



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS ECONÓMICO ADMINISTRATIVAS

DOCTORADO EN CIENCIAS ECONÓMICO ADMINISTRATIVAS

TESIS DOCTORAL

**ESTIMACIÓN DEL NEXO
AGUA VIRTUAL-SEGURIDAD ALIMENTARIA
EN MÉXICO: 2000-2022 Y SU PROSPECTIVA A 2030**

**Para obtener el grado de
Doctora en Ciencias Económico Administrativas**

PRESENTA

Bettsy Esmeralda Mujica Trejo

Director:

Dra. Yolanda Sánchez Torres

Codirectores:

Dr. Juan Manuel Vargas Canales

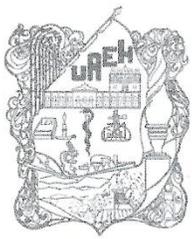
Dr. Aníbal Terrones Cordero

Tutores:

Dr. Mario Cruz Cruz

Dra. Ruth Ortiz Zarco

San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo, México, marzo de 2025



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

Instituto de Ciencias Económico Administrativas

School of Commerce and Business Administration

ICEA/DCEA/15/2025

Asunto: Autorización de impresión

Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado
Directora de Administración Escolar
Presente

El Comité Tutorial de la TESIS del programa educativo de posgrado titulada "ESTIMACIÓN DEL NEXO AGUA VIRTUAL-SEGURIDAD ALIMENTARIA EN MÉXICO: 2000-2022 Y SU PROSPECTIVA A 2030", realizada por la sustentante BETTSY ESMERALDA MUJICA TREJO con número de cuenta 205373 perteneciente al programa de Doctorado en Ciencias Económico Administrativas, una vez que ha revisado, analizado y evaluado el documento recepcional de acuerdo a lo estipulado en el Artículo 110 del Reglamento de Estudios de Posgrado, tiene a bien extender la presente:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Por lo que la sustentante deberá cumplir los requisitos del Reglamento de Estudios de Posgrado y con lo establecido en el proceso de grado vigente.

Atentamente

"Amor, Orden y Progreso"

San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo a 18 de marzo de 2025

El Comité Tutorial

Dra. Yolanda Sánchez Torres
Directora

Dr. Aníbal Terrones Cordero
Codirector

Dr. Juan Manuel Vargas Canales
Codirector

Dr. Mario Cruz Cruz
Tutor

Dra. Ruth Ortiz Zarco
Tutora



Circuito la Concepción Km 2.5, Col. San Juan Tilcuautla, San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo, México; C.P. 42160
Teléfono: 771 71 72000 ext. 4101
icea@uaeh.edu.mx



www.uaeh.edu.mx

“Como no estás experimentado en las cosas del mundo,
todas las cosas que tienen algo de dificultad te parecen imposibles;
confía en el tiempo, que suele dar dulces salidas
a muchas amargas dificultades”

-Miguel de Cervantes Saavedra

DEDICATORIA

Puedo ver que hay una conexión entre el agua y las personas, ambas profundas y complejas, que necesitan de una buena gestión para mantenerse y de una guía para encontrar el camino en la vida. Es por eso que les dedico este trabajo a todas aquellas personas que han sido mis puntos cardinales para navegar, ubicarme y no ahogarme al explorar.

A mis padres, que son mi norte, el punto de referencia que me guía. Gracias por ayudarme y comprenderme tanto en los días buenos como en los malos; por darme el espacio que necesito para trabajar, pese a mis extraños horarios; y por orientarme a siempre navegar por el rumbo correcto.

A mi entrañable amiga Marisol, que es mi sur, donde encuentro calidez y comprensión. Por tu apoyo incondicional, tu hermandad y sororidad, porque entre lágrimas y risas me acompañaste mientras pasaba la tormenta. No es casualidad que las palabras “*magia*” y “*amiga*” tengan las mismas letras.

A mi persona favorita, mi este, quien ilumina mis días, mi compañero de navegación, mi puerto seguro y refugio. Cuando me sumerjo en las profundidades, cansada de la vida superficial, tú eres la luz que me guía y me da esperanza. Gracias siempre por tu tiempo, apoyo y atención en todos mis proyectos.

A mi aquelarre, que son mi oeste, personas lindas y de espíritu amigable, por sus mensajes de cada día: “*hola ¿cómo va el escrito?*”. Sé que hay red y cobijo. Ustedes me llenan de motivación y renovación. Gracias porque me hacen sentir que tengo una familia extendida que me quiere tal como soy.

Les agradezco desde el fondo de mi corazón por haber sido parte y sumergirse conmigo en este viaje. Espero disfruten la lectura y los invito a que, como yo, en este nexo encuentren una fuente de inspiración y germiné en ustedes el interés hacia la tierra que nos sostiene y nos alimenta.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi gratitud, respeto y admiración, para la Dra. Yolanda Sánchez Torres, por su invaluable apoyo, tiempo y el esfuerzo dedicado. Por guiarme con su cuidadosa lectura, sus útiles comentarios y por forzarme a una redacción más exigente. Cuando se concibió el tema de la tesis, sabíamos que la novedosa y misteriosa “*agua virtual*” tendría sus específicas dificultades. Gracias, Doctora, por soñar conmigo y apostar al tema, sin olvidar su inmensa tolerancia.

Mi admiración, agradecimiento y aprecio al Dr. Juan Manuel Vargas Canales, por sus valiosas aportaciones y seguimiento del tema, aun cuando fuera avisado con poca antelación. Encontrar las piezas necesarias para conformar el índice suponía un desafío; estimarlo era otro. Gracias por sumarse al reto. Por su amabilidad, palabras alentadoras y la generosidad que ha mostrado conmigo. Sus consejos y conocimientos de investigación son invaluable para mí.

Estoy agradecida con el Dr. Aníbal Terrones Cordero, por su orientación y apoyo en la conversión de algunas variables del índice. Su experiencia y conocimiento fueron fundamentales. Además de sus comentarios precisos y constructivos.

Al Dr. Mario Cruz Cruz, gracias por tomarse el tiempo de leer y comentar mi trabajo. Sus observaciones y sugerencias ayudaron a mejorar la investigación.

A la Dra. Ruth Ortiz Zarco, por sus amables comentarios, consejos y apoyo en el área de comercio exterior.

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT), porque gracias a la concesión de la beca pude realizar el Doctorado.

A todos los catedráticos del Doctorado en Ciencias Económico Administrativas, por el aprendizaje obtenido, que se ha convertido en un cúmulo de conocimientos valiosos.

A los profesores e investigadores que prestaron sus oídos y compartieron sus conocimientos para que pudiera salir bien librada entre tantos detalles.

Índice

Índice de Tablas	viii
Índice de Figuras	ix
Resumen	1
Abstract	2
Introducción	3
Capítulo I. Marco Teórico	12
1.1 Teoría de Sistemas Complejos	12
1.2 Teorías Relacionadas.....	14
1.2.1 Teoría de la Ventaja Comparativa	14
1.2.2 Teoría de la Dependencia	14
1.2.3 Teoría de Sostenibilidad	15
1.3 Enfoque de Nexo	16
1.3.1 Conceptualización del Nexo Agua Virtual-Seguridad Alimentaria	17
1.3.2 Relación del enfoque de Nexo y la Teoría de Sistemas Complejos	18
1.4 Revisión Sistemática de la Literatura (RSL) del Agua Virtual	20
1.5 Estudios Previos	24
Capítulo II. Marco Contextual del Nexo Agua Virtual- Seguridad Alimentaria	35
2.1 El Agua.....	35
2.1.1 El Agua como un Derecho Universal	36
2.1.2 El Agua Virtual.....	40
2.1.3 México como Importador de Agua Virtual	43
2.2 La Seguridad Alimentaria	46
2.2.1 Su Evolución y Concepto	46
2.2.2 La Seguridad Alimentaria en México y su Normativa	49
2.2.3 Marco Legal de la Seguridad Alimentaria en México.....	50
2.3 Redes de Agua Virtual para México	52
2.4 Relación del Nexo Agua Virtual-Seguridad Alimentaria con los ODS	59
Capítulo III. Materiales y Métodos	64
3.1 Dimensiones de la Seguridad Alimentaria	64
3.2. Construcción del ISHA para México	67
3.2.1 Delimitación del Índice	68

3.2.2 Selección de los Alimentos.....	68
3.2.3 Variables de Estudio.....	74
3.2.3.1 Dimensión Disponibilidad.....	75
3.2.3.2 Dimensión Acceso.....	78
3.2.3.3. Dimensión Utilización.....	80
3.2.3.4 Dimensión Estabilidad.....	82
3.3. Estimación del ISHA.....	84
3.3.1 Relación de Efectos entre las Variables.....	85
3.3.2 Asignación de Sentido de Cambio de las Variables.....	88
3.3.3 Asignación de los Pesos de las Dimensiones.....	89
3.3.4 Cálculo del ISHA.....	90
3.4 Mapeo del ISHA.....	92
3.5 Proyección del ISHA al Año 2030.....	93
3.5.1 Preparación de los Datos.....	93
3.5.2 Cálculo de las Sumas Necesarias.....	94
3.5.3 Asignación de los Pesos de las Dimensiones 2030.....	95
Capítulo IV. Análisis de Resultados.....	97
4.1 Índice De Seguridad Hidro-Alimentaria para México: 2000-2001.....	97
4.2 Índice de Seguridad Hidro-Alimentaria para México: 2006-2007.....	105
4.3 Índice de Seguridad Hidro-Alimentaria para México 2010-2011.....	113
4.4 Índice de Seguridad Hidro-Alimentaria para México 2021-2022.....	120
4.5 Mapeos del Índice de Seguridad Hidro-Alimentaria 2000-2022.....	128
4.6 Proyección 2030 del Índice de Seguridad Hidro-Alimentaria.....	131
Conclusiones y recomendaciones.....	140
Referencias.....	145
Anexo A. Datos Generales de los Alimentos.....	161
Anexo B. Base de Datos.....	182

Índice de Tablas

Tabla 1 Estudios previos (aportación teórica).....	25
Tabla 2 Estudios previos (aportación metodológica).....	30
Tabla 3 Instituciones y organizaciones al cuidado y manejo del agua	39
Tabla 4 Cantidad de agua virtual por alimento	41
Tabla 5 Diferencias claves entre conceptos	49
Tabla 6 Interrelación del nexo con los ODS	60
Tabla 7 Indicadores de la seguridad alimentaria.....	66
Tabla 8 Productos de la canasta básica	69
Tabla 9 Particularidades de los alimentos.....	74
Tabla 10 Variables del ISHA.....	83
Tabla 11 Efectos de las variables para el caso del arroz en la Ciudad de México 2006-2007	88
Tabla 12 Estimación del ISHA: dimensión disponibilidad 2021-2022	90
Tabla 13 Estimación del ISHA: dimensión utilización 2021-2022	91
Tabla 14 Años y valores.....	93
Tabla 15 Concentrado de resultados generales periodo 2000-2001	105
Tabla 16 Concentrado de resultados generales periodo 2006-2007	112
Tabla 17 Concentrado de resultados generales periodo 2010-2011	120
Tabla 18 Concentrado de resultados generales periodo 2021-2022	127
Tabla 19 Concentrado de estados en los límites de las dimensiones del ISHA.....	138

Índice de Figuras

Figura 1	Proceso del mapeo sistemático del agua virtual	21
Figura 2	Red semántica de agua virtual	23
Figura 3	Red temática temporal de agua virtual	24
Figura 4	Disponibilidad mundial del agua.....	36
Figura 5	Factores que impulsaron a México a convertirse en importador de agua virtual.....	44
Figura 6	Cambios claves de la seguridad alimentaria.....	47
Figura 7	Red comercio de agua virtual mundial 2022.....	53
Figura 8	Movimientos de agua virtual en México, 2000-2023.....	56
Figura 9	Importaciones netas de agua virtual por tipo de producto en México, 2000-2023	58
Figura 10	Interrelación de los ODS	60
Figura 11	Dimensiones de la seguridad alimentaria	65
Figura 12	Variables para la construcción del ISHA	75
Figura 13	Efectos de las variables en el ISHA	85
Figura 14	Distribución de los pesos.....	89
Figura 15	Niveles de inseguridad alimentaria	92
Figura 16	Distribución de los pesos proyección 2030.....	96
Figura 17	Mapa del ISHA 2000-2001	98
Figura 18	Mapas de dimensiones del ISHA 2000-2001	100
Figura 19	Mapa del ISHA 2006-2007	106
Figura 20	Mapas de dimensiones del ISHA 2006-2007	108
Figura 21	Mapa del ISHA 2010-2011	114
Figura 22	Mapas de dimensiones del ISHA 2010-2011	115
Figura 23	Mapa del ISHA 2021-2022	121
Figura 24	Mapas de dimensiones del ISHA 2021-2022	123
Figura 25	Mapeos del ISHA 2000-2022.....	129
Figura 26	Mapa del ISHA proyección 2030.....	132
Figura 27	Mapas de dimensiones del ISHA, proyección 2030.....	133

RESUMEN

El agua y los alimentos son parte de las necesidades más básicas y esenciales para el desarrollo humano y el avance de las sociedades. El agua virtual es un término acotado en principio al volumen de agua contenida en los bienes y servicios, particularmente en los alimentos que se ofertan en el mercado global. Por lo tanto, su papel en la producción de alimentos también es crucial, ya que cada etapa de la cadena agroalimentaria depende de su disponibilidad y gestión eficiente. La Teoría de Sistemas Complejos y el enfoque de nexo permitió analizar y contextualizar la relación entre el agua virtual y la seguridad alimentaria. El objetivo de esta investigación fue estimar el índice de seguridad hidro-alimentaria basado en una metodología innovadora, considerando trece variables distribuidas en los cuatro pilares de la seguridad alimentaria. Aunado a ello, un aporte novedoso para la estimación de este índice fue el incorporar el agua virtual en la dimensión de disponibilidad y estabilidad. Los resultados obtenidos para los cuatro periodos de estudio: 2000-2001, 2006-2007, 2010-2011 y 2021-2022, evidencian que México, a nivel estatal, ha permanecido en un nivel de inseguridad alimentaria, lo que resalta la vulnerabilidad del país frente a la disponibilidad de recursos hídricos y la consecuente dependencia hacia las importaciones. Al proyectar este índice hacia el año 2030, los resultados indican que la situación no mejorará significativamente; por lo cual, estos hallazgos subrayan la urgencia de adoptar estrategias que aseguren tanto la disponibilidad y el acceso equitativo a los alimentos, así como una ingesta nutricional adecuada, y la estabilidad del recurso hídrico, a través de la creación e implementación de políticas integrales.

Palabras clave: agua virtual, seguridad alimentaria, nexo, índice de seguridad hidro-alimentaria, inseguridad alimentaria.

ABSTRACT

Water and food are among the most basic and essential needs for human development and the advancement of societies. Virtual water is a term limited in principle to the volume of water contained in goods and services, particularly in food that is offered on the global market. Therefore, its role in food production is also crucial, as every stage of the agri-food chain depends on its availability and efficient management. The Complex Systems Theory and the nexus approach allowed to analyse and contextualise the relationship between virtual water and food security. The objective of this research was to estimate the hydro-food security index based on an innovative methodology, considering thirteen variables distributed in the four pillars of food security. In addition, a novel contribution to the estimation of this index was the incorporation of virtual water in the dimension of availability and stability. The results obtained for the four study periods: 2000-2001, 2006-2007, 2010-2011 and 2021-2022, show that Mexico, at the state level, has remained at a level of food insecurity, which highlights the country's vulnerability to the availability of water resources and the consequent dependence on imports. Projecting this index to the year 2030, the results indicate that the situation will not improve significantly; therefore, these findings underline the urgency of adopting strategies that ensure both the availability and equitable access to food, as well as adequate nutritional intake, and the stability of water resources, through the creation and implementation of comprehensive policies.

Keywords: virtual water, food security, nexus, hydro-food security index, food insecurity.

Introducción

Antecedentes

El agua es un recurso natural esencial para la vida en la Tierra; es fundamental para la supervivencia humana, el funcionamiento de los ecosistemas y un elemento clave en la producción de alimentos (Ray *et al.*, 2018). Paradójicamente, aunque la mayor parte de la superficie terrestre está cubierta por agua, menos del 1% de esta es agua dulce disponible para el aprovechamiento humano. Por lo tanto, el agua dulce enfrenta un estrés hídrico sin precedentes, que se agrava debido al crecimiento demográfico y a la dinámica económica global, la cual fomenta sistemas de producción intensivos y consumo masivo, perjudiciales para el medio ambiente (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2021). Como consecuencia, se reduce significativamente el acceso al agua salubre en diversas partes del mundo, poniendo en riesgo la salud, la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible.

El concepto de Agua Virtual (AV), introducido por Tonny Allan en 1993, se originó en el contexto del debate sobre la seguridad alimentaria y el comercio en regiones con déficit de agua como Oriente Medio y el norte de África (Bucataru, 2020) y se refiere a la cantidad de agua necesaria para producir un bien o servicio, desde la agricultura hasta la manufactura. Por ejemplo, se necesitan miles de litros de agua para producir un kilogramo de carne o un kilogramo de trigo, esto significa que el consumo de agua virtual puede afectar la seguridad alimentaria, especialmente en zonas con limitaciones hídricas. En algunos países, el incremento de la demanda alimentaria ha llevado a una situación donde la importación se ha posicionado como una alternativa cada vez más común para cubrir parte importante del suministro de alimentos.

En el marco de la seguridad alimentaria, el agua virtual se convierte en un componente determinante para entender la relación entre la producción de alimentos que requiere grandes cantidades de agua, especialmente en el sector de la agricultura y la disponibilidad del agua, así como la ineficiencia en su uso pueden llevar a un nivel de inseguridad alimentaria en cuanto al acceso a alimentos suficientes, saludables y seguros para todos. La globalización, por su parte, ha tenido efectos en el comercio de alimentos y ha aumentado, con ello, la dependencia de alimentos que requieren grandes cantidades de agua virtual para hacer frente a esta demanda.

El enfoque de nexo se basa en la idea de que los problemas ambientales, sociales y económicos están interconectados y no pueden ser abordados de manera aislada (Afkhami *et al.*,

2022). Este enfoque busca identificar y abordar los nexos para encontrar soluciones más efectivas y sostenibles, fomentando la participación y colaboración a todos los niveles. El nexo agua virtual-seguridad alimentaria es crucial, el agua tiene un impacto significativo en la seguridad alimentaria, ya que la disponibilidad de agua para la producción de alimentos puede afectar la cantidad y calidad de los alimentos producidos, por lo cual, este nexo es un desafío creciente en un mundo cada vez más interconectado y con recursos limitados (Zareie *et al.*, 2021).

México es un país con una rica diversidad geográfica, tiene una economía en crecimiento y una población en aumento, por lo cual, enfrenta desafíos significativos en términos de seguridad alimentaria que no se garantiza en todos los estados del país (Semarnat, 2022). La dependencia a la importación de alimentos, especialmente en granos, ha llevado a una situación en la que el país es uno de los principales importadores de agua virtual en el continente: por ejemplo, México produce a nivel nacional una parte de sus necesidades en granos, ejerciendo presión sobre su recurso hídrico y recurriendo a la importación para solventar la demanda, convirtiéndolo en un problema complejo (Konar y Marston, 2020) que, sumado a la desigualdad y pobreza, tiene como resultado niveles de inseguridad alimentaria, desnutrición y fuertes problemas de obesidad que lo colocan en los primeros lugares a nivel mundial (Instituto Nacional de Salud Pública [INSP], 2024).

Bajo el contexto anterior, este nexo plantea desafíos significativos como la competencia por recursos hídricos entre la agricultura y otros sectores, la vulnerabilidad de la seguridad alimentaria ante la variabilidad climática y la necesidad de adoptar mejores prácticas en la alimentación. Por estas y otras implicaciones, el nexo entre agua virtual y seguridad alimentaria es complejo y requiere una atención urgente que permita visualizar esta interacción de manera continua y eficiente en términos productivos, comerciales y alimentarios, los cuales son fundamentales para asegurar la seguridad alimentaria y proteger los recursos hídricos para las generaciones presentes y futuras. Por ello, no es circunstancial que este nexo tenga relación con algunos de los objetivos centrales de la Agenda 2030.

Planteamiento del Problema

México enfrenta uno de los retos más apremiantes y complejos que es garantizar la relación entre la cantidad de agua disponible y la seguridad alimentaria de su población que amenazan la disponibilidad y el acceso a alimentos saludables y, con ello, su bienestar. Los problemas asociados

a esta interconexión se han agudizado principalmente como consecuencia del agotamiento y contaminación de los recursos naturales esenciales como el agua, el suelo y la biodiversidad, debido a la explotación excesiva en el país, la naturaleza no tiene la capacidad ni el tiempo para su regeneración, lo que ha provocado a una reducción significativa de su disponibilidad provocándose, en algunos casos, la destrucción de los ecosistemas y la biodiversidad.

La escasez hídrica en México es un problema asociado a diferentes factores, como el agotamiento de los recursos, la deforestación que reduce la capacidad de absorción del agua, el déficit hídrico causado por el uso ineficiente en otros sectores, la sequía sea meteorológica, agrícola o hidrológica¹ que persiste especialmente en regiones áridas y semiáridas, provoca impactos inmediatos a las tierras de cultivo. De manera que, tanto la escasez del agua como las sequías han reducido significativamente la producción agrícola, la cual consume aproximadamente el 75% del agua dulce disponible en el territorio, afectando directamente la oferta de alimentos básicos.

Por otro lado, la población de México se ha cuadruplicado en las últimas siete décadas, pasando de 25.8 millones en 1950 a 132.3 millones de personas, en 2024 según el (Consejo Nacional de Población [CONAPO], 2024); en consecuencia, el crecimiento poblacional proyectado en México para los próximos años aumentará la demanda de alimentos y del agua, exacerbando aún más la presión sobre los recursos hídricos y la producción agrícola. Así también, se tienen las crisis y guerras globales que han interrumpido las cadenas de suministro y el incremento en el costo de los alimentos, afectando especialmente a las poblaciones más vulnerables.

Debe agregarse que el cambio climático está intensificando la duración y severidad de situaciones de emergencia como huracanes, inundaciones y olas de temperatura alta, que impactan negativamente en la seguridad alimentaria y la agricultura, que es sensible a variaciones climáticas, dando como resultado pérdidas económicas que podrían incrementarse a futuro bajo escenarios críticos de cambio climático. También se debe considerar el insuficiente desarrollo de tecnologías

¹ **Sequía meteorológica:** se debe a la carencia o reducción de precipitaciones durante un período específico. **Sequía agrícola:** este tipo de sequía afecta más a los cultivos, debido a la ausencia de precipitación o una actividad agrícola mal gestionada. **Sequía hidrológica:** ocurre cuando las reservas de agua de la zona son inferiores a la media, debido a la falta de precipitación o a la inadecuada gestión del recurso.

eficientes, sobre todo para el bombeo y tratamiento de aguas, así como la carencia de políticas públicas y regulaciones que impulsen un desarrollo más próspero y resiliente para sus ciudadanos.

Este conjunto de aspectos ha generado una serie de problemas ambientales, económicos y sociales, que tienen consecuencias graves para la salud y la estabilidad del país. Es por ello, que el abordaje de esta problemática bajo un enfoque de nexo, busca resaltar la gravedad y complejidad de la situación, destacando la interconexión entre los elementos detonadores referentes al agua virtual y la seguridad alimentaria, no solo por el vacío sobre el conocimiento del fenómeno, sino también en cuanto al análisis de su comportamiento, así como su dinámica, implicaciones y prospectiva para México.

Preguntas de Investigación

Con base a lo anterior, se pretende dar respuestas a las siguientes preguntas de investigación:

General

¿Cómo se puede estimar la relación existente del nexo agua virtual-seguridad alimentaria en México?

Específicas

- 1) ¿Cuál es la argumentación teórica del nexo agua virtual-seguridad alimentaria?
- 2) ¿Cómo se determina la contextualización del nexo agua virtual-seguridad alimentaria, particularizando para México?
- 3) ¿Qué indicadores se pueden considerar para la construcción del índice de seguridad hidro-alimentaria a partir de sus dimensiones para México a nivel estatal?
- 4) ¿Cuál es la prospectiva del índice de seguridad hidro-alimentaria en México para 2030?

Objetivos

En congruencia con las preguntas anteriores, se plantean los siguientes objetivos:

General

Estimar el nexo agua virtual-seguridad alimentaria para México a nivel estatal en el periodo 2000-2022, mediante la construcción de un índice de seguridad hidro-alimentaria que considere los indicadores de las cuatro dimensiones que conforman la seguridad alimentaria para su análisis y proyección a 2030.

Específicos

- 1) Argumentar el fundamento teórico del nexo agua virtual-seguridad alimentaria bajo la premisa de la Teoría de Sistemas Complejos y la Revisión Sistemática de la Literatura que permita la comprensión del alcance y enfoque del objeto de estudio.
- 2) Determinar la contextualización del nexo agua virtual-seguridad alimentaria, particularizando para México, por medio de la acotación y comportamiento de cada uno de los elementos del nexo, así como la esquematización de redes simples para una mejor interpretación de los resultados y su relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.
- 3) Construir un índice de seguridad hidro-alimentaria para México a nivel estatal para el periodo 2000-2022, a partir del argumento teórico de la composición de las dimensiones de disponibilidad en términos de agua virtual, acceso, utilización y estabilidad de diez alimentos de la canasta básica, para el análisis de su comportamiento en el periodo de estudio.
- 4) Determinar la proyección del índice de seguridad hidro-alimentaria en México hacia 2030, mediante una regresión lineal, considerando porcentajes de composición de las dimensiones, para la identificación de las implicaciones, oportunidades y desafíos de la seguridad alimentaria nacional en torno a la Agenda 2030.

Hipótesis

De acuerdo con las preguntas de investigación y los objetivos, las hipótesis de investigación son las siguientes:

General

El agua virtual en el sector agroalimentario de México tiene un impacto significativo en la seguridad alimentaria del país, por lo que, la estimación y proyección de la composición del índice del nexo puede ayudar a la identificación de patrones significativos entre las dimensiones e indicadores de la seguridad alimentaria para la toma de decisiones a nivel nacional y estatal.

Específicas

- 1) El entendimiento de los fenómenos actuales requiere de argumentos teóricos innovadores y complejos que propongan nuevas formas de entrelazar elementos aparentemente disociados bajo la esquematización de nexos, como el agua virtual-seguridad alimentaria.
- 2) La contextualización del nexo agua virtual-seguridad alimentaria ayuda a entender la

asociación de elementos de estudio para una correcta interpretación de resultados y sus implicaciones para México.

- 3) La construcción de un índice con argumento teórico complejo e integral, bajo la perspectiva de nexo como el agua virtual-seguridad alimentaria, permite entrelazar elementos que van más allá de lo que convencionalmente es aceptado, pero que metodológicamente es posible en función de las variables y técnicas de estimación.
- 4) La proyección del índice de seguridad hidro-alimentaria hacia 2030 ayudará a identificar la vulnerabilidad en cada una de las dimensiones, como el acceso y estabilidad, así como las oportunidades en la disponibilidad de los alimentos.

Justificación

En la actualidad el estudio bajo el enfoque de los nexos, es un tema de frontera, debido a que la generación de conocimiento es compleja y sistémica, de tal manera que ello permite entender el comportamiento integral del fenómeno de estudio. Particularmente, la relevancia del estudio del nexo agua virtual-seguridad alimentaria, reside en la trascendencia que tienen los alimentos para las personas y, en general, para todos los seres vivos, donde el agua representa el aspecto determinante para la provisión de estos, no sólo en cantidad sino también en calidad, al destinarse prácticamente tres cuartas partes del agua dulce disponible en el planeta para la producción de alimentos. Sumado a ello se tiene un crecimiento poblacional que demanda cada vez más alimentos poniendo en riesgo la accesibilidad de estos; un proceso de globalización que genera un consumo masivo distorsionando la utilización de lo que se adquiere y un cambio climático impredecible que pone en riesgo la estabilidad de lo que actualmente se pueda tener. Por ello, el estudio del nexo agua virtual-seguridad alimentaria debe argumentarse teóricamente desde una óptica integral y compleja que permita la construcción de índices metodológicamente aceptables, considerando las dimensiones o pilares, variables, y procedimientos estadísticos correctos.

En este sentido, la aportación de este proyecto de investigación se pudo visualizar desde tres ejes:

Temático: El análisis de la seguridad alimentaria con base en el uso de agua virtual supone un punto de vista novedoso y de relevancia para México. A pesar de que el tema de seguridad alimentaria ha cobrado mayor importancia a partir de la Agenda 2030 se cuenta con muy pocos estudios que aborden esta problemática bajo el enfoque de nexo como en este caso. La vinculación

entre el agua virtual y la seguridad alimentaria es fundamental para entender la complejidad de la gestión hídrica y la producción de alimentos, lo cual abre una oportunidad para el aporte científico.

