acarreo y plantación. La estimación de la cantidad utilizada, se calculó con base en el gasto que se genera en la compra del combustible en un año, así, obteniendo los litros usados por cada productor en una hectárea.

Tabla 6. Hectáreas sembradas y litros de combustible, consumido al año por productor

<b>Ambiente Convencional</b>			<b>Ambiente Protegido</b>		
Productor	Hectáreas Sembradas	Litros consumidos al año	Productor	Hectáreas Sembradas	Litros consumidos al año
1	6	6183	1	20	3148
2	5	1799	2	21	22934
3	10	3148	3	9	4857

4	4	1124	4	30	17988
5	7	2248	5	50	45868
6	4	2811	6	30	13491
7	4	3991	7	30	4497
8	4	4047	8	15	16189
9	5	2698	9	20	4047
10	8	2698	10	9	4857
11	18	1967	11	25	4497
12	2	1349	12	20	4047
			13	15	16189

Fuente: Elaboración propia con base en encuesta

### 5.2.2.2 Diversos

La protección del fruto como se mencionó en el sistema convencional conlleva a solo la utilización de rafia y guantes (como complemento), mientras que el sistema protegido utiliza, malla sombra y acolchonado, como complementos tiene el uso de papel, rafia, plástico y guantes.

Tabla 7. Insumos diversos utilizados en la producción de piña por ha

Insumo*	Convencional	Protegida
Papel (10 kilos x paca)		132
Plástico (Rollos 200 m2)		3833.33
Hilo Rafia (Hilo de polietileno 100% 5.5 kg. c/u)	46.54	10.45
Malla (Rollos 100 m2)		3392.00
Acolchonado (Rollos 915 m2)		6485.00
Guantes (Par de 100% poliéster)	23.54	40.71

Fuente: Elaboración propia con base en encuesta

### 5.2.2.3 Agroquímicos

El uso de sustancias o una mezcla de ellas que utiliza el productor agrícola se basa en la justificación de optimizar el rendimiento y a su vez el control o destrucción de plagas que puedan afectar al cultivo. Los químicos utilizados en todos los procesos por hectárea son los siguientes:

Tabla 8. Tipo y dosis de agroquímicos utilizados en la producción de piña

Agroquímico	Utilizado (x)		Dosis (kg/ha)*	
	Convencional	Protegida	Convencional	Protegida
ADHERENTE	X	X	3.50	7.68
BROMACIL 80	X	X	2.72	12.70
CARBARIL		X	n/a	60.00
CARBÓN ACTIVO	X	X	53.75	73.18
COMPLEX	X	X	256.25	257.69
DIAZOL 50 EW	X	X	27.50	3.82
DIURON 80	X	X	35.00	8.31
ENTEC	X	X	316.67	150
ETILENO-GAS	X	X	15.34	165.91
FOSETYK-AL-80		X	n/a	100.00
MAP TÉCNICO	X	X	193.75	222.22
OXAMYL		X	n/a	6.00

Fuente: Elaboración propia con base en encuesta

\* Es la aplicación promedio del agroquímico utilizado por los agricultores por ha.

### 5.2.2.4 Fertilizante

Los fertilizantes al contener grandes cantidades de nutrientes, los productores de piña los utilizan para enriquecer y mejorar las características, físicas, químicas y biológicas del suelo y del producto. Al igual que los agro-químicos, la dosis utilizada en una hectárea fue convertida a kilogramos. La lista que reportaron utilizar en todos los procesos es la siguiente:

Tabla 9. Tipo de productos aplicados en el proceso de la fertilización de la piña

	Convencional	Protegida
Fertilizante	Dosis (kg/ha)*	
FOSFATO DIAMÓNICO	192.27	456.92
NITRATO DE CALCIO	83.00	154.09
NPK 10-20-10	437.50	711.54
SULFATO AMONIO	150.00	529.23
SULFATO DE CALCIO	220.00	196.43
SULFATO DE POTASIO	182.14	388.64
SUPERFOSFATO TRIPLE GRADO	150.00	268.19
TECHNIGRO 20-10-20	156.50	561.11
UREA	175.00	304.55

Fuente: Elaboración propia con base en encuesta

\* Es la aplicación promedio del fertilizante utilizado por los agricultores por ha.

En la Tabla 10, es muestra la conversión de los elementos de cada fertilizante utilizado por modalidad de producción. La conversión es necesaria para tener la entrada correcta que requiere el paquete estadístico.

Tabla 10. Estructura según grados de elementos de cada fertilizante

Fertilizante Nomenclatura	Composición (g de elemento/kg)						
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	S	Ca
FOSFATO DIAMÓNICO	0.18	0.46					
NITRATO DE CALCIO	0.15		0.19				
NPK 10-20-10	0.2	0.1		0.1			
SULFATO AMONIO	0.21				0.24		
SULFATO DE CALCIO							0.32
SULFATO DE POTASIO				0.43		0.18	
SUPERFOSFATO TRIPLE GRADO		0.48					0.15
TECHNIGRO 20-10-20	0.2	0.1		0.2			
UREA	0.46						

Fuente: Elaboración propia con base a encuesta

En la Tabla 11, se muestran la conversión de los elementos de cada fertilizante para conocer las entradas por dosis de elementos utilizadas por hectáreas según la modalidad de producción que usan los agricultores de piña.

Tabla 11. Dosis total de elementos usados por ha.

