

**Análisis del impacto ambiental generado por la producción de alimentos en el Estado de
México en los años 2012-2022**

Juan Sebastián Vélez Arenas

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios

ECACEN

Julio 2022

**Análisis del impacto ambiental generado por la producción de alimentos en el Estado de
México en los años 2012-2022**

Juan Sebastián Vélez Arenas

Trabajo para optar al título de Especialista en Gestión de Proyectos

Director:

Néstor Hernando Vallejo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios

ECACEN

Julio 2022

Resumen

En este trabajo de investigación se realizó un análisis del impacto ambiental en la producción de alimentos en el Estado de México. Se analizaron los principales alimentos producidos y el impacto de los principales factores de contaminación ambiental generada por estos.

Se realizó una revisión bibliográfica con publicaciones científicas entre los años 2012 a 2022. También se utilizó la base de datos del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). En la investigación se encontró que en general, la cadena productiva de la carne de res es la que mayor contaminación genera al comparar su peso en alimento frente a otros alimentos de origen animal y vegetal. Sin embargo, debido a la alta producción de maíz en el Estado de México, su impacto alcanza a ser mayor que la carne de res en algunos factores de contaminación.

Este trabajo abre la oportunidad para que se generen proyectos o emprendimientos que mejoren las condiciones de impacto ambiental en la producción de alimentos, y está en congruencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), lo cual lo hace apropiado para las necesidades de la época.

Palabras clave: Impacto ambiental, Sistemas alimentarios, producción de alimentos, Estado de México

Abstract

In this research work, an analysis of the environmental impact on food production in the State of Mexico was carried out. The main foods produced and the impact of the main factors of environmental pollution produced by them are analyzed.

A bibliographic review was carried out with scientific publications between the years 2012 and 2022. The database of the Agrifood and Fisheries Information System (SIAP) was also obtained. In the investigation it was found that in general, the productive chain of beef is the one that generates the greatest contamination when comparing its weight in food compared to other foods of animal and vegetable origin. However, due to the high production of corn in the State of Mexico, its impact is greater than beef in some contamination factors.

This work opens the opportunity for projects or enterprises to be generated that improve the conditions of environmental impact in food production, and is in line with the Sustainable Development Goals (SDG), which makes it appropriate for the needs of the time.

Keywords: Environmental impact, Food systems, food production, Mexico

Tabla de contenido

Introducción.....	11
Justificación.....	13
Definición del problema.....	15
Objetivos.....	17
Objetivo general.....	17
Objetivos específicos.....	17
Línea de investigación.....	18
Metodología.....	19
Metodología Objetivo Específico 1:.....	19
Metodología Objetivo Específico 2:.....	21
Metodología Objetivo Específico 3:.....	22
Estado del arte.....	23
Vigilancia tecnológica.....	27
Bases de datos científicas SCOPUS y Web Of Science:.....	27
Marco Conceptual.....	35
Análisis del ciclo de vida (ACV).....	35
Cadenas agroalimentarias.....	36
Dietas sostenibles.....	36

Marco Teórico	38
Base de datos SIAP:.....	40
Impacto ambiental generado por la producción de alimentos:	55
Resultados.....	69
Impacto ambiental generado en el Estado de México.....	69
Conclusiones.....	79
Referencias	81

Listado de Tablas

Tabla 1	Total y porcentaje de participación de alimentos agrícolas de mayor producción en México y en el Estado de México.....	43
Tabla 2	Total y Porcentaje de participación nacional pesquera producidos en el Estado de México	46
Tabla 3	Total y porcentaje de participación de la producción pesquera en el país y en el Estado de México	47
Tabla 4	Porcentaje de participación a nivel nacional de la principal producción carnica en el Estado de México 2011-2020	50
Tabla 5	Total de litros de leche de bovino producidos a nivel nacional, estatal y el porcentaje de participación del Estado de México	52
Tabla 6	Categorías de impacto ambiental evaluadas por el método Recipe Midpoint..	53
Tabla 7	Medidas de impacto ambiental por cadena productiva de alimentos	58

Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1	Interfaz del SIAP	19
Ilustración 2	Publicaciones relacionadas con el impacto ambiental en la producción de alimentos a nivel mundial.....	27
Ilustración 3	Países con más publicaciones científicas relacionadas con la producción de alimentos.....	28
Ilustración 4	Publicaciones relacionadas con el Impacto ambiental por año	29
Ilustración 5	Revistas con más publicaciones científicas relacionadas con la producción de alimentos a nivel mundial	30
Ilustración 6	Palabras comunes en las publicaciones	31
Ilustración 7	Publicaciones relacionadas con el impacto ambiental en la producción de alimentos en México.....	32
Ilustración 8	Publicación por año relacionada con el impacto ambiental en la producción de alimentos en México.....	33
Ilustración 9	Instituciones mexicanas con mayor producción científica relacionada con el impacto ambiental en la producción de alimentos.....	34
Ilustración 10	Mapa de México	39
Ilustración 11	Mapa del Estado de México	40
Ilustración 12	Toneladas de los principales alimentos agrícolas producidos en el Estado de México 2012-2020.....	41
Ilustración 13	Total toneladas de producción agrícola en los Estados Mexicanos 2011-2020	42

Ilustración 14	Porcentaje de participación nacional de los principales alimentos agrícolas producidos en el Estado de México.....	44
Ilustración 15	Toneladas de producción pesquera en el Estado de México, años 201 a 2018	45
Ilustración 16	Porcentaje de participación a nivel nacional de la principal producción pesquera en el Estado de México 2011-2018.....	48
Ilustración 17	Toneladas de producción de carne en el Estado de México 2011-2020...	49
Ilustración 18	Porcentaje de participación a nivel nacional de la principal producción de carne en el Estado de México 2011-2020.....	51
Ilustración 19	Litros de producción de leche de bovino producida en el Estado de México 2011-2020.....	53
Ilustración 20	Agotamiento del agua por 1kg de alimento producido.....	60
Ilustración 21	Agotamiento del ozono por 1kg de alimento producido	61
Ilustración 22	Ecotoxicidad terrestre por 1kg de alimento producido.....	62
Ilustración 23	Eutrofización marina por 1kg de alimento producido	63
Ilustración 24	Acidificación terrestre por 1kg de alimento producido	64
Ilustración 25	Cambio climático por 1kg de alimento producido	65
Ilustración 26	Eutrofización de agua dulce por 1kg de alimento producido	66
Ilustración 27	Ocupación de tierras agrícolas por 1kg de alimento producido	67
Ilustración 28	Toxicidad humana generada por 1kg de alimento producido	68
Ilustración 29	Agotamiento del agua generado por el tipo de alimento producido en el Estado de México 2011-2020.....	70

Ilustración 30	Agotamiento del ozono generado por el tipo de alimento producido en el Estado de México 2011-2020	71
Ilustración 31	Ecotoxicidad terrestre generada por el tipo de alimento producido en el Estado de México 2011-2020	72
Ilustración 32	Eutrofización marina generada por el tipo de alimento producido en el Estado de México 2011-2020	73
Ilustración 33	Acidificación terrestre generado por el tipo de alimento producido en el Estado de México 2011-2020	74
Ilustración 34	Cambio climático generado por el tipo de alimento producido en el Estado de México 2011-2020	75
Ilustración 35	Eutrofización de agua dulce generada por el tipo de alimento producido en el Estado de México 2011-2020	76
Ilustración 36	Ocupación de tierras agrícolas generado por el tipo de alimento producido en el Estado de México 2011-2020	77
Ilustración 37	Toxicidad humana generada por el tipo de alimento producido en el Estado de México 2011-2020	78

Introducción

El cambio climático es el mayor problema actual a nivel mundial. Una de las consecuencias más visibles de este, es el aumento de la temperatura en el planeta, pero detrás de esta consecuencia vienen otros eventos como sequías, inundaciones, pérdida de biodiversidad, incendios, aumento del nivel del mar, tormentas y deshielos. Por lo tanto, el cambio climático pone en riesgo la supervivencia humana en el planeta tierra.

El cambio climático se puede dar por situaciones naturales, pero se considera que el mayor responsable de este en el planeta, ha sido el ser humano debido al uso de combustibles fósiles y a su modo de vida actual.

Este trabajo de investigación es sobre el impacto ambiental generado en los principales alimentos que se producen en el Estado de México, los cuales se producen para alimentar a la población mexicana y también para la exportación.

Para el desarrollo del trabajo se consultó el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) y las bases de datos Scopus y Web Of Science, en donde se obtuvo literatura científica sobre la temática.

Los datos encontrados evidenciaron las toneladas de alimento producidas en el Estado de México. Esta información se cruzó con los datos de impacto ambiental por peso de alimento producido que se obtuvo de la literatura científica, a continuación, se calculó la contaminación ambiental en el Estado de México teniendo en cuenta diferentes factores de contaminación desde el año 2011 a 2020.

Este trabajo está acorde con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y con las políticas del Acuerdo de París, en donde México se comprometió a disminuir los niveles de sus emisiones de Gases de efecto invernadero.

Justificación

La producción y consumo de alimentos requiere cambios para lograr reducir las consecuencias del cambio climático. La humanidad se encuentra en un punto de inflexión en donde puede decidir las condiciones que permitirán una vida adecuada para las futuras generaciones. Es por ello que se debe generar una revolución en las formas en que los seres humanos producen y consumen alimentos

La realización de esta investigación se justifica en gran medida, ya que está en congruencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, tales como: Fin de la pobreza, Salud y Bienestar, Ciudades y Comunidades Sostenibles, y Acción por el clima.

Es imprescindible la producción y consumo de alimentos de bajo impacto ambiental, pues disminuirán la velocidad con la cual se está generando el cambio climático. Puesto que el consumo y formas de producción de los alimentos que demandan las dietas de la población, son uno de los mayores causantes del cambio climático debido a las emisiones que generan sus procesos.

A nivel social es importante esta investigación ya que sirve como una aproximación a modelos productivos que redundará en un bienestar social, proveyendo innovación en procesos, generando emprendimientos y mejorando la calidad ambiental de los lugares donde habitan los seres humanos.

Económicamente, esta investigación es benéfica ya que potencia la implementación de proyectos e iniciativas que sean productivas y sostenibles. Políticamente es viable ya que

abre la puerta a nuevas propuestas y formas de gobernanza que son más aptas para las necesidades actuales a nivel mundial.

Definición del problema

La última década (2011- 2020) ha sido la más cálida registrada en la historia y se sabe que la temperatura en el planeta aumentó en 1,1 °C con respecto a la temperatura registrada a finales del siglo XIX.

Una de las principales causas de la aceleración del cambio climático son las formas de alimentación de la especie humana. Se considera que los sistemas alimentarios son causantes de 1/3 de los gases de efecto invernadero, cifra que se estima aumentará al 40% en el 2050. Además, son responsables del 80% de la pérdida de biodiversidad y del 30% del consumo total de energía en el mundo. Por otra parte, más del 17% de los alimentos que se producen se desperdician y hasta el 10% de las emisiones de gases de efecto invernadero en el mundo está asociado a este desperdicio (Mbow, C. 2019; Day, F. C. S. K. 2011; UN 2021).

Una cadena agroalimentaria comprende diferentes enfoques: primero el productivo por la preparación de suelos y subsuelos agrícolas, segundo el de transformación o procesamiento de alimentos y el tercero de distribución de los alimentos. En cada una de esos enfoques se genera contaminación ambiental.

La cadena agroalimentaria de la carne de ganado vacuno y los lácteos es una de las que mayor impacto ambiental genera a nivel mundial. Actualmente, México ocupa el 6to lugar en producción y consumo de carne de res y ternera (USDA, 2021), además ocupa el puesto 11 en la lista de los países que más generan gases de efecto invernadero con relación a sus sistemas agroalimentarios (FAO, 2021).

Además del impacto ambiental generado por el consumo de carne de res, hay otros alimentos que también generan un impacto ambiental importante, como es la producción de cerdo, aves, peces, sumado a la deforestación y pérdida de biodiversidad que causan los monocultivos para la alimentación humana y animal.

Actualmente no se tiene claro el impacto ambiental generado por la producción de alimentos en el estado de México.

¿Cuál es el impacto ambiental generado por la producción de alimentos en el Estado de México?

Objetivos

Objetivo general

Analizar el impacto ambiental generado por la producción de alimentos en el Estado de México en los años 2012-2022

Objetivos específicos

Analizar las publicaciones científicas realizadas entre los años 2012-2022 que estén relacionadas con el impacto ambiental en la producción de alimentos y dietas de los consumidores

Identificar diferentes factores de contaminación ambiental generados por los sistemas alimentarios

Comparar el impacto ambiental generado en la producción de diferentes tipos de alimentos

Línea de investigación

Desarrollo Sostenible y Competitividad

Metodología

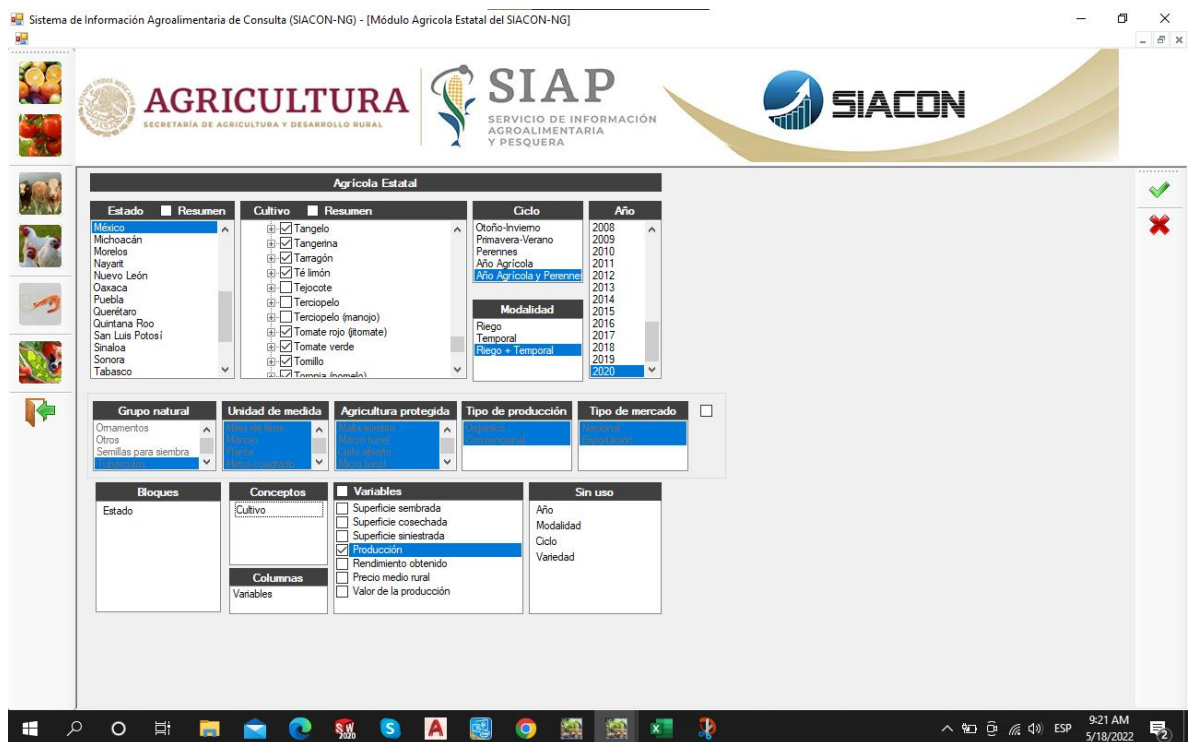
Metodología Objetivo Específico 1:

Desde la página web del gobierno de México se descargó el software SIAP, el cual cuenta con la información cuantitativa de la producción de alimentos en los municipios y estados de México (SIAP, 2022).

En la ilustración 1 se puede observar la interfaz y los filtros que se requieren para obtener los datos.

Ilustración 1

Interfaz del SIAP



Fuente: Autor

Una vez seleccionados los datos de interés, se procedió a realizar las visualizaciones para dar cuenta del tipo y cantidad de alimentos que se producen en el Estado de México (en litros y toneladas por año, discriminando por tipo de alimento).

Se realizaron búsquedas en las bases de datos Scopus y Web Of Science sobre las publicaciones relacionadas con el impacto ambiental de la producción agroalimentaria y dietas en el mundo y en México. Se utilizaron las siguientes ecuaciones de búsqueda:

TITLE ((environmental OR footprint OR lifecycle) AND (food OR agricultur
e OR diets))

TITLE ((environmental OR footprint OR lifecycle) AND (food OR agricultu
re OR diets)) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2022) OR LIMIT-
TO (PUBYEAR , 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2020) OR LIMIT-
TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018) OR LIMIT-
TO (PUBYEAR , 2017) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2016) OR LIMIT-
TO (PUBYEAR , 2015) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2014) OR LIMIT-
TO (PUBYEAR , 2013) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2012)) AND (LIMIT-
TO (SUBJAREA , "ENVI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "AGRI") OR LIMIT-
TO (SUBJAREA , "ENGI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "ENER") OR LIMIT-
TO (SUBJAREA , "BUSI")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar"))

TITLE ((environmental OR footprint OR lifecycle) AND (food OR agriculture OR diets)) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2022) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2017) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2016) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2015) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2014) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2013) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2012)) AND (LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Mexico"))

Con el software VosViewer se revisaron las palabras más comunes encontradas en los artículos que arrojó la ecuación de búsqueda y se obtuvieron las imágenes de las redes.

Metodología Objetivo Específico 2:

En los artículos encontrados en las búsquedas se obtuvieron los factores de contaminación ambiental y, la cantidad hallada de contaminación generada por kilo de alimento producido (teniendo en cuenta su cadena productiva). Hubo una limitación aquí, debido a que no se encontraron estudios de impacto ambiental de todos estos alimentos en el Estado de México, por lo cual hubo que hacer aproximaciones con publicaciones que se encontraron en otros países o en otros estados mexicanos. En algunos casos no se midieron la misma cantidad de factores y en otros los midieron con diferentes medidas, lo que imposibilita comparar algunos casos.