Académico disciplinar: Es importante resaltar que una investigación de esta naturaleza al área del conocimiento de las ciencias económico administrativas, al considerar el análisis del nexo propuesto en este trabajo busca tener un aporte valioso de investigación enlazando el tema de agua virtual con el de seguridad alimentaria, a partir de una discusión teórica desde el enfoque de nexo, así como una metodología novedosa que permita valorar esta asociación, a través de la construcción de un índice de este nexo a partir de los pilares de la seguridad alimentaria y las variables que la componen. Lo anterior se traduce en una oportunidad de realizar esta tesis doctoral para abonar en la discusión teórica de esta temática bajo el enfoque de nexo y la aportación metodológica en cuanto a la construcción del Índice de Seguridad Hidro-Alimentaria (*ISHA*) a nivel estatal en México, en función de la disponibilidad de información estadística.

Social: La información obtenida sirve como base para futuras investigaciones, en cuanto a la argumentación teórica y metodológica de los nexos, pero ante todo el entender las implicaciones de cada uno de los componentes que integran el nexo agua virtual-seguridad alimentaria para la toma de decisiones a distintos niveles, así como la conciencia social de un recurso vital como el agua, pero también de algunos otros que no percibimos de manera directa pero que están implícitos en todos los bienes y servicios que se producen a nivel mundial.

Metodología y Diseño

El trabajo se aborda de manera integral, descriptiva y analítica bajo el enfoque de nexo, sustentado teórica y metodológicamente a través de la complejidad sistémica. El estudio se elaboró bajo un enfoque mixto, con información de carácter cualitativo para la caracterización del fenómeno y cuantitativo para la estimación del índice que garantizara un análisis integral del nexo agua virtual-seguridad alimentaria.

En lo cualitativo se determinó la caracterización del comportamiento del fenómeno de estudio y estructuraron redes simples, como un marco analítico que permitiera representar y analizar las relaciones de los flujos de agua virtual a nivel mundial y para México en particular. Estas redes, formadas por nodos que representaron componentes clave del sistema (regiones geográficas) y enlaces que reflejaran los flujos de agua virtual, facilitó la comprensión de las interacciones del agua virtual a lo largo del tiempo.

En cuanto a la parte cuantitativa, a partir del enfoque de agua virtual, se procedió a la construcción del *ISHA*, conformado por las dimensiones fundamentales de la disponibilidad, accesibilidad, utilización y estabilidad de los alimentos. Este índice utilizó variables clave y una metodología novedosa con el fin de ofrecer una representación precisa a través de mapeos de la seguridad alimentaria en México por estados. Así también, la proyección del índice para el año 2030 se desarrolló mediante una ecuación predictiva.

La modalidad de investigación se centró en el análisis documental de fuentes primarias, lo que implicó la recopilación y, en algunos casos, la estimación de datos provenientes de informes técnicos, así como de bases de datos públicos y relevantes. Este enfoque permitió consolidar una base sólida de información para el desarrollo de redes simples, la construcción de un índice y simulación de este al año 2030; lo que permitirá a los lectores evaluar la validez y confiabilidad de los resultados presentados posteriormente. También fue longitudinal al considerar un periodo de tiempo de 2000-2030, con énfasis en cuatro momentos: 2000-2001, 2006-2007, 2010-2011 y 2021-2022, argumentados posteriormente.

Respecto a las fases, estuvo dividido en dos partes de trabajo. La primera, está dedicada a la revisión bibliográfica para la delimitación del tema, y la determinación de las variables para la composición de redes simples y la construcción del índice del nexo agua virtual-seguridad alimentaria y recolectando la información en bases de datos confiables.

La segunda parte de trabajo se focalizó en dar cumplimiento a cada uno de los objetivos y una respuesta puntual a cada una de las preguntas de investigación desde una perspectiva teórica y metodológica para disponer de un análisis completo de la estimación y prospectiva del índice del nexo agua virtual-seguridad alimentaria.

Estructura Capitular

Este trabajo, adicional a la parte introductoria consta de cuatro capítulos, cada uno de ellos se enfoca en un aspecto específico del tema de investigación que se describen a continuación:

En el primer capítulo se presenta primeramente la argumentación teórica centrada en la Teoría de Sistemas Complejos (*TSC*) y los referentes teóricos del nexo; también, se muestra la Revisión Sistemática de la Literatura (*RSL*) del concepto de Agua Virtual (*AV*) y, finalmente se incluyen los principales estudios previos con enfoque teórico y metodológico realizados.

El siguiente capítulo se centra en la contextualización del nexo agua virtual-seguridad alimentaria, explicando por separado cada uno de los elementos integrantes del nexo agua virtual-seguridad alimentaria y se señala la relevancia del nexo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (*ODS*).

En cuanto a los materiales y métodos, se detalla la metodología utilizada para la construcción y la estimación del *ISHA*, incluyendo la identificación de las variables de cada una de los pilares de la seguridad alimentaria, así como la recolección de los datos y el procesamiento para la estimación del índice. Finalmente, el capítulo incluye la descripción de la proyección del *ISHA* hacia 2030, considerando escenarios de cambio en los porcentajes de las dimensiones de la seguridad alimentaria.

Posteriormente, el capítulo de resultados, presenta los resultados obtenidos de los mapeos por estados para México del *ISHA*, así como su proyección al año 2030 e interpretación de los mismos.

Las conclusiones presentan las aportaciones sustentadas por los resultados, para el cumplimiento de cada uno de los objetivos e hipótesis de investigación. Así también se reconoce las limitaciones y las recomendaciones para una mayor profundidad en la metodología de trabajo y la propuesta de algunas futuras líneas de investigación.

Finalmente, las referencias presentan el listado de las fuentes que sustentan el trabajo y en los Anexos, se encuentran materiales adicionales que apoyan la presente investigación.

Capítulo I. Marco Teórico

La complejidad intrínseca de los sistemas socioambientales y las crecientes interrelaciones entre recursos esenciales como el agua y los alimentos demandan enfoques integradores para su análisis y gestión. Por lo cual, el presente capítulo tuvo como propósito establecer la fundamentación teórica que sustentan el estudio del nexo agua virtual–seguridad alimentaria. Este tema se abordó desde una perspectiva interdisciplinaria, integrando conceptos y principios de la TSC y reforzándolo mediante el enfoque de nexo. A través de la revisión de la literatura disponible, identificando las teorías asociadas, conceptos clave y modelos más relevantes que se relacionaban con el objeto de investigación. Esto permitió establecer un marco de referencia teórico que guió el desarrollo de la investigación y la interpretación de los resultados.

1.1 Teoría de Sistemas Complejos

Postula que los sistemas no deberían ser entendidos solo a través de sus partes, sino en función de las relaciones e interacciones que ocurren entre ellas, constituyendo un todo mayor que la suma de sus partes. Sin embargo, la noción de sistemas complejos propiamente dicha comenzó a desarrollarse entre el periodo de 1960 y 1970, con la contribución de científicos como Norbert Wiener, Ilya Prigogine y Hermann Haken. Estos investigadores introdujeron conceptos clave como autoorganización, emergencia y no linealidad, que son fundamentales para el estudio de los sistemas complejos (Rivera, 2023).

Los sistemas complejos son aquellos que presentan ciertas características distintivas de acuerdo con Martínez y Esparza. (2021), las cuales se enumeran a continuación:

a) *Emergencia*

La emergencia es uno de los conceptos más fundamentales en la teoría de sistemas complejos, se refiere a la aparición de nuevas propiedades o comportamientos en un sistema que no pueden ser predichos ni explicados por las propiedades de sus componentes individuales. Estas propiedades son el resultado de la sinergia y la interconexión entre las partes del sistema. Un ejemplo claro es cuando se implementa una política en un sector y, sin querer, se afectan otros sectores (como el caso de las políticas que repercuten en la disponibilidad de agua o alimentos).

b) Interconexión y Red

Los componentes de un sistema complejo están interconectados en una red, las relaciones entre los elementos son clave para el comportamiento del sistema; en lugar de estudiar elementos de forma aislada, se enfatiza cómo sus interacciones generan dinámicas globales. Un ejemplo de esto es el Internet, donde millones de computadoras y servidores están interconectados, y sus interacciones permiten la transmisión de información de manera descentralizada y distribuida, como la preferencia de los alimentos y las modificaciones en los hábitos de alimentación.

c) No Linealidad

En los sistemas complejos, las relaciones de causa y efecto no son lineales, lo que significa que cambios sutiles en un componente pueden tener grandes efectos en el sistema global, y viceversa, esto se traduce en la imposibilidad de predecir el comportamiento del sistema a partir de un análisis lineal y aislado. Un ejemplo de no linealidad en un sistema ecológico sería el uso desmedido del agua, que puede generar efectos desproporcionados y no anticipados en el equilibrio del ecosistema.

d) Autoorganización

El principio de autoorganización hace referencia a la capacidad de un sistema complejo para estructurarse de manera espontánea sin una dirección centralizada, este fenómeno es visible en muchos sistemas biológicos y sociales, donde los componentes del sistema se relacionan entre sí y organizan patrones o estructuras sin intervención externa. Ejemplos incluyen la formación de patrones de alimentación en las ciudades.

e) Adaptación

Los sistemas complejos son adaptativos, lo que indica que tienen la capacidad de ajustarse y modificar su comportamiento dependiendo de las circunstancias del entorno, este principio es especialmente importante en sistemas biológicos y sociales. Los seres vivos, por ejemplo, se adaptan a cambios en su entorno para sobrevivir. A nivel social, las comunidades o instituciones también muestran adaptaciones frente a nuevos retos o crisis, como el uso del agua en la agricultura, pueden afectar las dinámicas de seguridad alimentaria.

1.2 Teorías Relacionadas

El estudio de los sistemas complejos requiere enfoques y herramientas multidisciplinarias que aborden la naturaleza dinámica, no lineal y emergente de estos sistemas. Algunas de las teorías que sirven de soporte adicional a la presente investigación.

1.2.1 Teoría de la Ventaja Comparativa

El concepto de ventaja comparativa se refiere a la mayor eficiencia relativa en la producción de algunos bienes nacionales que, basados en su menor costo de oportunidad, constituye la base de exportación de los países que participan en el comercio internacional (Salazar, 2015). La teoría ricardiana anticipa beneficios derivados del libre comercio, en particular la especialización productiva en bienes que llevarían a ser más eficiente la asignación de los recursos, lo cual haría incrementar el valor real de la producción y el consumo nacional (Ramírez *et al.*, 2020).

De acuerdo con Cervantes- Jiménez (2017), la forma de contabilizar el agua virtual, tanto la contenida en un producto como la que forma parte de los flujos de comercio, no es una tarea sencilla, la teoría de la ventaja comparativa del comercio internacional ayuda a contextualizar el fenómeno del agua virtual contabilizada en los flujos de agua incluidos en los productos comercializados, realizando indirectamente transferencias de agua desde aquellas zonas con ventajas comparativas hacia zonas con menor disponibilidad de agua. Sevilla *et al.* (2010), plantean como algunos países en vías de desarrollo con pocos recursos hídricos disponibles, dejarán de cultivar alimentos intensivos en agua que forman parte de su base alimentaria, teniendo entonces que importarlos generando una elevada dependencia alimenticia.

1.2.2 Teoría de la Dependencia

Esta teoría se basa en el concepto centro y periferia. Este modelo considera la existencia de la agricultura y la manufactura como sectores productivos y las categorías de agricultores y trabajadores como empleados. Cada empresa del sector de las manufacturas utiliza economías de escala para producir una variedad de productos diferenciada y utiliza a los trabajadores como único insumo para la producción (Mayorga-Sánchez y Martínez-Aldana, 2008).

García y González (2016) señalan que mientras que el sector agrícola produce bienes homogéneos, y no utiliza economías de escala; asimismo utiliza a los agricultores como único insumo para la producción. Esta teoría ayuda a fundamentar la seguridad alimentaria ya que

resaltan los patrones de consumo establecidos por los países que lideran el comercio y la desigualdad que genera para aquellos países en crecimiento económico en un rol de subordinación.

1.2.3 Teoría de Sostenibilidad

La sostenibilidad implica la conjunción de conductas y disposiciones para el cuidado de los recursos naturales y socio culturales en las esferas social, ambiental y económica con un sentido soportable, viable, equitativo, de largo plazo y con programas de intervención ejerciendo una propuesta colectiva para el bienestar presente y futuro de la humanidad (De la Rosa, 2021).

El Desarrollo Sostenible propone tres esferas fundamentales que, de acuerdo con Castaño (2020), son explicadas de la siguiente manera: a) esfera económica: la expansión económica genera una riqueza que ha de ser compatible con lo social y lo ambiental; b) esfera social: propone que las generaciones futuras tengan las mismas o más oportunidades que las generaciones anteriores; y c) esfera ambiental: refiere a la capacidad que tengan los diversos actores para conocer y manejar todo lo que está enmarcado con los recursos naturales renovables y no renovables. La teoría de la sostenibilidad aboga por la administración integrada de los recursos hídricos y la producción de alimentos, para garantizar que los requerimientos de las generaciones sean satisfechos de manera sostenible.

A la luz de tales consideraciones, los referentes teóricos de los elementos del nexo que se enmarcan están intrínsecamente relacionados con la complejidad de la dinámica del tejido social, la actividad económica y el medio ambiente. Por lo tanto, la *TSC* proporciona un marco robusto para el análisis que mejor fundamenta al nexo agua virtual-seguridad alimentaria, que no puede ser comprendido adecuadamente a través de enfoques reduccionistas.

Desde la biología hasta las ciencias sociales y la ingeniería, esta teoría ha revolucionado la capacidad para comprender y abordar problemas complejos, y sigue siendo fundamental en la investigación y solución de desafíos globales. El estudio de los sistemas complejos posibilita la elaboración de modelos más adaptativos y dinámicos, capaces de simular y predecir comportamientos emergentes en diversos contextos.

La *TSC* proporciona un marco conceptual esencial para analizar las interacciones dinámicas y no lineales entre los componentes del sistema hídrico y alimentario. Esta teoría permite abordar el nexo como un sistema interconectado en el que los flujos de agua virtual, los recursos naturales y la seguridad alimentaria interactúan de manera multifacética y emergente.

Desde esta perspectiva, el sistema no se limita a la suma de sus partes, sino que adquiere propiedades emergentes que son esenciales para comprender los desafíos y las oportunidades asociados al manejo sostenible de los recursos. La teoría permite identificar puntos de intervención donde pequeñas modificaciones en las políticas o prácticas pueden tener un efecto notable en todo el sistema. Por ejemplo, priorizar cultivos de bajo consumo hídrico en regiones áridas puede optimizar el uso del agua virtual sin comprometer la seguridad alimentaria.

En resumen, la *TSC* fundamenta el análisis del nexo agua virtual–seguridad alimentaria al proporcionar herramientas para entender y manejar las interacciones, propiedades emergentes y dinámicas de retroalimentación que definen este sistema. Esto permite diseñar estrategias que sean sostenibles, resilientes y capaces de adaptarse a los retos globales actuales.

1.3 Enfoque de Nexo

Históricamente la humanidad ha estado estrechamente ligada al agua, desde los albores de la civilización, el acceso al recurso hídrico ha sido fundamental para el crecimiento y desarrollo de las sociedades, visto a través del establecimiento de los primeros asentamientos humanos cerca de ríos y lagunas para el florecimiento de la agricultura (Rocha, 2016). Otro aspecto a considerar en la historia es la alimentación, y cualquier esfuerzo por superarlo en el pasado, presente y futuro fue, es y será un impulso casi instintivo de los grupos humanos por asegurar su sobrevivencia frente a la escasez (Mannan, 2018). Uno de estos esfuerzos se refleja con el surgimiento del concepto de seguridad alimentaria, el cual representa una aspiración universal con implicaciones a escala planetaria (Endo *et al.*, 2020).

De acuerdo con Avellán *et al.* (2017) el enfoque de nexo se fundamenta en la idea de que los problemas contemporáneos no pueden ser comprendidos ni resueltos desde una perspectiva unidimensional. Este concepto ha ganado relevancia en disciplinas como el análisis de políticas públicas, la sostenibilidad y la educación, donde los desafíos suelen ser multidimensionales y están interconectados. En lugar de abordar un problema desde un solo ángulo, como podría ser una sola disciplina o sector, el enfoque de nexo promueve la integración y la comprensión de los vínculos entre múltiples factores, permitiendo una visión más holística (Flammini *et al.*, 2014).

En su forma más básica, el enfoque de nexo surge de la necesidad de entender cómo las decisiones en un área de acción pueden afectar a otras, y cómo un determinado fenómeno o política puede tener implicaciones que van más allá de su campo de origen. Un ejemplo claro de esto es el

nexo agua virtual-seguridad alimentaria, que ilustra cómo la gestión del agua afecta a la producción de alimentos (Hoff *et al.*, 2019). Además, refuerza este análisis al destacar la demanda de una administración completa de los recursos hídricos y alimentarios, este enfoque permite identificar sinergias y compensaciones entre sectores, promoviendo estrategias de desarrollo sostenible que minimicen los conflictos por el uso de recursos y maximicen los beneficios sociales, económicos y ambientales.

1.3.1 Conceptualización del Nexo Agua Virtual-Seguridad Alimentaria

El concepto de nexo agua virtual-seguridad alimentaria se centra en determinar cómo la gestión de estos elementos está interconectada y las implicaciones que pueden tener. Esta interrelación según Galaitzi *et al.* (2018), es esencial para comprender el nexo en términos integrales, en lugar de tratar cada parte por separado.

El vínculo entre el agua virtual y la seguridad alimentaria es fundamental y estrechamente relacionado. El agua virtual, como se ha señalado anteriormente, representa la cantidad de agua utilizada en la producción de cualquier bien o servicio en cada una de sus etapas, hasta llegar al consumidor final.

En esta investigación se focalizó en los alimentos, asociados a la seguridad alimentaria, la cual depende, en buena parte, de la disponibilidad y sostenibilidad del agua con el fin de asegurar el acceso a los alimentos en suficientes cantidades, así como seguros y saludables. A continuación, se presentan los principales puntos de interconexión entre estos dos conceptos clave:

- *Producción agrícola y agua virtual:* La agricultura es la actividad económica más demandante de agua dulce a nivel mundial, con un 70% aproximadamente y para México cerca de un 75% (Centro Virtual de Información del Agua [CVIA], 2023). Cada cultivo y producto alimenticio requiere una cantidad específica de agua virtual que se ve influenciada por factores como el tipo de alimento, los métodos de producción agrícolas y las condiciones climáticas locales. Por lo tanto, la seguridad alimentaria está estrechamente vinculada a la gestión eficaz del agua virtual.
- *Comercio internacional de agua virtual:* El concepto de agua virtual pone de relieve la transferencia indirecta de recursos hídricos que se produce a través de la comercialización internacional de alimentos. Los países con escasez de agua pueden optar por importar alimentos en lugar de producirlos localmente, lo que les permite preservar sus propios

recursos hídricos (Dong, 2024). Sin embargo, esta dependencia de las importaciones puede generar riesgos para la seguridad alimentaria, especialmente si los mercados internacionales experimentan fluctuaciones o restricciones comerciales.

- *Vulnerabilidad alimentaria y escasez de recursos hídricos:* En áreas donde el agua es escasa, la presión sobre los recursos hídricos puede comprometer la capacidad de producir alimentos en cantidad suficiente, la escasez de agua, agravada por el cambio climático, pone en peligro la sostenibilidad de la agricultura (Vos e Hinojosa, 2016). Esto es especialmente crítico para los sistemas de riego que requieren grandes volúmenes de agua y son fundamentales para la producción de cultivos en muchas regiones del mundo. Si no se aborda adecuadamente, la escasez de agua puede generar inseguridad alimentaria al reducir la disponibilidad de alimentos básicos.
- *Modificaciones en los hábitos de consumo del sector alimentario y el impacto en el agua virtual:* El comportamiento de los consumidores es importante en la relación entre el agua virtual y la seguridad alimentaria. Modificar los patrones de consumo hacia dietas que requieran menos agua virtual puede ayudar a reducir la presión sobre los recursos hídricos (Mekonnen y Fulton, 2018). Sin embargo, también es posible que los cambios en la alimentación puedan tener el efecto contrario, aumentando la demanda de productos con alto consumo de agua virtual.

1.3.2 Relación del enfoque de Nexo y la Teoría de Sistemas Complejos

El enfoque de nexo se refiere a la comprensión de las interacciones entre diferentes recursos y sectores. En lugar de abordar problemas de manera aislada, como el manejo de agua y la seguridad alimentaria, el enfoque de nexo subraya cómo estos elementos están interconectados, reconociendo que las decisiones y políticas en un área afectan a las demás. Esta idea a las consideraciones de Ravar *et al.* (2020) se basa en los mismos principios que la TSC, en cuanto a:

1) La interconexión de Componentes:

De manera similar, el enfoque de nexo insiste en que los recursos como el agua y la seguridad alimentaria, o bien, los alimentos no pueden ser gestionados de forma separada ya que están interrelacionados y cualquier intervención en uno de estos sectores puede tener consecuencias imprevistas en los otros. Por ejemplo, en el nexo, el cambio en la disponibilidad de agua puede afectar la producción de alimentos.

2) *Emergencia de Comportamientos Complejos:*

En el enfoque de nexo, las interacciones entre los diferentes sectores (agua, alimentos, por ejemplo) pueden producir consecuencias imprevistas si solo se analiza un sector de manera aislada. Por ejemplo, una estrategia que apunta a incrementar la producción de energía mediante la expansión de las plantas hidroeléctricas podría tener efectos negativos en la disponibilidad de agua para riego agrícola lo que, a su vez, afectaría la producción de alimentos. Este comportamiento emergente es difícil de predecir si solo se considera el sector energético sin tomar en cuenta las implicaciones para los demás sectores.

3) *Retroalimentación:*

El concepto de retroalimentación es central tanto en la teoría de sistemas complejos como en el enfoque de nexo. Los sistemas complejos a menudo presentan retroalimentación positiva o negativa, donde las consecuencias de una acción pueden amplificar o contrarrestar los efectos originales. En el contexto del enfoque de nexo, la retroalimentación se ve en cómo las acciones en un sector afectan y son afectadas por otros. Por ejemplo, la sobreexplotación del agua para la producción de alimentos puede generar una escasez del mismo recurso, que a su vez, afecte la generación de energía (especialmente en plantas hidroeléctricas) y la seguridad alimentaria. Estas interacciones de retroalimentación pueden amplificar los efectos de políticas o decisiones mal gestionadas.

4) *No Linealidad:*

Los sistemas complejos son no lineales, lo que implica que no existe una relación directa y proporcional entre causa y efecto. Esta no linealidad es evidente en el enfoque de nexo, donde las interacciones entre recursos no siguen una lógica simple de "más recursos = más producción". Pequeñas modificaciones en un sistema pueden tener efectos desproporcionados en otros sectores. Por ejemplo, una ligera disminución en las precipitaciones puede disminuir la cantidad de agua disponible para la agricultura, lo que a su vez afecta la producción de alimentos. Sin embargo, también puede haber efectos indirectos que amplifiquen o reduzcan estos impactos, como el uso de tecnologías de eficiencia energética o la disponibilidad de reservas de alimentos, lo que hace que las respuestas sean no lineales.

La *TSC* y el concepto de nexo comparten una visión fundamental la cual se basa que el mundo está compuesto por sistemas interconectados, cuya comprensión y gestión requieren un enfoque integral. Al integrar la *TSC* con el enfoque de nexo, se puede desarrollar una mejor

comprensión del nexo agua virtual-seguridad alimentaria y proponer soluciones efectivas, evitando tratar los elementos de manera aislada y considerando las interacciones y efectos emergentes que definen el comportamiento de los sistemas complejos. Juntos, son esenciales para analizar y abordar los desafíos del nexo agua virtual-seguridad alimentaria, permitiendo identificar soluciones que sean integrales, sostenibles y equitativas. Este marco combinado asegura una visión holística que responde a las necesidades locales y globales de manera efectiva.

1.4 Revisión Sistemática de la Literatura (RSL) del Agua Virtual

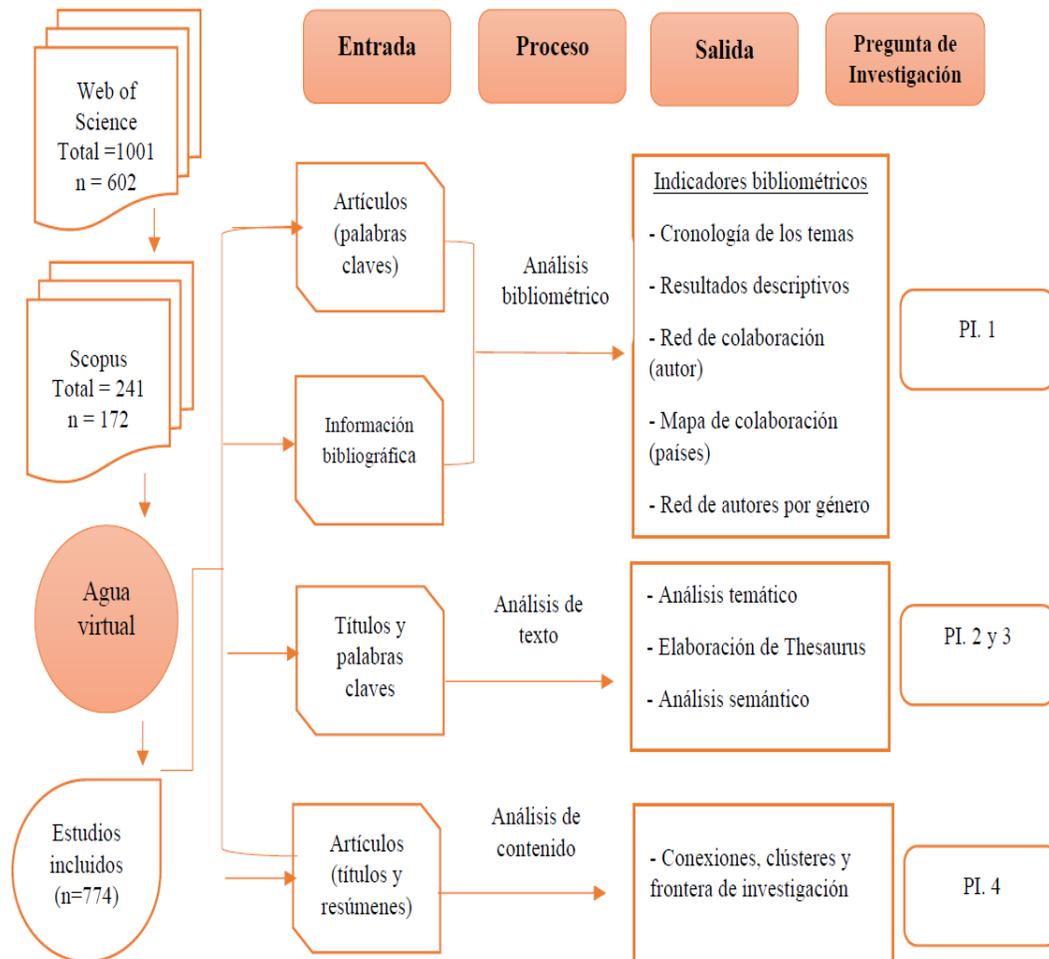
Para facilitar el proceso de revisión de estudios previos del tema de la presente investigación, se realizó una *RSL*, con la finalidad de proporcionar un marco referencial sobre el estado actual de las investigaciones vinculadas al agua virtual, asegurando un riguroso y exhaustivo estado del conocimiento en torno al tema que permitiera mapear el concepto y su relación con otros elementos bajo el enfoque de nexos, que no solo refleja la complejidad del tema, sino que también aporta una base estructurada reduciendo el sesgo en la selección y evaluación de las fuentes, haciendo uso del Procesamiento del Lenguaje Natural (*PLN*) e inteligencia artificial, considerando las bases científicas de datos de Web of Science y de Scopus.

La Figura 1 muestra el análisis sistemático del mapeo científico que metodológicamente involucra tres etapas: entrada, proceso y salida, además de las preguntas de investigación. La primera etapa de entrada se centra en las fuentes de datos, Web of Science por su alto impacto en la aportación científica de vanguardia, es considerada en el presente estudio. La búsqueda se dio en inglés mediante la Query o ecuación “virtual water” OR “agua virtual” OR “virtual water trade”, en el periodo 2000-2022. Se consideraron un total de 602 datos bibliográficos válidos como fuente de datos y en los criterios de exclusión se descartaron manualmente los estudios que no fueron relevantes por el tipo de fuente como conferencias, noticias y aquellos estudios duplicados que se encontraban en las distintas bases de datos utilizadas o que no cumplían con el criterio de búsqueda de agua virtual.

Otra base considerada en el estudio fue la de Scopus por su alto reconocimiento en la comunidad científica. En este caso, la ecuación de búsqueda fue (“virtual water” OR “agua virtual”) AND (trade* OR virtual water trade*) AND (food*) AND (nexus*) AND (agriculture*) AND (flow*) AND (crop*), para el mismo periodo y considerando 172 datos bibliográficos, bajo los mismos argumentos de exclusión.