	<b>Convencional</b>	<b>Ambiente Protegido</b>
Dosis total utilizada por ha.		
N	278	611
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	220	466
CaO	16	29
K <sub>2</sub> O	153	350
SO <sub>2</sub>	36	127
S	33	70
Ca	93	103

Fuente: Elaboración propia con base en encuesta

### 5.2.3 Evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV)

En esta sección se realizó una evaluación de impacto que el proceso de producción de la piña tiene en el medio ambiente, usando como base la unidad funcional. Para lograr el objetivo del presente análisis la evaluación debe de estar correlacionada con las otras fases ya expuestas con anterioridad.

La selección de categoría de impacto se debe basar en una metodología existente, en este análisis se sigue el método Eco-Indicator99 y Europe EL 99 H/A, cuyas bases de datos se encuentran dentro del software utilizado, ésta metodología es utilizada a nivel europeo, pero, ya que para el caso de México no existe una metodología como tal, los parámetros utilizados de la base de datos de Sima Pro son los más cercanos posibles, los resultados obtenidos de las categorías intermedias de impacto y las categorías finales de daño que arroja el software Sima Pro son las discutidas en el siguiente capítulo.

#### **5.2.4 Resultados**

Los resultados que se obtuvieron en la aplicación de la metodología de un ACV en el cultivo de la piña bajo el ambiente convencional y protegido, se detallan en el capítulo 6, por la importancia que tienen los mismos.

## **6 RESULTADOS**

Los resultados obtenidos fueron mediante el software de prueba que Sigma Pro tiene disponible para su descarga demo, ya que la UACH no cuenta con licencia, aunque con limitaciones, se presentan los resultados que fueron posible obtener con los recursos de la versión demo.

El análisis de los resultados obtenidos en el programa se basa en el impacto ambiental, agrupando a las categorías de impacto intermedio y la clasificación de éstas como resultado a categorías de salida de daño final. El impacto que genera la producción de un kilo de piña bajo un sistema convencional y ambiente protegido es aparentemente bajo, sin embargo, la producción de varias toneladas, se entiende como una mayor huella de cada categoría y la mayor exposición de los seres vivos a contaminantes, pérdida de hábitad natural y biodiversidad, y un uso mayor de energía para la extracción de combustibles fósiles.

### **6.1 Resultados de producción de piña bajo modalidad convencional**

Los resultados obtenidos para cada categoría de impacto intermedio para la producción de piña bajo la modalidad convencional, que el programa Sima Pro arroja, se muestran en la Tabla 12, recordamos que el método DALY expresa un rango aceptable de 0 a 1 en las categorías, carcinógenos, respiración orgánica e inorgánica, cambio climático, radiación y capa de ozono; cuyos resultados están dentro del rango aceptable para todas las categorías.

Tabla 12. Valor de la categoría de impacto intermedio producción convencional

Categoría de Impacto	Diversos	Fertilizantes	Electricidad	
			Eléctrica	Combustible
Carcinógenos	2E-05	3.16E-07	0	1.02E-05
Respiración Orgánicas	9E-08	2.4E-08	0	1.02E-07
Respiración Inorgánicas	1E-04	5.3E-06	0	7.85E-05
Cambio Climático	2E-05	1.23E-05	0	2.19E-05
Radiación	3E-07	1.52E-08	0	1.63E-07
Capa de Ozono	8E-08	7.63E-09	0	1.98E-08
Ecotoxicidad	21.1	0.535	0	69.2
Acidificación	1.32	0.233	0	1.97
Uso de suelo	2.37	0.364	0	5.1
Minerales	0.642	0.0806	0	0.97
Combustibles Fósiles	110	138	0	212

Fuente: Elaboración propia con base a resultados obtenidos de Sima Pro

Los productores bajo el sistema convencional no utilizan riego por aspersión por lo tanto la variable de uso de energía eléctrica no tiene un valor. En la Figura 13, se observa que la utilización de insumos, que no es tan intensiva como en el ambiente protegido, pero por la poca rentabilidad que tiene este sistema hace que los impactos sean mayores y se concentren principalmente en diversos y en quema de combustible. El uso de fertilizantes químicos, tiene una presencia significativa en la categoría de cambio climático, y combustibles fósiles. La no búsqueda de fertilización orgánica hace que se eleve el uso de químicos en la producción agrícola provocando impactos mayores en todas las categorías.

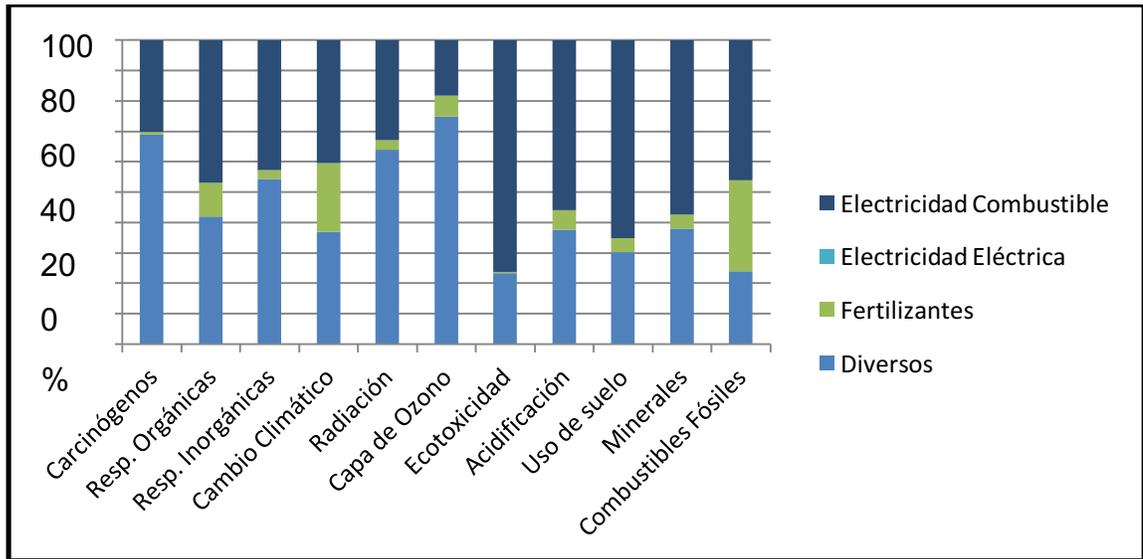


Figura 12. Resultados de las categorías de impacto intermedio producción convencional  
Fuente: Elaboración propia con base a resultados obtenidos de Sima Pro