Metodología Objetivo Específico 3:

Se procedió a multiplicar la cantidad de los principales alimentos producidos en el Estado de México (encontrado en el SIAP) por el impacto ambiental generado por su peso (encontrado en los artículos). Con esto se obtuvo la cantidad aproximada de contaminación ambiental generada por estos alimentos en el Estado de México desde los años 2011 a 2020. Esta información se llevó a gráficos, los cuales permiten visualizar los datos de una forma más clara.

Estado del arte

En cuanto a documentos oficiales mexicanos relacionados con el tema de la investigación, se encuentra la encuesta Nacional de Salud y nutrición realizada por el Instituto Nacional de Salud Pública en México (ENSANUT, 2018). Dicho documento orienta sobre las cifras, estado de nutrición de la población del país y sus patrones de consumo de alimentos.

Otro documento que se aproxima desde algunos ángulos al tema de la investigación, es el reporte de la FAO (2019) denominado *El sistema alimentario en México - Oportunidades para el campo mexicano en la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible*, el cual informa sobre el sistema alimentario en México, las políticas públicas relacionadas con el sistema alimentario y algunas propuestas de políticas públicas para la transformación del sistema alimentario y la agenda 2030.

Por otra parte, está el informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición 2018 (HLPE, 2017), este permite delimitar un sistema alimentario al definir los elementos integrantes del mismo, establece algunas tipologías para clasificar los sistemas alimentarios, ejemplifica el efecto de las dietas en los sistemas alimentarios, además define ciertos motores que impulsan los sistemas alimentarios, tales como características demográficas, socioculturales, biofísicas - ambientales, políticas - económicas e infraestructura, tecnología e innovación.

En López-Olmedo., et al. (2022) evaluaron el impacto ambiental generado por las dietas de la población mexicana, encontraron que tiene una huella de carbono mucho más baja que las dietas en otros países latinoamericanos para los cuales se dispone de tales

estimaciones. Adicionalmente, encontraron que los gases de efecto invernadero son inferiores en las familias rurales y en los estratos sociales más bajos. Además, encontraron un promedio de 3,9kg de CO₂ por persona al día.

En la literatura científica se encuentran investigaciones que evalúan el impacto ambiental de las dietas de ciertas poblaciones, existen investigaciones como la de Temme, E. H et al (2015) donde evaluaron las emisiones de gases de efecto invernadero en la dieta de los holandeses entre los 7 a 69 años de edad. Clasificaron entre niños, niñas, mujeres y hombres. Encontraron que la cifra de emisiones diaria estuvo entre 3 y 5 kg CO₂e. Siendo la dieta de los hombres la mayor generadora de gases de efecto invernadero. Se encontró así mismo que las dietas más contaminantes están relacionadas con el consumo de carne y lácteos. Además, se encontró que las dietas que más CO₂ generan, están estrechamente relacionadas con la ingesta de grasas saturadas.

En González-García, S. et al (2018) realizaron una revisión de la huella de carbono y calidad nutricional de diferentes dietas a nivel mundial. Para ello tuvieron en cuenta 66 escenarios de dietas y revisaron 21 investigaciones. Encontraron que la dieta mediterránea y la atlántica otorgan la mejor calidad de nutrientes y generan la menor huella de carbono, mientras que las del norte y oeste de Europa, y la de Estados Unidos generan la mayor cantidad de huella de carbono, debido principalmente al consumo de los lácteos y sus derivados.

Una de las investigaciones más completas en indicadores ambientales y nutricionales es la revisión realizada por McAuliffe et al. (2020), donde clasificaron en 3 grupos diferentes investigaciones previas basadas en ACV de cadenas agroalimentarias con

un enfoque nutricional. Por una parte, separaron los artículos que analizan el ACV de cadenas agroalimentarias enfocadas en un solo nutriente (como unidad funcional), en otra parte analizaron las cadenas agroalimentarias por medio del ACV, pero considerando indicadores compuestos, pues tomaron en consideración varios nutrientes. En el tercer grupo analizaron las publicaciones de ACV en cadenas agroalimentarias que se enfocan en el análisis a nivel de producto en un contexto dietético.

Otra de las investigaciones que sirve como insumo para la investigación, es la investigación realizada por Huerta, A. R. (2016) en donde utilizaron el ACV para comparar el impacto ambiental generado por dos tipos de sistemas de producción de carne de ganado vacuno en el estado de Veracruz, México. Tomaron como unidad funcional 1 kg de carne sin hueso y sin grasa. Las variables de impacto ambiental que tomaron en consideración para comparar los dos sistemas fueron: cambio climático, toxicidad humana, acidificación terrestre, eutrofización de agua dulce, eutrofización marina, ecotoxicidad terrestre, ocupación de tierras agrícolas, agotamiento del agua, agotamiento de fósiles, formación de oxidantes fotoquímicos, ecotoxicidad del agua dulce y ecotoxicidad marina.

Adicionalmente, en Tyszler, M. et al. (2016) demostraron que es posible disminuir en un 30% el impacto ambiental generado por la dieta de la población holandesa. Para ello desarrollaron por medio de la programación lineal diferentes combinaciones de alimentos que lograron suplir los requerimientos nutricionales promedio de una mujer holandesa de los 31 a 51 años de edad. Tuvieron en cuenta factores como disponibilidad de dichos alimentos en el país, y patrones culturales de preferencia alimenticia, con lo cual no generaron cambios drásticos en la dieta de los holandeses, sino que propusieron reemplazar

algunos alimentos de la dieta de la población holandesa. Para esta investigación tuvieron en cuenta la ingesta de micro y macronutrientes recomendadas para la población de dicho país.

En cuanto a los antecedentes de los residuos agrícolas en México, está la investigación hecha por Valdez-Vazquez et al. (2010), quienes examinaron el tipo, la ubicación y las cantidades de varios residuos de cultivos en México para evaluar su potencial de conversión en bioenergía. En otra investigación más reciente, Honorato-Salazar & Sadhukhan (2020), evaluaron la variación anual de la biomasa de los residuos agrícolas y forestales, su disponibilidad y potencial para la producción de energía en México. Ellos encontraron que el mayor porcentaje de residuos disponibles proviene del maíz, el sorgo, la caña de azúcar, el trigo, la cebada y los frijoles. Mencionan, que la mayor parte de los residuos de cultivos disponibles se encuentran en 10 municipios, y que debido a la estacionalidad climática la mayoría de residuos se encuentran principalmente en enero, mayo, junio, noviembre y diciembre.

En Molina-Guerrero et al. (2020), determinaron la ubicación geográfica y disponibilidad de los residuos agrícolas más importantes generados en México en los últimos 10 años (2008—2017). Estimaron el número bruto de residuos convencionales y no convencionales de la agricultura en México.

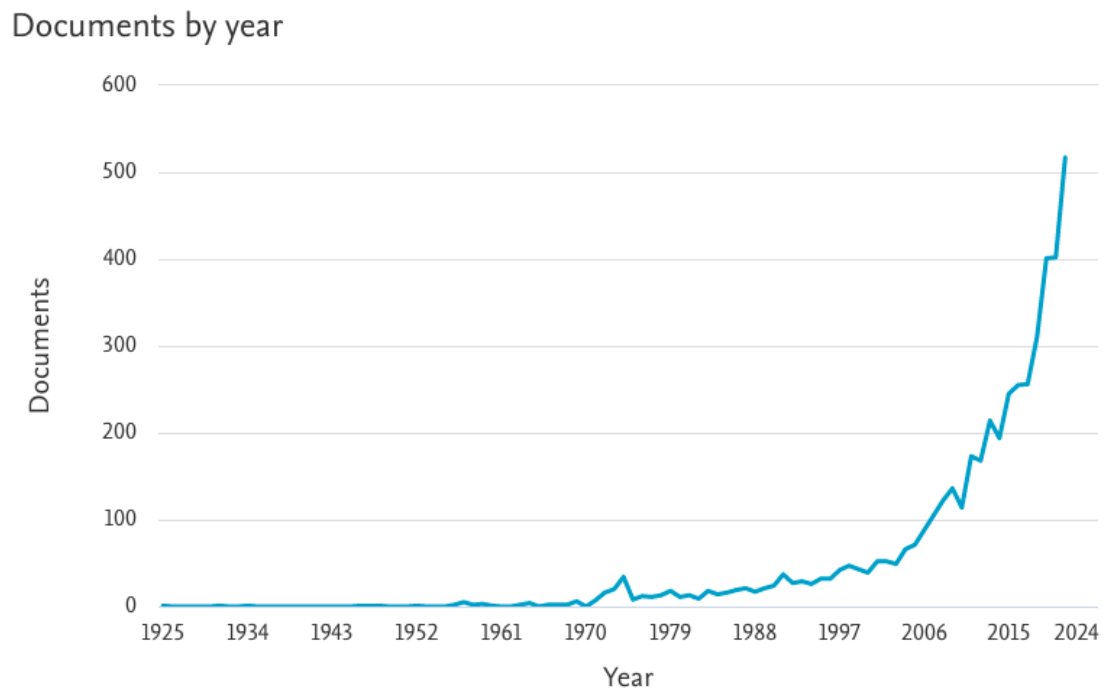
Vigilancia tecnológica

Bases de datos científicas SCOPUS y Web Of Science:

En la ilustración 2, se puede observar un crecimiento exponencial en las publicaciones relacionadas con el impacto ambiental en la producción de alimentos a nivel mundial.

Ilustración 2

Publicaciones relacionadas con el impacto ambiental en la producción de alimentos a nivel mundial



Fuente: Autor, tomado de Scopus

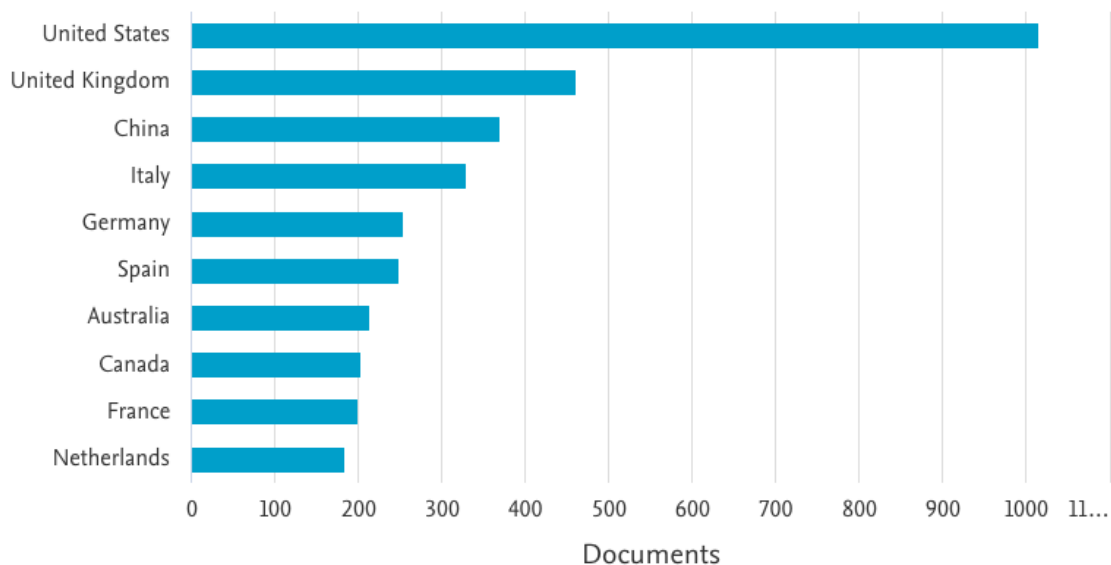
En la ilustración 3 se puede observar que USA es el país con más publicaciones relacionadas con el impacto ambiental en la producción de alimentos a nivel mundial en los últimos 20 años.

Ilustración 3

Países con más publicaciones científicas relacionadas con la producción de alimentos

Documents by country or territory

Compare the document counts for up to 15 countries/territories.

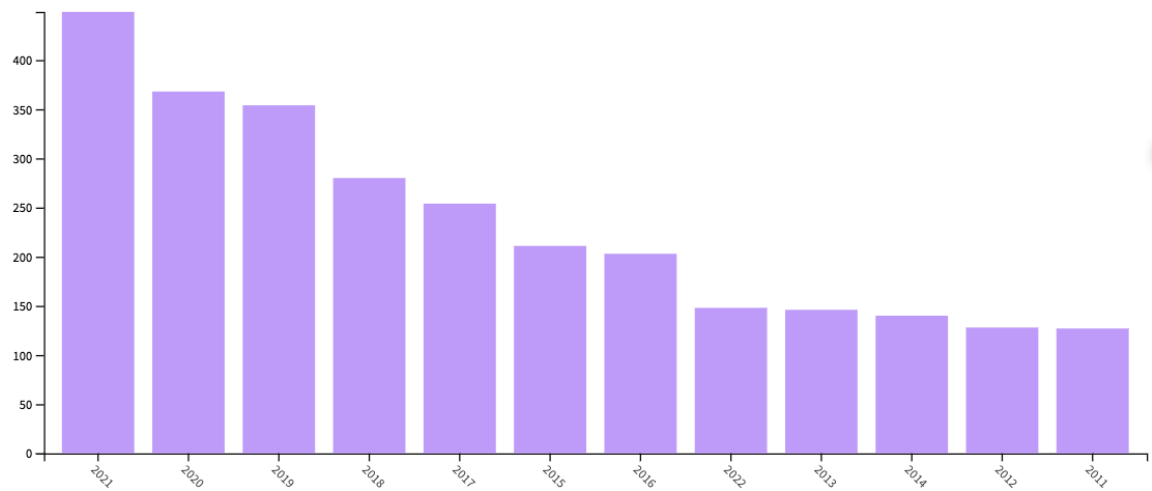


Fuente: Autor, tomado de Scopus

En la ilustración 4, se puede observar un crecimiento en las publicaciones relacionadas con el impacto ambiental en la producción de alimentos a nivel mundial desde el 2011 al 2021, está en sincronía con lo encontrado en Scopus.

Ilustración 4

Publicaciones relacionadas con el Impacto ambiental por año



Fuente: Autor, tomado de Web Of Science

En la ilustración 5, se pueden observar las revistas científicas con más publicaciones relacionadas con el impacto ambiental en la producción de alimentos a nivel mundial en el periodo 2011-2021. La revista en donde más publicaciones hay es *Journal of Cleaner Production*, seguida por *Sustainability*.

Ilustración 5

Revistas con más publicaciones científicas relacionadas con la producción de alimentos a nivel mundial

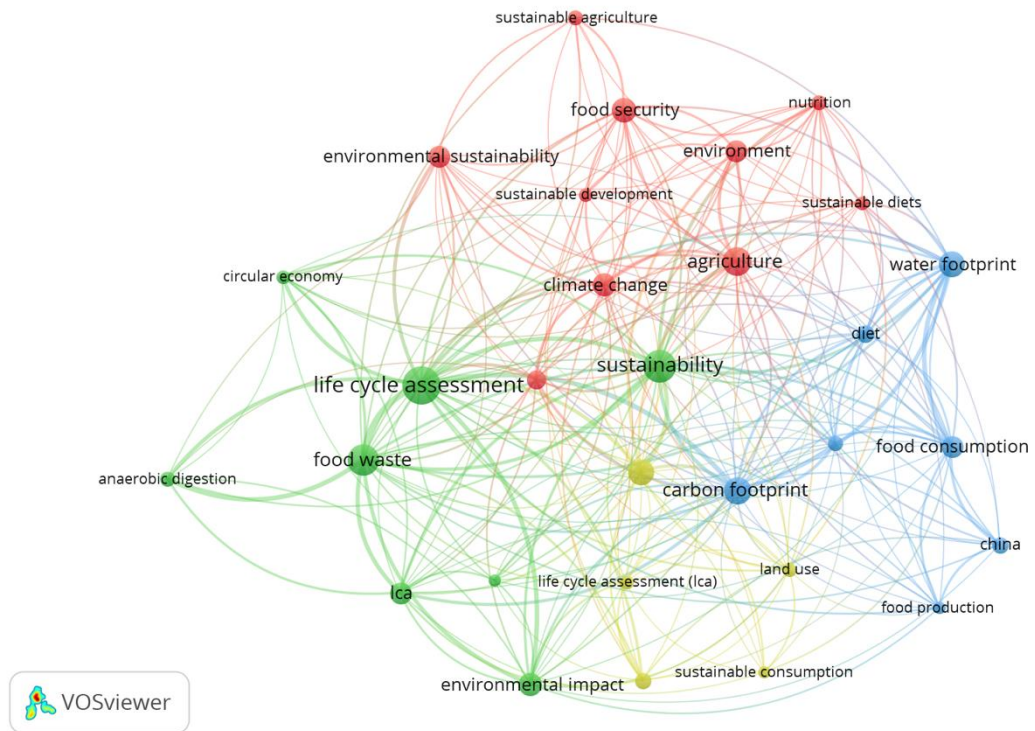


Fuente: Autor, tomado de Web Of Science

En la búsqueda realizada en Scopus, se obtuvieron las palabras que más se repiten en el título, resumen y palabras clave de dichas publicaciones por medio del software VosViewer. Se encontró que las palabras más comunes son: life cycle assessment, sustainability, food waste, carbon footprint, environmental impact, entre otras (ilustración 6). Esto permite observar que la ecuación de búsqueda fue acertada con respecto a los que se buscó.