Figura 1

Proceso del mapeo sistemático del agua virtual



En general, el trabajo de la *RSL* resaltó aspectos relevantes en el tema de agua virtual y su interrelación con otros elementos en la composición de nexos, en torno a:

- *Producción científica anual:* La tendencia de publicaciones relacionadas al agua virtual, que tienen su origen en el año 1993 con el investigador Británico Tonny Allan; sin embargo, es hasta el año 2000 que comienzan a cobrar relevancia las publicaciones sobre este tema;
- *Revistas más relevantes:* Procedentes de publicaciones conjuntas consideradas de Web of Sciences y Scopus; donde los investigadores del tema de agua virtual publican sus estudios. El Journal of Cleaner Production está en primer lugar y el factor de impacto de estas

revistas es basado en la producción científica más influyente de un investigador y su frecuencia de citación, lo cual permite dimensionar la calidad de estas revistas;

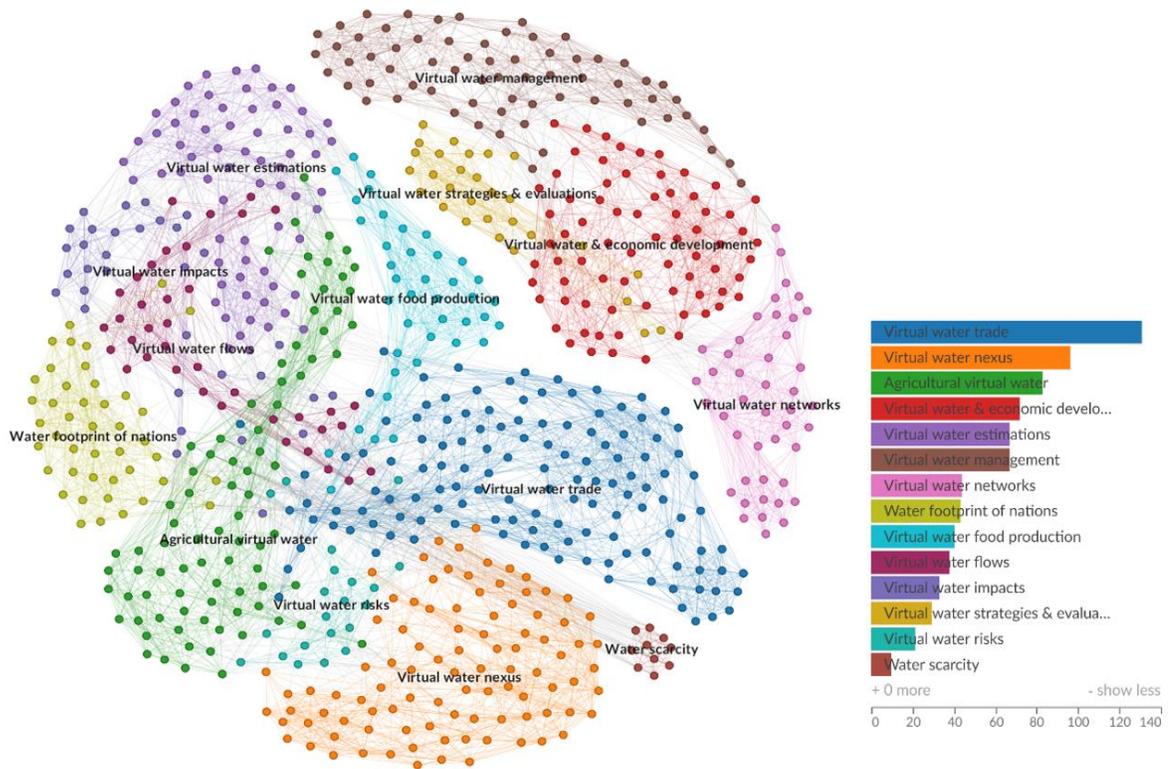
- *Autores más relevantes:* Entre los autores más representativos sobre el tema destacan el neerlandés Hoekstra A. con 43 artículos y los chinos Wang, Liu J., Liu Y., Yang H., Li Y., Wu P., Sun S., Chen B. y Zhao X; quienes van de los 43 hasta los 28 artículos respectivamente;
- *Autores más citados a nivel internacional:* En los autores más citados en el tema de agua virtual, destacan Hoekstra A. con 1,691 citaciones, siendo justamente el precursor del agua virtual; seguido de Yang H. con 826 citaciones, Konar M. con 693 y la menor citación de los diez más representativos está Liu J. con 529;
- *Género de investigadores:* El mayor segmento corresponde a los hombres quienes se colocan como líderes en la autoría de artículos científicos de agua virtual; mientras, el segmento de las mujeres es menor; aunque destaca la aportación metodológica que hacen sobre el tema;
- *Enfoque de trabajo:* Los países europeos van muy adelantados en el tema de agua virtual y generalmente sus investigaciones son relacionadas al uso de agua virtual en los alimentos que comercializan. La producción científica de China presenta la peculiaridad de que sus trabajos de investigación lo enfocan en el manejo del agua virtual al interior de su país y lo que respecta a las investigaciones de Estados Unidos versan sobre el nexo agua-energía-alimentos;
- *Colaboración científica entre países:* Dejando claro el alto índice de colaboración entre China, Estados Unidos y Países Bajos con otros países. En el caso de nuestro país, solo existe una colaboración con Estados Unidos, que es país vecino y el principal socio comercial; y
- *Keywords plus:* Las palabras claves más recurrente fueron trade, footprint y consumption, mientras resources, virtual water y flows; las menos recurrentes fueron economy y perspective.

Continuando con los resultados de la *RSL*, en el clúster de la red semántica (Figura 2) se pueden identificar los 14 clústers que conformaron la red; siendo los más recurrentes: 1) *el comercio mundial de agua virtual*, donde se explora todo el concepto en general; 2) *nexos del agua virtual*, que se han ido investigado durante los últimos años, teniendo como ejemplo el nexo agua-

alimentos, o bien, el de agua- energía- alimentos; y 3) *agua virtual en la agricultura*, donde se destacan los aportes de diversos autores por tratar de rastrear el volumen de agua virtual utilizada en la producción agrícola, especialmente este tipo de literatura, necesita actualizarse constantemente debido al entorno globalizado tan cambiante. Estos segmentos, representan más de la mitad del clúster, debido a su importancia en la literatura, mientras que los clústers menos representativos son “estrategias de agua virtual” y “escasez del agua”.

Figura 2

Red semántica de agua virtual

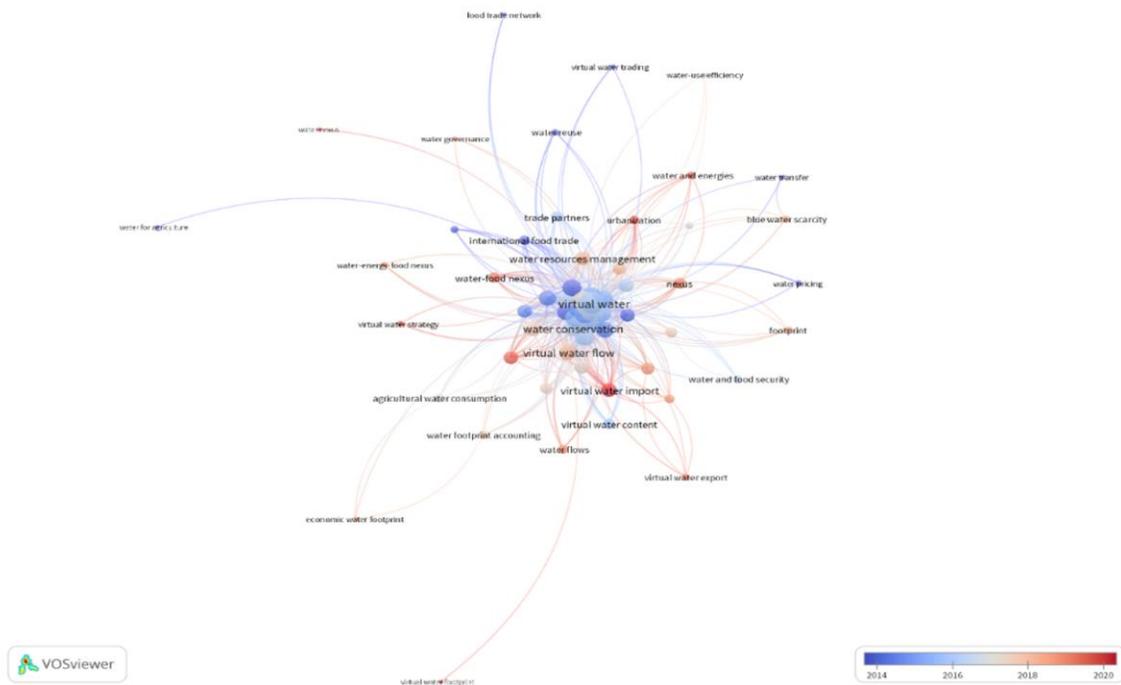


La red temática temporal se puede visualizar en la Figura 3 la evolución del tópicos del agua virtual en cuanto al tamaño, los nodos más grandes de color azul oscuro corresponden a las palabras claves, principalmente utilizadas en la literatura del tema de agua virtual, los nodos medianos de azul más claro al avance en las investigaciones; y los nodos rojos representan la actualidad de las palabras claves en temas de agua virtual al figurar en publicaciones recientes. Debido a su ubicación central en el mapa bibliométrico indica una alta conectividad con otros

nodos, observándose que se inician las investigaciones y búsquedas correspondientes al uso y consumo del agua y la producción de alimentos; posteriormente, la gestión del agua, seguridad alimentaria; y el nodo más grande precisamente es el dedicado al “agua virtual” y a la “huella hídrica”, como un tema de interés actual. Finalmente, la red da un indicio que los temas que son proclives a futuras y largas investigaciones son las relacionadas a los nexos del agua virtual, la sustentabilidad y estrategias de comercialización.

Figura 3

Red temática temporal de agua virtual



1.5 Estudios Previos

A partir de la *RSL* y los requerimientos particulares del desarrollo del propio estudio se pudieron focalizar aquellos estudios previos que conformaron el soporte medular de la presente investigación, sintetizados en la Tabla 1 por su aportación teórica y la Tabla 2 en cuanto a su relevancia metodológica.

Tabla 1*Estudios previos (aportación teórica)*

Autor	Objetivo	Nexo	Variables	Aportaciones
Zhou <i>et al.</i> (2021)	Realizar un análisis bibliométrico de artículos publicados entre 2010 y 2020 para proporcionar una base de conocimientos de los estudios de nexo actuales.	Agua-energía-alimentos-clima	Cambio climático, los sectores del agua, la energía y los alimentos.	Los estudios de nexo se centran principalmente en la combinación de métodos cualitativos y cuantitativos para analizar el consumo mutuo de recursos.
Odey <i>et al.</i> (2021)	Revisar la literatura disponible para determinar los impulsores de los intercambios virtuales de agua.	Agua virtual-comercio internacional	Agua virtual, comercio de productos agrícolas, gobernanza, cambio climático son algunos de los factores estudiados en la investigación.	Existen publicaciones disponibles que proporcionan resultados controvertidos y conducen a un alto nivel de incertidumbre en la determinación de su importancia relativa.
Bucatariu (2020)	Considerar el concepto de agua virtual desde la perspectiva de un sistema global de producción y consumo de alimentos.	Agua virtual-comercio internacional	Datos de agua virtual, y comercio de alimentos	La seguridad hídrica está directamente relacionada con la población mundial, vinculando así, intrínsecamente, el consumo y la producción.
Ray <i>et al.</i> (2018)	Conceptualizar el agua virtual.	Agua virtual-comercio internacional	Los flujos de agua virtuales internacionales y el comercio de productos agrícolas.	La falta de información de los costos del agua virtual y de la producción de alimentos dentro de las redes de logística tradicionales.

Autor	Objetivo	Nexo	Variables	Aportaciones
Rocha (2016)	Analizar el concepto de agua virtual, estableciendo un vínculo entre el agua, los alimentos y el comercio exterior.	Agua virtual-comercio internacional	Datos de agua virtual, y comercio de alimentos.	Destaca la gravedad de que un país tenga dependencia a las importaciones de agua virtual. Cada país debe tener autonomía hídrica.
Vos e Hinojosa (2016)	Conocer los factores que impulsan el aumento del comercio virtual de agua.	Agua virtual-comercio internacional	Datos de agua virtual, y comercio de alimentos.	El aumento del comercio virtual de agua tiene efectos negativos en las regiones que exportan productos agrícolas, donde el comercio virtual de agua ha llevado al uso desmedido y contaminación de ríos.
Rasul y Sharma (2016)	Aumentar la comprensión de la relación entre el agua, la energía y los alimentos.	Agua virtual-energía-alimentos	Las demandas de alimentos, agua y energía.	Es importante considerar este nexo en el contexto de adaptación. Sostiene que centrarse en las compensaciones y sinergias que utilizan un enfoque de nexo podrían facilitar una mayor adaptación al cambio climático.
Hoekstra y Mekonnen (2012)	Mapear la huella hídrica de la humanidad con una alta resolución espacial y el concepto de agua virtual.	Agua virtual-comercio internacional	Los flujos de agua virtuales internacionales se estiman sobre la base del comercio de productos agrícolas e industriales.	Ilustra la dimensión global del consumo de agua y la contaminación al mostrar que varios países requieren de fuentes de agua extranjera.

Autor	Objetivo	Nexo	Variables	Aportaciones
Wichelns (2010)	Abonar a la literatura sobre los conceptos de agua virtual y la huella hídrica derivado del posible ahorro de agua a través de la importación de productos agrícolas de países con mayores dotaciones de agua.	Agua virtual-comercio internacional	Análisis del agua virtual describiendo oportunidades para mejorar la seguridad hídrica.	A través del comercio internacional, los consumidores son en parte responsables de los problemas de recursos hídricos en regiones distantes.
Hoekstra (2010)	Abonar al conocimiento sobre el volumen de agua virtual que entran y salen de un país.	Agua virtual-comercio internacional	Datos de agua virtual, y comercio de alimentos.	El comercio internacional de productos básicos involucra traspasos de agua virtual, es decir, el agua que se ha utilizado para producir cualquier cosa y que, por lo tanto, está prácticamente incorporado en él.
Warner y Johnson (2009)	Cuestionar desde una perspectiva de economía política y medios de vida sostenibles, el uso indiscriminado del 'agua virtual'	Agua virtual-comercio internacional	El 'agua virtual' como herramienta para el estudio del comercio desde un nuevo enfoque.	La adopción de un enfoque de este tipo podría convertir lo que es un concepto analítico muy esclarecedor –el “agua virtual”– en un instrumento político nocivo.
Chapagain y Hoekstra (2008)	Identificar los flujos de agua virtuales entre naciones a partir de estadísticas sobre el comercio internacional y el contenido de agua virtual por producto en el país exportador.	Agua virtual-comercio internacional	El comercio internacional de productos básicos y los flujos de "agua virtual" implicados.	Es probable que aumenten las interdependencias mundiales del agua. Al mismo tiempo, la liberalización del comercio crea oportunidades para aumentar el ahorro físico de agua.

Autor	Objetivo	Nexo	Variables	Aportaciones
Zimmer y Renault (2003)	El estudio del agua virtual en la producción de alimentos y el comercio global.	Agua virtual-comercio internacional	Datos de agua virtual, y comercio de alimentos.	El comercio virtual de agua entre naciones e incluso continentes podría utilizarse idealmente para mejorar la práctica del uso global del agua.
Allan (2003)	Proporcionar una narrativa del origen y desarrollo del concepto de agua virtual.	Agua virtual-comercio internacional	Vincular datos de agua, alimentos y comercio en la región de Medio Oriente.	Los procesos discursivos determinarán durante la próxima década si las metáforas del agua virtual y su comercio conservan un lugar en la terminología de los profesionales del agua.
Renault (2002)	Abonar al concepto general y común de agua virtual bajo diversas visiones o perspectivas en el comercio internacional.	Agua virtual-comercio internacional	Datos de agua virtual, y comercio de alimentos.	Para un análisis global del agua virtual es necesario permitir la comparación entre los flujos de agua mundiales.
Wichelns (2001)	Analizar el concepto de 'agua virtual' como una aplicación de la ventaja comparativa, con énfasis en el agua como factor clave de producción, considerando como estudio de caso a Egipto .	Agua virtual-seguridad alimentaria-comercio internacional	El análisis del agua virtual sugiere que la tierra, la mano de obra y el capital también deben considerarse al evaluar las oportunidades comerciales y de producción de una nación.	Las políticas que promuevan mayores exportaciones de cultivos intensivos en mano de obra mejorarán los ingresos rurales y mejorarán la seguridad alimentaria.

Nota. Elaboración propia con base en los autores citados.

Derivado de los referentes teóricos presentados en la Tabla 1 se puede señalar que estos estudios han sentado las bases para comprender la compleja relación entre la disponibilidad de agua y la producción de alimentos en diferentes contextos geográficos. Estos trabajos pioneros han demostrado la importancia del agua virtual, destacando la necesidad de considerar la huella hídrica de los productos alimenticios en la planificación de los recursos hídricos. Muy pocos estudios recientes han profundizado en el análisis de la relación entre agua virtual y seguridad alimentaria, resaltando la vulnerabilidad de la producción alimentaria ante la escasez de agua y el cambio ambiental global. Destacando aquellos autores más relevantes en cuanto al enfoque teórico para la investigación en general como Odey, Hoekstra y Mekonnen, Allan y Reanult, y para México Rocha fue de los primeros en estudiar el concepto.

La Tabla 2 presenta un concentrado de estudios que abarca un periodo de 2007 a 2023 donde se muestra que el estudio del agua virtual y los alimentos es generalmente abordado bajo la perspectiva de redes por la conveniencia de analizar las relaciones y las interacciones de los elementos integrantes del fenómeno de estudio.

También existen estudios que abordan el modelo de gravedad para el explicar el comercio de agua virtual. Las investigaciones más recientes abordan la seguridad alimentaria bajo un análisis gráfico de tipo cuantitativo, explorando los escenarios futuros derivado de la emergencia mundial del agua y la demanda de alimentos, en general estas investigaciones tienen un mismo objetivo que es identificar los factores determinantes del agua virtual. Los autores internacionales más relevantes en cuanto al enfoque metodológico son Tamea, Tuninetti y Konar con el uso de redes, mientras que para México destacan las investigaciones de Rodríguez-Tapia a través de una matriz de insumo producto para cuantificar el agua virtual contenida en una actividad específica y Arreguin, quien calculó las primeras estimaciones de agua virtual de algunos productos.

Cabe señalar que se tiene poca aportación metodológica sobre el nexo, sobre todo en la parte de la estimación, teniendo un vacío que a su vez representa un área de oportunidad para el proceso de este trabajo.

Tabla 2*Estudios previos (aportación metodológica)*

Autor	Objetivo	Método/Nexo	Variables	Aportaciones
Odey <i>et al.</i> (2023)	Evaluar las implicaciones de las importaciones de agua virtual y el cambio climático a través del comercio de alimentos, estado de la tierra y la seguridad alimentaria de Corea del Sur durante el período 2000-2017.	Análisis gráfico (Agua virtual-seguridad alimentaria)	Datos de flujos de agua virtual de alimentos importados. Datos de la superficie cultivable . El índice de vulnerabilidad climática que mide 3 aspectos: la exposición, la sensibilidad y capacidad de adaptación.	Los resultados mostraron que se ahorraron cantidades significativas de agua y tierra a nivel nacional mediante la importación, sin embargo, aumentaron significativamente con el tiempo las importaciones del recurso hídrico.
Liu <i>et al.</i> (2023)	Calcular flujos de agua virtuales dentro de China , utilizando una matriz de insumo-producto para la discusión sobre las condiciones ambientales de las redes de producción globales.	Análisis matriz de insumo-producto (Agua virtual-comercio internacional)	Agua virtual contenida en los alimentos de origen agrícola .	Las exportaciones virtuales de agua de China muestran una heterogeneidad comercial significativa y se necesita una compensación interregional para abordar la distribución regional desigual.
Tayia <i>et al.</i> (2022)	Examinar el papel del agua virtual derivado del comercio internacional de Egipto , para lograr la seguridad alimentaria.	Análisis gráfico (Agua virtual-seguridad alimentaria)	Datos de exportaciones e importaciones , así como de la producción de los alimentos , de acuerdo con el sistema de la FAO.	El patrón de comercio internacional de agua virtual y la diversificación de importaciones fomentan un ahorro del recurso hídrico, sin embargo, aumentan los riesgos de la seguridad alimentaria.

Autor	Objetivo	Método/Nexo	Variables	Aportaciones
Horn <i>et al.</i> (2022)	Investigar la seguridad alimentaria de Suecia identificando las principales categorías de importación de alimentos, los socios comerciales y la vulnerabilidad a las fricciones en el comercio derivadas del cambio climático.	Modelo de Gravedad (Agua virtual-seguridad alimentaria)	Las principales categorías de importación de alimentos y los socios comerciales . La vulnerabilidad se evaluó mediante tres indicadores: 1. exposición basada en la diversidad de fuentes, dominio y comercio directo de los países proveedores 2. sensibilidad , evaluada mediante el Índice de Riesgo Climático. 3. capacidad de adaptación , evaluada mediante el Índice de Estado Frágil.	Se reveló que las importaciones de cereales de Suecia pueden ser las más vulnerables y los productos animales los menos vulnerables al cambio climático. Se pueden desarrollar estrategias de gestión basadas en esta evaluación.
Dong <i>et al.</i> (2022)	Estimar la red de comercio internacional de productos agrícolas de 2000 a 2016 en su totalidad en Hong Kong .	Análisis de Redes (comercio internacional-seguridad alimentaria)	Datos sobre el comercio internacional de productos agrícolas .	Los hallazgos sugieren que la estructura de la red comercial se volvió cada vez más compleja y las relaciones comerciales se hicieron más estrechas con el tiempo.

Autor	Objetivo	Método/Nexo	Variables	Aportaciones
Tamea <i>et al.</i> (2021)	Contribuir al conocimiento sobre el nexo agua-alimentos-comercio en Italia mediante la introducción de los conceptos de huella hídrica y comercio virtual de agua.	Análisis gráfico (Agua virtual-comercio nacional)	Datos de exportaciones e importaciones, así como los alimentos comercializados de acuerdo con la FAO.	El comercio puede ayudar a comprender las implicaciones de la producción de bienes para exportación, en términos de extracción de agua virtual en el área productora o a nivel país.
Campi <i>et al.</i> (2021)	Explorar empíricamente los determinantes del proceso mediante el cual los países , dadas sus capacidades, se especializan en la producción agrícola.	Análisis de Redes (Agua virtual-seguridad alimentaria)	El análisis es basado en el Índice de Seguridad Alimentario y datos de producción de la FAO para caracterizar el espacio de producción agrícola.	El espacio de producción agrícola es una red muy densa que presenta comunidades estables y bien definidas de países y productos, no sólo dependen de las condiciones medioambientales, sino también de factores económicos y sociopolíticos.
Yawson (2020)	Estimar el status quo de la demanda y el suministro de alimentos y las transferencias virtuales asociadas del uso del agua o de la tierra en condiciones futuras en china .	Análisis cuantitativo (modelo) (comercio internacional-seguridad alimentaria)	Datos de la oferta y demanda de alimentos, superficie cultivable, agua virtual utilizada en los alimentos comercializados y población .	El comercio de alimentos es un componente crucial de las respuestas adaptativas a la futura inseguridad alimentaria especialmente en países con escasez de tierra y agua.

Autor	Objetivo	Método/Nexo	Variables	Aportaciones
<i>Zhai et al. (2019)</i>	Cuantificar la transferencia interprovincial de agua incorporada en los alimentos e identificar las complicadas interacciones entre las diferentes provincias de China .	Análisis de Redes (Agua virtual-comercio nacional)	Datos de intensidad del consumo de agua y capacidad de suministro de agua .	Constatan que el comercio interprovincial de alimentos no ha logrado aliviar la mala distribución de los recursos hídricos, e incluso ha empeorado; lo que ha provocado una escasez de recursos hídricos.
<i>Tuninetti et al. (2017)</i>	Proponer una nueva forma de identificar los principales factores que impulsan la activación/desactivación del vínculo del comercio en Italia para mostrar la dinámica temporal de los controladores de red.	Análisis de Redes complejas (agua virtual-comercio internacional)	Datos del comercio internacional de agua virtual , considerando únicamente las características del país y del vínculo (como población, producto interno bruto, distancias geográficas , etc.),	Los resultados indican que durante el período de 1986 a 2011, la población, las distancias geográficas entre países y la eficiencia agrícola (a través del uso de fertilizantes) son los principales factores que impulsan la activación y desactivación del comercio.
<i>Rodríguez-Tapia et al. (2016)</i>	Estimar los multiplicadores de agua virtual de cada actividad productiva de la Cuenca del valle de México a través de una matriz insumo-producto.	Matriz insumo-producto (agua virtual-comercio internacional)	Agua virtual contenida en una actividad específica .	El balance entre exportaciones e importaciones de agua virtual en la Cuenca, llevan a la conclusión de que se importan productos con gran contenido hídrico y se exportan productos con menor utilización del recurso.

Autor	Objetivo	Método/Nexo	Variables	Aportaciones
Antonelli y Tamea (2015)	Analizar la economía política de la seguridad alimentaria e hídrica en Oriente y África.	Análisis gráfico (agua virtual-comercio internacional)	Datos de exportaciones e importaciones , así como de la producción de los alimentos comercializados de acuerdo con la FAO.	La seguridad hídrica y alimentaria dependen en gran medida del agua procedente de fuera de la región, "integrada" en las importaciones de alimentos y a la que se accede a través del comercio.
Konar <i>et al.</i> (2011)	Presentar un marco conceptual y una metodología novedosa para estudiar el comercio de agua virtual en Estados Unidos.	Análisis de Redes complejas (agua virtual-comercio internacional)	Para la creación de la red utilizaron datos de los flujos de agua virtual , el número de países involucrados y la cantidad de productos consumidos.	Las naciones individuales encajan en la estructura global, lo que permite a los formuladores de políticas nacionales determinar la relación de su país con la comunidad internacional.
<i>Suweis et al.</i> (2011)	Demostrar cuantitativamente que el comercio de agua es clave en la conectividad de la red y en la redistribución global del agua virtual.	Análisis de Redes (agua virtual-comercio internacional)	Datos de los flujos de agua virtual , el número de países involucrados y la cantidad de productos consumidos.	Los escenarios económicos y climáticos mejorarán, los recursos hídricos, dando a los países ricos en agua aún más camino para llegar a nodos mal conectados.
Arreguín <i>et al.</i> (2007)	Discutir los conceptos de con agua virtual y huella hídrica, así como su cálculo de ambos conceptos para México , a partir de las estimaciones de Mekonen y Hoekstra.	Análisis descriptivo (agua virtual-comercio internacional)	Datos de exportaciones e importaciones y flujos de agua virtual utilizado en la producción de alimentos.	Los resultados muestran que en 2006 el país importó más agua virtual de lo que exportó, lo que lo categoriza como un país importador neto.

Nota. Elaboración propia con base en los autores citados.

Capítulo II. Marco Contextual del Nexo Agua Virtual- Seguridad Alimentaria

En este capítulo, se presenta el marco contextual del agua virtual y la seguridad alimentaria, así como su relación con los *ODS*, abordando las generalidades, antecedentes históricos, aspectos claves, desafíos y su relevancia en el contexto de los desafíos globales actuales, como la alteración climática, el agotamiento de los recursos y el crecimiento poblacional y sin duda el de agua virtual y seguridad alimentaria como conceptos fundamentales que están interrelacionados y son clave para comprender y abordar la sostenibilidad del planeta y la humanidad. Particularmente, como se ha venido mencionado a lo largo de este documento, el agua virtual es crucial para proteger la seguridad alimentaria, pues la producción de alimentos depende principalmente del agua, por lo que la escasez de este recurso impacta considerablemente en el abastecimiento mundial de alimentos.

A continuación, se argumenta la relevancia de cada uno de los dos elementos que componen el nexos, como es el agua, partiendo de la generalidad, hasta llegar al concepto de agua virtual.

2.1 El Agua

En cuanto a composición, la estructura química del agua se forma a partir del hidrógeno con dos átomos unidos al oxígeno que tiene un átomo, lo que le confiere una composición química única. La distribución asimétrica de los electrones (polaridad) produce una polarización eléctrica, con una carga negativa más intensa en el oxígeno y una carga positiva más intensa en los átomos de hidrógeno. Esta característica permite que las moléculas de agua interactúen entre sí, formen cadenas y mantengan su estado líquido (Comisión Nacional del Agua [Conagua], 2017). Además, el agua presenta propiedades fisicoquímicas excepcionales; por ejemplo, en estado sólido (hielo) posee una densidad más baja que en forma líquida, lo que hace que flote sobre el agua, sus propiedades también permiten que el agua cambie de estado (gaseoso, líquido y sólido) en un rango de temperaturas relativamente pequeño (0°C y 100°C).