La agrupación de cada categoría de impacto intermedio se hace según el método de evaluación. Bajo el método DALY las primeras seis clasificaciones, se agrupan en la categoría de daños a la salud humana, siendo la variable “Insumos” etiquetada como “Diversos”, la que mayor daño genera a la salud humana con 52.7%, a la quema de combustibles le corresponde el 40.6%, siendo la variable fertilizantes, donde los químicos de la Tabla 8, no fueron evaluados, dado las limitaciones de las bases de datos para su evaluación en el sistema Sima Pro, la que menor impacto a la categoría le corresponde.

Tabla 13. Asignación de categoría final por daño bajo producción convencional

Categoría de Impacto	Diversos	Fertilizantes	Electricidad	
			Eléctrica	Combustible
Salud Humana	52.7%	6.6%	0%	40.6%
Calidad en el Ecosistema	28.4%	3.2%	0%	68.4%
Recursos	24.0%	29.9%	0%	46.1%

Fuente: Elaboración propia con base a resultados obtenidos de Sima Pro

Con respecto a la evaluación del daño final bajo la Modalidad de Producción Convencional la “Calidad del Ecosistema” y “Recursos” reciben un mayor daño final con la quema de combustible fósil con un 68.4% y 46.1% respectivamente. En relación a los fertilizantes, éstos arrojan según los resultados un mayor impacto al uso de “Recursos”. Se da por entendido que el la utilización de recursos tiene una relación directa con la generación de residuos, en este caso, la producción de los fertilizantes según los resultados, éstos son intensivos en el uso de recursos naturales.

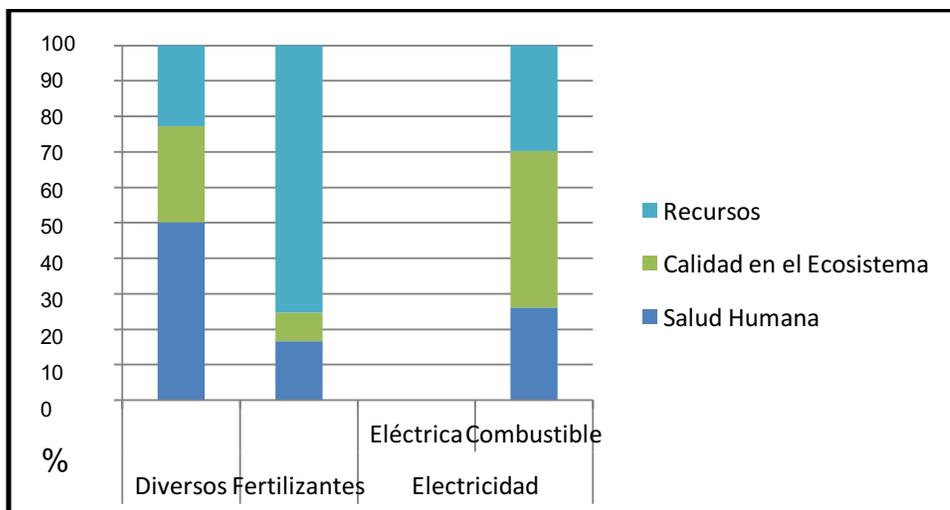


Figura 13. Asignación de categoría final por daño bajo la producción convencional  
Fuente: Elaboración propia con base a resultados obtenidos de Sima Pro

## 6.2 Resultados de la producción de piña bajo modalidad ambiente protegido

En la Tabla 14, se muestran los resultados obtenidos para cada categoría de impacto intermedio para la producción de piña bajo la modalidad de ambiente protegido, que el programa Sima Pro arroja.

Tabla 14. Valor de la categoría de impacto intermedio producción ambiente protegido

Categoría de Impacto	Diversos Fertilizantes	Electricidad	Electricidad	
			Eléctrica	Combustible
Carcinógenos	1.6E-05	6.73E-07	0.0000163	9.01E-06
Respiraciones Orgánicas	6.2E-08	5.09E-08	7.39E-09	9.08E-08
Respiraciones Inorgánicas	6.7E-05	1.12E-05	0.0000135	6.92E-05
Cambio Climático	1.4E-05	2.61E-05	6.83E-06	1.95E-05
Radiación	2.1E-07	3.22E-08	1.95E-06	1.45E-07

Capa de Ozono	5.5E-09	1.62E-08	1.17E-08	1.76E-08
Ecotoxicidad	14.2	1.13	11	61.4
Acidificación	0.891	0.494	0.512	1.75
Uso de suelo	1.6	0.771	0.403	4.53
Minerales	0.433	0.171	0.292	0.861
Combustibles Fósiles	74.3	292	13.9	188

Fuente: Elaboración propia con base a resultados obtenidos de Sima Pro

Los datos que se obtienen en ambas modalidades en la producción de piña son muy similares ya que los dos sistemas no diferencian mucho en los químicos utilizados a la hora de realizar la fertilización dada la limitación de la base de datos para la evaluación de agroquímicos. La Figura 15 muestra de manera más clara los impactos que tienen las variables evaluadas en cada categoría intermedia, en este caso, los productores bajo la Modalidad de Ambiente Protegido, si reportaron consumo de electricidad eléctrica, cuyos impactos se reflejan mayormente en “radiación” y “carcinógenos”.