Ilustración 6

Palabras comunes en las publicaciones

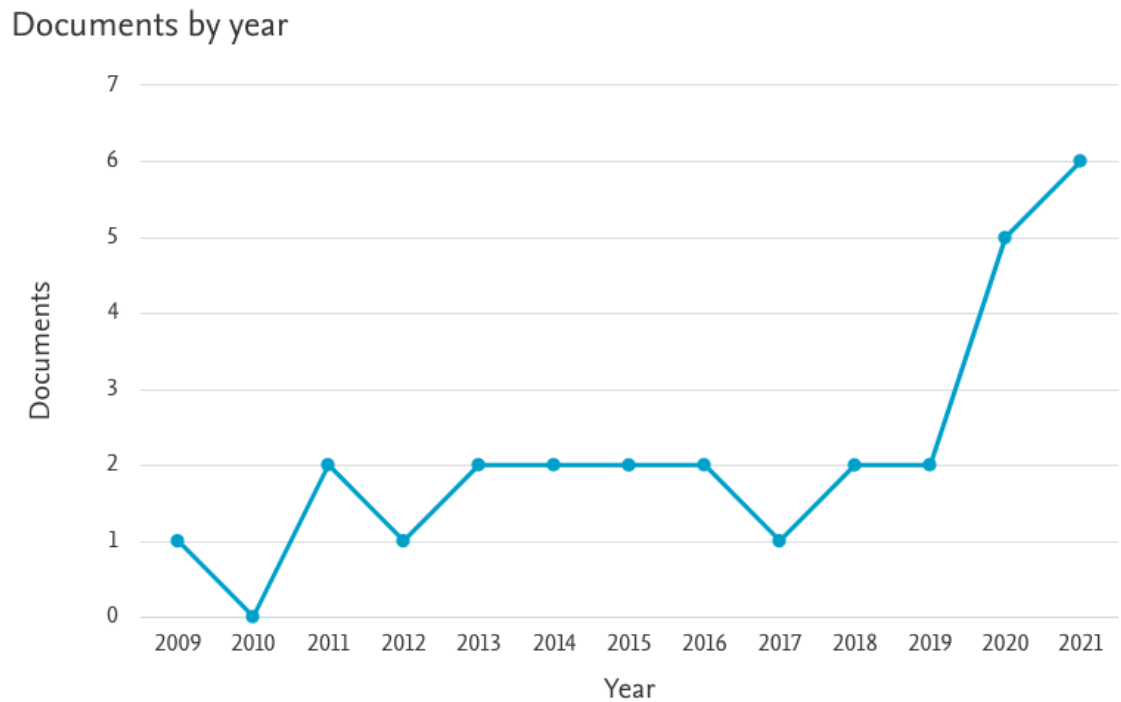


Fuente: Autor, obtenido de VosViewer

En la ilustración 7 se puede observar un breve crecimiento y pocas publicaciones relacionadas con el impacto ambiental en la producción de alimentos en los Estados Unidos Mexicanos.

Ilustración 7

Publicaciones relacionadas con el impacto ambiental en la producción de alimentos en México

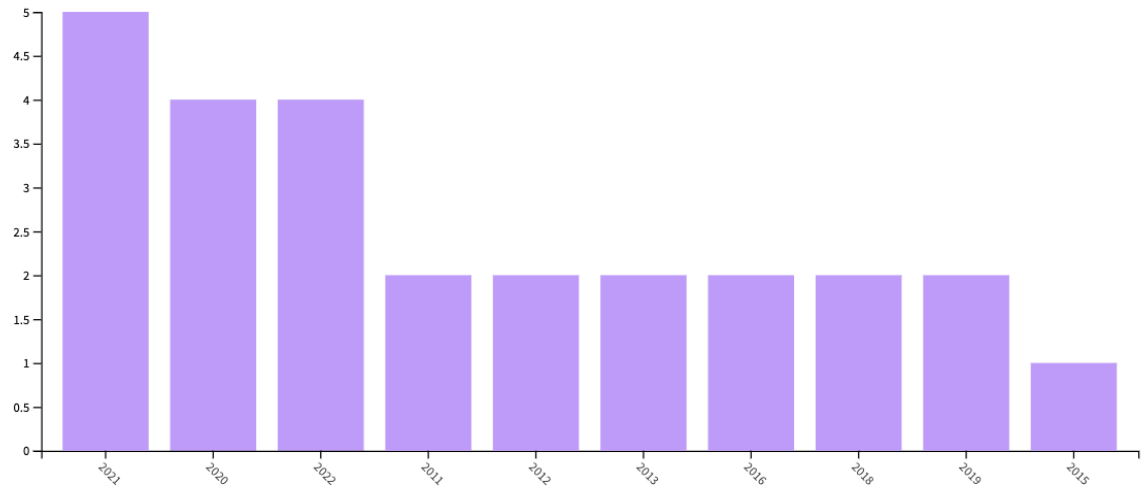


Fuente: Autor, tomado de Scopus

Al igual que en la imagen anterior, en la ilustración 8 se puede observar un breve crecimiento y pocas publicaciones relacionadas con el impacto ambiental en la producción de alimentos en los Estados Unidos Mexicanos.

Ilustración 8

Publicación por año relacionada con el impacto ambiental en la producción de alimentos en México



Fuente: Autor, tomado de Web Of Science

En la ilustración 9 se pueden observar las instituciones con mayor producción relacionadas con el impacto ambiental en la producción de alimentos en México. Se puede observar que la primera es la UNAM, seguida por la Universidad de Baja California y la Universidad de Guadalajara.

Ilustración 9

Instituciones mexicanas con mayor producción científica relacionada con el impacto ambiental en la producción de alimentos



Fuente: Autor, tomado de Web Of Science

Marco Conceptual

Análisis del ciclo de vida (ACV)

El análisis del ciclo de vida (ACV) es una metodología de evaluación ambiental, a través de la cual pueden analizarse y cuantificarse los impactos ambientales generados por la elaboración de productos, servicios o procesos. Al aplicar el análisis del ciclo de vida se tienen en cuenta todas las etapas, procesos y procedimientos involucrados. Es decir que se incluye la extracción y procesamiento de materias primas, transformación, transporte, uso, disposición final, entre otras.

El análisis del ciclo de vida permite obtener información útil para mejorar procesos y procedimientos, o comparar entre el impacto ambiental generado por diferentes productos, como por ejemplo la producción de alimentos.

La norma ISO 14040 regula la metodología de evaluación ambiental de análisis de ciclo de vida de un producto y define 4 etapas de estudio las cuales son:

1. Definición del objetivo y del alcance: Se define el sistema (inicio, etapas y fin) que se estudiara.
2. Inventario del ciclo de vida (ICV): Aquí se identifican y cuantifican los inputs (Recursos y materiales que ingresan) y outputs (residuos generados y emisiones agua, suelo o aire) que pueden generar un impacto ambiental durante el ciclo de vida de un producto.

3. Evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV): En esta etapa se relacionan los inputs y outputs identificados, con el objetivo de clasificarlos, caracterizarlos y valorar la importancia que generan estos potenciales impactos.

4. Interpretación del ciclo de vida: Esta etapa consiste en la combinación de los resultados del (ICV) y la (EICV), con el fin de elaborar conclusiones y recomendaciones que permitan tomar decisiones sobre el impacto ambiental generado por el producto, proceso o servicio.

Cadenas agroalimentarias

Una cadena agroalimentaria se compone de todos los procesos y operaciones involucradas en la producción, transporte, transformación, comercialización y consumo de un tipo de alimento. Por lo tanto, se entiende que cada alimento que llega a la mesa trae detrás una cadena agroalimentaria que inicia en el campo o lugar de producción de este.

Cada cadena agroalimentaria tiene su propio impacto ambiental, el cual se puede medir por medio del análisis de los procesos en donde se tienen en cuenta distintos factores como el combustible utilizado, los motores, el tipo de agricultura, el tipo de riego, las prácticas de siembra, el embalaje, el desperdicio, entre otros.

Dietas sostenibles

Una dieta sostenible está directamente relacionada con cadenas agroalimentarias sostenibles, pues la demanda y patrón de consumo de alimentos tiene un impacto directo en

la oferta y en las prácticas de producción requeridas para suplir la necesidad de los consumidores. Por lo cual, es posible medir el impacto ambiental generado por las dietas de una población.

De acuerdo a FAO (2010):

“Las dietas sostenibles son aquellas que generan un impacto ambiental reducido y que contribuyen a la seguridad alimentaria y nutricional y a que las generaciones actuales y futuras lleven una vida saludable. Además, protegen y respetan la biodiversidad y los ecosistemas, son culturalmente aceptables, accesibles, económicamente justas y asequibles y nutricionalmente adecuadas, inocuas y saludables, y optimizan los recursos naturales y humanos”.

Marco Teórico

El Estado de México fue fundado en 1824 y es uno de los 32 estados de los Estados Unidos Mexicanos, tiene 125 municipios y su capital es Toluca de Lerdo. Este estado es el más poblado del país ya que cuenta con 17 millones de habitantes (14% de la población nacional), aporta el 10% del PIB nacional y es considerado una de las entidades más industrializadas en América latina (Salas et al., 2019).

En la ilustración 10 se puede observar el Estado de México dentro del territorio nacional, puede observarse que está en el centro-sur del país.

Ilustración 10*Mapa de México***Fuente:** (Méxicoreal, 2022)

En la ilustración 11 pueden observarse algunos de los municipios del Estado de México y los estados fronterizos los cuales son: Ciudad de México (Distrito Federal), Hidalgo, Querétaro, Michoacán, Guerrero, Morelos y Puebla.

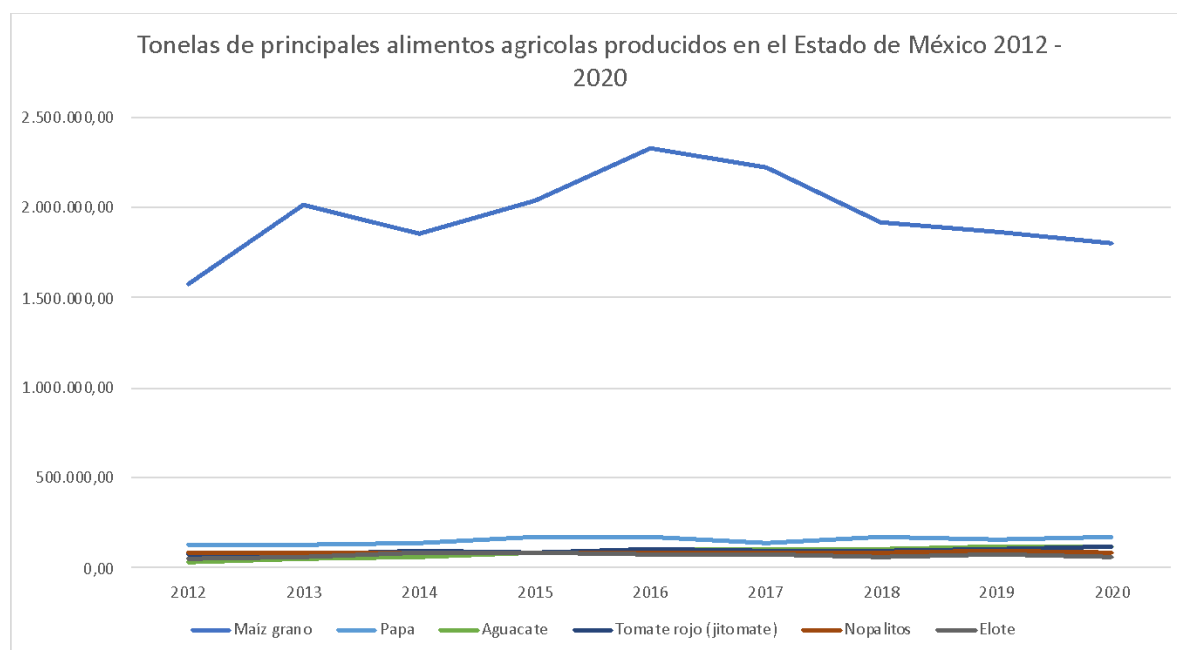
Ilustración 11*Mapa del Estado de México***Fuente:** (ExplorandoMéxico, 2022)**Base de datos SIAP:**

En el Estado de México, el alimento que más se produce es el maíz, el cual marca una amplia diferencia con los alimentos que le siguen, los cuales son la papa, el aguacate, el jitomate, los nopalitos y el elote. Esto se puede observar en la ilustración 12, en donde es

evidente que la producción de estos alimentos ha sido constante desde el 2012 hasta el 2020.

Ilustración 12

Toneladas de los principales alimentos agrícolas producidos en el Estado de México 2012-2020

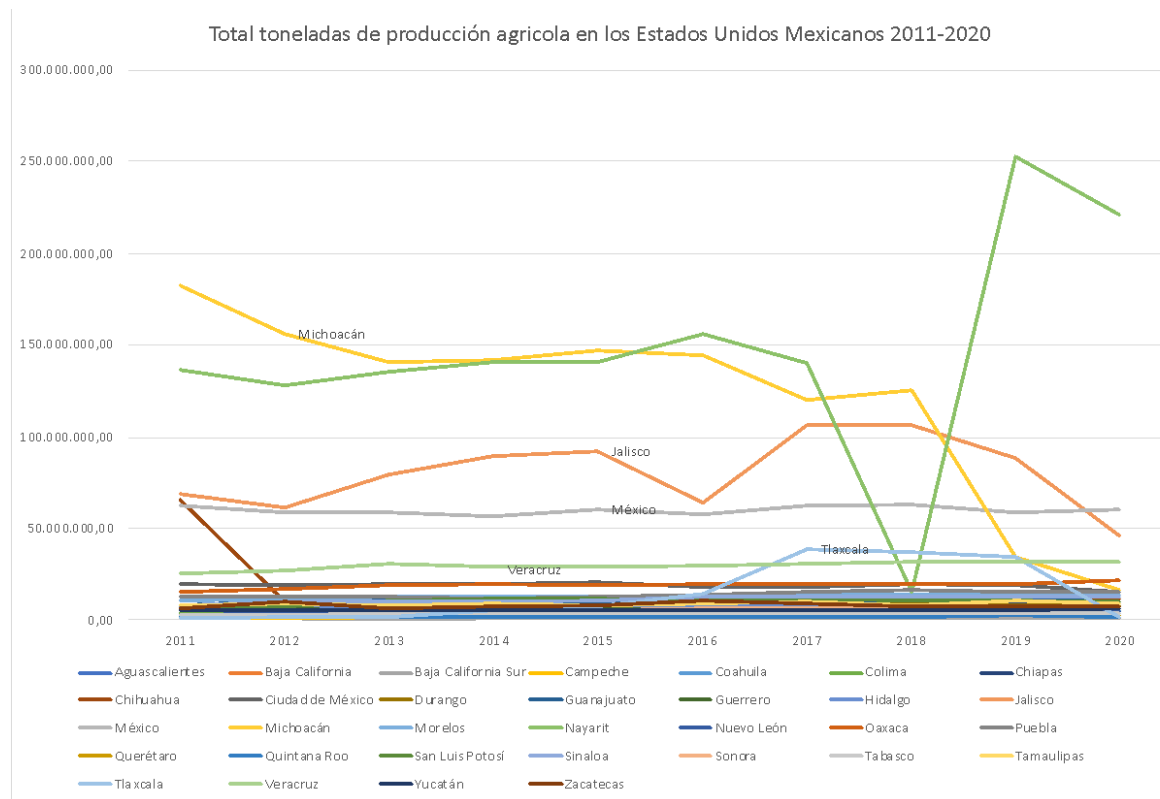


Fuente: Autor con datos obtenidos de SIAP (2022).

Entre los 32 estados del país, el Estado de México ha venido ocupando el 4to puesto desde el 2011, para consolidarse como en el 2do en el 2020 con respecto a toneladas de producción agrícola por año, siendo superado solamente por el estado de Nayarit (Ilustración 13). Lo cual muestra que el Estado de México tiene un papel representativo a nivel nacional en producción de alimentos.

Ilustración 13

Total toneladas de producción agrícola en los Estados Mexicanos 2011-2020



Fuente: Autor con datos obtenidos de SIAP (2022).

En la tabla 1 se pueden observar los alimentos que más se producen en el Estado de México y lo que se produjo a nivel nacional, además del porcentaje de participación del estado a nivel nacional desde los años 2012 a 2020. Para mayor claridad, en la ilustración 14 se puede observar el porcentaje de participación de alimentos como maíz en grano, la papa, los nopalitos y el elote, los cuales han estado entre el 6% y el 12% del total de la producción nacional, mientras que aguacate y el jitomate han estado entre el 2% y el 6%.