El agua es una sustancia única en el planeta Tierra ya que puede existir en sus tres estados físicos, estos estados se manifiestan en océanos y mares (líquido), glaciares y casquetes polares (sólido), y vapor de agua (gaseoso). Es precisamente durante el ciclo

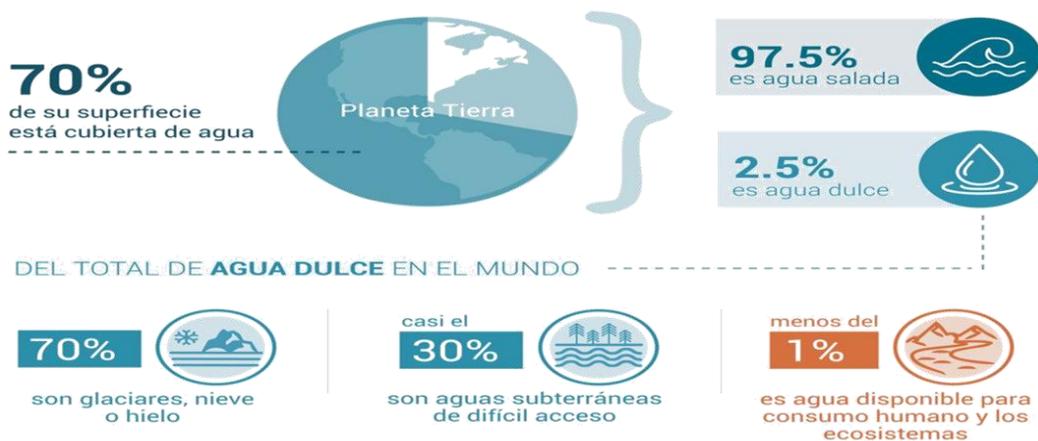
hidrológico que el agua cambia constantemente de estado, lo que mantiene el equilibrio de los ecosistemas; este proceso de circulación del agua se compone de cinco etapas: evaporación, condensación, precipitación, infiltración y escorrentía (CVIA, 2023). Barrientos en 2020 señala la capacidad del agua para absorber y liberar calor, gracias a su alto calor específico y de vaporización, contribuyendo a la regulación del clima terrestre. Además, el agua es un disolvente universal, capaz de disolver una amplia variedad de compuestos como la sal común (NaCl). Por estas razones, el agua es considerada esencial para que exista la vida.

2.1.1 El Agua como un Derecho Universal

Nuestro planeta, la Tierra, se caracteriza por su predominante color azul, teniendo en cuenta que la mayor parte de su superficie, aproximadamente el 70% está cubierta por agua, y solo un tercio corresponde a tierra firme (CVIA, 2023). De acuerdo con información del 2023, la disponibilidad anual de agua en el mundo se estima en 1,386 millones de kilómetros cúbicos, con una distribución desigual; el 97.5% es agua salada y únicamente el 2.5% es agua dulce como se observa en la Figura 4. Del porcentaje total de agua apta para consumo humano, se encuentra el 70% en forma de hielo, nieve y glaciares; casi el 29% son aguas subterráneas de acceso difícil y aproximadme el 0.77% de agua se utiliza para el abastecimiento potable de los ciudadanos y mantener el equilibrio en los ecosistemas.

Figura 4

Disponibilidad mundial del agua



Nota. Tomado del CVIA (2023).

La historia de la humanidad ha estado profundamente ligada a la disponibilidad de agua, este recurso vital ha sido un factor determinante en la configuración de fronteras, la creación de sistemas legales y en la génesis de conflictos a lo largo de los siglos, además de la actual preocupación por su gestión responsable para garantizar un futuro sostenible para las generaciones venideras (Jaimes *et al.*, 2022). En la prehistoria, el ser humano se desplazaba en busca de dos elementos esenciales: la caza y el agua, lo que da lugar a la agricultura y la ganadería como las dos primeras actividades económicas, y la razón del porque los asentamientos humanos se establecieron en zonas con acceso a fuentes de agua, lo que permitió el crecimiento de las poblaciones y el desarrollo de civilizaciones prósperas (Fundación Aquae, 2022).

A lo largo de la historia, diversas culturas han desarrollado sistemas de almacenamiento y distribución de agua como los acueductos y las excavaciones subterráneas de los griegos, romanos e islámicos (Mellios *et al.*, 2018). Sin embargo, hubo épocas, como la Edad Media en Europa, en las que el saneamiento y la cultura del agua decayó, excepto en la Península Ibérica donde los árabes introdujeron tecnologías avanzadas. En el otro extremo del planeta, en México, los mayas construyeron sofisticados sistemas de captura de agua de lluvia y almacenamiento en cenotes para abastecer a sus comunidades. Con el Renacimiento, el agua recuperó su importancia y, a partir del siglo XIX, la gestión del agua se convirtió en una prioridad para el desarrollo de ciudades y países (Argudo, 2019).

En el mundo contemporáneo, el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (2002) sentó las bases para reconocer el acceso al agua como un derecho humano fundamental, esencial para una vida digna. Posteriormente, la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) refrendó este derecho en 2010, estableciendo que todos los seres habitantes tienen derecho a acceder a agua segura y aceptable para su uso diario.

En México, el derecho humano al agua y el saneamiento se incorporó en la Constitución Política el 8 de febrero de 2012, mediante la reforma del artículo 4 párrafo quinto, se establece que: “Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la protección de los recursos hídricos, de acuerdo con la ley”. Por otra parte, el marco normativo del agua en México se encuentra

establecido en varias leyes, reglamentos y normas que regulan la gestión y uso del agua en el país. Es importante destacar que el marco jurídico del agua en México es complejo y está en constante evolución.

En seguida, se exponen algunos de los principales elementos del marco regulatorio del agua en México:

Leyes

- *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*: Establece el derecho al acceso al agua para todos los mexicanos (Artículo 4);
- *Ley de Aguas Nacionales*: Regula la explotación, el uso y la gestión del agua en México (Publicada en 1992);
- *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*: Establece los principios y normas para la protección del medio ambiente y la gestión de los recursos naturales (Publicada en 1988); y
- *Ley de Desarrollo Urbano*: Regula la planeación y el desarrollo urbano, incluyendo la gestión del agua en las ciudades (Publicada en 1976).

Reglamentos

- *Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales*: Establece las normas y procedimientos para la aplicación de la Ley de Aguas Nacionales (Publicado en 1994); y
- *Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*: Establece las normas y procedimientos para la aplicación de la Ley (Publicado en 1996).

Normas

- *Norma Oficial Mexicana (NOM) 127*: Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en el agua para su uso en la industria y la agricultura (Publicada en 2000); y
- *Norma Oficial Mexicana (NOM) 001*: Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en el agua para su uso en la industria y la agricultura (Publicada en 1996).

Otros instrumentos

- *Programa Nacional Hídrico*: Establece las políticas y estrategias para la administración y manejo del agua en México; y

- *Plan Nacional de Desarrollo*: define el rumbo y los propósitos para el desarrollo nacional, incluyendo la gestión del agua.

En la Tabla 3 se presentan algunas instituciones y organizaciones internacionales y nacionales que se encargan del cuidado, normativa y gestión del agua.

Tabla 3

Instituciones y organizaciones al cuidado y manejo del agua

Instituciones y organizaciones a nivel internacional y nacional	Objetivo
Organización de las Naciones Unidas (ONU)	Promueve la cooperación internacional para enfrentar los retos hídricos.
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)	Trabaja para incrementar el alcance del agua potable y servicios en países con necesidades básicas insatisfechas.
Organización Mundial de la Salud (OMS)	Fija estándares y pautas para la calidad del agua potable y los servicios relacionados.
UNESCO	Promueve la concientización y educación sobre la importancia del agua y su conservación.
Banco Mundial	Proporciona financiamiento para iniciativas de agua y potabilidad en lugares con bajos niveles de progreso.
Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA)	Financia proyectos en áreas rurales de países en desarrollo.
Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)	Entidad encargada de administrar y regular el recurso hídrico en el país.
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)	Es la dependencia encargada de proteger el medio ambiente y gestionar los recursos, como el agua.
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)	Es una entidad pública dedicada a la investigación del vital líquido y el desarrollo de soluciones tecnológicas para su utilización eficiente.
Comisión Federal de Protección contra Riesgos Sanitarios (Cofepris)	Es la dependencia gubernamental responsable de la calidad, regulación y supervisión del agua salubre y el saneamiento.

Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento (ANEAS) Es una organización que representa al sector empresarial y dedicadas al saneamiento en México.

Nota. Elaboración propia con base en las instituciones citadas.

2.1.2 El Agua Virtual

Antes de comenzar a hablar del concepto de agua virtual, es importante señalar el uso que se le da al agua tanto en el mundo como para México. En primera instancia, es crucial reconocer que el agua es un recurso natural renovable, pero con límites en su disponibilidad. De acuerdo con el Consejo Consultivo del Agua (2021), la distribución mundial del agua es desigual y varía según la geografía, la capacidad de reutilización y el desarrollo económico de cada región. Aunque los datos pueden variar, hay algunos patrones claros en cuanto a la distribución del agua en diferentes sectores.

En general, según datos del CVIA (2023), se puede señalar que:

- El sector agrícola y el ganadero principalmente consumen agua dulce, tanto en México como a nivel mundial. En nuestro país, estos sectores consumen el 76.3% del agua dulce, mientras que, en el mundo, el promedio es del 70%;
- La industria y la producción de energía son los siguientes grandes consumidores de agua. En México, estos sectores consumen el 13% del agua dulce, mientras que, en el mundo, el promedio es del 22%; y
- El uso doméstico es el que menos agua consume, con un 10% en México y un promedio de 8% en el mundo.

Es importante destacar que en México y, de acuerdo con las estimaciones de la Conagua (2021), el sector agropecuario es el que más agua desperdicia, con un 57% de pérdida de agua debido a la evaporación, la infraestructura de riego ineficiente y la obsolescencia de la tecnología utilizada, sumado al agua virtual que se necesita para producir cada alimento.

El concepto de agua virtual, como se ha mencionado con antelación, surgió en la década de 1990 por el investigador Tonny Allan, en la discusión sobre la seguridad alimentaria y el comercio en zonas con déficit de agua, como Medio Oriente y el norte de África, definiéndolo inicialmente como el agua contenida en los cultivos de alimentos que se

comercializan internacionalmente. Desde entonces, este concepto se ha incorporado en marcos internacionales como el Decenio de las Naciones Unidas de Acción sobre la Nutrición y el Acuerdo de París, donde se reconoce que toda el agua utilizada en la producción de alimentos y productos agrícolas se considera agua virtual (Bucatariu, 2020). Esto se debe a que, una vez que el agua se extrae y se utiliza en la producción, se vuelve "invisible" para los involucrados en la producción y distribución de alimentos, incluidos los consumidores finales.

En síntesis, la virtualidad del agua reside en el volumen de agua requerido en las necesidades directas e indirectas en la producción de un alimento, particularizando para esta investigación, pero puede ser para cualquier bien o servicio. Según la Water Footprint Network (2025), para producir un jitomate en promedio mundial se estima que se necesitan alrededor de 50 litros de agua, que implica de manera directa para el cultivo como los insumos requeridos indirectamente; es decir, la semilla, agroquímico, entre otros. Mientras que para la carne de res (150 gramos) se requieren 2,325 litros de agua porque, para ello, se ha requerido más insumos en el proceso productivo como forraje. Así entonces, cuanto más procesado un alimento mayor es la cantidad de agua virtual para producirlo, sin considerar su llegada al consumidor final. En la Tabla 4 se observa algunos otros ejemplos de la cantidad de agua virtual requerida.

Es importante resaltar que el agua virtual requerida para la producción de alimentos, así como la de otros productos, si bien hay promedios mundiales, difiere por regiones y países, de ahí la complejidad de obtener esta información con precisión. Una de las bases de consulta más importante es la de Water to Food que es de donde se obtuvo información justamente para este estudio.

Tabla 4

Cantidad de agua virtual por alimento

Categoría	Nombre	Litros de AV para 1 kilo
Cereales	Arroz	2,500
	Maíz	120
	Trigo	1,600
Frutas	Guayaba	1,468
	Mandarina	758

	Papaya	299
Leguminosas	Chícharo	1,037
	Garbanzo	1,554
	Lentejas	6,000
Verduras	Calabaza	147
	Pepino	350
	Zanahoria	300
Origen animal	Carne de cerdo	6,500
	Queso	3,100

Nota. Elaboración propia con datos de Water Footprint Network (2025).

Es importante remarcar que el concepto de agua virtual surge como un tema asociado a la comercialización de productos alimenticios y agrícolas a nivel nacional e internacional que puso de manifiesto los flujos comerciales del agua virtual a escala mundial, al ser objeto de discusiones teóricas de que, en realidad, lo que se comercializa a nivel internacional es el agua y no los alimentos (Tuninetti *et al.*, 2017). Asimismo, el estudio del concepto de agua virtual es relevante para evaluar la gestión sostenible del agua, la seguridad alimentaria, el comercio internacional, el desarrollo sostenible, las políticas públicas, la conciencia y educación sobre la importancia del agua virtual.

Un concepto muy cercano e incluso más conocido actualmente que el de agua virtual es el de huella hídrica. En 2002, el profesor Arjen Hoekstra de la Universidad de Twente en los Países Bajos desarrolló este concepto con el objetivo de crear una medida más completa para evaluar el impacto del consumo humano en los recursos hídricos globales, superando la noción de agua virtual (Water Footprint Network, 2023).

La huella hídrica se caracteriza por tener tres componentes: verde (agua de lluvia almacenada en el suelo y utilizada por las plantas); azul (agua de superficie y subterránea usada en el proceso de producción); y gris (agua contaminada que se requiere diluir para regresar al ambiente) y en conjunto, estos componentes proporcionan un marco completo del uso del agua (Water Footprint Network, 2023). Así pues, la huella es un indicador complejo que va más allá del simple volumen de agua contenido en cada producto ya que también considera el origen geográfico, la fuente de agua (representada por colores) el ciclo de uso y

devolución del agua (al lugar de origen o bien a otro lugar). A continuación, se puntualizan algunas diferenciaciones entre estos conceptos relacionados pero distintos:

Agua virtual:

- Se refiere a la cantidad de agua dulce requerida para la producción de un producto o servicio;
- Incluye el agua utilizada en todas las fases del proceso productivo, desde la agricultura hasta la manufactura y el transporte; y
- Se mide en metros cúbicos (m³) o litros por unidad de producto.

Huella hídrica:

- Definido como el volumen total de agua para producir cualquier bien y servicio consumidos por una población o actividad económica en un lugar determinado;
- Incluye el agua virtual, pero también considera el agua utilizada en el ciclo de suministro y la huella hídrica de los procesos industriales; y
- Se mide en metros cúbicos (m³) o litros por unidad de tiempo (por ejemplo, una ducha de diez minutos), por año y espacialidad.

La principal diferencia es que el agua virtual se enfoca en el producto o servicio específico, mientras que la huella hídrica se enfoca en el consumo o la actividad económica en general. La huella hídrica es un concepto más amplio que incluye el agua virtual, pero también considera otros aspectos del uso del agua (Arreguin *et al.*, 2007). Por ejemplo, se estima que la huella hídrica de México equivale al 2.3% de la huella hídrica global, lo que la ubica como la octava mayor del mundo (IMTA, 2022).

En términos de la diferenciación anterior y por el alcance y enfoque de esta investigación, en torno al nexo con la seguridad alimentaria, se consideró más conveniente utilizar el de agua virtual.

2.1.3 México como Importador de Agua Virtual

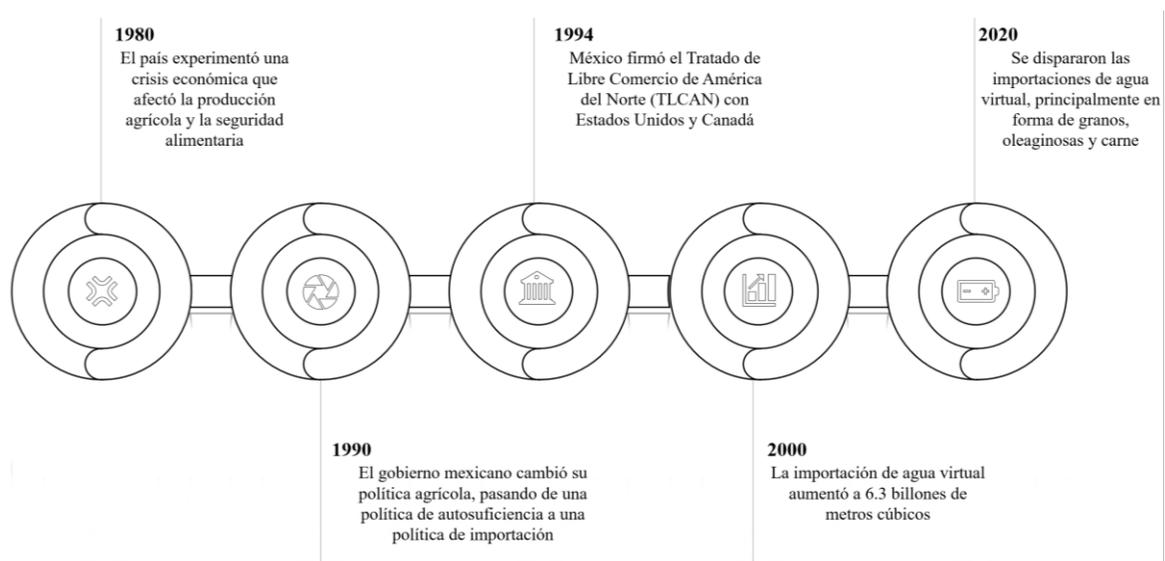
Los antecedentes con los cuales México se encamina a convertirse en un importador de agua virtual comienzan con la gran crisis de la década de los ochenta (Figura 5), y se caracteriza por la deuda externa, precios de petróleo, devaluación, entre otras y, sin duda, la afectación de la producción agrícola y la seguridad alimentaria, así como la falta de inversión en infraestructura tanto hídrica como agrícola, obstaculizando el desarrollo del sector primario

(Camarillo, 2018). En la década de los noventa, el gobierno mexicano cambió su política agrícola de autosuficiencia hacia una política de importación, como parte del proceso de globalización de la economía mundial, lo cual se vería reflejado en México en la reducción de los apoyos a la producción agrícola nacional y la eliminación de los controles sobre la importación de alimentos (Gómez-Galvarriato, 2020).

Para 1994, México inició el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) con Estados Unidos y Canadá, eliminó aranceles y restricciones comerciales, lo que permitió la importación de alimentos más baratos y competitivos desde Estados Unidos y Canadá, llevando hacia una mayor dependencia de la importación (Somuano, 2018). En 2000, la importación neta de agua virtual fue de 19,843 millones de hectómetros (hm³), aumentando la cantidad para 2023 alcanzando los 28,494 millones de hm³. Esta tendencia según el Sistema Nacional de Información del Agua (SINA), ha continuado hasta la fecha, con significativas implicaciones para la seguridad alimentaria y la preservación ambiental del país.

Figura 5

Factores que impulsaron a México a convertirse en importador de agua virtual



Los factores que explican la posición de México como importador de agua virtual, se atribuyen a distinto ámbitos, como los que se presentan a continuación:

Económicos

Dependencia externa de alimentos: México importa una gran cantidad de alimentos, especialmente granos, oleaginosas y carne, que necesitan grandes volúmenes de agua para su producción (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural ([SADER], 2023);

Costos de producción: La producción de alimentos en México puede ser más costosa que importarlos desde otros países con mayor disponibilidad de agua; y

Liberalización del comercio: Ahora con el Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC) y otros acuerdos comerciales se ha facilitado la importación de alimentos.

Políticos y sociales

Políticas agrícolas: Las políticas agrícolas en México han favorecido la importación de alimentos en lugar de la producción nacional;

Demanda creciente: De alimentos en México, especialmente en áreas urbanas, ha llevado a una mayor dependencia de la importación; y

Insuficiencia en la inversión en sistemas hídricos: Como presas y sistemas de riego, ha limitado la capacidad de México para producir alimentos de manera sostenible.

Ambientales

Escasez de recursos hídricos: México enfrenta una escasez crónica de recursos hídricos, especialmente en regiones áridas y semiáridas (Semartnat, 2023);

Cambio climático: El cual ha afectado la disponibilidad de agua en México, especialmente en regiones que ya enfrentan escasez hídrica;

Degradación de la calidad del agua: La contaminación del agua en México ha reducido la disponibilidad de agua para la agricultura y otros usos; y

Desierto y sequía: México tiene una gran parte de su territorio cubierto por desiertos y regiones áridas, lo que limita la disponibilidad de agua.

Es evidente que el agua es un recurso vital para todo ser vivo que desempeña un papel fundamental en el crecimiento económico, la salud pública y la sostenibilidad del medio ambiente, por lo que tienen grandes desafíos ante problemáticas persistente como el hecho de que más de 2.500 millones de personas en distintas regiones del mundo se enfrentan a la escasez de agua, conocida como "estrés hídrico"; que alrededor de 2 200 millones de personas en todo el mundo carecen de acceso a este recurso esencial, que se ha convertido en un "oro azul" cada vez más valioso (Banco Mundial, 2023). De estas, 771 millones de personas en

2023 no tenían acceso ni siquiera a servicios básicos de agua potable, lo cual ocasiona consecuencias graves para la salud, especialmente para los niños menores de 5 años, de alrededor 400,000 muertes por enfermedades diarreicas según el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF, 2023).

2.2 La Seguridad Alimentaria

Como indica Valcárcel (2006), los conceptos tienen una dimensión histórica que los define con un origen, un desarrollo y una evolución que los enriquecen. Ignorar esta perspectiva histórica puede llevar a interpretaciones ambiguas y limitadas que, a su vez, influyen en la comprensión, especialmente relevante cuando se trata de conceptos relacionados con la alimentación, como el de la seguridad alimentaria.

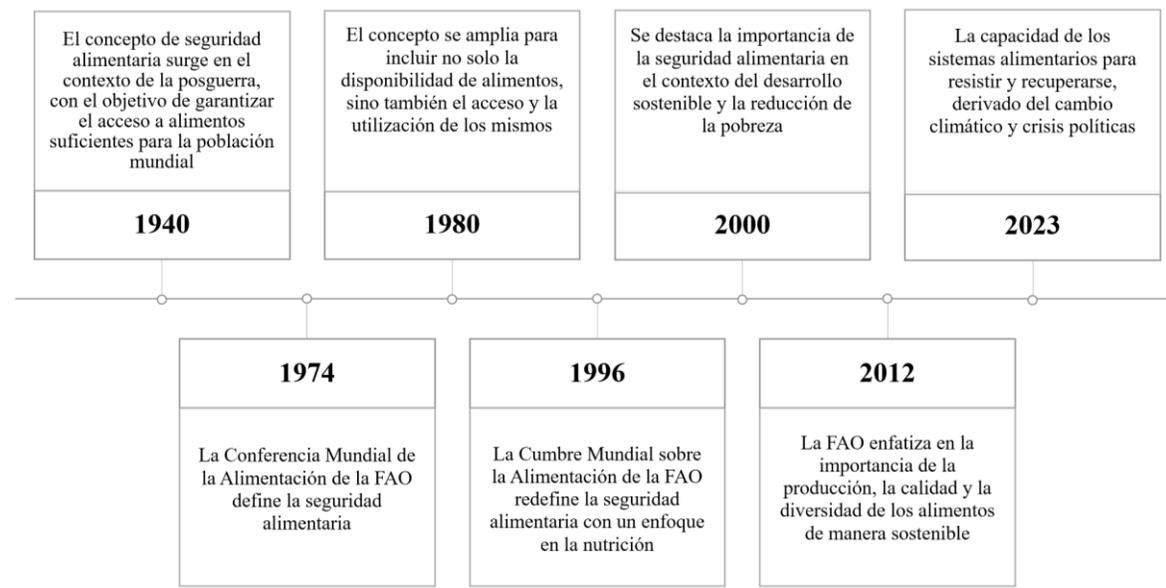
2.2.1 Su Evolución y Concepto

En este apartado, se presenta una recapitulación de los orígenes del enfoque de seguridad alimentaria, surgida a partir de la reflexión y el compromiso de destacar los retos relacionados en materia alimentaria. Con el tiempo se han identificado los elementos claves que han influido en su evolución hasta la actualidad que implica un diálogo permanente y en expansión sobre las estrategias para alcanzarla y abordar sus desafíos como se ilustra en la Figura 6.

En esta se observa como la seguridad alimentaria ha evolucionado significativamente desde su conceptualización inicial en la década de los cuarenta, cuyo enfoque inicial se centraba en la producción y disponibilidad de alimentos, con énfasis en la autosuficiencia alimentaria y la lucha contra el hambre (Stanberry y Fletcher, 2024). Posteriormente, entre 1980-1990, de acuerdo con Bené *et al.* (2023), se incluyeron aspectos como el acceso, la utilización y la estabilidad de los alimentos, reconociendo que la seguridad alimentaria no solo depende de la producción, sino también de la distribución y el consumo, además se introdujo el aspecto de nutricional.

Figura 6

Cambios claves de la seguridad alimentaria



Por su parte, Gibson en 2012 señala que con la entrada del nuevo milenio llegó la integración de la sostenibilidad, resaltando la relevancia de la seguridad alimentaria en el marco del progreso equitativo y la disminución de la pobreza; también se reconoció la interconexión entre la seguridad alimentaria, el medio ambiente y el desarrollo sostenible, y se enfatizó la necesidad de producir alimentos de manera sostenible. Finalmente, el enfoque actual está encaminado en la resiliencia de los sistemas alimentarios para resistir y recuperarse de choques y estrés, como el cambio climático y las crisis políticas (Beghin *et al.*, 2017).

Entre las innumerables definiciones de seguridad alimentaria parece haber consenso que surgió de la Cumbre Mundial sobre la Alimentación de la FAO (2017), como una de las más completas y que abarca la mayoría de las dimensiones de este complejo fenómeno. En términos generales se establece como aquella condición donde “todas las personas tienen en todo momento acceso físico, social y económico a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos que satisfagan sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos para llevar una vida activa y sana” (FAO, 2002). La pérdida de esto conlleva a una cesación del acceso a los alimentos, es decir, inseguridad alimentaria.

La definición convencionalmente aceptable, considera cuatro pilares que se explican de manera general a continuación, y que en el siguiente capítulo se profundizan:

- 1) *Disponibilidad*: el primer pilar capturado en la definición se relaciona con la disponibilidad física de alimentos para "todas las personas"; es decir, a nivel mundial, regional, nacional, comunitario e incluso a nivel de la familia; constituyendo el enfoque original de la seguridad alimentaria. Durante mucho tiempo se supuso que una vez que hubiera una respuesta adecuada del lado de la oferta a la cuestión de la seguridad alimentaria; es decir, producir más alimentos y abordar las cuestiones de distribución y comercio, entonces se resolvería el problema del hambre; sin embargo, el problema del hambre humana ha persistido a pesar de que el mundo produce más alimentos de los necesarios para eliminar el hambre mundial (Dutta y Saikia, 2018);
- 2) *Acceso*: este pilar que se refiere a la capacidad de los hogares para adquirir alimentos en cantidades suficientes mediante su propia producción, compras, trueques, ayuda alimentaria o donaciones. El acceso a los alimentos por parte de los hogares depende de los niveles generales de ingresos de un país, del empleo y de la solidez de los sistemas de bienestar social del gobierno (Shakeel, 2018). De hecho, los alimentos pueden ser abundantes a nivel nacional o regional, pero los hogares individuales no pueden acceder a ellos debido a un poder adquisitivo reducido;
- 3) *Utilización*: la frase "alimentos inocuos y nutritivos que satisfagan sus necesidades alimenticias" en la definición de seguridad alimentaria se relaciona con la dimensión de utilización ya que el propósito del consumo de alimentos por parte de las personas debe ser estar sanas y poder funcionar de manera óptima. Si los alimentos consumidos no son seguros desde una perspectiva de higiene o no están equilibrados en función de su valor nutricional, entonces el consumo no mejorará la salud (Renzaho y Mellor, 2010); y
- 4) *Estabilidad*: el término "en todo momento" en la definición se refiere a una dimensión crítica de la seguridad alimentaria. La estabilidad, como concepto temporal, es pertinente para todos los pilares de la seguridad alimentaria que se han destacado anteriormente. Mientras los seres humanos necesiten fisiológicamente alimentos diariamente para su sustento y sus funciones corporales adecuadas, los alimentos

deben estar disponibles, accesibles y utilizarse adecuadamente de manera constante e ininterrumpida (Stanberry y Fletcher, 2024).

Para terminar sobre la conceptualización de la seguridad alimentaria es fundamental destacar la distinción con el de soberanía alimentaria que, si bien están relacionados, su alcance es distinto. Mientras el primero refiere a la capacidad de un país o comunidad a fin de proporcionar alimentos saludables y seguros para su población. La soberanía alimentaria alude a la capacidad de un país o comunidad para controlar y decidir sobre su propio sistema alimentario, desde la producción hasta el consumo (González, 2012). También, implica la autonomía para tomar decisiones sobre la agricultura, la pesca, la ganadería y la distribución de alimentos, y busca garantizar que los alimentos sean producidos y distribuidos de manera justa y sostenible.

Ambos conceptos están interrelacionados y se refuerzan mutuamente. La Tabla 5 puntualiza algunas divergencias entre estos conceptos:

Tabla 5

Diferencias claves entre conceptos

Diferencia	Seguridad alimentaria	Soberanía alimentaria
Enfoque	En la cantidad y calidad de los alimentos	En la autonomía y control sobre el sistema alimentario
Objetivo	Busca garantizar el acceso a alimentos nutritivos y seguros	Busca garantizar la autonomía y la justicia en el sistema alimentario
Escala	Se enfoca en el nivel nacional o internacional	Se enfoca en el nivel local o comunitaria
Participación	Suele ser liderada por gobiernos y organizaciones internacionales	Es liderada por comunidades y organizaciones locales

Nota. Información basada en Gobierno de México (2023).