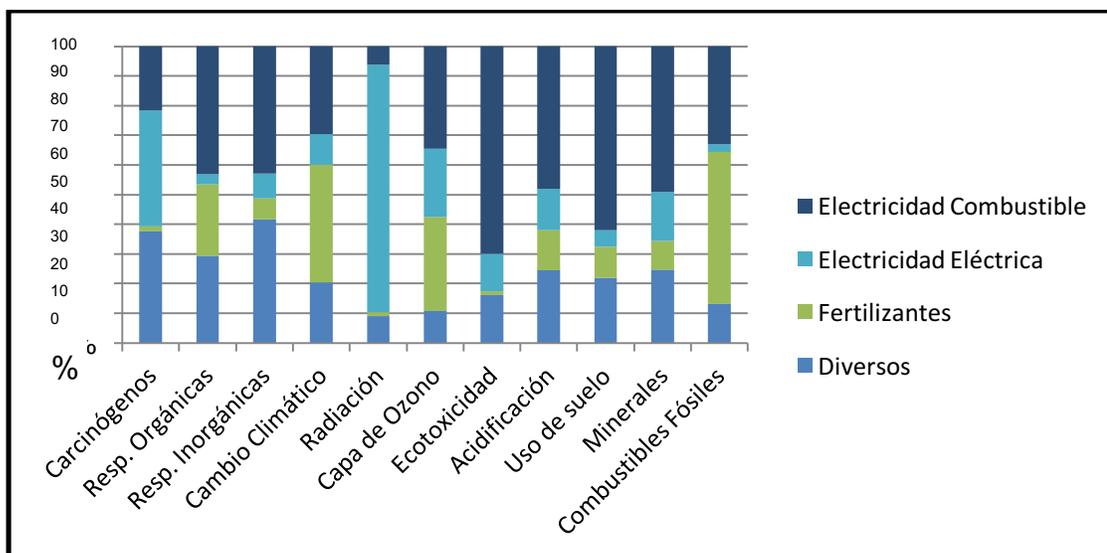


Figura 14. Valor de la categoría de impacto intermedio producción ambiente protegido  
Fuente: Elaboración propia con base a resultados obtenidos de Sima Pro

La Tabla 15 nos muestra las categorías de impacto final que la producción de ambiente protegido produce en la salud humana, en la calidad de los ecosistemas y en los recursos. Siendo la utilización de energía eléctrica y la quema de combustible fósil las que mayores daños ocasionan al demandar mayores cantidades de recurso, al igual que al ser humano y a los ecosistemas.

Tabla 15. Valor por inventario en cada categoría de impacto final bajo producción ambiente protegido

Categoría de Impacto	Diversos	Fertilizantes	Electricidad	
			Eléctrica	Combustible
Salud Humana	14.2%	14.0%	36.1%	35.6%
Calidad en el Ecosistema	10.2%	7.0%	63.0%	19.8%
Recursos	2.5%	51.3%	33.1%	13.1%

Fuente: Elaboración propia con base a resultados obtenidos de Sima Pro

### 6.3 Comparación del sistema de producción convencional y ambiente protegido según el método de evaluación

Bajo la comparación de la metodología DALY la producción de piña en ambiente protegido, este sólo representa un menor impacto ambiental en la categoría “Respiraciones Inorgánicas”, si bien, los impactos en todas las variables son de una diferencia corta, como se explicó anteriormente, el rendimiento superior que presenta la modalidad ambiente protegido hace que se traduzca como menores impactos al demandar menor cantidad de unidades de función para la obtención de la piña, sin embargo, el sistema no se podría etiquetar como la producción óptima de menores impactos ambientales.

Tabla 16. Comparación de resultados bajo un ambiente convencional con ambiente protegido

	<b>Convencional</b>			<b>Ambiente Protegido</b>			
Categoría de Impacto	Diversos	Fertilizantes	Electricidad	Diversos	Fertilizantes	Electricidad	
			Combustible			Eléctrica	Combustible
<b>Carcinógenos</b>	2.00E-05*	3.16E-07	1.02E-05*	1.60E-05	6.73E-07*	1.63E-05*	9.01E-06
<b>Respiración Orgánicas</b>	9.00E-08*	2.40E-08	1.02E-07*	6.20E-08	5.09E-08*	7.39E-09*	9.08E-08
<b>Respiración Inorgánicas</b>	1.00E-04*	5.30E-06	7.85E-05*	6.70E-05	1.12E-05*	1.35E-05*	6.92E-05
<b>Cambio Climático</b>	2.00E-05*	1.23E-05	2.19E-05*	1.40E-05	2.61E-05*	6.83E-06*	1.95E-05
<b>Radiación</b>	3.00E-07*	1.52E-08	1.63E-07*	2.10E-07	3.22E-08*	1.95E-06*	1.45E-07
<b>Capa de Ozono</b>	8.00E-08*	7.63E-09	1.98E-08*	5.50E-09	1.62E-08*	1.17E-08*	1.76E-08
<b>Ecotoxicidad</b>	21.1*	0.535	69.2*	14.2	1.13*	11*	61.4
<b>Acidificación</b>	1.32*	0.233	1.97*	0.891	0.494*	0.512*	1.75
<b>Uso de suelo</b>	2.37*	0.364	5.1*	1.6	0.771*	0.403*	4.53
<b>Minerales</b>	0.642*	0.0806	0.97*	0.433	0.171*	0.292*	0.861
<b>Combustibles Fósiles</b>	110*	138	212*	74.3	292*	13.9*	188