Tabla 1

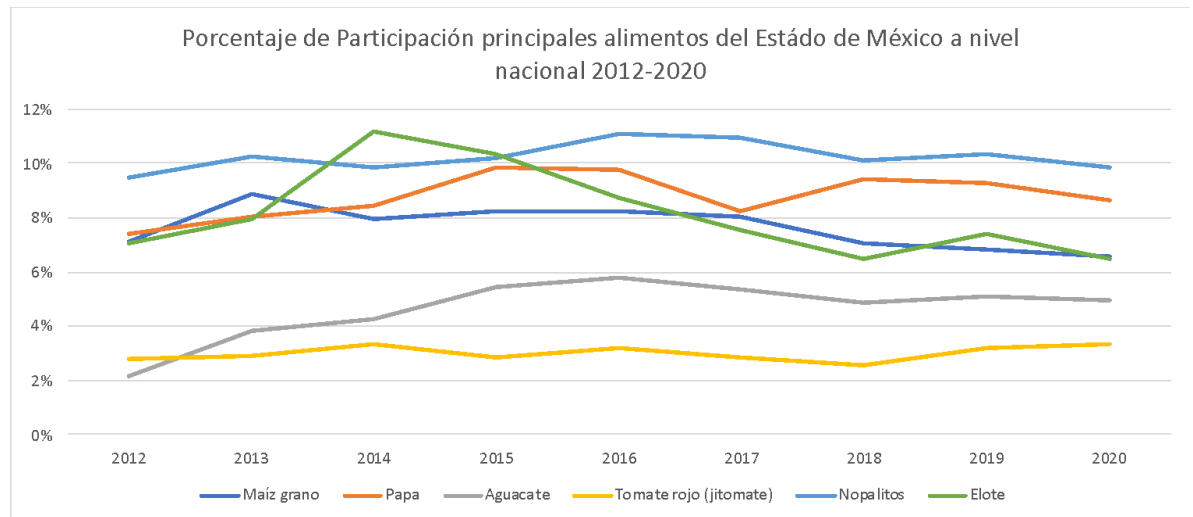
Total y porcentaje de participación de alimentos agrícolas de mayor producción en México y en el Estado de México

Año		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
País (Millones de Ton)	Maíz grano	22.1	22.7	23.3	24.7	28.3	27.8	27.2	27.2	27.4
	Papa	1.8	1.6	1.7	1.7	1.8	1.7	1.8	1.8	1.9
	Aguacate	1.3	1.5	1.5	1.6	1.9	2.0	2.2	2.3	2.4
	Tomate rojo (jitomate)	2.8	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.8	3.4	3.4
	Nopalitos	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9
	Elote	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.0	1.0
	Estado de México (Miles de Ton)	Maíz grano	1,575	2,013	1,856	2,036	2,332	2,220	1,923	1,865
Papa		133	131	141	171	175	141	170	166	169
Aguacate		29	57	65	89	109	109	107	117	118
Tomate rojo (jitomate)		80	78	96	88	106	100	98	111	114
Nopalitos		81	81	81	83	90	91	87	92	85
Elote		54	60	90	88	78	77	69	72	65
Porcentaje de participación (%)		Maíz grano	7%	9%	8%	8%	8%	8%	7%	7%
	Papa	7%	8%	8%	10%	10%	8%	9%	9%	9%
	Aguacate	2%	4%	4%	5%	6%	5%	5%	5%	5%
	Tomate rojo (jitomate)	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
	Nopalitos	9%	10%	10%	10%	11%	11%	10%	10%	10%
	Elote	7%	8%	11%	10%	9%	8%	6%	7%	6%

Fuente: Autor con datos obtenidos de SIAP (2022).

Ilustración 14

Porcentaje de participación nacional de los principales alimentos agrícolas producidos en el Estado de México

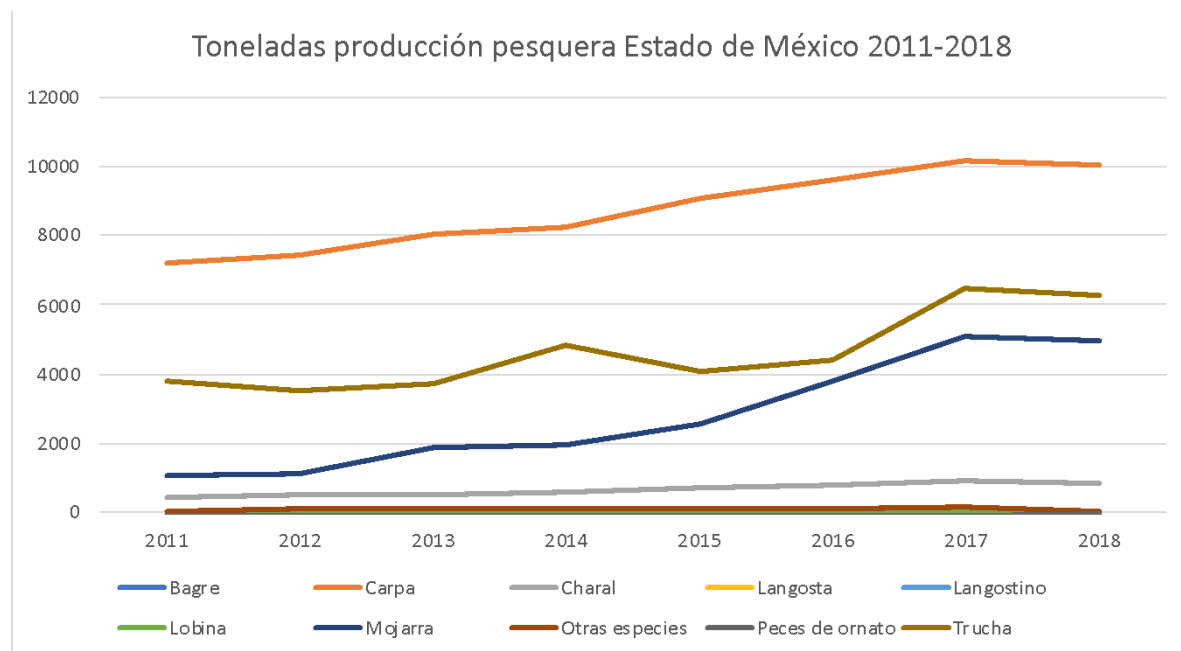


Fuente: Autor con datos obtenidos de SIAP (2022).

Con respecto a la producción pesquera, el Estado de México se caracteriza por la producción de Carpa, Trucha y Mojarra, cantidades que han venido aumentando en el periodo 2011 a 2018. La Carpa ha pasado de las 7.000 toneladas a las 10.000. Mientras la Trucha ha pasado de las 4.000 toneladas a las 6.000 y la Mojarra de las 1.000 toneladas a las 5000. Esto se puede observar en la ilustración 15.

Ilustración 15

Toneladas de producción pesquera en el Estado de México, años 2011 a 2018



Fuente: Autor con datos obtenidos de SIAP (2022).

En la tabla 2 se pueden observar el total de la producción pesquera en toneladas en el Estado de México y lo que se produjo a nivel nacional, además del porcentaje de participación del estado a nivel nacional desde los años 2011 a 2018. Se puede observar que en comparación a la cantidad que se produce en la nación, su participación es poca y cercana al 1%. Esto puede deberse a que este estado no tiene territorio marítimo, mientras otros estados sí, ya que México es un país rico en territorio marítimo.

Tabla 2*Total y Porcentaje de participación nacional pesquera producidos en el Estado de México*

Año	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
País (millones)	1.7	1.7	1.7	1.8	1.7	1.8	2.2	2.2
Estado de México (miles)	12.6	12.6	14.3	15.7	16.6	18.8	23.0	22.3
Porcentaje de participación	0.8%	0.7%	0.8%	0.9%	1.0%	1.1%	1.1%	1.0%

Fuente: Autor con datos obtenidos de SIAP (2022).

En la tabla 3 se puede observar la cantidad de toneladas de la principal producción pesquera en el Estado de México y lo que se produjo a nivel nacional, además del porcentaje de participación del estado a nivel nacional desde los años 2011 a 2018. Para mayor claridad, en la ilustración 16 se puede observar el porcentaje de participación de producción pesquera (toneladas), en Trucha y Carpa del Estado de México es alta, con respecto a la producción nacional. Desde el 2011 al 2018, la Trucha producida en este estado ha pasado de representar más del 35% nacional a más del 45%, mientras la carpa ha pasado del 30% al 20%, cifra que sigue siendo representativa teniendo en cuenta que el país cuenta con 32 estados y que el Estado de México no posee territorio marítimo. Sin embargo, estos peces son de agua dulce y pueden producirse en lagos.

Tabla 3

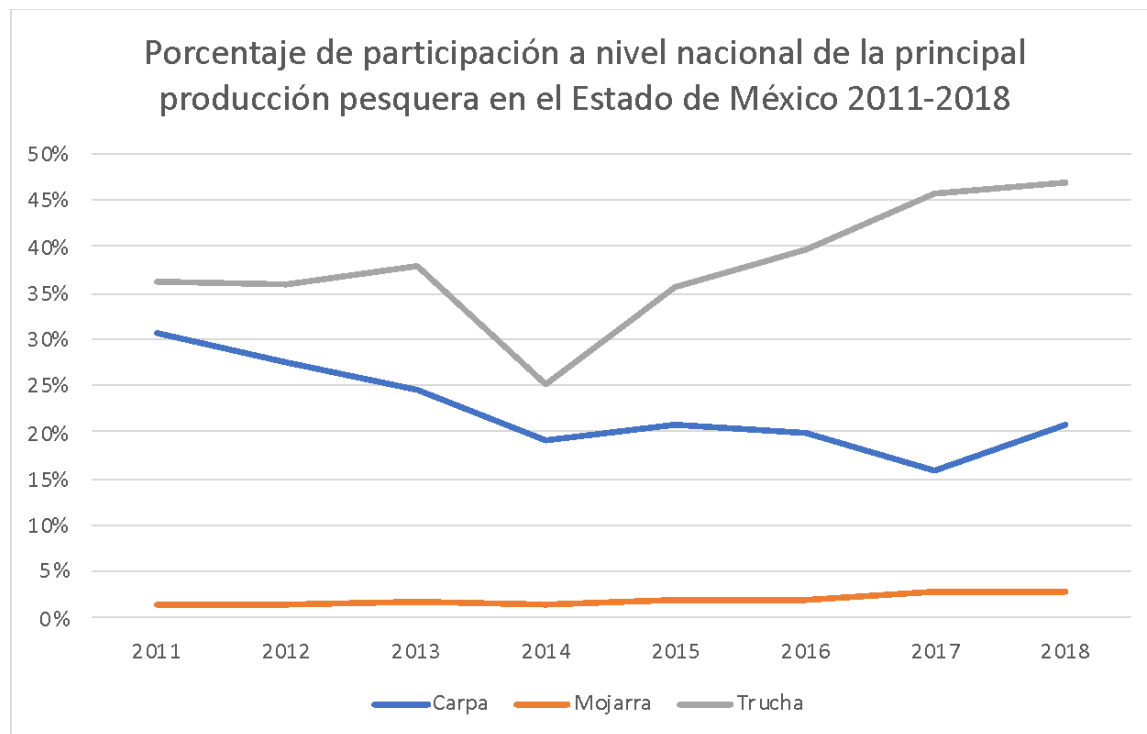
Total y porcentaje de participación de la producción pesquera en el país y en el Estado de México

Año		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
País	Carpa (miles)	23.5	26.9	33.0	43.1	43.7	48.4	64.2	48.1
	Mojarra (miles)	75.9	77.5	102.0	128.9	135.1	183.1	179.9	168.4
	Trucha (miles)	10.5	9.8	9.8	19.1	11.5	11.1	14.2	13.5
Estado de México	Carpa (miles)	7.2	7.4	8.1	8.2	9.1	9.6	10.2	10.0
	Mojarra (miles)	1.0	1.1	1.9	1.9	2.6	3.8	5.1	4.9
	Trucha (miles)	3.8	3.5	3.7	4.8	4.1	4.4	6.5	6.3
Porcentaje de Participación	Carpa	31%	28%	24%	19%	21%	20%	16%	21%
	Mojarra	1%	1%	2%	2%	2%	2%	3%	3%
	Trucha	36%	36%	38%	25%	36%	40%	46%	47%

Fuente: Autor con datos obtenidos de SIAP (2022).

Ilustración 16

Porcentaje de participación a nivel nacional de la principal producción pesquera en el Estado de México 2011-2018

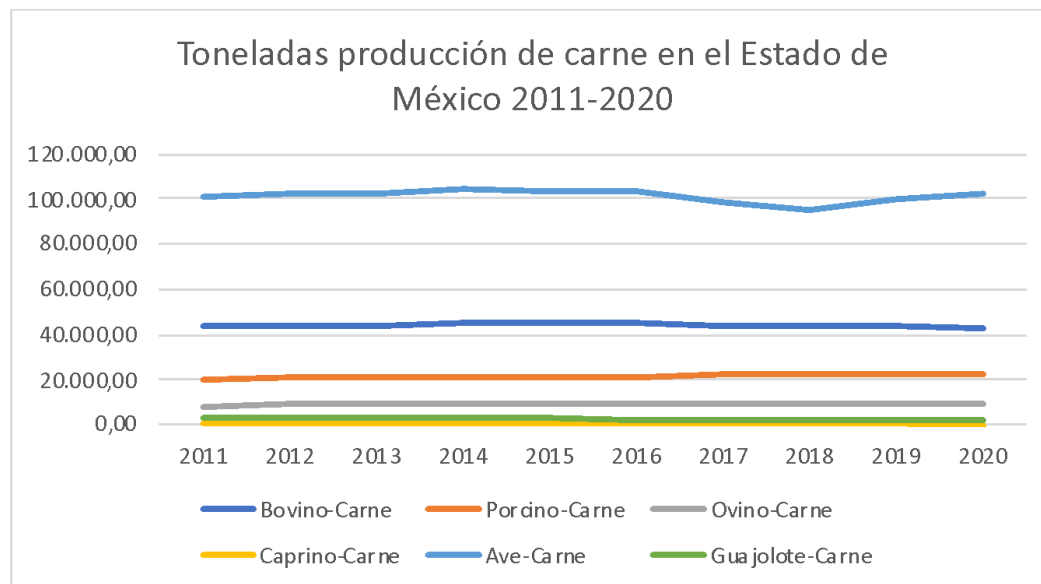


Fuente: Autor con datos obtenidos de SIAP (2022).

En la ilustración 17 se pueden observar las toneladas de carne producidas en el estado de México en el periodo 2011 a 2020. Se puede observar que la carne de ave es la que más se produce con cerca de 100.000 toneladas anuales, seguido por la carne de bovino con 40.000, seguido por la carne de cerdo con 20.000 y con menos producción aparecen la carne de ovino, caprino y guajolote. En este periodo, las toneladas producidas se han mantenido constantes.

Ilustración 17

Toneladas de producción de carne en el Estado de México 2011-2020



Fuente: Autor con datos obtenidos de SIAP (2022).

En la tabla 4 se puede observar la cantidad de toneladas de producción cárnica en el Estado de México y lo que se produjo a nivel nacional, además del porcentaje de participación del estado a nivel nacional desde los años 2011 a 2020. Para mayor claridad, en la ilustración 18 se puede observar el porcentaje de participación de producción cárnica (toneladas), en ovino es representativa a nivel nacional, ya que se ha mantenido en el 15%, mientras en Guajolote ha fluctuado entre el 12% y el 15%, mientras que en caprino, bovino, porcino y ave ha permanecido por debajo del 5%.

Tabla 4*Porcentaje de participación a nivel nacional de la principal producción cárnica en el Estado de México 2011-2020*

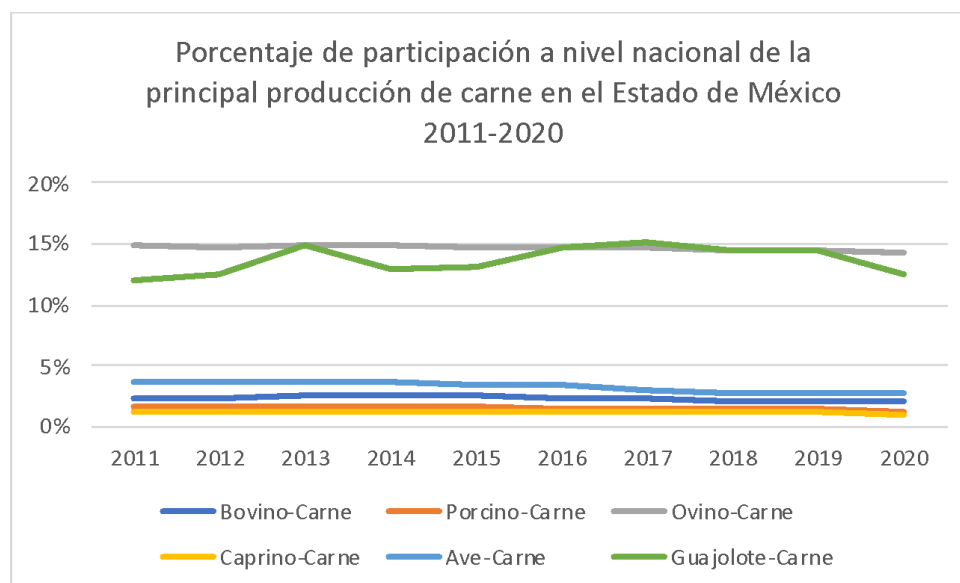
Año		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Estado de México	Bovino-Carne (miles)	43.5	44.0	44.2	45.2	45.3	44.8	44.3	43.6	43.6	42.1
	Porcino-Carne (miles)	20.0	20.5	20.7	21.1	21.2	21.4	21.6	21.8	21.9	21.6
	Ovino-Carne (miles)	8.4	8.5	8.6	8.7	8.7	8.9	9.0	9.1	9.3	9.2
	Caprino-Carne (miles)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4
	Ave-Carne (miles)	100.8	102.6	102.7	104.2	103.7	103.4	98.3	95.3	99.7	102.8
	Guajolote-Carne (miles)	2.5	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.4	2.1
	País	Bovino-Carne (millones)	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	2.0	2.0
	Porcino-Carne (millones)	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7
	Ovino-Carne (miles)	56.5	57.7	58.0	58.3	59.4	60.4	61.6	62.9	64.0	64.8
	Caprino-Carne (miles)	43.8	41.5	39.7	39.8	39.4	39.5	39.8	39.9	39.9	40.0
	Ave-Carne (millones)	2.8	2.8	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.5	3.6

	Guajolote-Carne (miles)	21.1	20.6	17.3	19.2	19.0	16.8	16.3	17.1	16.9	17.1
Porcentaje de Participación	Bovino-Carne	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
	Porcino-Carne	2%	2%	2%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	1%
	Ovino-Carne	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	14%	15%	14%
	Caprino-Carne	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
	Ave-Carne	4%	4%	4%	4%	4%	3%	3%	3%	3%	3%
	Guajolote-Carne	12%	12%	15%	13%	13%	15%	15%	14%	15%	13%

Fuente: Autor con datos obtenidos de SIAP (2022).

Ilustración 18

Porcentaje de participación a nivel nacional de la principal producción de carne en el Estado de México 2011-2020



Fuente: Autor con datos obtenidos de SIAP (2022).

En la tabla 5 se pueden observar la cantidad de litros de producción de leche de bovino en el Estado de México y lo que se produjo a nivel nacional, además del porcentaje de participación del estado a nivel nacional desde los años 2011 a 2018. Se puede observar que el porcentaje de participación del estado ha sido aproximadamente del 4% durante estos años, excepto en el 2020 donde fue del 3%.