2.2.2 La Seguridad Alimentaria en México y su Normativa

La pobreza y la falta de empleo son causas estructurales que impiden el acceso a una alimentación suficiente en calidad y cantidad en muchos países de América Latina, incluyendo México (FAO, 2019). La pobreza es un problema persistente en México, donde

más de la mitad de los hogares enfrentan dificultades para tener acceso a una alimentación adecuada. El escenario es principalmente crítico en las zonas urbanas, donde la inestabilidad laboral y la vivienda irregular exacerbando la pobreza. En las zonas rurales, la limitación al agua y la falta de incentivos para la agricultura familiar también limitan la capacidad de los hogares para producir y consumir alimentos nutritivos. Esto hace evidente las inequidades socioeconómicas que prevalecen en el país (Mundo Rosas *et al.*, 2020).

De acuerdo con los datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (2020), entre los años 2018 y 2020 hubo un incremento de la inseguridad alimentaria leve de 5.8 puntos porcentuales (de 32.8% en 2018 a 38.6% en 2020), el cual estuvo relacionado con un deterioro en la calidad y diversidad de la dieta de los miembros del hogar como consecuencia de la falta de dinero o recursos para la compra de alimentos en México, cifra que se traduce en alrededor de 20,734, 000 hogares.

Por otra parte, el Instituto Nacional de Salud Pública (2024) señala que a inseguridad alimentaria tiene un impacto devastador en los grupos más vulnerables, incluyendo niños pequeños, adolescentes, mujeres en edad fértil y adultos mayores, lo que resulta en una ingesta inadecuada de energía y nutrientes, y consecuentemente, en problemas de salud como la baja talla, la anemia, el sobrepeso, las enfermedades crónicas y la depresión.

2.2.3 Marco Legal de la Seguridad Alimentaria en México

Tal como se mencionó al comienzo de este capítulo sobre el agua como un derecho universal, esto mismo se plantea en cuanto a la seguridad alimentaria. En México se tiene un marco legal que busca garantizar el acceso a alimentos nutritivos y saludables para todos, como se establece en las leyes y reglamentos, apoyadas por un conjunto de instituciones y programas señalados a continuación:

Leyes

- *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*: Artículo 4, del máximo marco legal de México establece que “toda persona tiene derecho a la alimentación nutritiva, suficiente y de calidad. El Estado lo garantizará”; Art. 27- “el desarrollo rural integral y sustentable... también tendrá entre sus fines que el Estado garantice el abasto suficiente y oportuno de los alimentos básicos que la ley establezca” (CPEUM, 1917);

- *Ley General de Desarrollo Social (LGDS)*: regula la política social y establece la seguridad alimentaria como un objetivo prioritario;
- *Ley de Desarrollo Rural Sustentable (LDRS)*: fomenta el desarrollo rural y la producción agrícola sostenible;
- *Ley de Salud (LS)*: regula la salud pública y establece normas para la seguridad alimentaria, y
- *Ley de Protección y Defensa del Consumidor (LPDC)*: defiende los intereses de los consumidores y regula la calidad de los productos alimenticios.

Reglamentos

- *Reglamento de la Ley General de Desarrollo Social*: establece lineamientos para la implementación de programas de seguridad alimentaria;
- *Reglamento de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable*: regula la producción agrícola y la gestión de recursos naturales;
- *Norma Oficial Mexicana (NOM) 251*: establece requisitos para la producción, procesamiento y comercialización de alimentos; y
- *NOM 130*: Regula el etiquetado y publicidad de alimentos.

Instituciones

- *Secretaría de Bienestar*: coordina políticas y programas de seguridad alimentaria;
- *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER)*: fomenta la producción agrícola y el desarrollo rural;
- *Secretaría de Salud (SSA)*: regula la salud pública y la seguridad alimentaria; y
- *Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (Cofepris)*: regula la seguridad alimentaria y la calidad de los productos.

Programas

- *Programa de Desarrollo Social*: se centra en el impulso de la mejora integral de los ciudadanos, abordando aspectos fundamentales como la salud, la vivienda y la reducción de la vulnerabilidad, para optimar sus condiciones de vida;
- *Programas de Apoyo para la Producción Agrícola*: fomentan la producción agrícola; y
- *Programas de Alimentación y Nutrición*: buscan mejorar la seguridad alimentaria y la nutrición.

Este marco legal busca garantizar la seguridad alimentaria en México a través de la diversa regulación de alimentos, así como la defensa de los derechos de los consumidores y el impulso de la salud pública.

2.3 Redes de Agua Virtual para México

Anteriormente se señaló que la introducción del concepto de agua virtual se atribuye a la discusión sobre la seguridad alimentaria y el comercio en regiones debido a la escasez de agua. A lo largo de las últimas décadas, el concepto de agua virtual ha permitido estudiar través de la producción y el comercio entre zonas productoras (o exportadoras) cómo se transfiere el agua virtualmente a las zonas consumidoras (o importadoras).

En este apartado se presentan algunas visualizaciones del intercambio comercial de agua virtual a nivel global y para México con la finalidad de dimensionar el contexto e implicaciones en el tema de la seguridad alimentaria. Para ello, se hizo uso de la metodología de redes de vínculos que, de manera sintética, consiste en estudiar las relaciones que se establecen entre diferentes actores, en este caso países, lo cual permite esquematizar y comprender la dinámica del uso del recurso hídrico para cualquier país, como México.

Para la creación de las redes simples se utilizaron los datos recogidos de la base de datos de Water Footprint Network del periodo 2000 al 2022. También se hizo uso de la base de datos del *SINA* del periodo comprendido del año 2000 al 2023 para las redes de importaciones y exportaciones de agua virtual por tipo de producto. Los datos provenientes de las dos bases se organizaron en dos archivos diferentes en formato CSV con los datos preparados para la importación de los nodos y las aristas en Gephi², obteniendo un archivo para la red mundial con 210 países del mundo (aristas) y su categoría como importador o exportador (nodos). Los archivos para las redes de agua virtual en México (nodo) consideraron datos del volumen de agua virtual referente a importaciones y exportaciones (aristas) y el volumen de agua virtual (aristas) por tipo de producto (nodos) durante el periodo ya señalado.

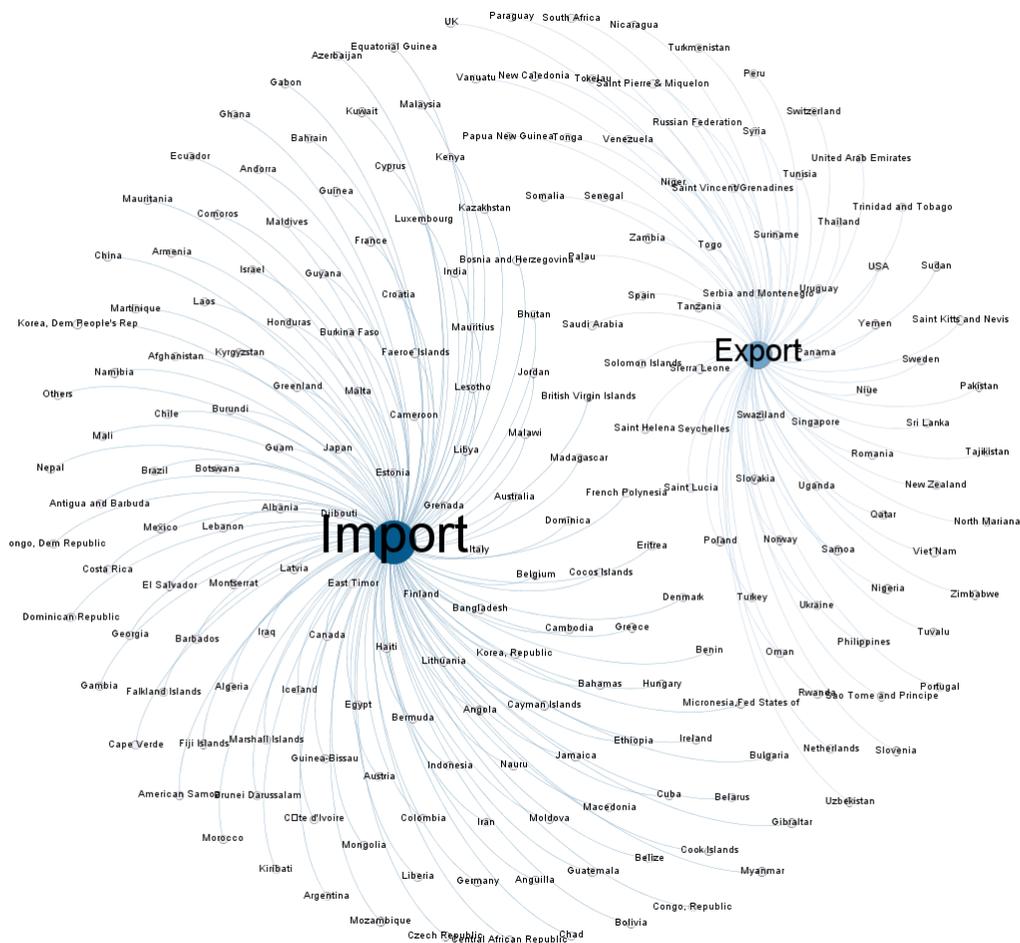
A partir de ello se pudieron importar los archivos de nodos y aristas en Gephi y se configuraron las opciones para los ajustes de las redes según fuera necesario, como el tamaño y el color de los nodos y las aristas, también se agregaron etiquetas y leyendas a las redes

² Software especializado en el análisis de redes y visualización

para proporcionar más información. Cabe señalar que las redes generadas en Gephi fueron posteriormente procesadas en Flourish³ para una mejor presentación visual y facilitar su interpretación.

Figura 7

Red comercio de agua virtual mundial 2022



Un país puede ser importador o exportador neto de agua virtual dependiendo de su balanza comercial de agua virtual. En la Figura 7 se muestra la red de comercio de agua virtual a nivel mundial donde se encuentran los denominados “países importadores netos de agua virtual” y “países exportadores netos de agua virtual” (Hoekstra *et al.*, 2011) los

³ Herramienta gratuita y publica para visualizaciones

primeros cuando importan más agua a través de bienes y servicios que los que exporta. Esto significa que el país depende del agua virtual importada para satisfacer su demanda interna de bienes y servicios mientras que los segundos exportan más bienes y servicios que necesitan agua para su producción que los que importa. Esto significa que el país tiene una disponibilidad de agua suficiente para producir cualquier bien o servicio que requiera agua y pueda exportar el excedente.

En esta red se observa la participación de los 210 países de los cuales 137 son importadores y 73 son exportadores. El nodo que tiene mayor participación es el de importadores ya que concentra más de la mitad de las interacciones dentro de la red, mientras que el nodo más pequeño es el de los exportadores. Es una red no dirigida y de baja densidad, asignándole al país la categoría de importador o exportador.

Los países agrupados en el lado izquierdo corresponden a los importadores netos, algunos de ellos son Alemania, Japón Italia, Reino Unido, México, España, Corea del Sur, China, Irán y Arabia Saudita. Mientras que los países de agrupados en el lado derecho corresponden a los exportadores netos como lo son Estados Unidos, Canadá, Australia, Brasil, Argentina, Tailandia, India, Costa de Marfil, Ucrania y Ghana. Estudios como los Mekonnen y Hoekstra (2012) y Tuninetti *et al.* (2017) analizan redes de comercio de agua virtual, similares a estas, con ciertas especificaciones y temporalidades; sin embargo, coincidentes en que la red mundial de agua virtual ha crecido significativamente en las últimas décadas.

Espacialmente, el agua no está igualmente distribuida en el mundo, entre los países con mayores reservas de agua se encuentran Brasil con 8,233 kilómetros cúbicos (km³), Rusia con 4,607 km³, Canadá con 3,300 km³, Estados Unidos con 3,609 km³ y China con 2,849 km³ (Aquabook, 2016), tampoco los países gozan de los mismos recursos, por lo que algunos de ellos se ven en la necesidad de importar agua virtual, esto explica que casi dos terceras partes de los países sean importadores netos de agua virtual como el caso de Italia y Japón, aunque ha de mencionarse que también hay países con una intensidad comercial alta, de tal forma que figuran como grandes importadores y exportadores de agua virtual lo cual reafirma que el comercio mueve al mundo bajo el principio del libre mercado.

A nivel regional, el continente asiático tiende a ser importador de agua virtual, al no disponer de tantos recursos hídricos, por eso la mayoría son compradores de bienes y

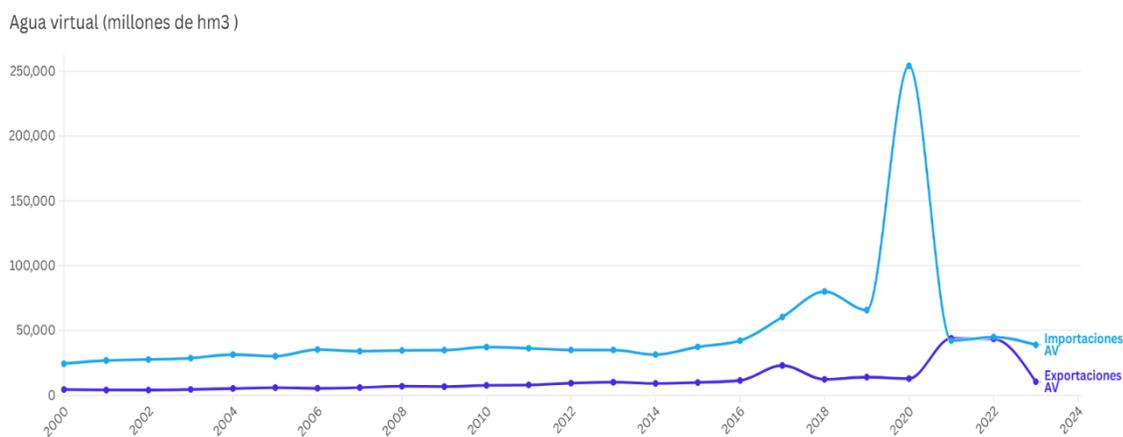
servicios; sin embargo, algunos de ellos son potencia en otro sector como el de la tecnología. En relación con Europa, tiene tanto importadores como exportadores como lo es Ucrania. Finalmente, el continente africano y Oceanía son los que concentran menos países dentro de la red. En América, en función de los países considerados, llama la atención que México es el mayor importador mientras que Estados Unidos, Argentina y Brasil son exportadores de agua virtual, ello se podría atribuir a que son ricos en recursos naturales, así como su importante producción agrícola, su inversión en infraestructura, clima favorable, políticas de comercio, entre otras razones, por lo cual se crea una ventaja comparativa respecto a otros países (Aquabook, 2016).

Retomando la categoría que presenta México dentro de la red mundial de agua virtual como uno de los mayores países importadores netos de América, es de llamar la atención como México a inicios del milenio figuraba como un país exportador neto de agua virtual y actualmente adquiere, a través de la importación de bienes y productos, más agua virtual de la que exporta, lo cual puede atribuirse a distintos factores como su dinámica de inserción comercial y, no necesariamente, tendría que ser negativo; sin embargo, pone de manifiesto la dependencia del país a los recursos hídricos externos para compensar la insuficiencia de producción y consumo. También evidencia un desafío significativo de la vulnerabilidad del país frente a las dinámicas internacionales de comercio y la disponibilidad de agua en los países exportadores.

La Figura 8 muestra las exportaciones e importaciones así como las importaciones netas de agua virtual de México, según reporte del *SINA* (2023) en esta Figura se puede notar que las exportaciones de agua virtual de México se han mantenido constantes durante estos veintitrés años, con algunos aumentos en lo que respecta a las importaciones, estas han ido al alza sobre todo desde el año 2017, que es muy marcado el incremento, el año 2020 es un año particularmente donde se disparó el monto de las importaciones, por lo que las dinámicas de las importaciones y exportaciones de agua virtual en México han reflejado cambios significativos en la interacción del país con el comercio global y en sus recursos hídricos. En este periodo, México ha asegurado su lugar como un importador neto de agua virtual, adquiriendo un volumen creciente de este recurso implícito a través de bienes agrícolas e industriales provenientes de otros países.

Figura 8

Movimientos de agua virtual en México, 2000-2023



En el caso de México y, como se mencionó al final del párrafo anterior, gran parte de las importaciones han estado principalmente asociadas con productos agrícolas como cereales, oleaginosas y otros cultivos intensivos en agua, los cuales México obtiene de regiones con alta disponibilidad hídrica. Esta tendencia ha contribuido a disminuir la sobrecarga de los recursos hídricos nacionales, particularmente en regiones con estrés hídrico. Sin embargo, también ha generado una creciente dependencia de los mercados internacionales, lo que puede aumentar la vulnerabilidad del país ante las fluctuaciones en la producción global de alimentos y cambios en los patrones climáticos (Consejo Consultivo del Agua, 2021).

Por otro lado, las exportaciones de agua virtual de México están dominadas por productos agrícolas como frutas, verduras y bebidas, los cuales requieren altos volúmenes de agua para su producción. Estas exportaciones reflejan la competitividad de ciertos sectores agrícolas del país, pero también exponen el uso intensivo de recursos hídricos locales, a menudo provenientes de regiones que enfrentan desafíos en su disponibilidad.

Es importante señalar que estudios como el de Arreguín *et al.* (2007) refieren sobre esta misma situación. En su momento calcularon la huella hídrica para México, considerando los datos de agua virtual y los resultados son exactamente los mismos que los de este trabajo puesto que utilizaron la misma base de datos. Estos autores estimaron que, en 2006, el país importó más de 35,000 hm³ de agua virtual lo que equivaldría a 4.39 veces el volumen

normal del lago de Chapala, contra las exportaciones de 5 396 hm³, categorizando a México como un importador neto de agua virtual con un aumento progresivo a lo largo del tiempo.

En conjunto, el análisis de las importaciones y exportaciones de agua virtual durante el año 2000 al año 2023 revelan un patrón de comercio que, si bien ha contribuido a satisfacer la demanda interna de alimentos y productos, plantea interrogantes sobre la preservación de los recursos hídricos nacionales. Este balance también resalta la importancia de evaluar las políticas comerciales y productivas para poder equilibrar los beneficios económicos con la conservación de los recursos naturales en medida de lo posible, ya que los volúmenes de agua virtual han aumentado a lo largo de los años (Figura 8).

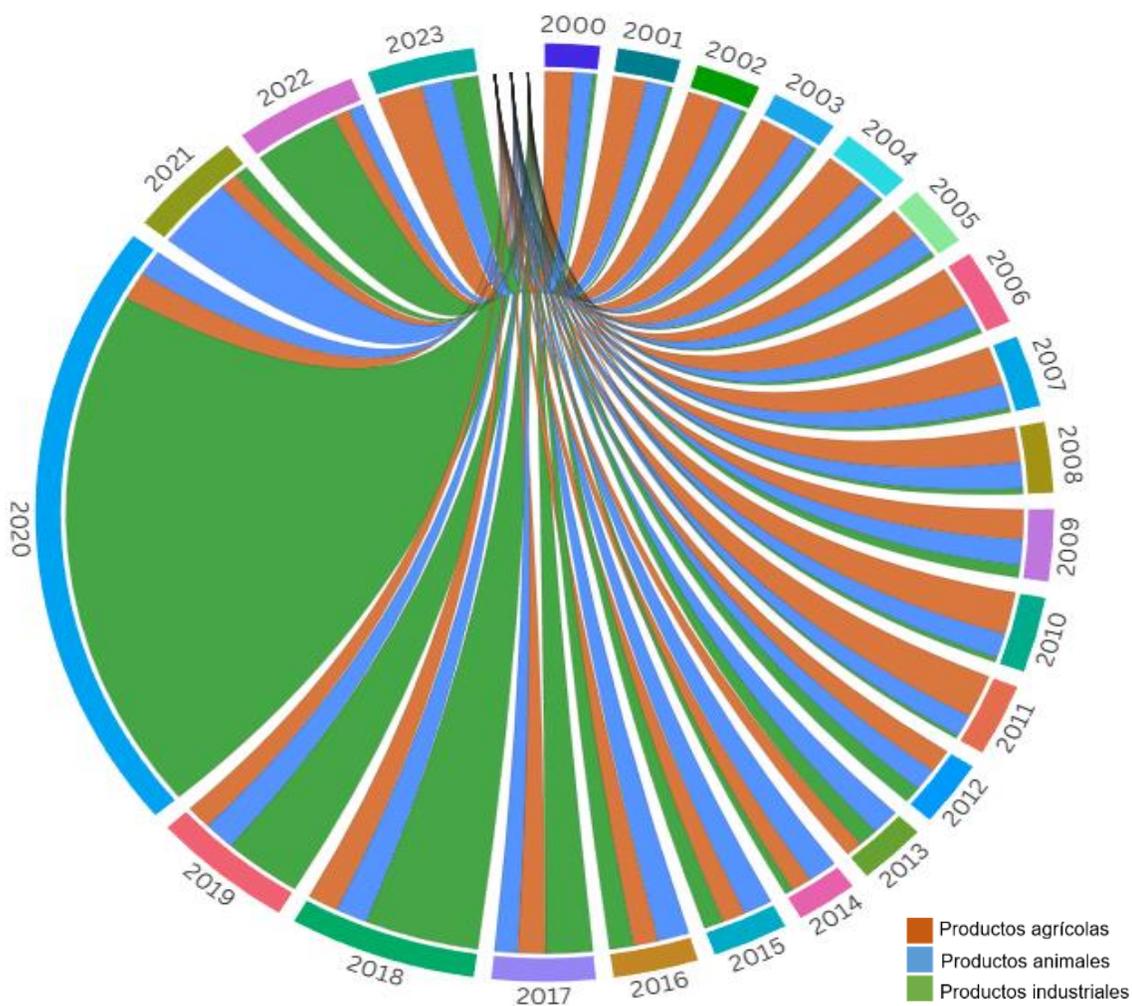
Analizando más de cerca la estructura de composición del comercio de agua virtual por productos: agrícolas, animales e industriales, se puede observar en la Figura 9 ilustra la red de acuerdos de importaciones por tipo de productos del país, la evolución y cambio de la participación de estos productos en el periodo 2000-2023.

Se observa que los productos agrícolas mantienen su tendencia, pero con bajos volúmenes de importación en los años 2012 al 2016. Esta clasificación tiene importantes implicaciones para los recursos hídricos nacionales ya que refleja una “estrategia” implícita de conservación del agua local al depender de los recursos hídricos de otros países. No obstante, también posiciona a México como vulnerable frente a factores externos, como la disponibilidad de agua en las regiones exportadoras y las fluctuaciones en la escena global.

Respecto a la trascendencia de la clasificación de estos productos y en función del alcance de la presente investigación, se puede mencionar que, si bien el sector industrial es de suma importancia, su crecimiento y desempeño están estrechamente ligados a factores externos como la inversión extranjera y la demanda internacional, haciéndolo vulnerable ante las fluctuaciones del mercado global

Figura 9

Importaciones netas de agua virtual por tipo de producto en México, 2000-2023



El sector agrícola, por su parte, ha demostrado una mayor resiliencia y conexión directa con los requerimientos internos de los ciudadanos como se evidenció con el abastecimiento suficiente de alimentos durante la pandemia, lo cual prueba la necesidad de mantener la seguridad alimentaria como una estrategia crucial de estabilidad para la población.

Resaltando que los alimentos forman parte de una necesidad primordial para los seres vivos y el uso de agua para su producción es indispensable. En adición, el sector agrícola no solo es relevante por la repercusión económica, además por su contribución social en

términos de empleo, cultural en cuanto a la preservación de tradiciones y ambiental referente a la adopción de prácticas responsables, pero ante todo es estratégico para el bienestar de la nación, en cuanto a la producción de alimentos y la seguridad de estos no es casualidad que México figure como potencia agroalimentaria, clasificándose entre los primeros 20 lugares a nivel internacional. El análisis de las redes de agua virtual en México deja la puerta abierta para ahondar más sobre la seguridad alimentaria en asociación con el agua virtual.

Se destaca que el hecho de refrendar al país como el importador número uno de agua virtual en América, a través de los comercios agrícola, animal e industrial, se debe prestar una mayor atención a los productos agrícolas por las implicaciones que esto puede generar (IMTA, 2022). Por ello, la sugerencia imperiosa de adicionar este concepto en las políticas públicas vinculadas con el comercio, la gestión hídrica y la seguridad alimentaria.

2.4 Relación del Nexo Agua Virtual-Seguridad Alimentaria con los ODS

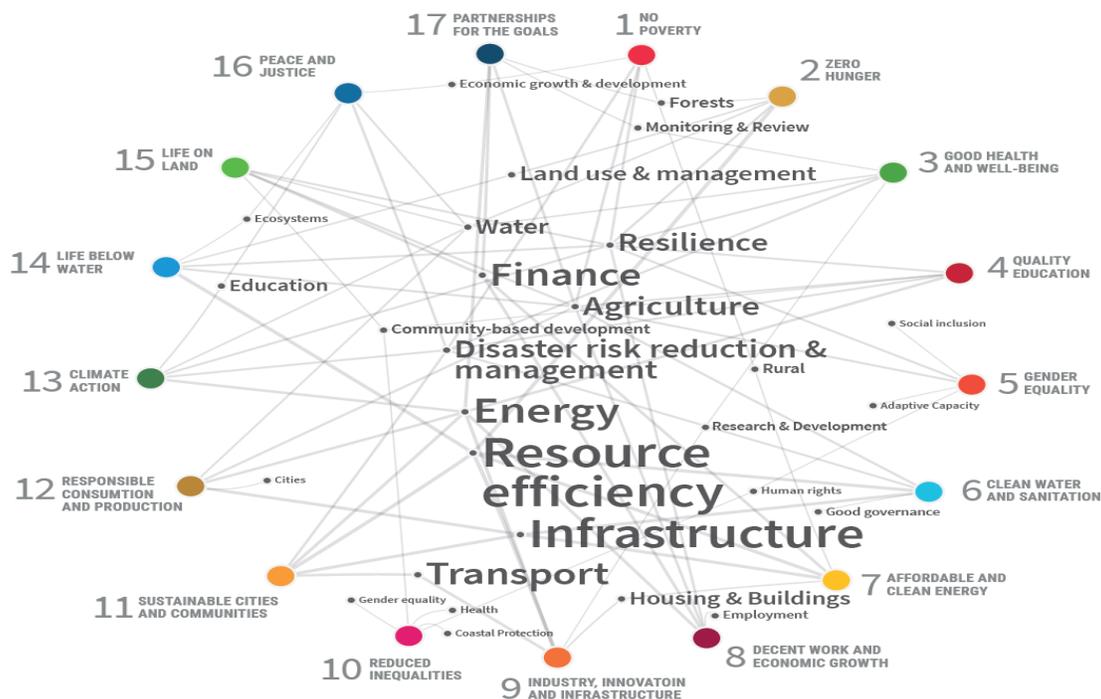
Para concluir este capítulo se habla de la interrelación que tiene el estudio del nexo agua virtual-seguridad alimentaria con los ODS, que sucedieron a los que en su momento fueron los Objetivos de Desarrollo del Milenio (Sustainable Development Goals Found, 2022).

La Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó en 2015 una serie de objetivos mundiales para mejorar la vida de la sociedad, el planeta y promover la prosperidad, que se deberían alcanzar en los próximos 15 años, con el compromiso y trabajo colaborativo de los interesados. Los 17 ODS, suman 169 metas y 231 indicadores son universales, transformadores y civilizatorios que constituyen el corazón de la Agenda 2030 (Naciones Unidas, 2023).

Los ODS equilibran las tres esferas del desarrollo sostenible en el ámbito económico, social y ambiental, así también son una herramienta de planificación y seguimiento para los países, tanto a nivel nacional como local, con una visión de largo plazo hacia un desarrollo sostenido, inclusivo y en armonía con el medio ambiente, a través de políticas públicas e instrumentos de planificación, monitoreo y evaluación (Cepal, 2023). En consecuencia, los ODS requieren de un pensamiento de “nexo integrado” (Figura 10), donde varios de ellos están vinculados al agua, el uso del suelo/agricultura, la producción y consumo responsable que, destacan precisamente por ser cuestiones cruciales y son considerados parte del nexo de estudio en esta investigación.

Figura 10

Interrelación de los ODS



Nota. Tomado de Stockholm Environment Institute (2017).

En la Tabla 6 se resumen aquellas relaciones más fuertes que tiene cada elemento del nexo con los ODS.