Fuente: Elaboración propia con base a resultados obtenidos de Sima Pro

\*Son los resultados de mayor impacto

Las columnas etiquetadas como diversos y combustibles bajo la modalidad de producción convencional son las que representan mayores impactos ambientales, mientras que el alto uso de fertilizantes químicos en el ambiente protegido hace que los impactos sean mayores bajo esta modalidad.

En la Figura 16 se puede observar los porcentajes obtenidos de los insumos etiquetados como diversos bajo una producción de ambiente protegido y convencional que fueron evaluadas bajo el método DALY que se agrupan como impacto final con efectos directo a la “Salud Humana”, se encontró que la modalidad convencional afecta más a la población humana que el impacto que ocasiona la modalidad de ambiente protegido. Así mismo el impacto que ocasiona la utilización de insumos etiquetados como diversos bajo la producción convencional genera una huella mayor a la calidad de los ecosistemas que la ocasionada en el ambiente protegido. La impacto que genera en la utilización de recursos el ambiente protegido presenta un porcentaje muy bajo en comparación con la modalidad convencional este puede estar explicado por el bajo rendimiento que esta modalidad presenta y la demanda muy parecida de recursos como la que presenta el ambiente protegido.

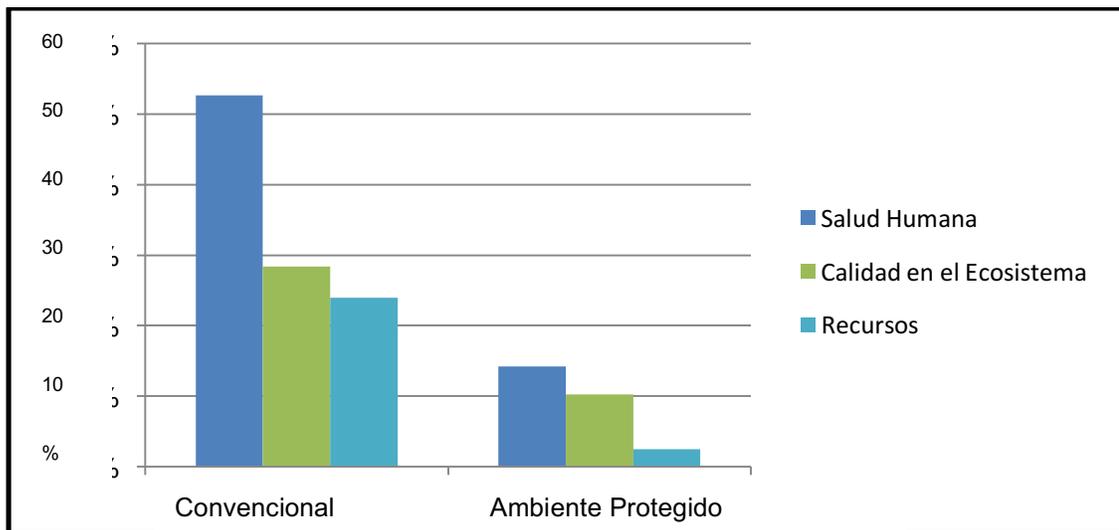


Figura 15. Comparación del impacto ocasionado por los insumos etiquetados como diversos del sistema de producción convencional y ambiente protegido  
Fuente: Elaboración propia con base a resultados obtenidos de Sima Pro

En la Figura 17 se puede observar que en las tres categorías de impacto final que llevan por nombre 1. Salud humana, 2. Calidad en el Ecosistema y 3. Recursos, la utilización de mayores cantidades de fertilizantes por parte de los productores en ambiente protegido se refleja en un porcentaje de impacto ambiental mayor para las tres categorías, mientras que el proceso de fertilización en la producción convencional que no es tan intensivo en cantidades usadas hace que el porcentaje de impacto ambiental que ocasiona esta modalidad sea menor.