Tabla 5

Total de litros de leche de bovino producidos a nivel nacional, estatal y el porcentaje de participación del Estado de México

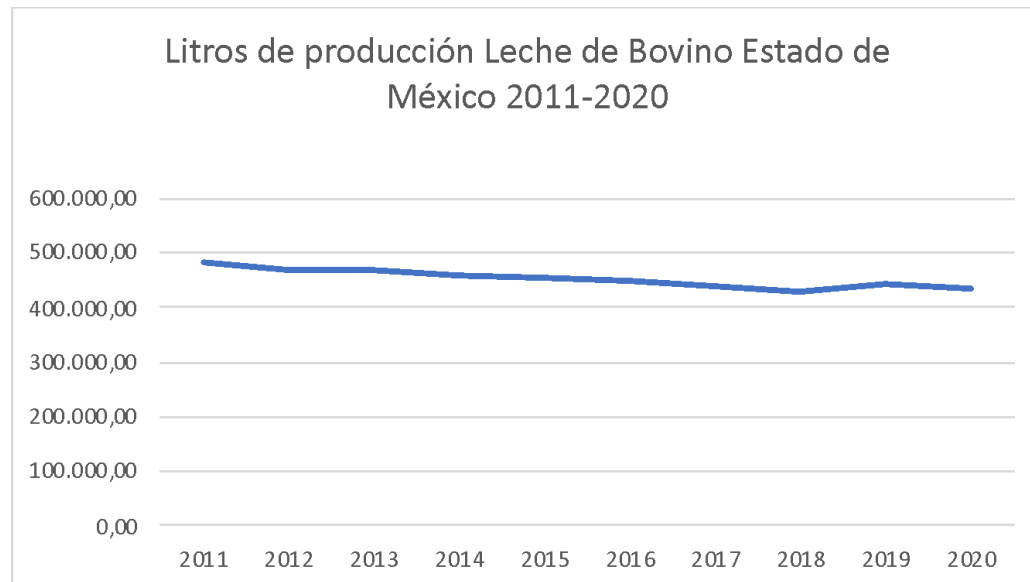
Año	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Estado de México (miles)	482.1	469.3	468.0	460.2	455.3	448.8	440.3	429.8	444.7	431.2
País (millones)	10.7	10.9	11.0	11.1	11.4	11.6	11.8	12.0	12.3	12.6
Porcentaje de participación	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	3%

Fuente: Autor con datos obtenidos de SIAP (2022).

En la ilustración 19 se puede observar que la producción de litros de leche en el Estado de México entre los años 2011 a 2020 ha pasado de estar cerca a los 500.000 litros a estar por encima de los 400.000 litros por año.

Ilustración 19

Litros de producción de leche de bovino producida en el Estado de México 2011-2020



Fuente: Autor con datos obtenidos de SIAP (2022).

Categorías de Impacto Ambiental:

En la tabla 6 se pueden observar las Categorías de impacto evaluadas por el método Recipe Midpoint, las cuales son comunes en los estudios de Evaluación del Ciclo de Vida y permiten comparar el impacto ambiental generado en diferentes procesos o sistemas productivos.

Tabla 6

Categorías de impacto ambiental evaluadas por el método Recipe Midpoint

Categoría	Descripción	Unidad
Ocupación de tierras agrícolas (ALO)	Pérdida de la tierra como recurso. Cantidad de tierra no disponible para otra actividad.	m ² *a

Cambio Climático (CC)	Emisiones de gases de efecto invernadero generadas por actividades antrópicas.	kg de CO ₂ equiv.
Agotamiento de fósiles (FD)	Extracción de reservas de gas natural, petróleo y carbón a un ritmo superior al que la naturaleza reemplaza.	kg petróleo equiv.
Ecotoxicidad en agua dulce (FEC)	Impacto de los metales pesados en los ecosistemas de agua dulce. Su unidad de referencia es el equivalente en kg de 1,4-diclorobenceno.	kg 1,4-DB equiv.
Eutrofización de agua dulce (FEU)	Se refiere al crecimiento excesivo de plantas acuáticas o floraciones de algas, debido a los altos niveles de nutrientes en los ecosistemas de agua dulce como lagos, embalses y ríos.	kg P equiv.
Toxicidad humana (HT)	Impactos en la salud por emisiones de metales pesados. Su unidad de referencia es kg equivalente de 1,4-diclorobenceno.	kg 1,4-DB equiv.
Radiación ionizante (IR)	Relacionado con el daño a la salud humana y los ecosistemas que están vinculados a las emisiones de radionúclidos a lo largo de un producto o ciclo de vida.	kg U235 equiv.
Ecotoxicidad marina (MEC)	Impactos de los metales pesados en el ecosistema.	kg 1,4-DB equiv.
Eutrofización marina (MEU)	Se refiere al crecimiento excesivo de plantas acuáticas o floraciones de algas, lo que provoca reducciones severas en la calidad del agua y las poblaciones de animales.	kg N equiv.
Agotamiento de metales (MD)	Agotamiento de los recursos abióticos	kg Fe equiv.
Transformación natural de la tierra (NLT)	Impacto en la tierra debido a la agricultura, asentamientos antropogénicos y extracciones de recursos.	m ²
Agotamiento del ozono (OD)	Disminución de la capa de ozono estratosférico debido a las emisiones antropogénicas de sustancias que agotan la capa de ozono.	kg CFC-11 equiv.
Formación de partículas (PMF)	Partículas en suspensión extremadamente pequeñas originadas por procesos antropogénicos como combustión, extracción de recursos, etc.	kg PM10 equiv.
Formación de oxidantes fotoquímicos (POF)	Tipo de smog creado por el efecto de la luz solar, calor, compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVNM).	kg NMVOC
Acidificación terrestre (TA)	Reducción del pH debido a los efectos acidificantes de las emisiones antropogénicas. Aumentar la acidez del suelo.	kg SO ₂ equiv.
Ecotoxicidad terrestre (TE)	Efectos tóxicos de los productos químicos en un ecosistema.	kg 1,4-DB equiv.

Ocupación de suelo urbano (ULO)	Actividades realizadas en un lugar determinado y su nivel de acumulación espacial.	m ² *a
Agotamiento de agua (WD)	Disminución de la disponibilidad de agua.	m ³

Fuente: Traducido de Acero et al., (2017)

Impacto ambiental generado por la producción de alimentos:

Existe poca información relacionada con el impacto ambiental de los alimentos producidos en México, por lo tanto, para algunos alimentos se consultaron estudios de impacto ambiental hechos en otros lugares del mundo, ya que esta fue la información más cercana obtenida.

Con respecto al impacto ambiental generado por el maíz, se consultó la investigación realizada por Paulino-Flores., et al (2018), en donde utilizaron el análisis de ciclo de vida para evaluar el impacto ambiental en cuatro diferentes tipos de maíz: rojo, lomas, zanahoria y negro con manejo de monocultivo convencional en el municipio de Toluca, México.

En relación al impacto ambiental generado por la papa, se consultó la investigación realizada por Timpanaro, G., et al (2021), en donde utilizaron el análisis de ciclo de vida para evaluar el impacto ambiental del cultivo de papa orgánico y convencional en la región de Siracusa, Italia. Esta investigación se utiliza ya que no se encontraron estudios de impacto ambiental relacionados con la producción de papa en México.

Con respecto al impacto ambiental generado por la producción del nopal, se consultó a Vergel-Rangel et al., (2021), estos autores investigaron el impacto ambiental en

la producción del nopal en el Estado de México, en donde presentan emisiones de efecto invernadero de 0.562 kg/ CO₂ eq por kilo de nopal. A pesar de mencionar porcentajes y medidas de insumos del sistema, no presentan las cantidades medidas con respecto a los otros indicadores de impacto ambiental.

En cuanto al impacto ambiental generado por la producción de leche, se consultó a Üçtuğ, F. G. (2019), quien hizo una revisión bibliográfica de investigaciones donde midieran el impacto ambiental generado por la producción de lácteos. En la producción de la leche mencionaron las investigaciones hechas por: Tessari et al., (2016) y por Djekic et al., (2014).

En cuanto al impacto ambiental de la producción de carne de bovino, se consultó a Huerta et al., (2016), en donde utilizaron el ACV para comparar el impacto ambiental generado por dos tipos de sistemas de producción de carne de ganado vacuno en el estado de Veracruz, México. Tomaron como unidad funcional 1 kg de carne sin hueso y sin grasa. Las variables de impacto ambiental que tomaron en consideración para comparar los dos sistemas fueron: cambio climático, toxicidad humana, acidificación terrestre, eutrofización de agua dulce, eutrofización marina, ecotoxicidad terrestre, ocupación de tierras agrícolas, agotamiento del agua, agotamiento de fósiles, formación de oxidantes fotoquímicos, ecotoxicidad del agua dulce y ecotoxicidad marina.

Adicionalmente se consultó a Asem-Hiablie et al., (2019), en donde evaluaron la información del impacto ambiental de la producción de bovinos en USA disponible en la base de datos del Roman L. Hruska US Meat Animal Research Center (USMARC).

Con relación al impacto ambiental de la producción de carne de ave, se consultó a López-Andrés et al., (2018), en donde presentan las características de impacto ambiental en un sistema productivo en México.

Con respecto al impacto ambiental generado en la producción porcina, se consultó a Gutierrez., et al (2018), en donde utilizaron el análisis de ciclo de vida para evaluar el impacto ambiental de la producción de carne de cerdo en el municipio de Temascaltepec, Estado de México. Adicionalmente, se complementó la información encontrada con lo presentado por Makara., et al (2019) en donde también utilizaron el análisis de ciclo de vida para evaluar el impacto ambiental de la producción de carne de cerdo en Pomerania, Polonia.

Para el impacto ambiental en la producción de trucha, se consultó a Samuel-Fitwiet al., (2013), en donde presentaron los resultados encontrados al utilizar el análisis de ciclo de vida.

En la tabla 7 se pueden observar las medidas de impacto ambiental encontradas en diferentes autores con respecto a los principales alimentos que son producidos en el Estado de México.

Tabla 7

Medidas de impacto ambiental por cadena productiva de alimentos

Categoría	Unidad	Papa 1 kg	Carne de cerdo 1 kg	Leche 1 L	Nopal 1 kg	Maíz 1 kg	Carne de ave 1 kg	Trucha 1 kg	Carne de res 1 kg Sistema intensivo	Carne de res 1 kg Sistema extensivo
Ocupación de tierras agrícolas (ALO)	m2*a	0,0202138	0,2437	1,4		1127285	3,8	13,301,686	47,1*	
Cambio Climático (CC)	kg de CO22 equiv.	0,2815418	180,734	156666667	0,562	0,077325	2,78	337,251,163	19,3	21
Agotamiento de fósiles (FD)	kg petróleo equiv.	0,0541091				0,00004				
Ecotoxicidad en agua dulce (FEC)	kg 1,4-DB equiv.	0,0203311				0,0146725				
Eutrofización de agua dulce (FEU)	kg P equiv.	0,000055	0,0586						0,49	0,36
Toxicidad humana (HT)	kg 1,4-DB equiv.					0,0059175			0,25	0,11
Ecotoxicidad marina (MEC)	kg 1,4-DB equiv.	0,0238831				0,0059325			0	0,003
Eutrofización marina (MEU)	kg N equiv.	0,0000696	0,0146			0,000005			0,03553922	0,03211009

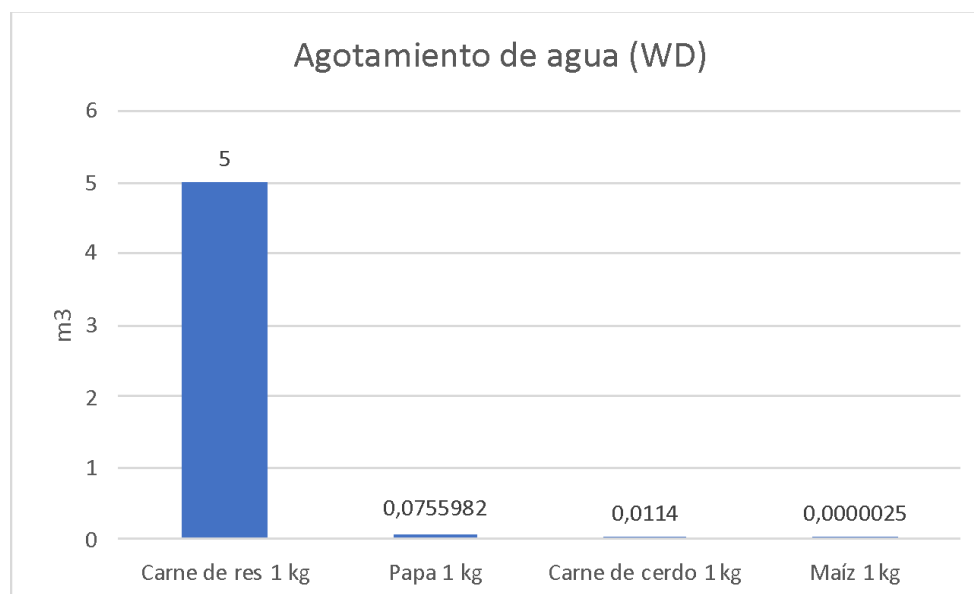
Agotamiento del ozono (OD)	kg CFC-11 equiv.	0,0000045				1,87E-07		677,1*		
Formación de partículas (PMF)	kg PM10 equiv.		0,009			0,000185				
Formación de oxidantes fotoquímicos (POF)	kg NMVOC		0,045			0,00061				
Acidificación terrestre (TA)	kg SO2 equiv.	0,0012886	0,0597	0,015	0,0004175	0,4127		0,79	0,57	
Ecotoxicidad terrestre (TE)	kg 1,4-DB equiv.	17382948			0,0016575		0,0109186	0,01214575	0,00186143	
Agotamiento de agua (WD)	m3	0,0755982	0,0114		0,0000025				5*	
Fuente:		Timpanaro, G., et al (2021)	Gutierrez., et al (2018); Makara, et al (2019)	Djekic et al., (2014)	Vergel-Rangel et al., (2021)	Paulino-Flores., et al (2018)	López-Andrés et al., (2018)	Samuel-Fitwiet al., (2013)	Huerta et al., (2016); Asem-Hiablie et al., (2019)	Huerta et al., (2016); Asem-Hiablie et al., (2019)

Fuente: Autor

En la ilustración 20 se puede observar que, en la producción de 1 kg de alimento, la carne de res es la que mayor agotamiento del agua genera, con una cantidad de 5 m³ de agua agotada por 1 kg de carne deshuesada producida.

Ilustración 20

Agotamiento del agua por 1kg de alimento producido

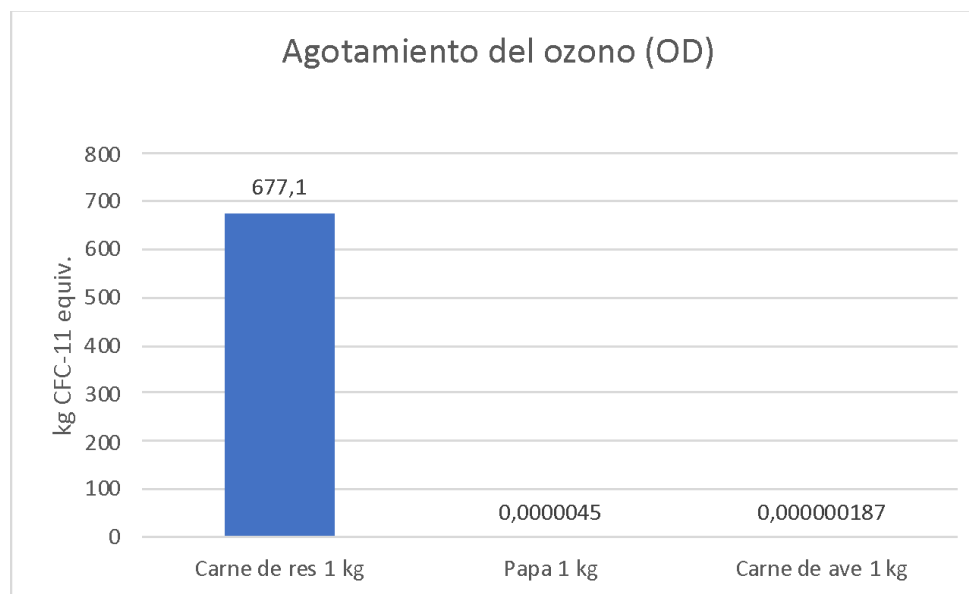


Fuente: Autor

En la ilustración 21 se puede observar que, en la producción de 1 kg de alimento, la carne de res es la que mayor agotamiento del ozono genera, con una cantidad de 677 kg CFC-11 equivalentes de ozono agotado por 1 kg de carne deshuesada producida.