Tabla 6

Interrelación del nexo con los ODS

# ODS	Agua virtual	Seguridad alimentaria
ODS 1 Fin de la pobreza	El acceso al agua elimina las barreras al desarrollo económico y contrarresta la pobreza extrema	La restricción en el acceso a alimentos nutritivos y seguros puede perpetuar la pobreza y la desigualdad
ODS 2 Hambre cero	El agua es vital para acabar con el hambre. Una agricultura eficaz garantiza una mayor producción con nutrientes	Este objetivo busca erradicar el hambre, lograr la seguridad alimentaria y optimar la nutrición

<i>ODS 3</i>	Salud y bienestar	El acceso al agua potable y al saneamiento es fundamental para el bienestar	La falta de acceso a alimentos nutritivos y seguros puede llevar a problemas de salud, como la malnutrición
<i>ODS 6</i>	Agua limpia y saneamiento	Busca garantizar la disponibilidad y la administración del agua y el saneamiento para todos	El agua es esencial para la agricultura y la producción de alimentos
<i>ODS 8</i>	Trabajo decente	El agua es fundamental para la industria y el comercio	La agricultura y la producción de alimentos son fuentes importantes de empleo y crecimiento económico
<i>ODS 12</i>	Producción y consumo responsables	Reducir el uso de agua en la producción hasta gestionar de forma segura las aguas residuales al final del proceso productivo	Asegurar la seguridad alimentaria y minimizar el impacto ambiental de la producción de alimentos
<i>ODS 13</i>	Acción por el clima	Priorizar acciones que permitan adaptarse al cambio y reducir el impacto	El cambio climático puede afectar la seguridad alimentaria, en su mayoría a los países más vulnerables
<i>ODS 15</i>	Vida de ecosistemas terrestres	El agua es clave para la vida de los ecosistemas terrestres y la conservación de la biodiversidad	Revertir la degradación de las tierras y el menoscabo de biodiversidad, además de proporcionar seguridad alimentaria

Nota. Información basada en Naciones Unidas (2023).

Como se observa en la Figura 5 y se puntualiza en la Tabla 4, el agua (*ODS 6*) se considera un elemento clave para el cumplimiento de la Agenda 2030, en cuanto al acceso universal del agua potable y al saneamiento, en el cual se reconoce la vital importancia del agua para la vida, la salud y el bienestar humano, así como para los ecosistemas. El acceso al agua potable es clave para reducir la pobreza (*ODS 1*), una razón de ello es el papel del agua en la producción de alimentos (*ODS 2*); sin embargo, los pequeños agricultores están en riesgo derivado del cambio climático. Otro fuerte vínculo es entre el agua y la salud humana (*ODS 3*) que puede mejorar significativamente con el acceso universal al agua potable y al saneamiento seguro y, por tanto, ayudan a una mejor salud y estabilidad para afrontar sus actividades laborales y generar crecimiento económico (*ODS 8*). La creciente escasez de agua será el factor limitante en la resolución de estas problemáticas asociadas a

una producción y consumo responsable (*ODS 12*). El agua debe ser una parte clave de priorizar acciones que permitan adaptarse al cambio climático y reducir su impacto (*ODS 15*), proporcionando propuestas asequibles contra el cambio climático (*ODS 13*).

Por su parte dentro de la misma agenda, la seguridad alimentaria se define principalmente por el Objetivo 2 hambre cero que insta a erradicar el hambre y la malnutrición, duplicar la productividad agrícola, crear sistemas alimentarios sostenibles, resilientes y equitativos, así como limitar las políticas comerciales que afectan la competencia en los mercados agrícolas mundiales. Como tal, las relaciones son claras e interconectadas porque poner fin a la pobreza (*ODS 1*) exige ocuparse de la protección social, los derechos sobre la tierra y la resiliencia en zonas rurales, estrechamente vinculado con poner fin al hambre y mejorar la seguridad alimentaria (*ODS 2*). Además, una buena salud (*ODS 3*) se basa en una alimentación nutritiva e inocua. Producir más alimentos, depende de los sistemas agroalimentarios donde el agua es esencial (*ODS 6*), por ello es indispensable reducir el impacto ambiental de la producción de alimentos y disminuir el desperdicio de alimentos (*ODS 12*) para así poder responder al cambio climático (*ODS 13*) y proteger la biodiversidad terrestre (*ODS 15*). Asimismo, garantizar el crecimiento económico sostenible y el empleo decente en zonas rurales (*ODS 8*).

En relación con el tema de seguridad alimentaria, es sustancial recalcar que, a pesar de los esfuerzos globales, el mundo sigue muy por debajo de lograr el objetivo de Hambre Cero y la tasa de hambre a nivel mundial sigue siendo alarmantemente alta después de tres años consecutivos de aumento debido a la pandemia. De acuerdo con la FAO (2024), se estima que entre 713 y 757 millones de personas sufrieron de hambre en 2023, lo que representa aproximadamente 1 de cada 11 personas en el mundo.

Además de la persistencia del hambre, 2.330 millones de individuos enfrentaban inseguridad alimentaria moderada o grave en 2023, mientras que 900 millones se tenían una situación de inseguridad alimentaria extremadamente grave. Además, más de 2.800 millones de personas no tenían acceso a una dieta saludable, lo que afecta especialmente a los niños menores de cinco años, quienes sufren de malnutrición (FAO, 2024).

Por su parte, el Banco Mundial (2024) identifica a los conflictos, los fenómenos meteorológicos extremos y las crisis económicas como los principales factores que contribuyen a la inseguridad alimentaria, exacerbando la vulnerabilidad de las poblaciones

más desfavorecidas. El último informe de 2024 de la FAO se resalta que la subida en el coste de los alimentos perdura en muchas regiones de ingreso bajo y mediano, donde las fluctuaciones de los precios agrícolas y las modificaciones en la legislación agrícola han exacerbado la inseguridad alimentaria.

De acuerdo con el Stockholm International Water Institute (2023), el agua conecta eficazmente varios de los objetivos simultáneamente, reconociendo el papel central de este elemento como catalizador de la acción y el progreso en todos los *ODS*. En el futuro, para el nexo sus interconexiones se profundizarán aún más por una serie de tendencias emergentes y, eventualmente harán que el Objetivo 2 esté aún más vinculado. Si bien la relevancia de una orientación integrada para lograr con éxito los objetivos es importante, muchas de las sinergias entre los *ODS* y sus metas aún están en gran medida sin explorar por la literatura empírica, aunado a que en la práctica se han logrado algunos avances, pero para la mayoría de los objetivos el mundo no está cumpliendo sus metas y el plazo se aproxima.

Capítulo III. Materiales y Métodos

En el presente capítulo se describe detalladamente la metodología empleada para la construcción del Índice de Seguridad Hidro-Alimentaria (*ISHA*) y la proyección del mismo al año 2030. El índice es llamado así porque, dentro de las dimensiones de disponibilidad y estabilidad, el agua virtual está implícita, en correspondencia con el nexo agua virtual-seguridad alimentaria.

3.1 Dimensiones de la Seguridad Alimentaria

La seguridad alimentaria es un tema presente de gran relevancia en la historia de la humanidad, la agricultura y la alimentación. De acuerdo con Torres (2003), el esfuerzo por superar la escasez y asegurar la supervivencia, es un impulso de los humanos y derivado de este esfuerzo, se refleja la concepción de seguridad alimentaria, el cual va de una visión global hasta la particularidad a nivel país.

El concepto de la seguridad alimentaria, como muchos otros, ha sufrido por una serie de cambios a través del tiempo, captando el interés por parte de actores nacionales globales y de carácter económico, político, científicos, a nivel gobierno y organismos.

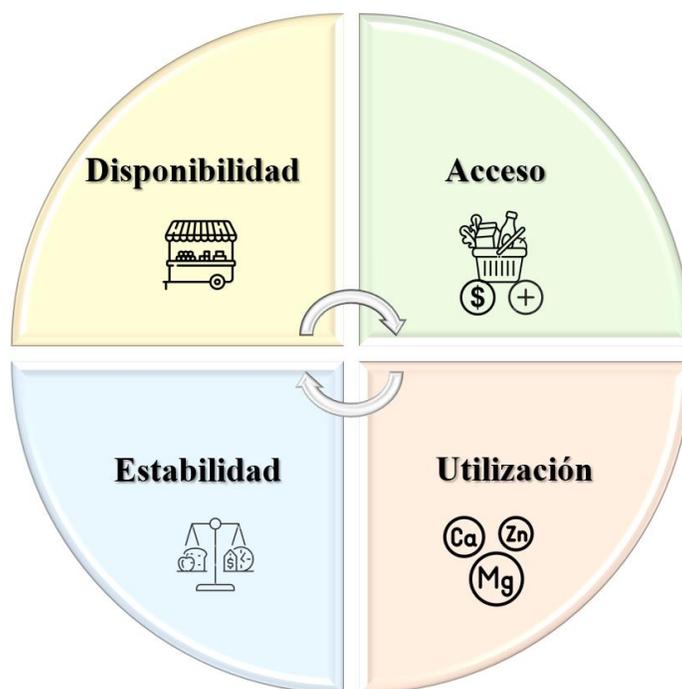
Actualmente la seguridad alimentaria según FAO (2016), refiere a que: “Todas las personas tengan acceso físico, social y económico a alimentos adecuados, inocuos y saludables que satisfagan sus necesidades nutricionales para un nivel de vida adecuado en todo momento”. En este sentido FAO establece cuatro componentes como lo muestra la Figura 11:

Existe un sin número de definiciones para las dimensiones de la seguridad alimentaria; sin embargo, la propuesta por el Banco Interamericano de Desarrollo (2019) facilita su comprensión.

- *La disponibilidad* se relaciona con la oferta de alimentos en un país o región, que puede ser generada por la producción agrícola local o por el comercio exterior, y que puede ser aumentada mediante iniciativas que promuevan la producción nacional, regional o local, o que faciliten la compra internacional de alimentos.

Figura 11

Dimensiones de la seguridad alimentaria



- *El acceso* se enfoca en la capacidad de los hogares para acceder a recursos esenciales, como ingresos y activos físicos, para adquirir alimentos en cantidad suficiente. Esto puede ser fortalecido mediante iniciativas que incrementen los ingresos de la población.
- *La utilización* se enfoca en la calidad nutricional de los alimentos necesarios para mantener un buen estado de salud y bienestar. Esto se puede lograr aumentando el acceso al agua potable, promoviendo una dieta equilibrada y reduciendo la obesidad.
- *La estabilidad* se enfoca en la capacidad de acceder de manera constante a alimentos de calidad en cantidad suficiente. Esto se puede lograr reduciendo la sensibilidad de los sistemas alimentarios a calamidades naturales, cambios climáticos y volatilidad de precios.

A propósito de las dimensiones señaladas anteriormente, la Tabla 7 presenta los diferentes indicadores/variables con los que diversos autores en sus estudios miden la seguridad alimentaria, destacando en negritas aquellas que se utilizaron para el índice.

Tabla 7

Indicadores de la seguridad alimentaria

Dimensión	Indicadores o variables	Argumentación de estudios
Disponibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Inversión en I+D • Producción • Exportaciones • Importaciones • Pérdida post- cosecha • Ayuda alimentaria • Distribución de los alimentos • Reservas de alimentos 	<ul style="list-style-type: none"> • Fao conceptos básicos (2022) • Banco Interamericano de Desarrollo (2019) • Balbi (2017) • Coneval (2015) • Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2012)
Acceso	<ul style="list-style-type: none"> • Empleo • Pobreza • Infraestructura (carreteras, líneas ferroviarias, transporte local, mercados) • Precio de alimentos • PIB • Ingreso per cápita • Ingresos en efectivo o en especie • Inflación • Remesas • Alimentos disponibles y no disponibles en el mercado 	<ul style="list-style-type: none"> • González- Catalán y Rodríguez-Orozco (2022) • FAO conceptos básicos (2022) • Campi <i>et al.</i> (2021) • Ramírez Jiménez <i>et al.</i> (2021) • Figueroa (2018) • López y Sandoval (2018) • Brooks y Matthews (2015)
Utilización	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo peso al nacer • Esperanza de vida al nacer • Anemia • Bajo peso • Baja estatura • Desnutrición • Obesidad y sobrepeso • Enfermedades infecciosas y epidemias (colera, salmonela, paludismo, etc.) • Programas de nutrición • Calidad e inocuidad de los alimentos 	<ul style="list-style-type: none"> • FAO conceptos básicos (2022) • Campi <i>et al.</i> (2021) • Coneval (2015) • Popkin (2014) • Ponce <i>et al.</i> (2012) • Villa (2004)

	<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones higiénicas en los hogares • Mortalidad • Salud y saneamiento 	
Estabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Variaciones de precios • Desastres naturales • Precipitación • Factores políticos y económicos • Sequía • Temperatura • Desplazamientos humanos • Disponibilidad de agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Odey <i>et al.</i> (2023) • Campi <i>et al.</i> (2021) • Namany <i>et al.</i> (2020) • Wichelns (2017)

Nota. Elaboración propia con base en la información de los autores citados.

3.2. Construcción del ISHA para México

La literatura alrededor de fenómenos socioeconómicos como la seguridad alimentaria, cuyo significado, estudio y medición alcanza distintos niveles de complejidad, se han generado distintas mediciones, gracias al seguimiento que se da a los países en crisis alimentaria o en riesgo de padecerla con el fin de focalizar sus intervenciones.

En México, la seguridad alimentaria de la población es uno de los retos más importantes del Estado; sin embargo, pese a los distintos programas e iniciativas de gobierno existe aún hambre, pobreza y desnutrición (López y Sandoval, 2018). También, cabe señalar que, en el país, la medición de la seguridad alimentaria es muy limitada, pues se tienen pocos estudios y la mayor parte son de tipo cualitativo como los de Fierro *et al.* (2023); muy pocos han hecho un análisis cuantitativo y generalmente se ha hecho a través de cuestionarios como Ramírez-Jiménez *et al.* (2021).

Desde otra perspectiva, los índices sirven para comparar un conjunto de datos (bienes, productos) en situaciones (temporales o espaciales) distintas (Fernández, 2018). Los índices más comunes son aquellos que permiten comparaciones temporales, ya que nacen de la urgencia de estudiar en detalle la magnitud de un fenómeno y realizar comparaciones en diferentes contextos geográficos o a lo largo del tiempo.

Por ello, el *ISHA* que se propone en el presente capítulo constituye una propuesta analítica novedosa para estudiar la evolución de la seguridad alimentaria en México a través

de una serie de variables mediante las cuales podemos responder a las preguntas de investigación.

3.2.1 Delimitación del Índice

Espacialidad

El análisis se focalizó en la obtención del *ISHA* para cada uno de los 32 estados de la República Mexicana.

Temporalidad

Este trabajo de investigación se focalizó en cuatro periodos de tiempo, bajo el siguiente criterio:

- **2000-2001:** marca el inicio de un proceso de colaboración internacional para abordar desafíos globales, a través de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) para erradicar el hambre, garantizar la sostenibilidad del medio ambiente, entre otros.
- **2006-2007:** a partir de este año se tiene continuidad en las series anuales de los datos para la estimación del índice.
- **2010-2011:** es un referente intermedio de las crisis agroalimentarias del 2008 y del 2012.
- **2021-2022:** último periodo de reporte completo para todas las variables consideradas.

Alimentos

Para el índice se tomaron en cuenta diez alimentos de la canasta básica y que conforman una dieta balanceada, a su vez, cumplen con una buena base nutricional.

Variables

Se consideraron 13 variables distribuidas en las cuatro dimensiones de la seguridad alimentaria.

3.2.2 Selección de los Alimentos

Para el óptimo progreso social y bienestar humano, la salud representa un aspecto fundamental y se precisa como “un estado de completo bienestar físico, mental y social y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades” (*OMS*, 2023).

Sumado a ello, es un derecho humano básico la salud que, en México, se encuentra reconocido en la Constitución en el artículo 4º y reglamentado por la Ley General de Salud.

Al mismo tiempo, una alimentación saludable es aquella que nos permite gozar de salud y bienestar, también debe ser fácil de alcanzar física y económicamente, debe ser segura, es decir, que no cause enfermedades y acorde a nuestra cultura; así como sostenible, cuyo impacto al medio ambiente sea lo más bajo posible (Guías Alimentarias, 2023).

Una dieta balanceada de acuerdo con la Secretaría de Salud en México (2024) abarca una variedad de grupos alimenticios, incluyendo lácteos, proteínas animales, legumbres, frutas, verduras y granos. En este sentido, la constitución de la canasta básica alimentaria en México es un referente del conjunto de alimentos suficientes para satisfacer las necesidades de un hogar promedio (Gobierno de México, 2023). Para llegar a determinar los productos que forman parte de la composición de la canasta básica alimentaria se basa en una serie de aspectos, como el número de personas dentro de un hogar, el salario medio, los patrones alimenticios, los requisitos de calorías y nutrientes esenciales, y otros elementos relevantes.

La canasta básica en México comprende 40 artículos, enunciados en la Tabla 8, resaltando en negritas aquellos diez alimentos que se consideraron para la estimación del índice de seguridad.

Tabla 8

Productos de la canasta básica

Cereales	<ul style="list-style-type: none"> • Maíz • Arroz • Harina de maíz enriquecida • Avena • Pasta para sopa • Harina de trigo • Galletas marías, de animales y saladas • Tostadas • Pan de caja y de dulce
Alimentos de origen animal	<ul style="list-style-type: none"> • Atún • Sardina • Leche • Carne de pollo • Carne de res • Carne de puerco • Huevo • Pescado seco

Leguminosas	<ul style="list-style-type: none"> • Frijol • Lenteja • Garbanzo, chícharo y soya
Frutas y verduras	<ul style="list-style-type: none"> • Cuadro básico de frutas (durazno, naranja, higo, manzana, mango, melón, papaya, plátano, pera) • Cuadro básico de verduras (acelga, ejote, espinaca, nopal, rábano, jitomate, papa, calabaza, zanahoria) • Puré de tomate envasado • Concentrados para elaboración de bebidas • Jamaica y tamarindos naturales
Azúcares	<ul style="list-style-type: none"> • Azúcar • Golosina de amaranto, cacahuete, etc. • Frutas deshidratadas • Gelatina • Chocolate
Aceites	<ul style="list-style-type: none"> • Aceite vegetal comestible
Otros	<ul style="list-style-type: none"> • Chiles enlatados • Café soluble (con y sin azúcar) • Sal de mesa • Agua purificada
Higiene personal	<ul style="list-style-type: none"> • Jabón de tocador • Papel higiénico • Pasta dental
Limpieza	<ul style="list-style-type: none"> • Jabón de lavandería • Detergente en polvo
Bienes complementarios	<ul style="list-style-type: none"> • Pilas

Nota. Elaboración propia con base en Canasta Básica Gobierno de México (2023).

De acuerdo con la Encuesta Nacional de los Hogares (2022), realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en México los alimentos, dentro de ese rubro precisamente lo que más se consume en los hogares mexicanos son cereales, carnes, huevo, frutas y verduras, semillas, leche pescados, aceites, café, chocolate y especias y aderezos.

Haciendo un filtrado de la canasta básica y de la Encuesta Nacional de los Hogares, para este trabajo se seleccionaron diez de los alimentos más consumidos por los mexicanos,

así como por su valor nutrimental que, de manera simultánea, contribuyen a la seguridad alimentaria y a la buena salud de las personas.

Respetando la integración de las categorías de alimentos esenciales para una nutrición óptima y disponibilidad durante todo el año; se seleccionaron: el arroz y el maíz en el grupo de granos básicos; el frijol dentro de las leguminosas; el jitomate y las papa en el grupo de las verduras; la manzana y el plátano de la selección de frutas; el huevo, la leche y el pollo como proteína.

A continuación, se enuncia una breve descripción de cada uno de los alimentos seleccionados:

1) **Maíz** (*Zea mays L.*)

Es un símbolo de la cultura mexicana, cuya importancia trasciende el ámbito económico, ya que está inmerso en la historia y la tradición del país, siendo el cereal más consumido por los mexicanos. Es el único cereal que puede ser usado como alimento en cualquier etapa; así mismo, cada variedad de maíz tiene sus propias características únicas lo que lo convierte en un ingrediente versátil en la cocina (UNAM Global, 2024).

Valor nutricional: fósforo, magnesio, potasio, vitamina C y las vitaminas B folato, tiamina y B12, y también es una buena fuente de provitamina A, vitamina E, hierro, manganeso, selenio, sodio y zinc (Biodiversidad mexicana, 2020).

2) **Arroz** (*Oryza sativa L.*)

Es un cereal de primordial importancia para la alimentación humana, en México es considerado uno de los cultivos básicos en la ley de desarrollo rural sustentable por su importancia en la dieta de los mexicanos y se encuentra disponible durante todo el año (Sagarpa, 2022). Es el segundo cereal más consumido después del maíz y depende significativamente de las importaciones.

Valor nutricional: vitamina B3 (niacina), así como complejo B y minerales como el magnesio, el fósforo y el zinc (Fundación española de nutrición, 2020).

3) **Frijol** (*Phaseolus vulgaris L.*)

Es un alimento básico en la dieta de los mexicanos y de su economía desde tiempos prehispánicos, siendo fundamental en la cultura gastronómica por su mezcla con casi todos los ingredientes de la cocina mexicana, también México es principalmente un importador de frijol (Gobierno de México, 2023).

Valor nutricional: contiene complejo B, tiamina, riboflavina, niacina, ácido fólico y es una fuente importante de hierro, magnesio, potasio, zinc, calcio y fósforo (Biodiversidad mexicana, 2020).

4) **Jitomate** (*Solanum lycopersicum*)

Es uno de los productos hortícolas de mayor relevancia, al ser su uso es muy diverso, y es parte fundamental de la gastronomía mexicana, estando presente en una gran variedad de salsas, guisos, caldos; considerado el acompañante perfecto de varios platillos, jugos o ensaladas (Gobierno de México, 2023). En el caso de este producto a diferencia de los anteriores se tiene una producción suficiente para garantizar el abasto interno.

Valor nutricional: los minerales que contiene son calcio, fósforo, potasio y sodio y las vitaminas que contiene son A, B1, B2, y C (Gobierno de México, 2023).

5) **Papa** (*Solanum tuberosum L.*)

Tiene su origen en Perú y Bolivia. Se ha convertido en uno de los productos más importantes cosechados en el país, gracias a las condiciones climatológicas favorables para su siembra (Gobierno de México, 2023) y gradualmente se ha convertido en un alimento importante en la dieta de los mexicanos.

Valor nutricional: es fuente de calorías, así como Potasio, vitamina C, B6 y carotenoides (Fundación española de nutrición, 2020).

6) **Manzana** (*Malus domestica*)

Los mexicanos consumen 7.6 kilos de manzana por año, es una fruta cocinada en numerosos postres y transformada industrialmente como jugos, sidra, néctares, yogurt, deshidratada, vinagre y licores (Info Agro, 2023).

Valor nutricional: La manzana es una de las frutas más completas y saludables que se conocen por su contenido en hidratos de carbono, fibra, vitaminas y potasio (Gobierno de México, 2023).

7) **Plátano** (*Musa paradisiaca L.*)

El origen del plátano se encuentra en el sudeste asiático, y se fue expandiendo lentamente hasta que, con el arribo de los europeos a América, este fruto llegó a México. Actualmente es la fruta tropical más cultivada en nuestro país, lo que permite disfrutarla en los hogares de México durante todo el año (Gobierno de México, 2023).

Valor nutricional: combina nutrientes como el potasio y los antioxidantes. A su vez es rico en carotenos, vitaminas C y E (Fundación española de nutrición, 2020).

8) Huevo (*Gallus gallus domesticus*)

Este alimento se consume desde los inicios de la humanidad ya que ha satisfecho las necesidades alimentarias de los pobladores de cualquier parte del mundo, es uno de los alimentos más completos que existe y con este se elaboran una diversidad de platillos (Gobierno de México, 2023).

Valor nutricional: contiene proteínas, ácidos grasos, yodo, fósforo, selenio, vitamina B12, riboflavina, niacina, vitamina A, vitamina D (Fundación española de nutrición, 2020).

9) Leche (*Taurus y Bos indicus*)

Es un alimento básico en la alimentación humana, en México la importancia de esta industria, es fundamental por su impacto económico, nutricional y cultural (Gobierno de México, 2023).

Valor nutricional: calcio, fósforo, magnesio, vitamina A, D, B2, B3 y B12 (Fundación española de nutrición, 2020).

10) Pollo (*Gallus gallus domesticus*)

Dentro de los cárnicos, el pollo se considera un alimento nutritivo, versátil, fácil de digerir y masticar, tiene menos calorías que la carne de res y cerdo. Además de ser la oferta proteínica cárnica en México con más alto consumo por su precio respecto a otros animales que resultan más caras (Avicultura, 2022).

Valor nutricional: contenido en fósforo y contiene vitaminas como la B3 y la vitamina B6 (Fundación española de nutrición, 2020).

En la Tabla 9 se destacan algunas particularidades relevantes de los diez alimentos seleccionados que se han venido señalando y otras que son trascendentes para dimensionar su importancia en la seguridad alimentaria. De manera complementaria, en el anexo A se ofrece una descripción breve de cada uno de ellos.

Tabla 9*Particularidades de los alimentos*

Alimento	RNK mundial como productor	RNK mundial exportador e importador	Consumo anual per cápita
Arroz	61°	Exportador 76 / 176 Importador 16 / 221	8.5 kg
Frijol	8°	Importador 2°	7.7 kg
Maíz	6°	Exportador 31 / 160 Importador 2 / 212	359.9 kg
Jitomate	7°	Exportador 1 / 151 Importador 67 / 204	14.1 kg
Papa	31°	Exportador 84 / 152 Importador 15 / 215	16.4 kg
Manzana	18°	Importador 5°	8.2 kg
Plátano	18°	Exportador 7 / 161	16.8 kg
Huevo	6°	Exportador 58 / 137 Importador 4 / 219	24.4 kg
Leche	14°	Exportador 36 / 151 Importador 58 / 221	133.9 lts
Pollo	7°	Importador 2°	37.3 kg

Nota. Elaboración propia con base en Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2024) y Observatorio de Complejidad Económica (2024).

3.2.3 Variables de Estudio

Es importante resaltar que la selección de cada una de las variables para la construcción del *ISHA* no fue circunstancial, al estar argumentada con base a la revisión previa de la literatura sobre la medición de la seguridad alimentaria (Tabla 7), eligiendo un total de 13 variables

distribuidas en las cuatro dimensiones como lo muestra la Figura 12. A continuación se explica la selección de cada una de ellas, el procesamiento y las fuentes de información.

Figura 12

Variables para la construcción del ISHA



3.2.3.1 Dimensión Disponibilidad

Como se puede observar en la Figura 12, las variables consideradas en la dimensión de disponibilidad de la seguridad alimentaria fueron *producción, exportaciones e importaciones*, siendo estas tres lo que permite estimar el consumo nacional aparente. La información de estas variables se obtuvo para los diez alimentos de los 32 estados que conforman México.

Es importante hacer una acotación puntual en esta dimensión en particular, debido a que justamente para la disponibilidad de alimentos, sea interna o externa, un elemento crucial es el agua necesaria para la producción de cada uno de estos alimentos, referida como agua virtual. Por lo anterior, todas las variables de esta dimensión fueron expresadas en términos de agua virtual y es lo que resalta la especificidad del nexo seguridad alimentaria-agua virtual.

1. Producción: en la mayoría de los países, incluido México sea excepción, la producción nacional es la principal fuente de consumo interno, por lo que es una de las variables más importantes para la disponibilidad de alimentos. En un sentido estricto se

esperaría que una mayor producción de alimentos implicaría mayor seguridad alimentaria del país productor, aunque no siempre ocurre de esta manera.

En este caso se consideró la producción en términos de volumen; es decir, toneladas para nueve de los diez productos, a excepción de la leche que se contabilizó en litros. La variable producción se obtuvo de la base de datos del *SIAP*, durante 2000-2022, para todos los estados y todos los productos.

Es importante aclarar que no todos los estados producen todos los productos debido a que esto depende de diferentes factores, dentro de ellos y de los más importantes los ambientales y económicas. Por lo anterior, algunos de los alimentos tuvieron ceros para toda la serie de algunos estados como en la producción de arroz para los estados de Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Coahuila, Chihuahua, Ciudad de México, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, Tlaxcala, Yucatán y Zacatecas (*SIAP*, 2024).

Como se mencionó anteriormente, esta variable, así como las exportaciones e importaciones se expresaron en términos de agua virtual, por lo que se recurrió a la base de datos de Water to Food que proporciona los m³/ton (litros/kilogramo) de agua virtual requerida por alimento y por país, contado con información para el periodo 2000-2016. En este caso, para los diez alimentos se asume como supuesto que todos los estados utilizan la misma cantidad de agua para producir cada producto.

Debido a la limitante de Water to Food que reporta como último dato 2016, se completaron los cálculos de agua virtual para el periodo 2017-2022 a través de la Tasa de Crecimiento Promedio Anual (*TCPA*), misma que fue utilizada para la estimación de datos de otras dos variables de esta dimensión.

$$(TCPA) = \frac{\sum_{t=1}^n TC}{n} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

Σ = La sumatoria de la tasa de crecimiento de los años seleccionados

n= El número de años en el periodo

Finalmente, teniendo la producción de los diez alimentos para los 32 estados, así como el volumen de agua virtual requerida para cada alimento se procedió a multiplicar la producción en toneladas por el agua requerida, expresando en metros cúbicos.

2. Exportaciones: se manifiestan en la capacidad para conectar los sistemas agroalimentarios nacionales con los internacionales, trasladando alimentos desde regiones con excedentes a regiones con déficit, teniendo efectos distributivos beneficiosos. Históricamente, los países en desarrollo tienden a ser exportadores netos de productos agrícolas, mientras los desarrollados de productos industrializados con mayor valor agregado.