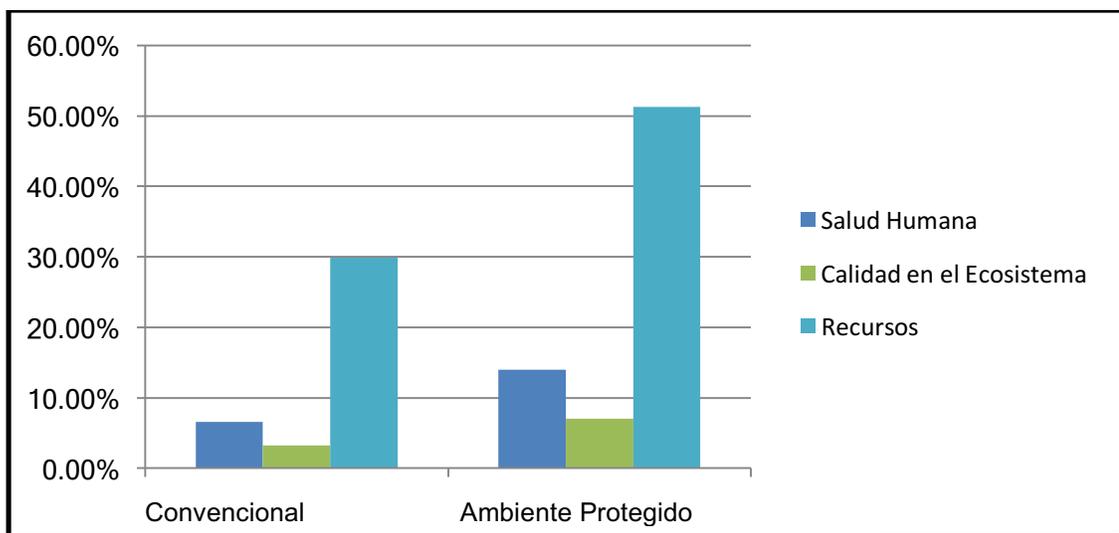


Figura 16. Comparación del impacto ocasionado por los insumos etiquetados como fertilizantes del sistema de producción convencional y ambiente protegido  
Fuente: Elaboración propia con base a resultados obtenidos de Sima Pro

La última comparación se hace sólo con la utilización de insumos de combustibles de la etiqueta Energía se debe a que el ambiente convencional no utiliza energía eléctrica, en la Figura 18 se puede observar que el alto uso de combustible en la modalidad convencional genera mayores impactos al medio ambiente pues la utilización de este insumo por kilogramo es mayor cuando se compara los litros utilizados en una modalidad de mayores rendimientos como lo es el ambiente protegido.

El impacto ambiental generado por la quema de combustible a la Salud Humana en ambas modalidades es de una diferencia de 5% esto quiere decir que ambas modalidades están generando riesgo en la salud de la población donde las plantaciones están establecidas. Mientras que el impacto que genera la producción convencional es mayor en la Calidad de los Ecosistemas y Recursos que el generado por la producción de ambiente protegido.

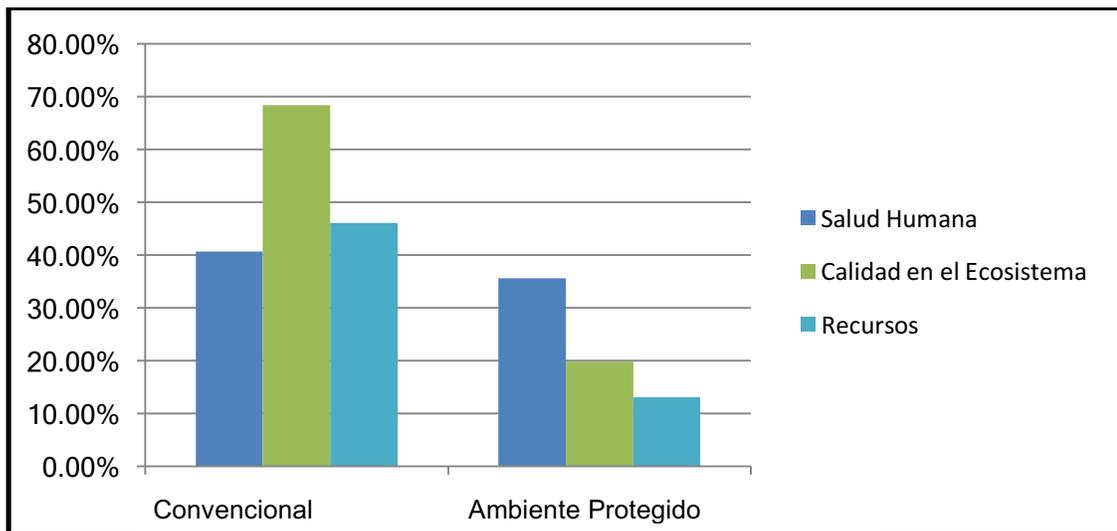


Figura 17. Comparación del impacto ocasionado por los insumos etiquetados como combustible del sistema de producción convencional y ambiente protegido  
Fuente: Elaboración propia con base a resultados obtenidos de Sima Pro

## 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 Conclusiones

La metodología Análisis del Ciclo de Vida (ACV) ayuda no solo a la obtención de indicadores de desempeño ambiental, también puede identificar mejoras en las etapas que abarca el proceso productivo, sin embargo, en el ejercicio de evaluación a la producción de piña no se consideró oportuno ser dividido en etapas ya que solo se evaluó el impacto que genera la producción de la cuna a la tumba, en los dos sistemas productivos. Estos sistemas arrojaron datos muy similares en los impactos ambientales que generan, como se explicó en los resultados, ya que no se identificaron grandes diferencias en la utilización de químicos en los procesos de fertilización, el sistema de ambiente protegido solo tiene como fin la búsqueda de un mayor rendimiento en la cosecha.

La producción convencional genera impactos ambientales mayores en todas las categorías intermedias cuando se evaluó la utilización de insumos etiquetados como diversos y combustible, mientras que la producción bajo ambiente protegido arrojó más efectos al medio ambiente a través de las mismas categorías intermedias cuando hubo una evaluación de los fertilizantes y se añade el uso de energía eléctrica ya que ésta sí reportó su utilización. A detalle se encontró que el impacto final que genera el uso de insumos diversos por parte de la producción convencional a las categorías: Salud Humana es 38.5%, Calidad en los Ecosistemas es de 18.2% y a Recursos es de 21.5% más que la provocada por la producción en ambiente protegido. El uso de combustible en la producción convencional representó impactos de: Salud Humana 5%, Calidad en los Ecosistemas 48.6% y Recursos de 33% más que la provocada por el ambiente protegido. Mientras que los impactos generados mediante los fertilizantes por medio de la producción de ambiente protegido genera impactos de: Salud Humana 7.4%, Calidad en Ecosistemas 3.8% y Recursos con 21.4% más que los ocasionados por la producción convencional.