Ilustración 21

Agotamiento del ozono por 1kg de alimento producido

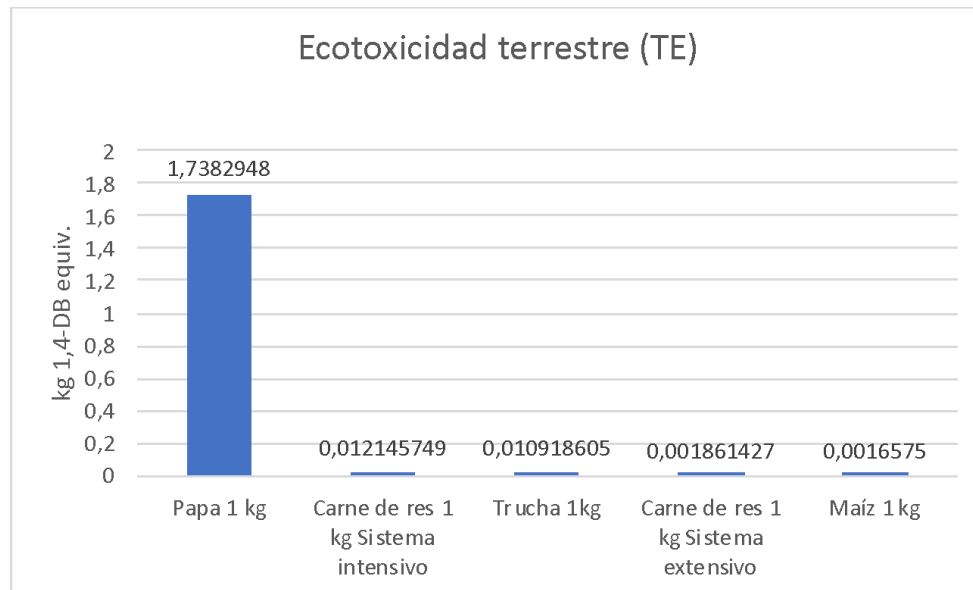


Fuente: Autor

En la ilustración 22 se puede observar que, en la producción de 1 kg de alimento, la papa es la que mayor ecotoxicidad terrestre genera, con una cantidad de 1,73 kg 1,4-DB equivalentes de ecotoxicidad terrestre por 1 kg de papa producida.

Ilustración 22

Ecotoxicidad terrestre por 1kg de alimento producido

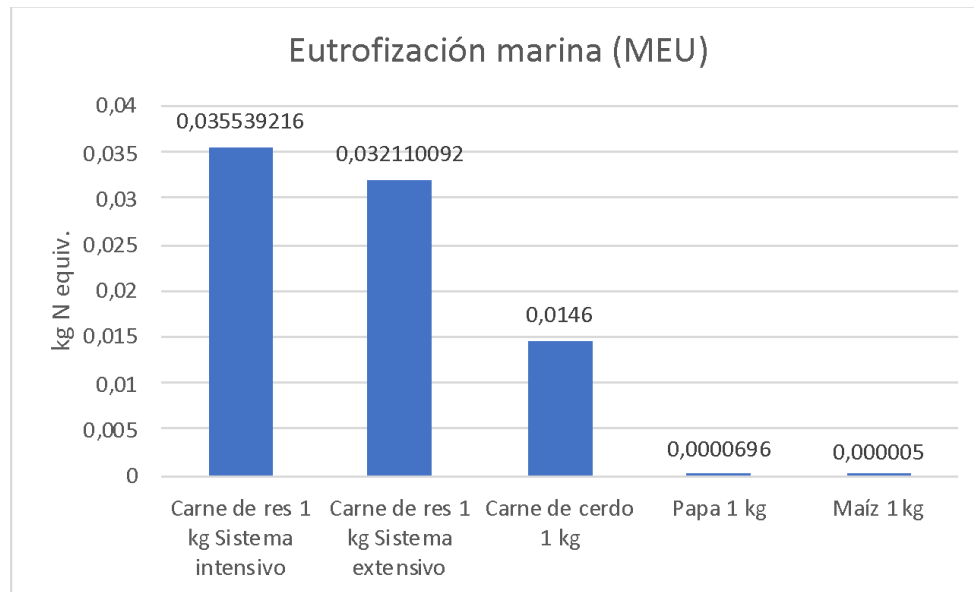


Fuente: Autor

En la ilustración 23 se puede observar que, en la producción de 1 kg de alimento, la carne de res producida en un sistema intensivo es la que mayor eutrofización marina genera, con una cantidad de 0,035 kg N equivalentes, seguida por la carne de res en un sistema extensivo con 0,032 y después por la carne de porcino con 0,014.

Ilustración 23

Eutrofización marina por 1kg de alimento producido

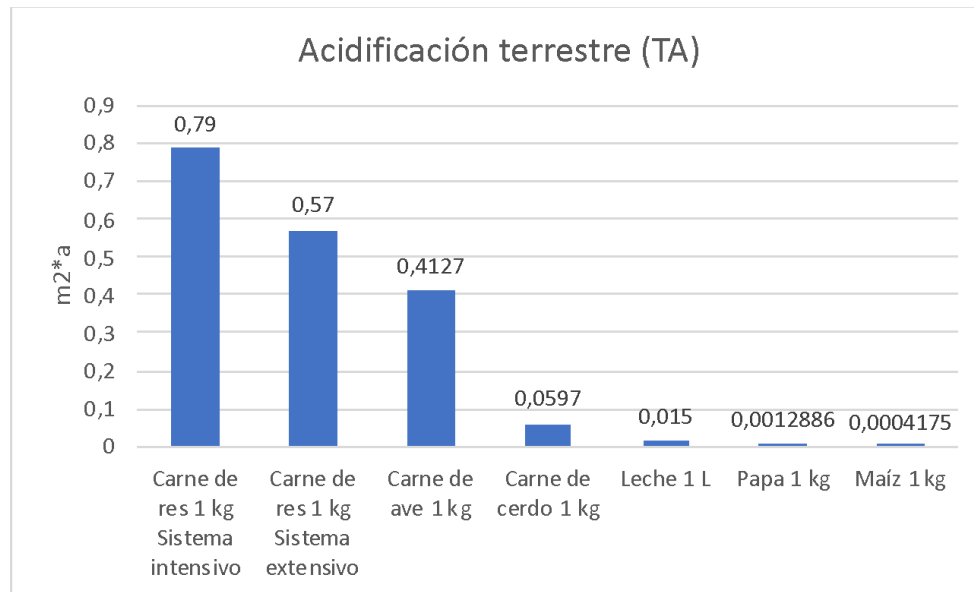


Fuente: Autor

En la ilustración 24 se puede observar que, en la producción de 1 kg de alimento, la carne de res producida en un sistema intensivo es la que mayor acidificación terrestre genera, con una cantidad de 0,79 m²*a, seguida por la carne de res en un sistema extensivo con 0,57; la carne de ave con 0,41 y la carne de porcino con 0,06.

Ilustración 24

Acidificación terrestre por 1kg de alimento producido

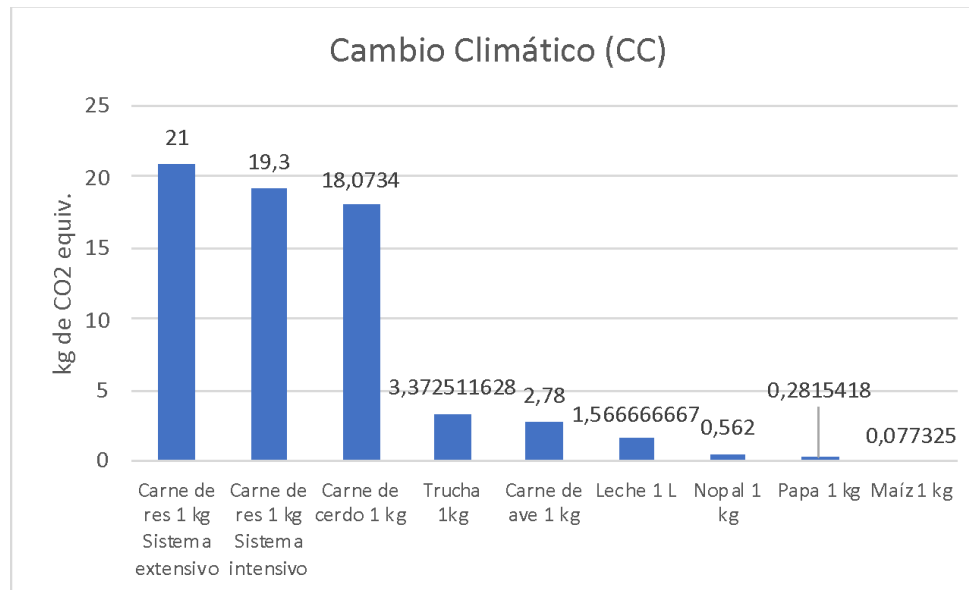


Fuente: Autor

En la ilustración 25 se puede observar que, en la producción de 1 kg de alimento, la carne de res producida en un sistema extensivo es la que mayor cambio climático genera, con una cantidad de 21 kg CO₂ equivalentes, seguida por la carne de res en un sistema intensivo con 19,3; la carne de cerdo con 18; la trucha con 3,4; la carne de ave con 2,8; 1 litro de leche con 1,56; el nopal con 0,5; la papa con 0,28 y el maíz con 0,08.

Ilustración 25

Cambio climático por 1kg de alimento producido

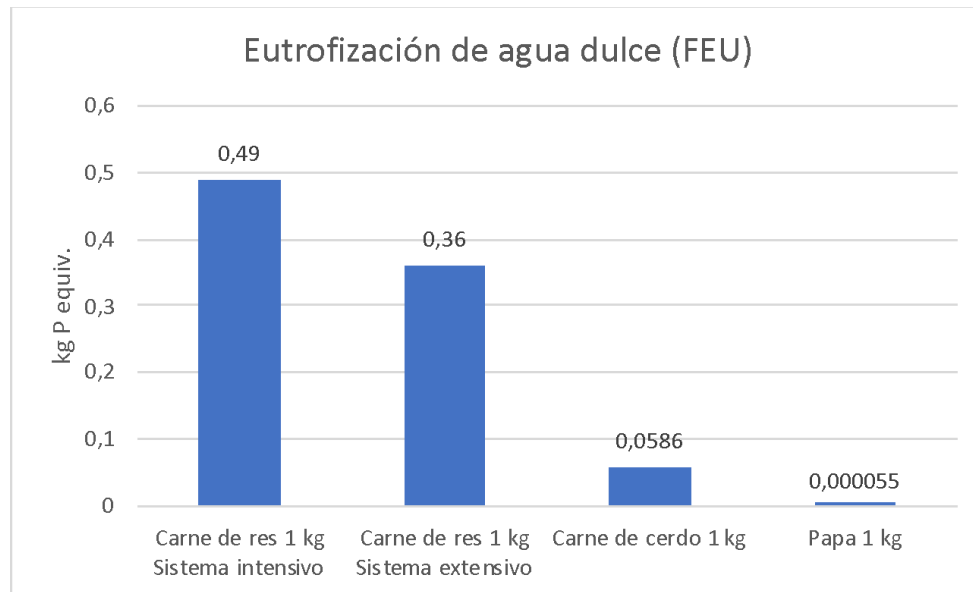


Fuente: Autor

En la ilustración 26 se puede observar que, en la producción de 1 kg de alimento, la carne de res producida en un sistema intensivo es la que mayor eutrofización de agua dulce genera, con una cantidad de 0,49 kg P equivalentes, seguida por la carne de res en un sistema extensivo con 0,36 y la carne de cerdo con 0,05.

Ilustración 26

Eutrofización de agua dulce por 1kg de alimento producido

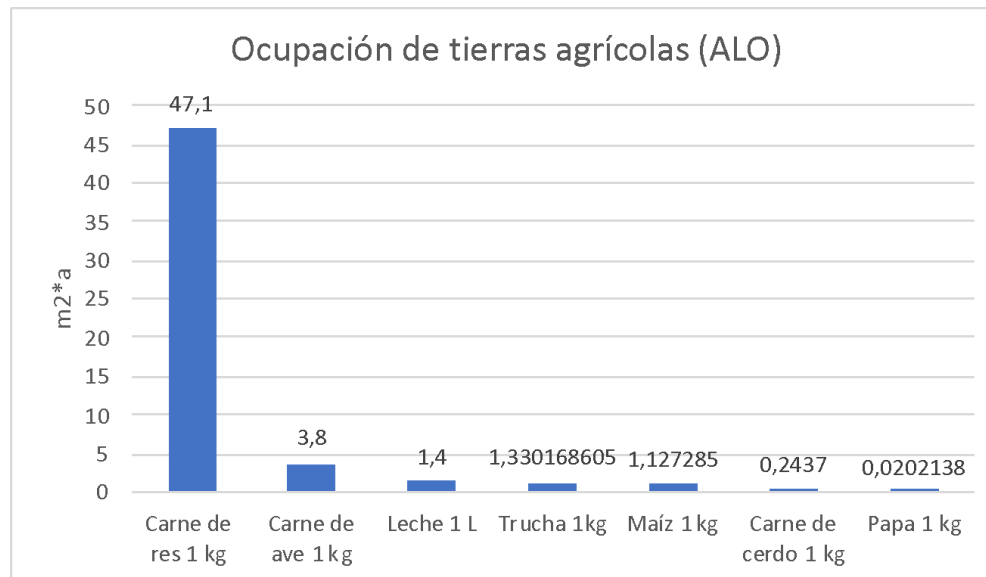


Fuente: Autor

En la ilustración 27 se puede observar que, en la producción de 1 kg de alimento, la carne de res es la de mayor ocupación de tierras agrícolas, con una cantidad de 47 m²*a, seguida por la carne de ave con 3,8; 1 litro de leche con 1,4; la trucha con 1,3; el maíz con 1,1; la carne de cerdo con 0,2 y la papa con 0,02.

Ilustración 27

Ocupación de tierras agrícolas por 1kg de alimento producido

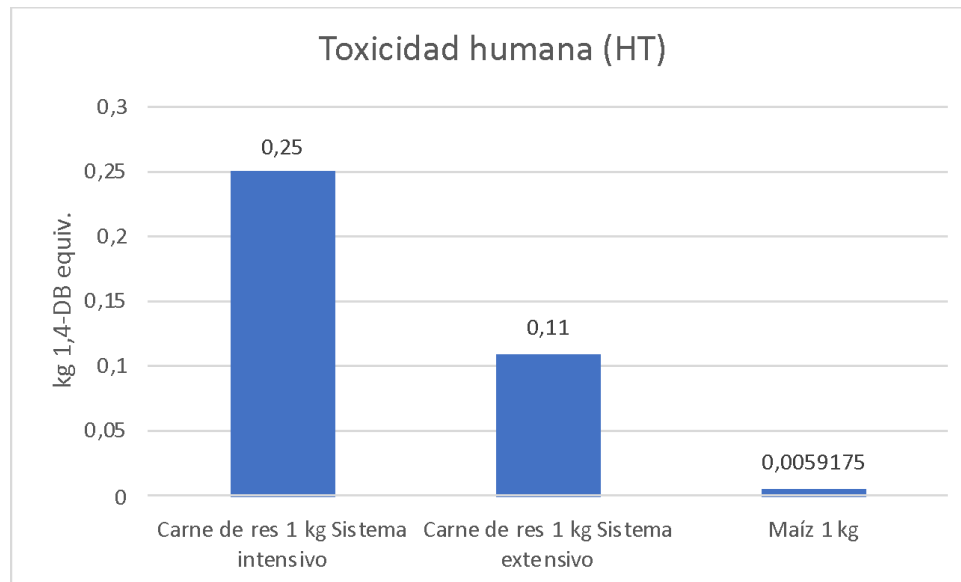


Fuente: Autor

En la ilustración 28 se puede observar que, en la producción de 1 kg de alimento, la carne de res producida en un sistema intensivo es la que mayor toxicidad humana genera, con una cantidad de 0,25 kg 1,4-DB equivalentes, seguida por la carne de res en un sistema extensivo con 0,11.

Ilustración 28

Toxicidad humana generada por 1kg de alimento producido



Fuente: Autor

Resultados

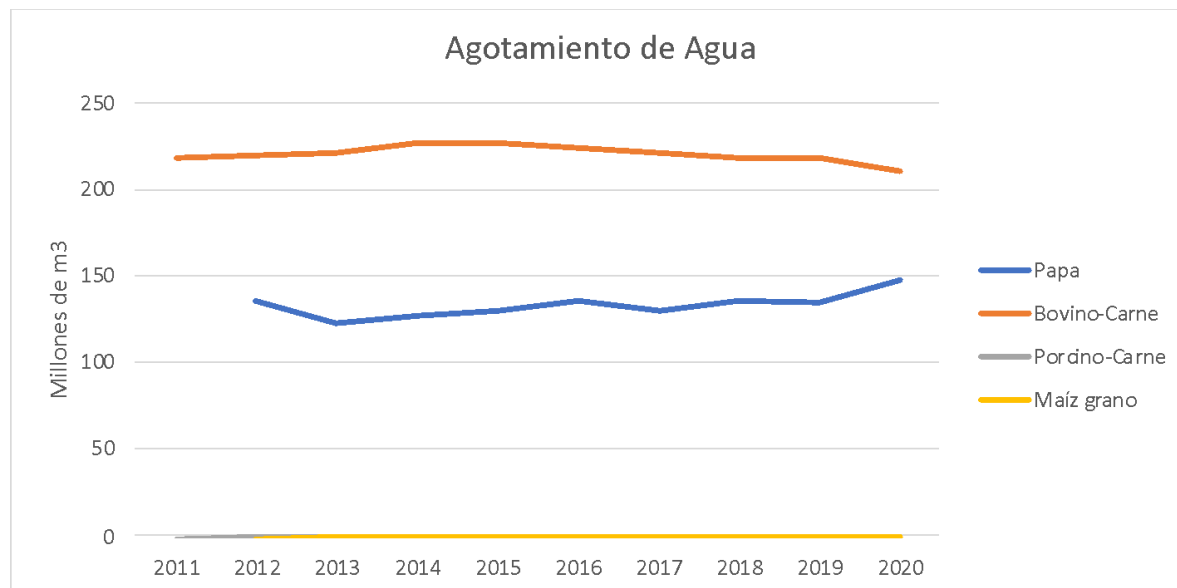
Impacto ambiental generado en el Estado de México.

Cabe aclarar que no se obtuvo información en todas las categorías de los alimentos y que se desconoce la cantidad de sistemas intensivos y extensivos de producción de carne de bovino en el estado. Por lo cual se tomó la información de ambos escenarios para algunas de las categorías de impacto ambiental.

Con respecto a las toneladas de alimentos producidas desde el 2011 al 2020 en el Estado de México y el impacto ambiental calculado en la producción de 1 kg alimento, se puede observar en la ilustración 29 la cantidad de millones de m³ en agotamiento de agua generados por la producción de papa, maíz, carne bovino y carne de porcino. La carne de bovino es la que más agotamiento del agua ha generado y está por encima de los 200 millones de m³ por año, seguida por la papa con aproximadamente 150 de m³ por año. La producción de los alimentos mencionados tiene un amplio margen de diferencia en agotamiento del agua en el estado de México frente a los otros alimentos entre los años 2011 a 2020.