Debido a que todas las variables de disponibilidad se expresaron en términos de agua virtual, la obtención de la información de esta variable, así como de las importaciones, se obtuvo directamente de la base de datos de Water to Food (2024), que proporciona las exportaciones por país y por alimentos. En este caso, para los diez alimentos expresados en metros cúbicos (m³) en el periodo 2000-2016. La estimación para los datos faltantes, 2017-2022, se hizo bajo el mismo procedimiento de la producción a través de la *TCPA* (Ecuación 1).

Para determinar la participación de las exportaciones por estado debido a que en México no se cuenta con esta información desagregada de las exportaciones por alimento a nivel estado, se retomó la información que proporciona Data México (2024). Esta base de datos refiere a la participación por estados de las ventas internacionales por alimento del 2006-2022. Se debe señalar que el único producto que se reportó en ceros fue la papa debido a que sus ventas internacionales comienzan a reportar en 2019 y son muy cercanas a cero, por lo que toda la serie de las exportaciones de este producto se registró como ceros. Para completar la base de datos de la participación de las exportaciones por estados de 2000-2005 se consideró también la *TCPA* en retrospectiva (hacia atrás).

Finalmente, se procedió a la multiplicación de exportaciones virtuales por alimento por el porcentaje de participación de los respectivos estados. Teniendo la exportación virtual por estado para cada producto de la serie completa expresada en metros cúbicos de agua.

Una particularidad de esta variable es que, para algunos años, en tres productos: maíz, jitomate y plátano, se reportaba un porcentaje como “*no especificado*”, por lo que, en caso de ser alto se dividió entre los estados exportadores como el caso de jitomate. En caso contrario cuando el monto fue muy pequeño se le registró al estado con menor participación como sucedió con maíz que se le asignó a Tamaulipas.

3. Importaciones: el comercio, a través de las exportaciones e importaciones desempeña un papel importante ya que puede derivar de su ventaja comparativa, pero también puede ser resultado de políticas ineficientes. Por ejemplo, el aumento de las importaciones de alimentos puede reflejar un reordenamiento de recursos en función de la ventaja comparativa pero también puede estar asociado con un colapso de la producción interna.

La información de las importaciones se obtuvo directamente de la base de datos de Water to Food (2024), que proporciona las importaciones por país y por alimentos, en este caso los diez alimentos considerados en términos de agua virtual, contabilizada en metros cúbicos (m^3) para el periodo 2000-2016. La estimación para los datos faltantes, 2017-2022, se hizo bajo el mismo procedimiento de la producción, a través de la *TCPA* (Ecuación 1).

Para determinar la participación de las importaciones por estado, se retomó también la información que proporciona Data México (2024). Al igual que las exportaciones, esta base de datos refiere a la participación por estados de las compras internacionales por alimento del 2006-2022. Para completar la base de datos de la participación de las importaciones por estados de 2000-2005 se consideró también la *TCPA* en retrospectiva (hacia atrás).

Al igual que la variable anterior, se procedió a la multiplicación de importaciones virtuales por alimento por el porcentaje de participación de los respectivos estados teniendo la exportación virtual por estado por producto de la serie completa expresada en metros cúbicos de agua.

3.2.3.2 Dimensión Acceso

Las variables consideradas en la dimensión de acceso de la seguridad alimentaria fueron *precios*, *ingreso per cápita* y *remesas*, siendo estas tres las que permiten analizar la capacidad económica de los consumidores. La información de la variable “precios” se obtuvo para todos los estados y alimentos, mientras que las otras dos se consideraron por estados, no así por productos puesto que las remesas e ingreso per cápita es indistinto al producto que refiera.

4. Precios: son fundamentales en la economía y en la toma de decisiones de los consumidores, productores y gobiernos. Los precios influyen en la elección de los alimentos.

Se obtuvo la información directamente del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados ([SNIIM], 2024). La información fue recabada para cada central de abasto más representativa por estado, generalmente de la capital. Los datos que proporcionaron fueron mensuales a partir del 2000 al 2022, por lo cual se obtuvo el promedio de la sumatoria de los 12 periodos.

Posteriormente, para el cálculo de los precios anuales en términos reales, se utilizó el Índice de Precios Implícitos (*IPI*), base 2018, obtenido del Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI (2000-2022).

Los precios de las centrales estaban dados por kilogramos, por lo que se estimó el precio por tonelada, el cual se dividió entre el *IPI* para finalmente tener el precio real en miles de pesos por tonelada.

5. Ingreso per cápita: como variable del estándar de vida de la población; es decir, de su bienestar económico, permite comprender cuanto podría gastar un individuo en alimentos para su consumo.

La base de datos del Producto Interno Bruto (PIB) por estados utilizada para esta variable contó con información para el periodo 2000-2022, al igual que los precios se estimó en valores reales a través del *IPI* base 2018.

Para la estimación del ingreso por habitante o per cápita se consideró la base de datos del Conapo (2024) de los habitantes por estado, del año 2000 al 2022. De la división del ingreso por estado entre sus habitantes se obtuvo el ingreso per cápita real por estado, siendo el mismo o indistinto para los diez productos considerados.

6. Remesas: estas refieren a los ingresos provenientes del exterior, para México tiene gran relevancia sobre todo considerando la cercanía con Estados Unidos. Estas son importantes para el consumo de alimentos ya que representa una fuente de poder adquisitivo primordial para muchas familias, sobre todo en aquellos estados que dependen de estos ingresos externos para poder tener un mejor nivel de vida, siendo parte de esto la seguridad del acceso a los alimentos.

La información se obtuvo de la base de datos de Banxico (2024), con datos trimestrales a partir del 2003 al 2022, por lo cual se realizó la sumatoria de los cuatro periodos para el cálculo anual. Para completar la base de datos de las remesas por estados de 2000-2002, se consideró la *TCPA* en retrospectiva (hacia atrás).

Las remesas estaban dadas en dólares, por lo cual se tuvieron que convertir a pesos, para ello se hizo uso de la información del tipo de cambio que también se obtuvo de Banxico (2000-2022). Teniendo las remesas convertidas a pesos, se dividió entre el *IPI* 2018 que, al igual que la variable precio, se obtuvo del Inegi (2024), para obtener finalmente las remesas en términos reales en miles de pesos.

3.2.3.3. Dimensión Utilización

Las variables consideradas, en la dimensión de utilización de la seguridad alimentaria fueron *esperanza de vida al nacer, anemia, obesidad y sobrepeso, y desnutrición*. Es importante señalar que en esta dimensión el registro de la información de todas las variables fue por estados, pero no por alimentos, debido a que, no hay una asociación de estas variables por producto, en consecuencia, el dato por estado es el mismo para todos los productos.

7. Esperanza de vida al nacer: es un parámetro del nivel de vida en una región, permitiendo comparar generaciones y analizar tendencias, sobre todo cuando una alimentación y un estilo de vida saludable pueden aumentar las posibilidades de una vida prolongada.

Se obtuvo la información directamente de la base de datos del Conapo (2024), la unidad de medición fue expresada en años para el periodo 2000-2022, para todos los estados de la República mexicana, por lo tanto, el archivo no requirió ningún cálculo extra únicamente se organizó la información por estados y años.

Las siguientes tres variables (anemia, desnutrición y obesidad y sobrepeso) son consideradas como un problema de salud preocupante en el país. De acuerdo con la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición ([*ENSANUT*], 2024) las considera como ítems principales en sus cuestionarios para evaluar la seguridad alimentaria en México. Para estas tres variables se tomaron en cuenta los resultados de la *Ensanut* de los años 2006, 2012, 2018 a nivel estatal.

8. Anemia: por ser una de las condiciones de salud prevalentes en el país mayormente asociada a carencias nutricionales y dietas inadecuadas, en entornos de escasos recursos, la principal causa es la deficiencia de hierro. Este problema de salud puede afectar al rendimiento escolar, así como al rendimiento en la vida adulta y el bienestar general.

Para el caso de la anemia se obtuvo un promedio simple de los porcentajes que se reportaba prevalencia de anemia en los siguientes rangos de edad: en menores de cinco años; de 5 a 11 años; de 12 a 19 años; de 20 a 49 años; y de 50 años o más.

9. Desnutrición: es un estado patológico causada por la asimilación insuficiente de alimentos ingeridos. Se caracteriza por el retraso del crecimiento, bajo peso, baja estatura y un aspecto frágil, lo que indica que una nutrición adecuada podría ser clave para optimizar la salud general de las personas desnutridas.

Para desnutrición se procedió de la misma manera que para anemia; sin embargo, el promedio simple consideró seis categorías: prevalencia de bajo peso en menores de cinco años; baja talla en menores de cinco años; emaciación en menores de cinco años; baja talla de 5 a 11 años; baja talla de 12-19 años; y desnutrición en población adulta.

10. Obesidad y sobrepeso: se da principalmente por el consumo elevado de productos de bajo nivel nutrimental y por no hacer suficiente actividad física. Tiene muchos factores de riesgo y dentro de ellos se encuentran la diabetes, las enfermedades del corazón, la presión arterial alta y los derrames cerebrales.

Para la estimación de esta variable se procedió igual que las anteriores con promedio simple conforme a la clasificación de los cuatro rangos que se muestran a continuación: prevalencia de sobrepeso menores de 5 años; sobrepeso más obesidad de 5 a 11 años; sobrepeso más obesidad de 12 a 19 años; y sobrepeso más obesidad de 20 años o más.

Debido a que los reportes puntuales de estas variables sólo se tuvieron para los años 2006, 2012 y 2018, se obtuvieron los valores intermedios faltantes a través de la fórmula de Tasa de Crecimiento Media Anual (*TCMA*) como se muestra en la Ecuación 2. Completando con ello la serie 2006-2018.

$$TCMA = \left[\left(\frac{\text{valor final}}{\text{valor inicial}} \right)^{\frac{1}{n-1}} - 1 \right] * 100 \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde:

Valor Inicial: El valor al inicio del período.

Valor Final: El valor al final del período.

n: El número de años en el período.

Posteriormente, con base a la serie 2006-2018 se calculó la *TCPA* (Ecuación 1), completando la serie hasta 2022.

Finalmente, con esta misma fórmula se estimó el crecimiento anual para el periodo 2006-2022; obteniendo los valores en retrospectiva para 2000-2005 que permitiera ahora si tener la serie completa 2000-2022.

3.2.3.4 Dimensión Estabilidad

Las variables consideradas en la dimensión de estabilidad de la seguridad alimentaria fueron *precipitación, sequía y temperatura*, seleccionadas por su importancia en el impacto que tienen en el ambiente debido a que llevan al rastreo de los cambios en las temperaturas y los patrones de lluvias sirven para inferir como afectan en los rendimientos, las condiciones y la calidad de los alimentos. La información de estas variables se obtuvo para los 32 estados de México, por lo tanto, el dato por estado es el mismo para los diez productos.

Cabe mencionar que esta dimensión también mantiene una relación indirecta con el de agua virtual pues la disponibilidad de agua esta influenciada de estas tres variables.

11. Precipitación: La disminución en la disponibilidad de agua, es una dificultad mayúscula que afecta directamente a la producción agrícola, por ello, contar con datos de precipitación permite dar una idea general del flujo del agua captado por estado y en consecuencia la posibilidad de una mayor producción de alimentos.

Los datos utilizados fueron de la base de datos de la Conagua (2024) para el periodo 2000-2022, expresada en milímetros (mm). La información está dada por estados y por años, únicamente se compiló y no requirió ningún cálculo extra.

12. Sequía: es un indicador importante y preocupante ya que con el cambio climático los periodos de sequía están aumentado en duración e intensidad, lo cual provoca la pérdida de cultivos y también pone en peligro las reservas de agua.

Con los datos del Monitor de Sequía en México ([MSM], 2024), se obtuvo la información de la sequía expresada en porcentaje (%). Se compiló directamente de la base que dispone de datos quincenales a partir de 2014, por lo cual se realizó la sumatoria de los 24 periodos y se promediaron.

El resto de los datos faltantes para los años 2000-2013 se obtuvo de la TCPA (Ecuación 1) en retrospectiva, con base a la información disponible en el periodo 2014-2022.

13. Temperatura: es un indicador que desempeña un papel vital contra el cambio climático donde el cambio en los patrones de temperatura afecta considerablemente al sector agrícola.

La información para esta variable se obtuvo de la base de datos de del Servicio Meteorológico Nacional ([SMN], 2024) del periodo 2000-2022, expresado en grados centígrados (°C) por estados y por años, únicamente se compiló y no requirió ningún cálculo extra.

En la Tabla 10 se destacan de forma sintética las especificaciones más importantes de las trece variables consideradas para la estimación del *ISHA*.

Tabla 10

Variables del ISHA

Variable	Unidad de medición	Datos obtenidos	Datos estimados	Fuentes
Producción (Y)	Ton	2000-2022		<i>SIAP</i>
Producción Agua virtual (YAV)	M ³	2000-2016	2017-2022 <i>TCPA</i>	Water to Food
Exportaciones (X)	%	2006-2022	2000-2005 <i>TCPA</i>	Data México
Exportaciones Agua virtual (XAV)	M ³	2000-2016	2017-2022 <i>TCPA</i>	Water to Food
Importaciones (M)	%	2006-2022	2000-2005 <i>TCPA</i>	Data México
Importaciones Agua virtual (MAV)	M ³	2000-2016	2017-2022 <i>TCPA</i>	Water to Food
Precios (P)	(MDP) términos reales base 2018	2000-2022	2000-2022 <i>IPI 2018</i>	SNIIM INEGI
Ingreso per cápita (IPK)	(MDP) términos reales base 2018	2000-2022		INEGI CONAPO
Remesas (R)	(MDP) términos reales base 2018	2004-2022	2000-2003 <i>TCPA</i>	BANXICO INEGI

Esperanza de vida al nacer (EV)	Años	2000-2022	2000-2022 <i>IPI</i> 2018	CONAPO
Anemia (A)	%	2006, 2012 y 2018	2007-2011, 2013-2018 <i>TCMA</i>	ENSANUT
Desnutrición (DE)	%	2006, 2012 y 2018	2007-2011, 2013-2018 <i>TCMA</i>	ENSANUT
Obesidad y sobrepeso (OyS)	%	2006, 2012 y 2018	2007-2011, 2013-2018 <i>TCMA</i>	ENSANUT
Precipitación (PR)	MM	2000-2022	2018-2022, 2000-2005 <i>TCPA</i>	CONAGUA
Sequía (SE)	%	2014- 2022	2000-2013 <i>TCPA</i>	MSM
Temperatura (T)	°C	2000-2022		SMN

3.3. Estimación del ISHA

En esta sección se explican los aspectos que se consideraron para la estimación del índice de seguridad hidro-alimentaria y la argumentación de la distribución de los pesos asignados por dimensión.

3.3.1 Relación de Efectos entre las Variables

En función de la construcción del índice del apartado anterior se determinaron las relaciones entre las 13 variables independientes que se presentan en la periferia de la Figura 13 y la variable dependiente en el centro de esta que corresponde a la seguridad alimentaria. En la Figura 13 se puede observar las cuatro dimensiones y los efectos tanto positivos (+) como negativos (-) de cada una de las variables con la seguridad alimentaria.

Figura 13

Efectos de las variables en el ISHA



En la Figura 13 se muestran en color amarillo las tres variables de disponibilidad que corresponden a la producción, importaciones y exportaciones, a continuación, se explica la relación que mantiene cada una de ellas para la determinación y estimación del ISHA.

- *Producción:* la relación de esta variable se determinó positiva debido a que un aumento de la producción nacional, para cualquiera de los diez alimentos

considerados, presupone una mayor disponibilidad y, en consecuencia, una mayor seguridad alimentaria, por lo que la relación de cambio es positiva.

- *Importaciones:* se sabe que cuando la demanda de algún producto no puede ser cubierta con la producción interna se recurre a la compra externa o importaciones, lo que implica una mayor disponibilidad del producto en este caso alimentos, manteniendo una relación positiva en términos de seguridad alimentaria.
- *Exportaciones:* para esta variable se establece una relación negativa, dado que las exportaciones de alimentos reducen la cantidad disponible para el consumo interno, por lo que, si aumenta esta variable en cualquiera de los diez alimentos seleccionados, se tendría una menor disponibilidad de estos productos para el mercado nacional y, en consecuencia, su resultado sería negativo en términos de seguridad alimentaria.

En cuanto a la dimensión de acceso, mostradas en color verde, corresponde a las variables de precios, ingreso per cápita y las remesas. Al igual que la anterior dimensión se explica la relación de la siguiente manera:

- *Precios:* se estableció una relación negativa porque el precio de los alimentos puede tener un impacto adverso en la seguridad alimentaria, especialmente cuando son inaccesibles para la población, puesto que, al aumentar el precio de los alimentos, hace que sean menos accesibles en detrimento de la seguridad alimentaria, por lo que se mantiene una relación negativa.
- *Ingreso per cápita:* esta variable que es considerada un indicador económico que refleja el ingreso promedio disponible por persona. Un aumento en el ingreso per cápita tiene efectos positivos en la adquisición de alimentos, permitiendo a las personas adquirir más y de mejor calidad, o bien su efecto inverso si baja el ingreso, se tiene una menor disponibilidad de alimentos, por lo tanto, la relación es positiva, es decir se mueven en la misma dirección.
- *Remesas:* esta variable tiene efecto positivo al aumentar el ingreso disponible para las familias, permitiéndoles adquirir alimentos de mejor calidad y cantidad. Esto mismo ocurre en sentido inverso; es decir, si disminuyen las remesas, también implica menos posibilidad de adquirir alimentos y la consecuencia directa para la seguridad alimentaria.

Otra dimensión más de la seguridad alimentaria es la utilización que incluye la esperanza de vida, anemia, desnutrición, obesidad y sobrepeso, sombreadas en rosa, cuya relación con la seguridad alimentaria se explican a continuación:

- *Esperanza de vida al nacer*: la relación asignada a esta variable se determinó positiva ya que una mayor esperanza de vida se asocia con una calidad de vida mejor, lo que incluye acceso a alimentos nutritivos y seguros.
- *Anemia*: se establece una relación negativa de esta variable con la seguridad alimentaria debido al problema de salud que ocasiona la presencia de la anemia en el individuo. De hecho, se considera un indicador de mala alimentación, en consecuencia, si hay anemia se infiere una menor seguridad alimentaria al aumentar el riesgo de enfermedades crónicas y afecta la absorción de nutrientes, en este sentido, la relación que se establece es negativa o inversa; es decir, más anemia, menos seguridad alimentaria.
- *Desnutrición*: al igual que la variable anterior, la relación de esta variable se establece negativa debido al impacto en el bienestar, la calidad de vida y la salud de las personas. Si aumenta esta variable se considera perjudicial debido al consumo insuficiente de alimentos en calidad y cantidad.
- *Obesidad y sobrepeso*: también se considera un tema de preocupación en materia de salud pública en el país. En este caso se asume una relación negativa, lo cual implica que al aumentar la obesidad y sobrepeso se tiene un impacto perjudicial en la salud debido al poco acceso y consumo de alimentos saludables.

Finalmente, pero no menos importante la estabilidad que la integran las variables de precipitación, sequía y temperatura, identificadas en azul, cuyos efectos dentro del *ISHA* se mencionan a continuación.

- *Precipitación*: esta variable tiene efectos positivos en la seguridad alimentaria debido a que proporciona agua para cultivos. La precipitación recarga los acuíferos subterráneos y aumenta la producción agrícola, incidiendo en una mayor disponibilidad de alimentos. Una mayor precipitación permite una mayor estabilidad de alimentos.
- *Sequía*: la relación de esta variable se determinó negativa porque los periodos de sequía implican menor disponibilidad de agua para la producción de alimentos

afectando la cantidad y calidad de los cultivos. Así, a mayor sequía menos alimentos y menos sequía más alimentos, en consecuencia, estabilidad en la seguridad alimentaria.

- *Temperatura:* finalmente para esta variable se tiene una relación negativa debido a que el calor extremo puede dañar o destruir cultivos, afectando a los cultivos. El aumento en la temperatura inestabiliza la seguridad de alimentos para las personas. Por ello, se asume un efecto negativo o inverso.

3.3.2 Asignación de Sentido de Cambio de las Variables

Establecidas las relaciones entre cada una de las variables independientes con la seguridad alimentaria se procedió a determinar la asignación de valores en función del sentido de cambio de cada una de ellas de un año a otro y, en consecuencia, el efecto sobre la seguridad alimentaria en los periodos 2000-2001; 2006-2007; 2010-2011 y 2021-2022 para cada una de las variables en los 32 estados y los diez alimentos.

Cuando el sentido de cambio generaba un efecto positivo (+), en términos de seguridad alimentaria, se le asignaba un valor de uno. Por ejemplo, si las importaciones aumentaban del 2006 al 2007, esto implicaba una mayor disponibilidad de alimentos provenientes del exterior y, en consecuencia, ello generaba un efecto positivo en la seguridad alimentaria a nivel local, por lo que se le asignaba un valor de “uno” como se muestra en la Tabla 11 para el arroz en la Ciudad de México en el periodo 2006-2007. En caso de que el efecto fuera negativo (-) o sin cambio entonces se asignaba un valor de cero, como ocurre con la producción.

Tabla 11

Efectos de las variables para el caso del arroz en la Ciudad de México 2006-2007

DISPONIBILIDAD			ACCESO			UTILIZACION			ESTABILIDAD			
PAV	MAV	XAV	P	IPK	R	EV	A	DE	OyS	PR	SE	T
0.00	88,946,792.64	4,934,152.20	2.04	0.32	26.23	77.35	14.38	36.28	5.65	882.40	1.03	17.28
0.00	113,762,194.69	27,735,060.10	1.75	0.32	18.10	77.19	14.04	36.72	5.34	866.52	1.52	17.32
0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0

Bajo la misma lógica y procedimiento se trabajó con las 13 variables para los diez productos en los 32 estados, para cada uno de los cuatro periodos de estudio, teniendo al final un total de 16,640 observaciones para la estimación del *ISHA*.

3.3.3 Asignación de los Pesos de las Dimensiones

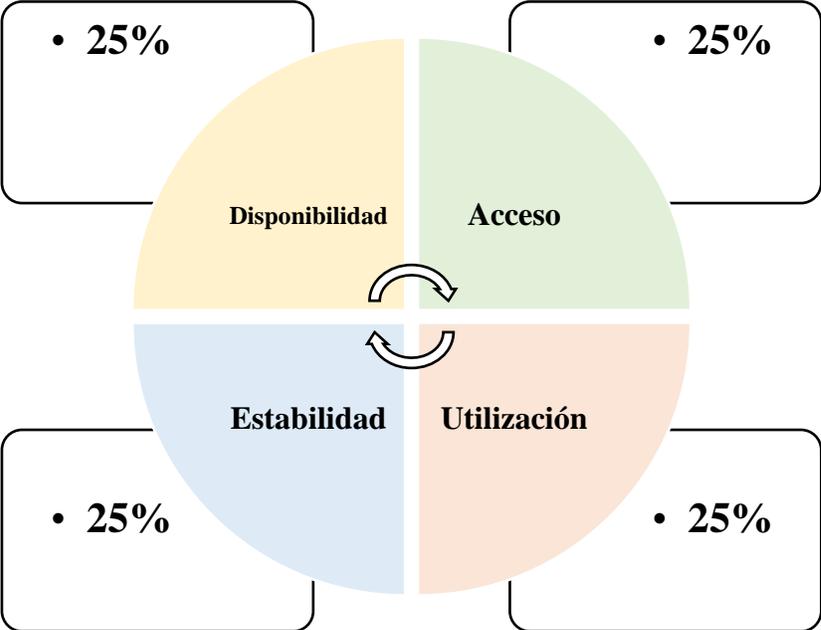
La seguridad alimentaria es un concepto multidimensional, por lo que asignar un porcentaje a cada dimensión que conforman el *ISHA* resulta complejo debido a que la importancia relativa de cada una puede variar según la interpretación teórica, el contexto específico, las regiones geográficas y las condiciones socioeconómicas. Sin embargo, debido a ello y con la finalidad de evitar mayor controversia se consideró la distribución de los pesos equitativamente.

Como se observa en la Figura 14 cada dimensión tuvo un peso de **25%**, bajo la lógica que cada dimensión tiene la misma importancia. Aunado a ello la FAO (2024), como la organización más importante en el tópico de alimentos, refiere precisamente a estas cuatro dimensiones sin hacer alguna distinción de relevancia entre ellas, por lo que con base a este argumento se asignó esta ponderación equitativa.

Más adelante, en la prospectiva del *ISHA* se maneja una ponderación alternativa para el análisis comparativo.

Figura 14

Distribución de los pesos



3.3.4 Cálculo del ISHA

Teniendo la claridad de esta relación de efectos de las variables y la asignación de porcentaje se procedió a estimar los pesos por dimensiones de los diez alimentos para cada uno de los estados en el periodo considerado. Para la sistematización de la información en Excel, en las filas o renglones se enlistaron los 32 estados de México y en las columnas cada uno de los diez alimentos.

Para la disponibilidad, el acceso y la estabilidad el puntaje máximo que podía alcanzar cada alimento era de 3, debido a que cada una de estas dimensiones considera tres variables, por lo que, si todos los efectos fueran positivos en un alimento, respecto a la seguridad alimentaria se tendrían tres puntos, contemplando que estas dimensiones cuentan con tres variables y son diez alimentos, la sumatoria final por dimensión asumiría un valor máximo de 30.

En la Tabla 12 se muestra a manera de ejemplo, el caso del arroz para el estado de Aguascalientes el índice de disponibilidad fue cero para 2021-2022, ello implica que ni la producción ni exportaciones o importaciones tuvieron un efecto positivo; contrario a lo que ocurre con Veracruz, que obtuvo un valor de 3 para este mismo alimento. En general, el efecto recurrente que más se observó fue el negativo.

Bajo esta misma lógica, para la dimensión de utilización la sumatoria final posible eran 40 puntos ya que los puntos máximos que se podían obtener en esta dimensión por producto eran cuatro por los diez alimentos, la sumatoria daba esta cantidad.

Tabla 12

Estimación del ISHA: dimensión disponibilidad 2021-2022

Disponibilidad													
Estados	Arroz (3)	Frijol (3)	Maíz (3)	Jitomate (3)	Papa (3)	Manzana (3)	Plátano (3)	Huevo (3)	Leche (3)	Pollo (3)	Σ 30	(÷)	ISHA 25%
Aguascalientes	0	0	0	1	0	0	0	2	1	2	6	0.20	0.050
Baja California	1	0	1	0	0	2	0	1	1	1	7	0.23	0.058
Baja California Sur	0	1	1	2	1	0	0	1	1	0	7	0.23	0.058
Tamaulipas	0	1	2	2	0	0	0	1	1	2	9	0.30	0.075
Tlaxcala	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	3	0.10	0.025
Veracruz	3	1	2	1	1	0	1	1	1	1	12	0.40	0.100

Yucatán	0	2	2	1	0	0	1	1	0	2	9	0.30	0.075
Zacatecas	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	3	0.10	0.025

Finalmente, para determinar el peso de la dimensión se tiene que el puntaje máximo que se podría tener sería 30 para el caso de disponibilidad, acceso y estabilidad y 40 para la dimensión de utilización.

En la Tabla 12 se observa en la columna después del último producto la sumatoria correspondiente a la disponibilidad. Por ejemplo, el valor más alto lo tiene Veracruz con 12 de un total de 30 puntos por lo que esto corresponde al 0.4; es decir, apenas un porcentaje del 40% en disponibilidad del total, pero en términos del 25% que representa esta dimensión, en cuanto al *ISHA* total apenas alcanza el 10% (0.1) del 25% (0.25).

Este mismo procedimiento se hizo para todas las dimensiones. En la Tabla 13 se puede observar la dimensión de utilización para el periodo 2021-2022. En esta se observa que varios de los estados registran un valor cercano a 30 de un total de 40 puntos, por lo que esto corresponde al 0.75, lo cual significa un porcentaje del 18.75% en utilización de un total del 25%.

Tabla 13

Estimación del ISHA: dimensión utilización 2021-2022

Estados	Utilización										Σ 40	(÷)	ISHA 25%
	Arroz (4)	Frijol (4)	Maíz (4)	Jitomate (4)	Papa (4)	Manzana (4)	Plátano (4)	Huevo (4)	Leche (4)	Pollo (4)			
Aguascalientes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.25	0.063
Baja California	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.188
Baja California Sur	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.188
Tamaulipas	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125
Tlaxcala	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125
Veracruz	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125
Yucatán	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.188
Zacatecas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.25	0.063

Al final, el *ISHA* se obtiene de la sumatoria total de cada una de las dimensiones, cuyo valor máximo podría ser de 1, o bien, 100 en términos porcentuales.

3.4 Mapeo del ISHA

Teniendo la estimación del *ISHA*, como parte final del procesamiento de los datos se procedió a presentar los resultados obtenidos a través de mapas de la república mexicana para los cuatro periodos de análisis. Para ello, se requirió de un colorímetro que permitiera determinar la gradualidad de la seguridad alimentaria, se tomó como referencia la Escala de Experiencia de Inseguridad Alimentaria [por sus siglas en inglés (FIES)], de la FAO (2023), la cual clasifica la inseguridad alimentaria en tres niveles de prioridad según su severidad, como muestra la Figura 15.