## 7.2 Recomendaciones

Se infiere que los productores de piña no muestran un interés en realizar una disminución de cargas ambientales, esto es resultado del escaso conocimiento que hay en la metodología de ACV en México, añadiendo el poco interés que Estados Unidos de América, nuestro principal socio comercial, tiene ante los temas relacionados con el cambio climático. Las decisiones se basan en criterios económicos, dejando de lado la sensibilidad, preocupación y la importancia que tienen los temas ambientales. Dadas las estimaciones realizadas por organizaciones especialistas en el tema de cambio climático, como se mencionó en el Capítulo 1, emergen diferentes propuestas a la mitigación del daño al medio ambiente, buscando una adaptación en los procesos productivos, como es el caso de la Unión Europea, incorporando la metodología de ACV, pero no de gobiernos cuyos países son grandes contaminantes.

En la actualidad no existe un sector de la economía que no intervenga en el cambio climático, ya que todos ellos producen emisiones de dióxido de carbono que contribuyen a este efecto, por tal motivo, se destaca la importancia de dar a conocer la metodología de Análisis del Ciclo de Vida, ya que ésta no solo se implementa para evaluar las cargas ambientales de un sector determinado sino que, en la actualidad, se están haciendo trabajos en las bases de datos por especialistas usadas en el Programa Sima Pro, para que esta metodología pueda ser aplicada a todo producto y exponer la huella ambiental que éste genera a los consumidores con el fin de fomentar conciencia en el consumo y al mismo tiempo lograr que en un futuro próximo sean los mismos consumidores los que exijan la huella ambiental de los bienes que ellos adquieren para su uso y consumo, de conseguirlo, el impacto que provocaría en la conservación y mejora en el medio ambiente así como en detener el ritmo acelerado del cambio climático sería muy significativo.

Sin embargo, difícilmente esto se lograría sin la información y promoción de para qué sirve la huella ambiental y su importancia de conocerla y sin una legislación *ad hoc* que facilite y al mismo tiempo exija a las empresas y productores dar a conocer la huella ambiental de sus productos. La Unión Europea lleva años requiriendo un análisis de este tipo, aunque el sentido primario de esta exhortación es para que los productores, sobre todo los de productos agrícolas, alcancen niveles mayores de ingreso puesto que aquellos productos con menor huella ambiental alcanzan precios más altos en los mercados tanto domésticos como de exportación.

Incorporar la metodología ACV no solo a las exportaciones sino a las importaciones posicionaría a México como un país preocupado por los temas que engloban el concepto de sostenibilidad, el cual trata de encontrar un equilibrio entre la sociedad, la economía y el medio ambiente. La metodología también contribuiría a fomentar la conciencia del consumo de productos de bajo impacto ambiental, rediseñando un producto o el proceso.

Es importante señalar que debe de darse un apoyo por las Universidades y dependencias en México, ya que la realización de un ACV implica una complejidad en tiempo y recursos cuando se abarcan todos los procesos que implica la obtención de un producto. La desconfianza o la no disponibilidad de los datos que requiere la creación del inventario de impactos ambientales es otro punto de desventaja al momento de realizar un ACV, así como la complejidad en la producción de cualquier producto. En contrapeso resulta más apreciable en primera instancia conocer la información del efecto ambiental que tiene un producto o servicio, para fomentar acciones políticas y sociales, mitigando el impacto, generando un desarrollo económico sustentable, y en segunda obtener ventaja competitiva con el etiquetado ecológico.

Recuerde por último que la Economía Ambiental menciona que el ambiente ha llegado a ser una restricción que debe tomarse en cuenta a fin de mantener la trayectoria del desarrollo, si la tendencia de la economía se basara en un futuro en torno a la conservación de los recursos, México debe de plantearse de inmediato las futuras barreras comerciales ante procesos contaminantes, que ya se están dando en la Unión Europea, fomentando la sustentabilidad.

Las futuras líneas de investigación que se pueden dar con la metodología de ACV y que no fueron incorporadas en este análisis es la parte financiera para la obtención de procesos óptimos en un sentido económico y ambiental. Así como la difusión académica y práctica de la metodología en todos los sectores de la economía.

## 8 Bibliografía

Alanis, P. E., 2012. Los rendimientos y la productividad en la agricultura. *Revista Chapingo*.

Antón, V. M. A., 2012. Análisis de Ciclo de Vida aplicado a horticultura protegida. *Cuadernos de estudios agroalimentarios*, pp. 211-226.

Avendaño, R. B. D., Sierra, L. O. A. & Lobo, R. M., 2015. Una estimación de la responsabilidad social empresarial en empresas hortofrutícolas de baja California, México.. *Revista Mexicana en Ciencias Agrícolas*, 01 de abril - 15 de mayo, 6(3), pp. 563-576.

Banco Mundial, 2018. *Grupo Banco Mundial*. [En línea] Available at: <https://www.bancomundial.org/> [Último acceso: 26 Julio 2018].

Chidiak, M., 2003. *Demanda y oferta de bienes y servicios ambientales por parte de la pyme: el caso argentino*, Santiago de Chile: CEPAL.

Dussel, P. E., 2002. *Territorio y competitividad en la agroindustria en México*. Primera ed. D.F.: Plaza y Valdés S.A. de C.V..

FAO, 2018. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. [En línea] Available at: <http://www.fao.org/home/es/> [Último acceso: Octubre 2018].