Ilustración 29

Agotamiento del agua generado por el tipo de alimento producido en el Estado de México 2011-2020



Fuente: Autor

Con respecto a las toneladas de alimentos producidas desde el 2011 al 2020 en el Estado de México y el impacto ambiental calculado en la producción de 1 kg alimento, se puede observar en la ilustración 30 la cantidad de kg CFC-11 equivalentes en el agotamiento del ozono generados por la producción de papa, carne bovino y carne de ave. La carne de bovino es la que más agotamiento del ozono ha generado y ha sido de aproximadamente de 3000 millones kg CFC-11 equivalentes, con un amplio margen de diferencia en agotamiento del ozono en el estado de México frente a los otros alimentos entre los años 2011 a 2020.

Ilustración 30

Agotamiento del ozono generado por el tipo de alimento producido en el Estado de México 2011-2020

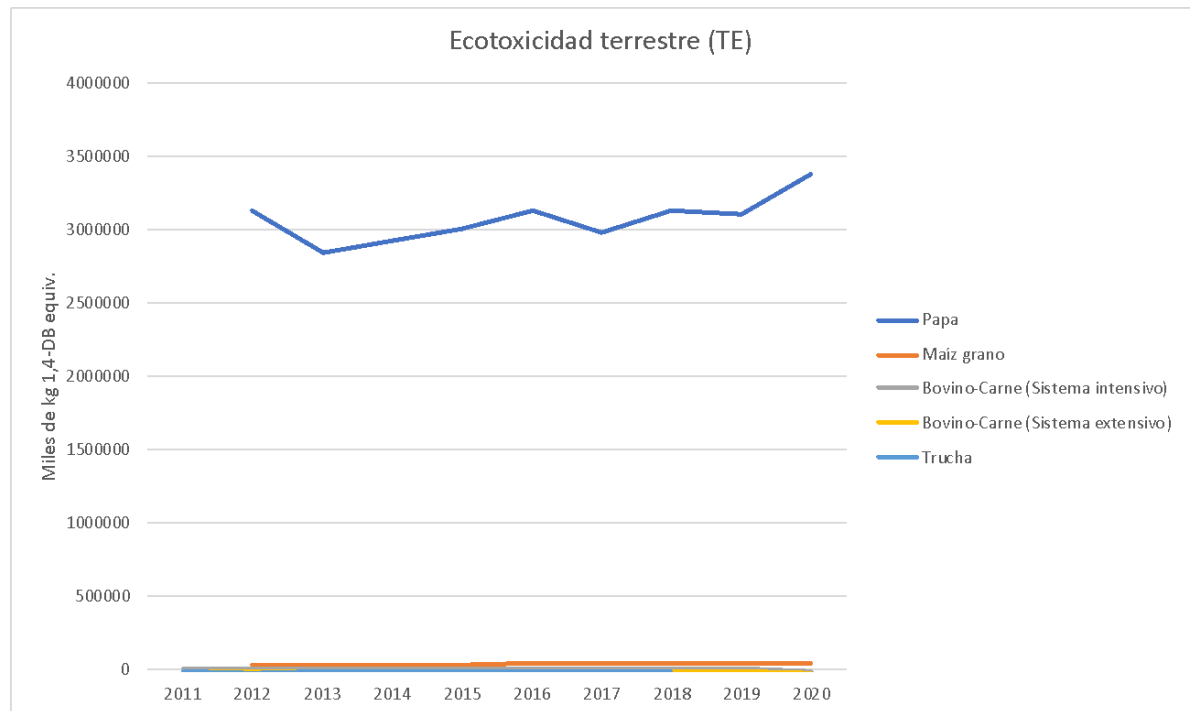


Fuente: Autor

Con respecto a las toneladas de alimentos producidas desde el 2011 al 2020 en el Estado de México y el impacto ambiental calculado en la producción de 1 kg alimento, se puede observar en la ilustración 31 la cantidad de kg 1,4-DB equivalentes en la ecotoxicidad terrestre generada por la producción de papa, carne bovina, maíz y trucha. La papa es la que más ecotoxicidad terrestre ha generado y ha sido de aproximadamente de 3000 millones kg 1,4-DB equivalentes, con un amplio margen de diferencia en generación de ecotoxicidad terrestre en el estado de México frente a los otros alimentos entre los años 2011 a 2020.

Ilustración 31

Ecotoxicidad terrestre generada por el tipo de alimento producido en el Estado de México 2011-2020

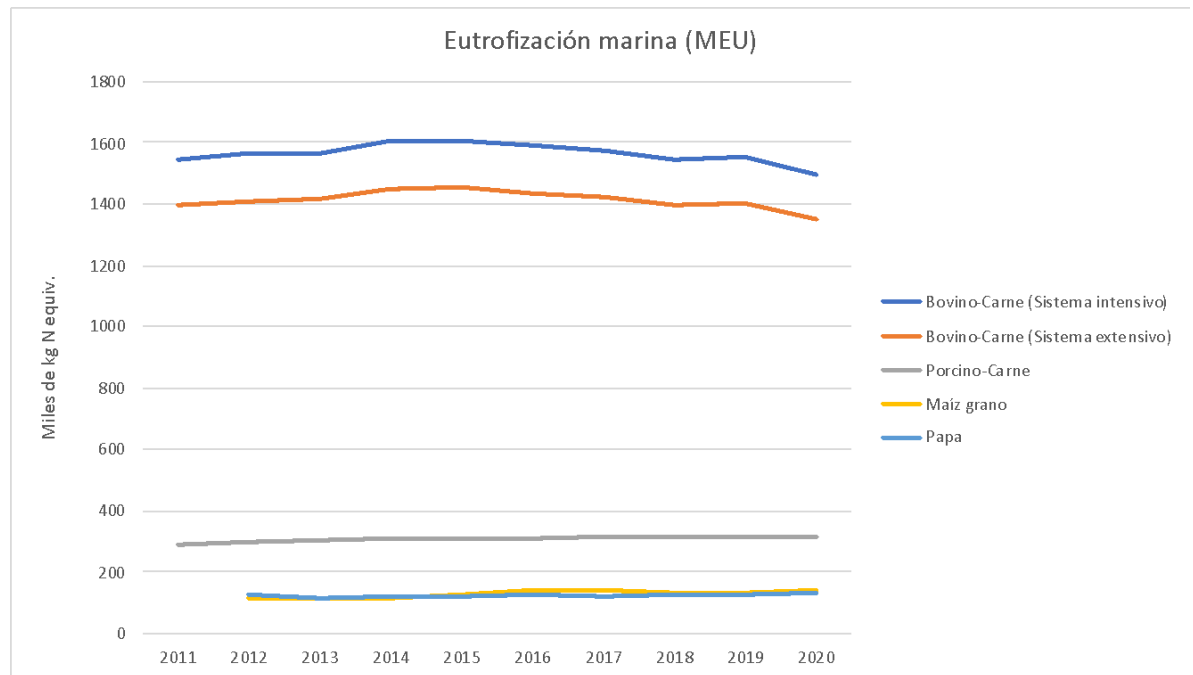


Fuente: Autor

Con respecto a las toneladas de alimentos producidas desde el 2011 al 2020 en el Estado de México y el impacto ambiental calculado en la producción de 1 kg alimento, se puede observar en la ilustración 32 la cantidad de miles de kg N equivalentes en la eutrofización marina generada por la producción de papa, carne bovina, maíz y carne de porcino. La carne de bovino es la que más eutrofización marina genera, especialmente si es producida en un sistema de producción intensiva, con cerca de 1600 miles de kg de N equivalentes, seguido por la carne de porcino con cerca de 300 mil y después por la papa y el maíz ambos con cerca de 150 mil.

Ilustración 32

Eutrofización marina generada por el tipo de alimento producido en el Estado de México 2011-2020



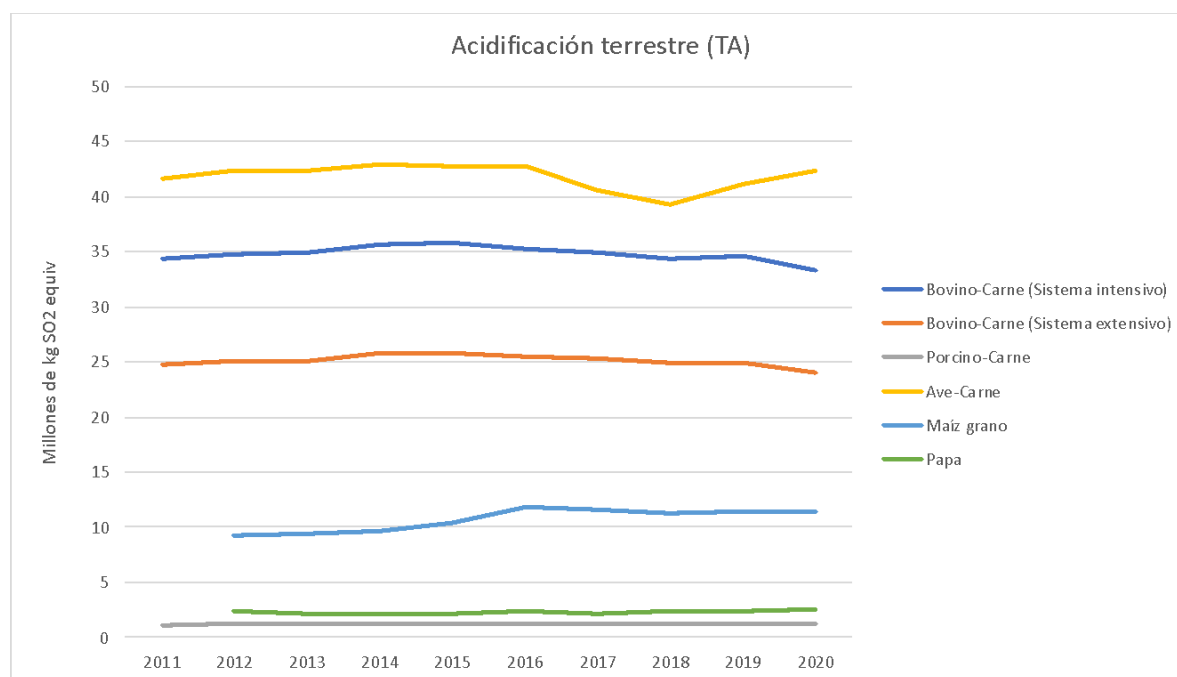
Fuente: Autor

Con respecto a las toneladas de alimentos producidas desde el 2011 al 2020 en el Estado de México y el impacto ambiental calculado en la producción de 1 kg alimento, se puede observar en la ilustración 33 la cantidad de kg SO₂ equivalentes en la acidificación terrestre generada por la producción de papa, carne bovina, maíz, carne de porcino y carne de ave. La carne de ave es la que más acidificación terrestre genera, ha permanecido alrededor de los 40 millones de kg de SO₂ equivalentes, seguido por la carne de bovino en un sistema intensivo con cerca de 35 millones, la carne de bovino en un sistema extensivo

con cerca de 25 millones, el maíz con cerca de 10 millones y por debajo de 5 millones se encuentra la papa y la carne de porcino.

Ilustración 33

Acidificación terrestre generado por el tipo de alimento producido en el Estado de México 2011-2020



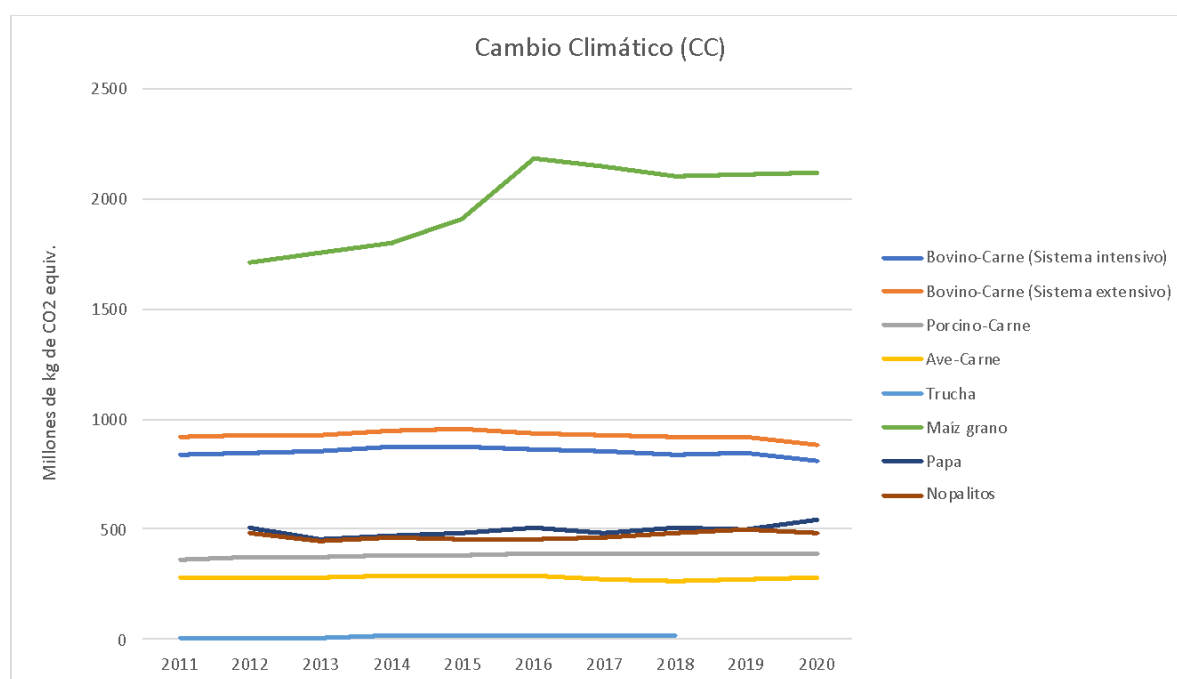
Fuente: Autor

Con respecto a las toneladas de alimentos producidas desde el 2011 al 2020 en el Estado de México y el impacto ambiental calculado en la producción de 1 kg alimento, se puede observar en la ilustración 34 la cantidad de kg CO₂ equivalentes en el cambio climático generados por la producción de papa, carne bovina, maíz, carne de porcino, carne de ave, trucha y nopales. El maíz es el mayor generador de cambio climático, ha permanecido alrededor de los 2000 millones de kg de CO₂ equivalentes, seguido por la

carne de bovino por debajo de 1000 millones, la papa y el nopal cerca de 500 millones, la carne de porcino, de ave y la trucha por debajo de 500 millones.

Ilustración 34

Cambio climático generado por el tipo de alimento producido en el Estado de México 2011-2020



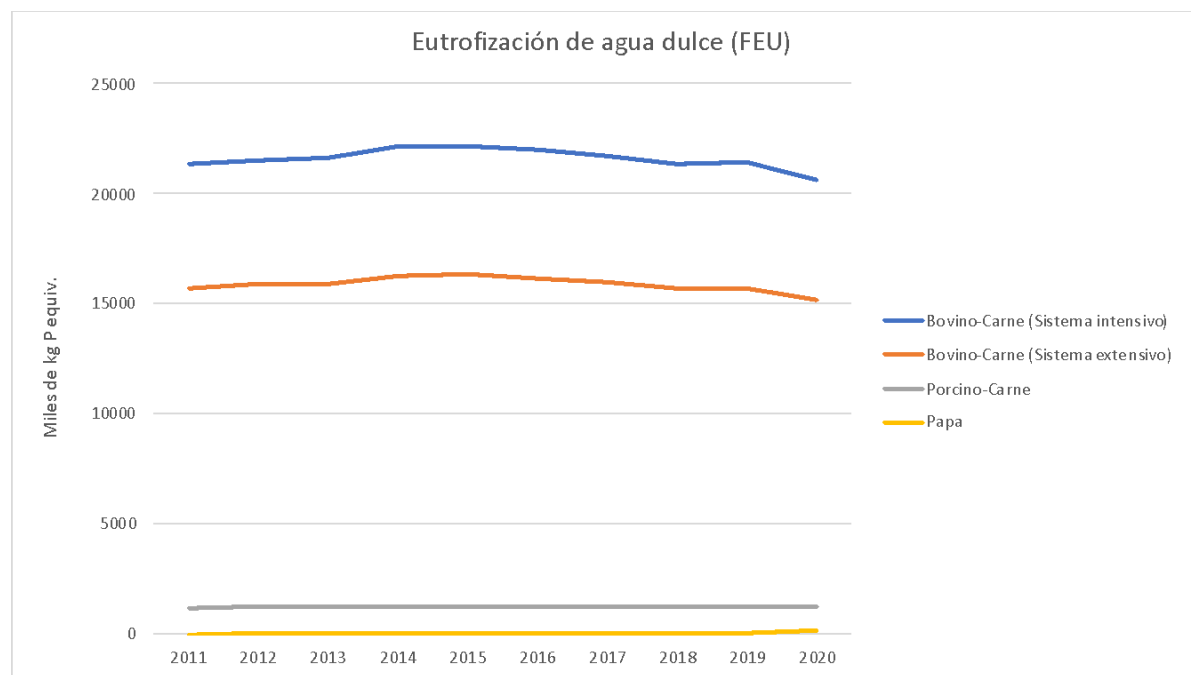
Fuente: Autor

Con respecto a las toneladas de alimentos producidas desde el 2011 al 2020 en el Estado de México y el impacto ambiental calculado en la producción de 1 kg alimento, se puede observar en la ilustración 35 la cantidad de kg P equivalentes en la eutrofización del agua dulce generados por la producción de papa, carne bovino y carne de porcino. El sistema intensivo de carne de bovino es el mayor causante de la eutrofización del agua con más de 20 millones de kg P equivalentes, seguido por la carne de bovino producida en un

sistema extensivo con más de 15 millones de kg P equivalentes. Ambos sistemas productivos de carne de bovino tienen una amplia diferencia con la cantidad de kg de P equivalentes que se produce con los demás alimentos.