Frohmann, A., Herreros, S. M. N. & Olmos, X., 2015. *Sostenibilidad ambiental y competitividad internacional*, Santiago de Chile: Naciones Unidas.

GobMx, 2017. *Gobierno de México*. [En línea] Available at: <https://www.gob.mx/> [Último acceso: Octubre 2018].

Gómez, F. M., 2014. Métodos de análisis ambiental y análisis del ciclo de vida. *Guía sobre Declaración Ambiental de Producto y Cálculo de Huella de Carbono*, pp. 11-24.

GREENPEACE, 2012. *La agricultura mexicana y el cambio climático*, México: Organización GREENPEACE.

Haya, L. E., 2016. *Análisis de Ciclo de Vida*, Madrid: Escuela de Organización Industrial.

Humbert, S., Schryver, A. D., Margini, M. & Jolliet, O., 2012. IMPACT 2002+: USER GUIDE. *Quantis Sustainability Counts*, 25 Marzo.

Hurtado, D. M., 2015. *La Salud Ambiental en México, Situación actual y perspectivas futuras*. México: Dirección de Salud Ambiental, Instituto Nacional de Salud Pública.

INEGI, 2014. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. [En línea] Available at: <http://www.inegi.org.mx/> [Último acceso: 16 Marzo 2017].

ISO 14040, 2006. *International Organization for Standardization*. [En línea] Available at: <https://www.iso.org/home.html> [Último acceso: Mayo 2018].

ISO 14044, 2006. *International Organization for Standardization*. [En línea] Available at: <https://www.iso.org/home.html> [Último acceso: Mayo 2018].

Jiménez, E. M. & Chaidez, Q. C., 2013. La inocuidad de los alimentos en México. *Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en México 2012*.

Leos, R. J. A. & Fortis, H. M., 2003. Inocuidad alimentaria en la producción de frutas y hortalizas frescas. *Agrofaz: publicación semestral de investigación científica*, 3(1), pp. 253-262.

Maya, A. C. J., 2011. Sinaloa: ¿cluster agroindustrial o territorio desincrustado?. *Análisis*, Mayo-Agosto, Issue 14, pp. 127-160.

Mercado, A. & Córdova, K., 2011. La industria agroalimentaria en la controversia del desarrollo sustentable. *Estudios Sociales*, pp. 28-65.

Montilla, D. B. I., Fernández, S., Alcalá, D. M. D. & Gallardo, M., 1997. *El cultivo de la piña en Venezuela*. Maracay: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias .

- Mundial, B., 2018. *Grupo Banco Mundial*. [En línea] Available at: <https://www.bancomundial.org/> [Último acceso: 26 Julio 2018].
- Niembro, J. & González, M., 2010. Categorías de evaluación de impacto de ciclo de vida vinculadas con ergía: revisión y prospectiva. *International Conference on Project Engineering*, n.d.(n.d.), pp. 1180-1190.
- PNUD, 2018. *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*. [En línea] Available at: <http://www.undp.org> [Último acceso: Octubre 2018].
- Romero, R. B. I., 2003. El análisis del Ciclo de Vida y la Gestión Ambiental. *Tendencias Tecnológicas*, pp. 91-97.
- Romero, R. B. I., 2003. El Análisis del Ciclo de Vida y la Gestión Ambiental. *Tendencias Tecnológicas*, pp. 91-97.
- Romero, R. B. I., 2003. El Análisis del Cilo de Vida y la Gestión Ambiental. *Tendencias Tecnológicas*, pp. 91-97.
- SAGARPA, 2014. *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*, México: s.n.
- SAGARPA, 2017. *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación*. [En línea] Available at: <http://www.gob.mx/sagarpa> [Último acceso: 25 Febrero 2018].
- SAGARPA & FAO, 2012. s.l.: México: El sector agropecuario ante el desafío del cambio climático.
- Sauvé, L., 1999. La educación ambiental entre la modernidad y la posmodernidad : En busca de un marco de referencia educativo integrador. *Tópicos*, 1 (2), pp. 7-27.
- Secretaría Gobierno, d., 2016. *Acciones y Programas*. [En línea] Available at: <http://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/comercio-exterior-paises-con-tratados-y-acuerdos-firmados-con-mexico> [Último acceso: 25 Abril 2016].
- Seuc, A., Domínguez, E. & Díaz, O., 2000. INTRODUCCIÓN A LOS DALYs. *Cubana Hig Epidemiol*, 38(2), pp. 92-101.

Tilman, D. & Clark, M., 2014. Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature*, 27 Noviembre, 515(13959), pp. 518-522.

Udo de Haes, H. y otros, 1999b. Best Available Practice Regarding Impact Categories and Category Indicators in Life Cycle Impact Assessment (II). *Journal of the International Institute life Cycle Assessment*, 4(2), pp. 66-74.

Uriza, Á. D. E., 2011. *Programa Estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur-Sureste de México: Trópico Húmedo 2011*, Isla, Veracruz: Centro de Investigación Regional Golfo Centro.

Vásquez, A. J. & Cabral, M. A., 2001. *La inocuidad alimentaria, realidad y reto mundial*. [En línea]

Available at: <http://www.fao.org/docrep/003/Y0600M/y0600m02.htm>  
[Último acceso: 15 Abril 2016].

Villafán, V. K. B. & Ayala, O. D. A., 2012. Responsabilidad social de las empresas agrícolas y agroindustriales aguacateras de Uruapan, Michoacán, y sus implicaciones en la competitividad. *Contaduría y Administración* , 59(4), pp. 223-251.