Ilustración 35

Eutrofización de agua dulce generada por el tipo de alimento producido en el Estado de México 2011-2020



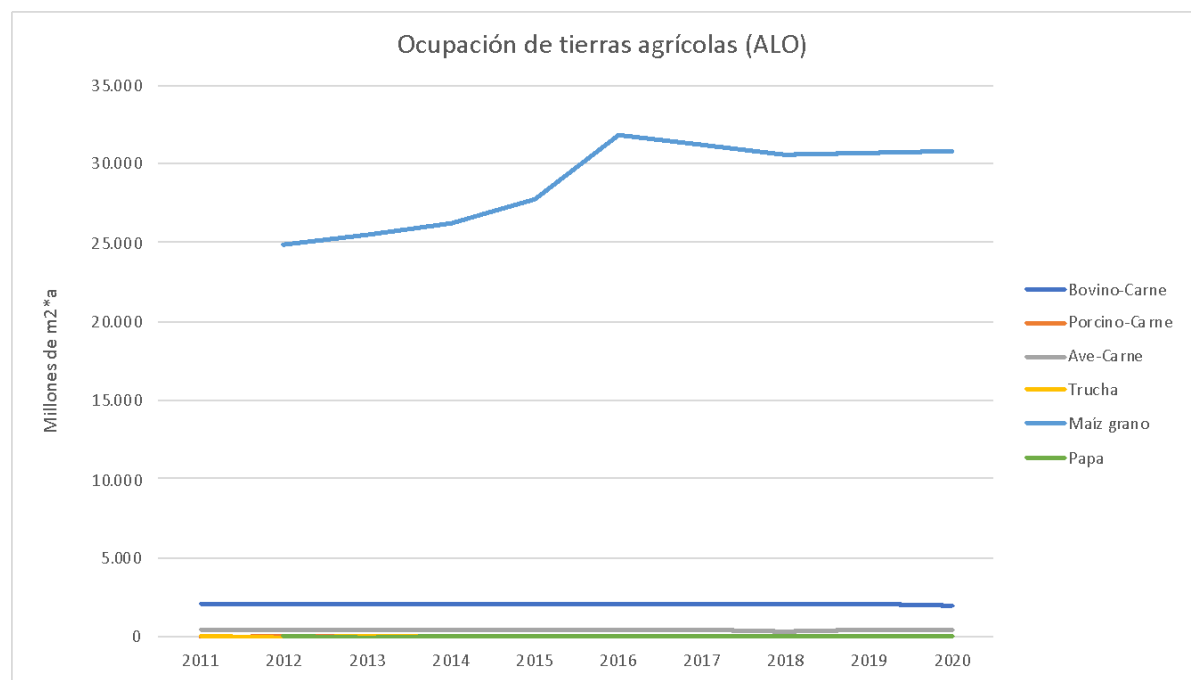
Fuente: Autor

Con respecto a las toneladas de alimentos producidas desde el 2011 al 2020 en el Estado de México y el impacto ambiental calculado en la producción de 1 kg alimento, se puede observar en la ilustración 36 la cantidad de m²*a de ocupación de tierras agrícolas causados por la producción de papa, maíz, carne de ave, trucha, carne bovino y carne de porcino. La producción de maíz es la que más tierras agrícolas ocupa, ha crecido desde los

25000 millones de m²*a hasta cerca de los 35000 millones de m²*a, estando muy por encima de los otros alimentos que se producen.

Ilustración 36

Ocupación de tierras agrícolas generado por el tipo de alimento producido en el Estado de México 2011-2020



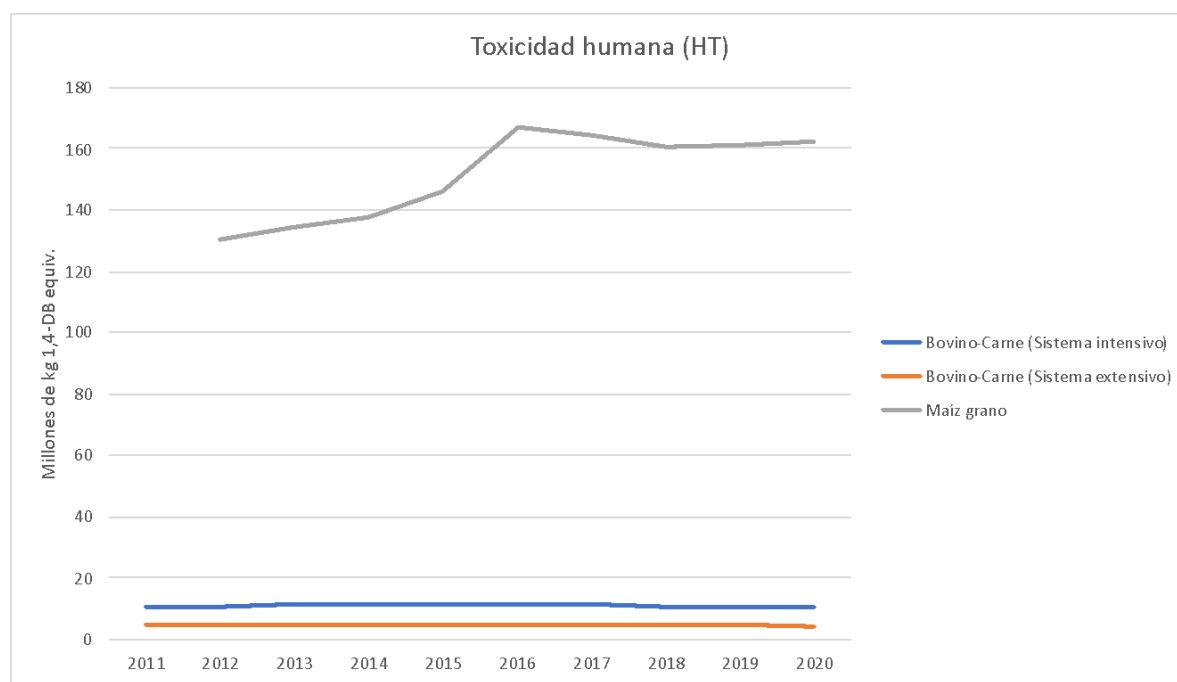
Fuente: Autor

Con respecto a las toneladas de alimentos producidas desde el 2011 al 2020 en el Estado de México y el impacto ambiental calculado en la producción de 1 kg alimento, se puede observar en la ilustración 37 la cantidad de kg 1,4-DB equivalentes de toxicidad humana generada por la producción de maíz y carne de bovino. La producción de maíz es la que más toxicidad humana genera, ha crecido desde los 125 millones de kg 1,4-DB

equivalentes hasta cerca de los 160 millones de kg 1,4-DB equivalentes, estando muy por encima de los otros alimentos que se producen.

Ilustración 37

Toxicidad humana generada por el tipo de alimento producido en el Estado de México 2011-2020



Fuente: Autor

Conclusiones

Existe una amplia cantidad de publicaciones científicas hechas entre los años 2012 - 2022 que están relacionadas con el impacto ambiental en la producción de alimentos y dietas de los consumidores, sin embargo, la mayoría de estas publicaciones han sido hechas en Estados Unidos y en Europa.

A pesar de estar incrementando, actualmente hay pocas publicaciones relacionadas con el impacto ambiental en la producción de alimentos y dietas de los consumidores en México. Por lo cual, valdría la pena profundizar en este tipo de investigaciones en dicho país.

Se encontraron diferentes factores de contaminación ambiental que son generados por los sistemas alimentarios, tales como: cambio climático, toxicidad humana, acidificación terrestre, eutrofización de agua dulce, eutrofización marina, ecotoxicidad terrestre, ocupación de tierras agrícolas, agotamiento del agua, agotamiento de fósiles, formación de oxidantes fotoquímicos, ecotoxicidad del agua dulce y ecotoxicidad marina.

En las publicaciones se encontró que algunos de los factores de contaminación ambiental, han sido evaluados con diferentes unidades de medida, lo que en algunos casos imposibilita la comparación entre diferentes sistemas productivos.

La cadena productiva de carne de res (en peso), es la que mayor cantidad de contaminación genera en comparación a la cadena productiva de los otros alimentos que se estudiaron (carne de cerdo, carne de ave, trucha, maíz, papa y nopal).

Debido a la alta cantidad de toneladas que se producen de papa y de maíz en el Estado de México, su contaminación ambiental alcanza a ser mayor que la producida por la carne de res en algunos factores tales como: toxicidad humana, ocupación de tierras agrícolas, cambio climático y ecotoxicidad terrestre (papa). En las demás, la mayor contaminación ambiental la genera la producción de carne de res, excepto en la acidificación terrestre donde es más alta la contaminación generada por la producción de la carne de ave.

Existen limitantes para hacer este tipo de investigaciones como: la falta de uniformidad en las unidades de medida de los factores de contaminación y, la falta de generación de estudios en lugares de producción específicos, ya que al hacer aproximaciones y desconocer en parte las prácticas productivas de la región de estudio, pueden cambiar los fertilizantes, las condiciones climáticas, las prácticas productivas, las fuentes energéticas utilizadas y otras variables que pueden afectar el resultado final del estudio en cuanto la contaminación generada. Por lo cual, en esta investigación hubo que hacer aproximaciones tomando investigaciones de impacto ambiental hechas en otras regiones y países.

Referencias

- Acero, A., Rodríguez, C., and Citroth, A. (2017). LCIA methods. *Impact assessment methods in Life Cycle Assessment and their impact categories*. Retrieved 17.09.2018 from https://www.openlca.org/wp-content/uploads/2015/11/openLCA_LCIA_METHODS- v.1.5.6.pdf
- Asem-Hiablie, S., Battagliese, T., Stackhouse-Lawson, K. R., & Alan Rotz, C. (2019). A life cycle assessment of the environmental impacts of a beef system in the USA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 24(3), 441-455.
- Day, F. C. S. K. (2011). Energy-smart food for people and climate.
- Djekic I, Miocinovic J, Tomasevic I, Smigic N, Tomic N (2014) Environmental life-cycle assessment of various dairy products. *J Clean Prod* 68:64–72
- ENSANUT. (2018). Encuesta Nacional de Salud y nutrición. Instituto Nacional de Salud Pública. Ciudad de México. 268 pp.
- ExplorandoMéxico, 2022. *Mapa del Estado de México con Municipios >> Mapas para Descargar e Imprimir | Imágenes Totales*. [online] Imágenes Totales | Todas las imágenes y frases que buscas. Available at: <<https://imagenestotales.com/mapa-estado-mexico-municipios/>> [Accessed 20 May 2022].
- FAO, 2010. Biodiversity and Sustainable Diets – United Against Hunger. In: *Biodiversity and Sustainable Diets – United Against Hunger*. ROMA: FAO.
- FAO. (2019). El sistema alimentario en México - Oportunidades para el campo mexicano en la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible. Ciudad de México. 68 pp.

FAO. 2021. FAOSTAT: Emissions shares. In: FAO.org [online].

<http://www.fao.org/faostat/en/#data/EM>

García Macías, J. A., Núñez González, F. A., Chacón Pineda, O., Alfaro Rodríguez, R. H., & Espinosa Hernández, M. R. (2004). Calidad de canal y carne de trucha arco iris, *Oncorhynchus mykiss* Richardson, producida en el noroeste del Estado de Chihuahua. *Hidrobiológica*, 14(1), 19-26.

González-García, S., Esteve-Llorens, X., Moreira, M. T., & Feijoo, G. (2018). Carbon footprint and nutritional quality of different human dietary choices. *Science of the total environment*, 644, 77-94.

González-García, S., Esteve-Llorens, X., Moreira, M. T., & Feijoo, G. (2018). Carbon footprint and nutritional quality of different human dietary choices. *Science of the total environment*, 644, 77-94.

Gutierrez, M. D. R. V., Da Silva, A. L., Flores, M. P., Castaneda, F. E. M., Campos, A. R. M., Gardea, J. M., & Tenorio, G. G. (2018). LIFE CYCLE ASSESSMENT OF PIG PRODUCTION-A CASE STUDY IN MEXICAN FARM. *Economic and Social Development: Book of Proceedings*, 734-741.

HLPE. (2017). La nutrición y los sistemas alimentarios. Un informe del grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial, Roma.

Honorato-Salazar, J. A., & Sadhukhan, J. (2020). Annual biomass variation of agriculture crops and forestry residues, and seasonality of crop residues for energy production in Mexico. *Food and Bioproducts Processing*, 119, 1-19.

- Huerta, A. R., Güereca, L. P., & Lozano, M. D. L. S. R. (2016). Environmental impact of beef production in Mexico through life cycle assessment. *Resources, Conservation and Recycling*, 109, 44-53.
- López-Andrés, Jhony Josué; Aguilar-Lasserre, Alberto Alfonso; Morales-Mendoza, Luis Fernando; Azzaro-Pantel, Catherine; Pérez-Gallardo, Jorge Raúl; Rico-Contreras, José Octavio (2018). *Environmental impact assessment of chicken meat production via an integrated methodology based on LCA, simulation and genetic algorithms. Journal of Cleaner Production*, 174(), 477–491. doi:10.1016/j.jclepro.2017.10.307
- López-Olmedo, N., Stern, D., Bakhtsiyarava, M., Pérez-Ferrer, C., & Langellier, B. (2022). Greenhouse Gas Emissions Associated With the Mexican Diet: Identifying Social Groups With the Largest Carbon Footprint. *Frontiers in nutrition*, 559.
- Makara, A., Kowalski, Z., Lelek, Ł., & Kulczycka, J. (2019). Comparative analyses of pig farming management systems using the Life Cycle Assessment method. *Journal of Cleaner Production*, 241, 118305.
- Mbow, C., C. Rosenzweig, L.G. Barioni, T.G. Benton, M. Herrero, M. Krishnapillai, E. Liwenga, P. Pradhan, M.G. Rivera-Ferre, T. Sapkota, F.N. Tubiello, Y. Xu, (2019). Food Security. In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M.

- Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press.
- McAuliffe, G. A., Takahashi, T., & Lee, M. R. (2020). Applications of nutritional functional units in commodity-level life cycle assessment (LCA) of agri-food systems. *The international journal of life cycle assessment*, 25(2), 208-221.
- Méxicoreal, 2022. *Estado de México de la República Mexicana - Mexico Real*. [online] Mexico Real. Available at: <<https://mr.travelbymexico.com/698-estado-de-mexico/>> [Accessed 20 May 2022].
- Molina-Guerrero, C. E., Sanchez, A., & Vázquez-Núñez, E. (2020). Energy potential of agricultural residues generated in Mexico and their use for butanol and electricity production under a biorefinery configuration. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(23), 28607-28622.
- Paulino-Flores, M., Da Silva, A. L., Villavicencio-Gutierrez, R., Martinez-Campos, A. R., Martinez-Castaneda, F. E., & Velazquez-Contreras, L. (2018). LIFE CYCLE ASSESSMENT IN MAIZE CROPS IN MEXICO. *Economic and Social Development: Book of Proceedings*, 585-592.
- Salas Alfaro, Renato, Jardón Hernández, Ana Elizabeth, & Murguía Salas, Verónica. (2019). La migración internacional de retorno en el Estado de México. *Región y sociedad*, 31, e1085. <https://doi.org/10.22198/rys2019/31/1085>
- Samuel-Fitwi, B.; Nagel, F.; Meyer, S.; Schroeder, J.P.; Schulz, C. (2013). *Comparative life cycle assessment (LCA) of raising rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) in*

different production systems. Aquacultural Engineering, 54(), 85–

92. doi:10.1016/j.aquaeng.2012.12.002

SIAP, 2022. *SIAP / AGRICULTURA*. [online] Agricultura.gob.mx. Available at:

<<https://www.agricultura.gob.mx/datos-abiertos/siap>> [Accessed 20 May 2022].

Temme, E. H., Toxopeus, I. B., Kramer, G. F., Brosens, M. C., Drijvers, J. M., Tyszler, M.,

& Ocké, M. C. (2015). Greenhouse gas emission of diets in the Netherlands and

associations with food, energy and macronutrient intakes. *Public health*

nutrition, 18(13), 2433-2445.

Tessari, P., Lante, A., & Mosca, G. (2016). Essential amino acids: master regulators of

nutrition and environmental footprint?. *Scientific reports, 6*(1), 1-13.

Timpanaro, G., Branca, F., Cammarata, M., Falcone, G., & Scuderi, A. (2021). Life Cycle

Assessment to highlight the environmental burdens of early potato

production. *Agronomy, 11*(5), 879.

Tyszler, M., Kramer, G., & Blonk, H. (2016). Just eating healthier is not enough: studying

the environmental impact of different diet scenarios for Dutch women (31–50 years

old) by linear programming. *The International Journal of Life Cycle*

Assessment, 21(5), 701-709.

Üçtuğ, F. G. (2019). The environmental life cycle assessment of dairy products. *Food*

Engineering Reviews, 11(2), 104-121.

UN. (2021). Food Waste Index Report 2021. Nairobi

USDA, 2021. Livestock and Poultry: World Markets and Trade. [online] Foreign

Agricultural Service/USDA. Available at:

<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf> [Accessed 29 November 2021].

Valdez-Vazquez, I., Acevedo-Benítez, J. A., & Hernández-Santiago, C. (2010).

Distribution and potential of bioenergy resources from agricultural activities in Mexico. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(7), 2147-2153.

Vergel-Rangel, G. A., Escamilla-García, P. E., Camarillo-López, R. H., Esquivel-Guzmán,

J. A., & Pérez-Soto, F. (2021). The environmental impact of nopal (*Opuntia ficus-indica*) production in Mexico City, Mexico through a life cycle assessment (LCA). *Environment, Development and Sustainability*, 23(12), 18068-18095.