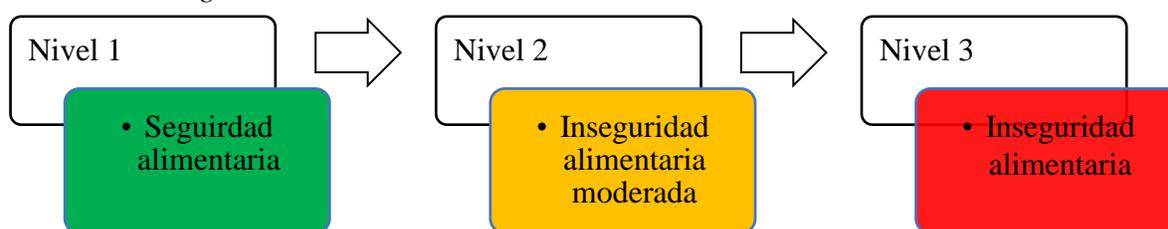
Nivel 1 Inseguridad alimentaria leve: dificultades para acceder a alimentos nutritivos, pero sin afectar la salud.

Nivel 2 Inseguridad alimentaria moderada: dificultades para acceder a alimentos, con impacto en la salud.

Nivel 3 Inseguridad alimentaria grave: sin acceso a alimentos, con riesgo de hambruna y desnutrición.

Figura 15

Niveles de inseguridad alimentaria



Dado que los resultados en el *ISHA* para los cuatro periodos establecidos eran dispersos y, al momento de realizar el mapeo el software Excel, tomaba en cuenta el rango más alto para el periodo seleccionado se estableció una escala para que el mapeo fuera unificado para todos los periodos y se pudiera hacer la comparativa de la siguiente manera:

Nivel 1 Seguridad alimentaria: de 0.67 a 1 (color verde);

Nivel 2 Inseguridad alimentaria moderada: de 0.34 a 0.66 (color amarillo); e

Nivel 3 Inseguridad alimentaria: de 0 a 0.33 (color rojo).

3.5 Proyección del ISHA al Año 2030

La seguridad alimentaria enfrenta desafíos significativos derivados del cambio climático, el crecimiento poblacional, la urbanización y las desigualdades económicas. Por ello, ante estos retos, proyectar el *ISHA* hacia el año 2030 incorporando diferentes porcentajes en cada dimensión fue crucial para anticipar escenarios futuros, identificar riesgos y diseñar estrategias efectivas que permitan garantizar el acceso a alimentos nutritivos, suficientes y asequibles para todos. Para la obtención de la proyección 2030 del *ISHA* de esta investigación, la fórmula utilizada para calcular la regresión lineal fue:

$$y = mx + b \quad \text{Ecuación (3)}$$

Donde:

y = es el valor a de predecir (en este caso, la proyección para 2030).

x = es el año (se han tomado los años de manera secuencial, es decir, 2000 como 0; 2006 como 6, 2010 como 10 y 2021 como 21).

m = es la pendiente de la recta, que indica cuánto cambia y por cada unidad de cambio en x .

b = es la intersección con el eje y , es decir, el valor de y cuando $x = 0$.

3.5.1 Preparación de los Datos

Para ejemplificar la metodología se utilizaron como referencia los datos de Baja California, se tomó la misma periodicidad utilizada en el *ISHA* y los valores obtenidos del mismo índice para este estado donde el año 2000 es el origen (0) como se observa en la Tabla 14:

Tabla 14

Años y valores

Año	x (años desde 2000)	y (valor)
2000	0	0.020
2006	6	0.110
2010	10	0.100
2021	21	0.070

Para calcular la pendiente m y la intersección b , se utilizaron las siguientes fórmulas:

Pendiente (m)

$$m = \frac{n\sum(x_i y_i) - \sum x_i \sum y_i}{n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad \text{Ecuación (4)}$$

Intersección (b)

$$b = \frac{\sum y_i - m \sum x_i}{n} \quad \text{Ecuación (5)}$$

Donde:

n = es el número de puntos, es decir, de datos (en este caso, $n = 4$).

$\sum x_i$ = es la suma de los valores de x .

$\sum y_i$ = es la suma de los valores de y .

$\sum x_i y_i$ = es la suma de los valores de los productos $x_i y_i$.

$\sum x_i^2$ = es la suma de los cuadrados de los valores de x .

3.5.2 Cálculo de las Sumas Necesarias

Para la estimación de la recta del ISHA 2030 estos fueron los cálculos de las sumas necesarias:

$$\sum x_i = 0 + 6 + 10 + 21 = 37$$

$$\sum y_i = 0.020 + 0.110 + 0.100 + 0.070 = 0.300$$

$$\begin{aligned} \sum x_i y_i &= (0 \times 0.020) + (6 \times 0.110) + (10 \times 0.100) + (21 \times 0.070) = 0 + 0.660 + 1.000 \\ &+ 1.470 = 3.130 \end{aligned}$$

$$\sum x_i^2 = 0^2 + 6^2 + 10^2 + 21^2 = 0 + 36 + 100 + 441 = 577$$

Ahora, se procedió a la sustitución en las fórmulas, como a continuación se presenta:

- Pendiente (m)

$$m = \frac{4(3.130) - (37)(0.300)}{4(577) - (37)^2}$$

$$m = \frac{12.520 - 11.100}{2308 - 1369}$$

$$m = \frac{1.420}{939} \approx 0.00151$$

- Intersección (b)

$$b = \frac{0.300 - (0.00151)(37)}{4}$$

$$b = \frac{0.300 - 0.0559}{4} \approx \frac{0.2441}{4} \approx 0.061$$

En función de los cálculos realizados, la ecuación de la recta quedó expresada de la siguiente manera:

$$y = 0.00151x + 0.061$$

Para predecir el valor para 2030, sustituimos $x = 2030 - 2000 = 30$ en la ecuación de la recta:

$$y = 0.00151(30) + 0.061$$
$$y = 0.0453 + 0.061 = 0.1063$$

El resultado de la proyección del valor para el año 2030 es de **0.106**.

3.5.3 Asignación de los Pesos de las Dimensiones 2030

Como se observa en la Figura 16 cada dimensión tuvo un peso de diferente en cada dimensión, estos porcentajes buscan priorizar de manera equilibrada los aspectos críticos de la seguridad alimentaria, reflejando tanto su impacto inmediato como su relevancia estratégica hacia el 2030, bajo la lógica siguiente:

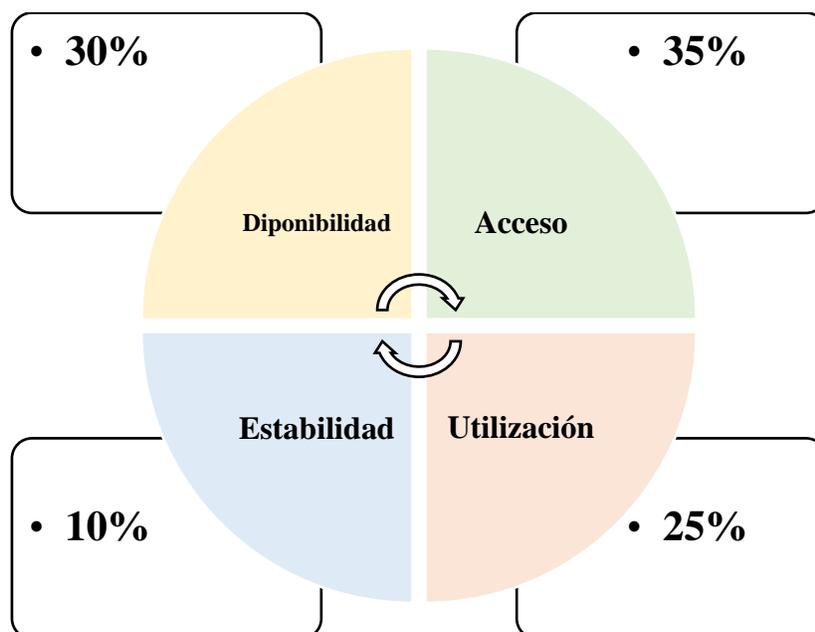
Con base en las discusiones teóricas sobre la relevancia de cada una de las dimensiones, a través del tiempo, primero se hablaba de la disponibilidad, después de acceso y de manera más contemporánea se han adicionado los últimos dos pilares. Cabe destacar que, derivado que no es mencionada en la literatura el peso a las dimensiones, sin embargo, por los impactos y la trascendencia de algunas se eligieron estos porcentajes; sin embargo, se realizó una búsqueda a través de la Inteligencia Artificial (IA), arrojando valores similares, por lo que se decidió hacer la proyección conforme a esto, además, ver si el mapa cambiaba sustancialmente conforme a los mapeos anteriores.

Disponibilidad (30%): La disponibilidad de alimentos constituye el primer paso para asegurar la seguridad alimentaria. Este porcentaje refleja la necesidad de mantener una producción adecuada que asegure que los alimentos lleguen a la población. Aunque se reconoce que la mera existencia de alimentos no garantiza el acceso equitativo para todos.

Acceso (35%): El acceso a los alimentos tiene un peso ligeramente mayor debido a su relación directa con la capacidad de las personas para obtener alimentos saludables y en cantidad suficiente. Este porcentaje destaca que es fundamental asegurar que los alimentos estén disponibles y accesibles para todos.

Figura 16

Distribución de los pesos proyección 2030



Utilización (25%): Referente a la capacidad de los individuos para cubrir sus requerimientos nutricionales de manera efectiva. Este porcentaje reconoce que la calidad de la dieta y las circunstancias de salud determinan el aprovechamiento real de los alimentos disponibles, pero considera su influencia como un aspecto complementario al acceso y la disponibilidad.

Estabilidad (10%): Si bien es crucial para garantizar que los otros pilares sean constantes en el tiempo su impacto directo en la seguridad alimentaria inmediata es menor relativamente comparado con las demás dimensiones, dependiendo de situaciones externas como conflictos, desastres naturales o fluctuaciones económicas.

Capítulo IV. Análisis de Resultados

La importancia del presente capítulo reside en su capacidad para combinar datos cuantitativos y cualitativos en un análisis estructurado, proporcionando información clave en torno a los desafíos interrelacionados de la seguridad hídrica y alimentaria en México, al identificar patrones, riesgos y oportunidades.

Los resultados aquí presentados tienen el propósito de proveer una visión general clara y concisa de las tendencias, patrones y distribuciones presentes en los datos a través del análisis del *ISHA* en cuatro momentos con sus respectivos mapeos a nivel desagregado por estados, así como la proyección del índice para 2030 a través de la esquematización de mapas con colorimetría que pudieran ser visualmente significativos.

Es importante recordar que los colores en el mapa se van degradando para representar el nivel de valor o intensidad del *ISHA*. Es decir, va del color verde que son aquellos estados considerados con seguridad alimentaria. El color amarillo para los que presentan un nivel de inseguridad alimentaria moderada y el color rojo que refiere a los estados con inseguridad alimentaria. Los distintos mapas que se presentan a continuación siguen este mismo rango de clasificación.

4.1 Índice De Seguridad Hidro-Alimentaria para México: 2000-2001

El primer análisis que se presenta a través del mapa de la Figura 17 corresponde al periodo 2000-2001, sin embargo, antes de comenzar a hacer algunas puntualizaciones de los resultados del mapa, es necesario contextualizar el periodo de estudio.

En México, la transición política y económica que se inició con la elección de Vicente Fox en el año 2000, marcó un cambio de rumbo en la política y la economía del país, en la que se promovieron programas sociales como Oportunidades, destinados a reducir la pobreza y mejorar el acceso a servicios esenciales, incluyendo la alimentación, aunque la desigualdad económica y social entre zonas urbanas y rurales seguía siendo un desafío significativo para la seguridad alimentaria.

En el mundo, se enfrentaban los efectos de la globalización, lo que tuvo impactos contrariados en economías emergentes como México. Mientras que algunas regiones experimentaron crecimiento económico otras enfrentaron mayores vulnerabilidades debido a la dependencia de la agricultura y la fluctuación de precios en los mercados internacionales.

Figura 17

Mapa del ISHA 2000-2001



Source: HDX, Simplemaps (points)

Estados	Nivel de ISHA
Aguascalientes	0.40
Baja California	0.47
Baja California Sur	0.46
Campeche	0.45
Coahuila	0.32
Colima	0.30
Chiapas	0.42
Chihuahua	0.37
Ciudad de México	0.52
Durango	0.39
Guanajuato	0.34
Guerrero	0.42
Hidalgo	0.18
Jalisco	0.41
México	0.48
Michoacán	0.38
Morelos	0.44
Nayarit	0.45
Nuevo León	0.45
Oaxaca	0.53
Puebla	0.40
Querétaro	0.47
Quintana Roo	0.45
San Luis Potosí	0.30
Sinaloa	0.28
Sonora	0.45
Tabasco	0.33
Tamaulipas	0.36
Tlaxcala	0.33
Veracruz	0.31
Yucatán	0.41
Zacatecas	0.40

El *ISHA* estimado para el periodo 2000-2001 mostró un escenario de inseguridad en los 32 estados con una colorimetría en tonos naranjas y rojos, solo dos de ellos con una tonalidad más clara que corresponde al estado de Oaxaca, con un índice de 0.53 y la Ciudad de México con el 0.52, con una inseguridad moderada. Esto sin duda llama la atención porque no hay ningún estado que, en términos de la categorización, tenga seguridad alimentaria en ese momento. Por el contrario, la estimación para algunos de ellos fue muy bajo como el caso de los estados de Colima con 0.30, Sinaloa con 0.28 e Hidalgo con 0.18 que está muy por debajo del promedio de 0.395, sobre los cuáles se destacan algunas particularidades posteriormente.

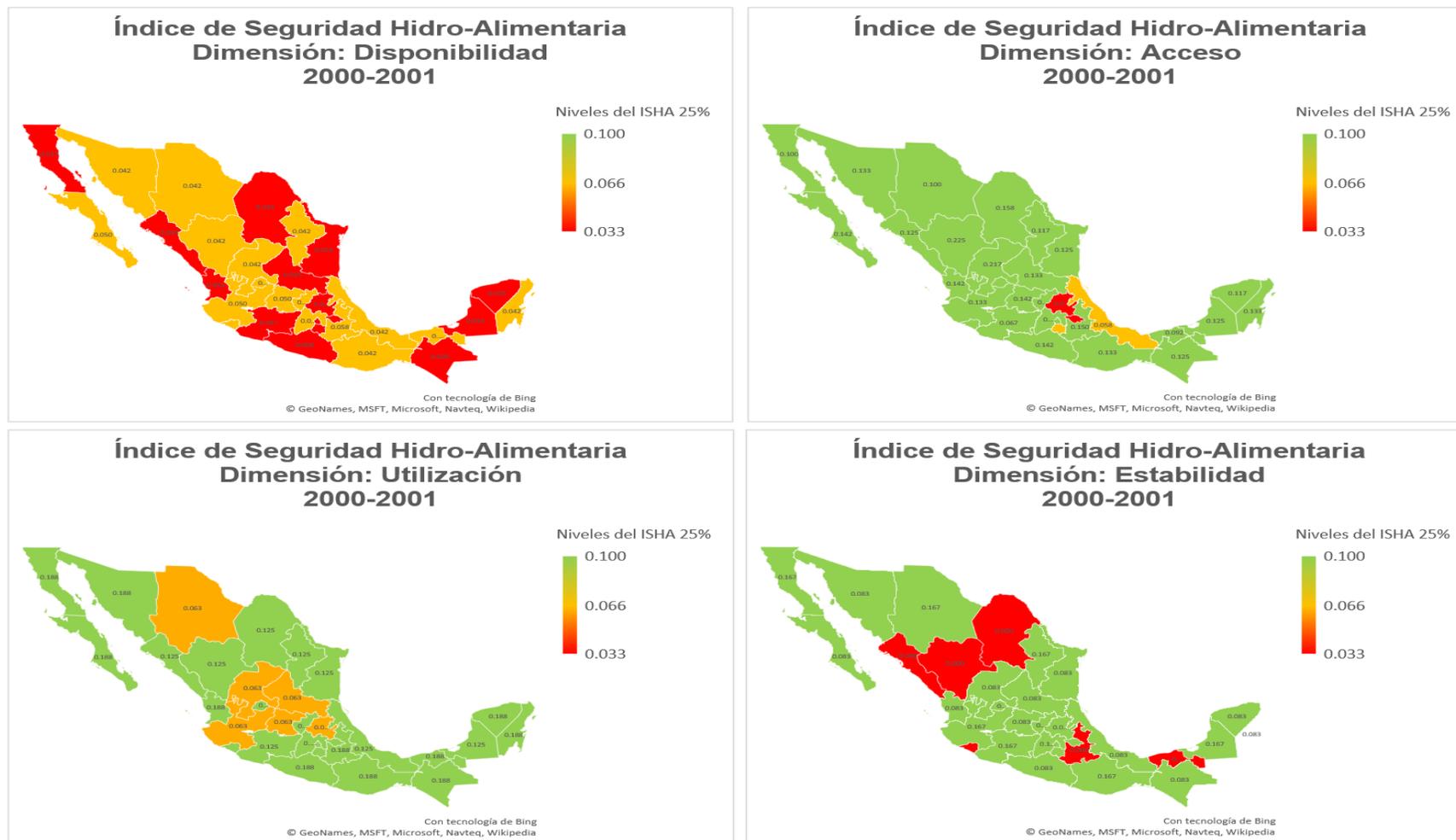
Para poder dar una mayor y mejor explicación de los factores a los que se asocian esta colorimetría para los estados es trascendental revisar la determinación y comportamiento de las variables que conforman cada una de las dimensiones de disponibilidad, acceso, estabilidad, utilización y estabilidad para los diez productos considerados (maíz, arroz, frijol, papa, jitomate, plátano, manzana, huevo, leche, carne de pollo).

Los mapas por dimensión se presentan en la Figura 18 donde se observa una colorimetría más dispersa en función de las mismas categorías de seguridad alimentaria, señaladas anteriormente.

La disponibilidad: Presentó una colorimetría mayoritaria de inseguridad moderada, en degradación amarilla para 17 estados, el resto mostraron una inseguridad alimentaria visualizado en degradación de rojo. El promedio general de la dimensión fue de 0.036 de 0.25 que sería el máximo, destacando la producción como la variable que más determinó esta dimensión en coincidencia con lo esperado, al ser la producción interna quien más determina el consumo en términos de seguridad alimentaria. Los tres estados más altos fueron Puebla (0.058), Aguascalientes (0.050) y Baja California Sur (0.050), mientras que los más bajos fueron Baja California (0.017), Michoacán (0.017) y Guerrero (0.008). Los estados más cercanos al promedio fueron seis, entre ellos Campeche y Coahuila con 0.033.

Figura 18

Mapas de dimensiones del ISHA 2000-2001



El acceso: Presentó una colorimetría predominante en verde que representa una seguridad alimentaria y únicamente los estados de Hidalgo y Tlaxcala en color rojo. El promedio general de la dimensión fue de 0.121 y todas las variables influyeron en esta dimensión, en algunos casos fue por el efecto de las remesas, en otros casos el aumento del ingreso per cápita, así como la disminución de los precios en algunos estados. Los tres estados más altos fueron Durango (0.225), Zacatecas (0.217) y Coahuila (0.158), mientras que los más bajos fueron Morelos (0.050), Hidalgo (0.008) y Tlaxcala (0.008). Por otra parte, los estados más cercanos al promedio fueron cinco, entre ellos Campeche y Colima con 0.125.

La utilización: Se puede observar el color verde predominante, lo que implica tener una seguridad alimentaria, en términos de utilización solo algunos estados aparecieron en amarillo y lo más destacado es que fue la única dimensión que no tuvo ningún estado en color rojo. El promedio general de la dimensión fue de 0.139 y su resultado fue derivado sobre todo por el continuo incremento en la esperanza de vida y la reducción en la anemia; sin embargo, la desnutrición, así como la obesidad y sobrepeso su amento fue recurrente. Los tres estados más altos fueron con 0.188 Baja California, Baja California Sur y Chiapas, mientras que los más bajos con 0.063 fueron Jalisco, San Luis Potosí y Zacatecas. Los estados más cercanos al promedio fueron trece, entre ellos Aguascalientes, Campeche y Coahuila con 0.125.

La estabilidad: Se observa el verde como color predominante, pero con varios estados en rojo. El promedio general de la dimensión fue de 0.099, el resultado en color verde de esta dimensión no indica que los estados restantes no se vieran afectadas por las variables que integran la dimensión como la sequía o la falta de precipitación; sin embargo, los efectos en su mayoría fueron positivos para este periodo. Los tres estados más altos con 0.167 fueron Baja California, Campeche y Chihuahua, mientras que los más bajos muy cercanos a cero fueron Puebla, Sinaloa y Tabasco. Por otra parte, los estados más cercanos al promedio fueron catorce, entre ellos Aguascalientes, Baja California Sur y Chiapas con 0.083.

De manera general, para este periodo la utilización fue la dimensión con mayor ponderación, seguida del acceso, la disponibilidad y con menor participación la estabilidad. Quizá se pueda atribuir que existe una concordancia en los resultados ya que en el año 2000-2001 con el auge de los *ODS* y el combate a la pobreza, así como también el hambre cero, las políticas nacionales se enfocaban más en que la población se nutriera mejor y, además, se tuviera mayor acceso a los alimentos a través de los precios asequibles.

Habiendo realizado este desglose por dimensiones es posible establecer algunas puntualizaciones para aquellos estados que destacan en el *ISHA* sea por su mejor o peor desempeño, enunciados anteriormente y que se podría hacer para cada uno de los 32 estados del país.

Es importante hacer antes una puntualización en cuanto a que uno de los propósitos centrales de este trabajo fue el generar una propuesta metodológica para la estructuración y estimación del *ISHA*, desglosado por estados para México, por lo que el análisis podría parecer limitado al no hacerlo para cada uno de los estados; sin embargo, la relevancia de cada uno de ellos dependerá del interés que pudiera tener para el lector. Así, se hará referencia sólo algunos de los estados que se han venido señalando por estar en los límites extremos del *ISHA*, con la finalidad de hacer algunas inferencias al respecto no sólo para este periodo sino también para los otros tres periodos, así como la prospectiva.

Oaxaca: El índice para este estado fue de 0.53 ubicándolo como el estado con mejor *ISHA* para el periodo 2000-2001. En relación con las dimensiones, la de utilización contribuyó al resultado del índice ya que la esperanza de vida aumento y bajo la anemia y desnutrición, Por su parte, la estabilidad presentó efectos positivos en la precipitación y disminución en la temperatura. En el acceso, los precios y las remesas sumaron a la dimensión. Finalmente, la disponibilidad fue la dimensión más baja; sin embargo, la producción en alimentos como frijol, papa, leche, pollo y huevo contribuyó a que el resultado del índice aumentara. Este resultado pudo ser inesperado al ser considerado un estado pobre; sin embargo, tiene una capacidad productiva significativa y la dieta es relativamente saludable, lo cual abonó para destacarse en este periodo de estudio.

Ciudad de México: Con un índice de 0.52, este estado se sitúa como el segundo estado mejor evaluado dentro del índice. La dimensión de utilización únicamente tuvo efectos negativos únicamente en la obesidad y sobrepeso. La estabilidad tuvo una buena evaluación gracias al aumento de precipitación y disminución en la temperatura. Por su parte, el acceso tuvo efectos positivos por la disminución en los precios y las remesas. La dimensión de disponibilidad fue la menor; sin embargo, la producción de alimentos como el maíz, papa y huevo aportó a que el índice aumentara. En este estado se concentra mucha población; sin embargo, también es asociado con zonas muy pobres y vulnerables que incide hacia una alimentación poco saludable.

México: Registró un índice de 0.48, lo que lo coloca en la tercera mejor posición dentro del índice. Obtuvo con la dimensión de estabilidad un resultado más alto debido a la precipitación

y baja en la temperatura, seguido de la dimensión de acceso que tuvo efectos positivos por las remesas y los precios. La utilización por la esperanza de vida y la baja en la anemia. La dimensión de disponibilidad fue la más baja, pero la producción de frijol, maíz, jitomate, plátano y leche contribuyó a esta dimensión. Estos datos se debieron a que es un estado que se encuentra en el centro del país donde las variables de la estabilidad no son tan severas, además que su ubicación estratégica permite el acceso a los alimentos a que están disponibles.

Colima: Con un índice de 0.30 obtenido, indica su nivel de desempeño bajo. Las dimensiones con mejor evaluación fueron las de acceso por el efecto positivo de las remesas y al precio a la baja y la de utilización contribuyeron a este resultado por el incremento en la esperanza de vida y la disminución de la anemia, pero no así para la desnutrición, obesidad y sobrepeso, que aumentaron. La disponibilidad solo se atribuyó efectos positivos en la producción del frijol, maíz, jitomate, plátano, leche y pollo, pero no aportaron al índice de Colima las exportaciones e importaciones. La dimensión donde resultó más bajo fue la estabilidad ya que presentó solamente efectos negativos en todas las variables. Puede ser que Colima tuviera acceso para adquirir alimentos; sin embargo, son alimentos que no nutren a su población.

Sinaloa: Llamó la atención para este periodo al tener un *ISHA* de 0.28, ubicándolo como el penúltimo estado más bajo dentro del índice. En la dimensión de acceso, su buen comportamiento se pudo deber a los precios que se fueron a la baja y a las remesas que se incrementaron. En cuanto a la dimensión de utilización, fue bien evaluado en las variables esperanza de vida y anemia. En cuanto a las dimensiones, la de disponibilidad contribuyó a que este índice aumentara por la producción de maíz, jitomate, papa y plátano; sin embargo, el efecto de las importaciones también aportó al índice. La estabilidad que únicamente tuvo efectos negativos; es decir, cero, ya que las variables que la integran para ese periodo aumentaron. Este estado se caracteriza por una agricultura muy competitiva debido a sistemas de riego; sin embargo, la sequía y la falta de precipitación podrían ser factores que pudieran explicar esta afectación en la producción agrícola.

Hidalgo Su índice fue el más bajo para este periodo con 0.18 ubicándolo como un estado con inseguridad alimentaria. En la dimensión de estabilidad, la variable precipitación aportó para que su índice aumentara. La dimensión de utilización, solamente la esperanza de vida se consideró positiva. Por su parte, la dimensión de acceso solo se atribuyó un punto en la disminución de los precios para el huevo. La dimensión de disponibilidad solo cuenta con un efecto positivo para la

producción de jitomate, huevo y leche. A nivel nacional, Hidalgo no se distingue por ser un estado productor de alta escala, pues registró una producción agrícola baja, sumado a que su población padece de anemia, obesidad y desnutrición, así como el incremento en el ingreso para lograr abonar un mejor resultado.

Los resultados reflejaron desigualdades significativas entre regiones. Estados urbanizados o con más infraestructura presentan mejores índices, mientras que regiones rurales y marginadas muestran mayores desafíos, así como la eficacia de políticas públicas en este periodo parece haber sido desigual, beneficiando más a ciertas áreas.

Menéndez-Gámiz y Palacio-Muñoz (2014), realizaron un estudio sobre la pobreza y seguridad alimentaria en México y Estados Unidos del año 2000 al 2010 y pueden contrastarse con los obtenidos en este periodo por las similitudes en que la pobreza continúa flagelando a amplios sectores de la sociedad mexicana. En este periodo una parte importante de la población urbana y rural se encontraba en desempleo o con ingreso insuficiente para adquirir sus alimentos u otros satisfactores, lo cual afecta directamente a la dimensión del acceso.

Es atrevido señalarlo; sin embargo, se podría inferir que algunos de los factores potenciales que influenciaron el resultado del índice derivaban de:

- a) Acceso a recursos básicos: estados con índices bajos (Hidalgo, Colima, Veracruz) pueden haber enfrentado dificultades en acceso a agua potable, servicios de salud y educación, esenciales para la seguridad alimentaria.
- b) Programas sociales y económicos: estados con índices más altos (Ciudad de México, Oaxaca y Nuevo León) podrían haber tenido mayores beneficios de programas sociales o infraestructura más desarrollada.
- c) Producción agrícola: aunque estados agrícolas como Sinaloa son grandes productores sus índices bajos (0.28) sugieren que la producción no necesariamente se traduce en seguridad alimentaria local debido a problemas de distribución o inequidad, o bien a su participación dinámica en mercados internacionales, como el caso de Sinaloa con una agricultura empresarial agroexportadora.

La Tabla 15 resume, de manera concisa, la información anteriormente mencionada, proporcionando un concentrado general de los datos clave en este periodo. Cabe resaltar que “*ISHA-D*” hace referencia a la disponibilidad y, así sucesivamente. También la Tabla presenta las dimensiones que mayor y menor impacto tuvieron.

Tabla 15*Concentrado de resultados generales periodo 2000-2001*

	Índices	Dimensiones	VARIABLES
Global 0.395	<i>ISHA-D</i> 0.036		
	<i>ISHA-A</i> 0.121		
	<i>ISHA-U</i> 0.139		
	<i>ISHA-E</i> 0.099		
Mayor desempeño	Oaxaca	+ Utilización - Disponibilidad	Esp. De vida, anemia y desnutrición No importaciones y exportaciones
	Ciudad de México	+ Utilización - Disponibilidad	Esp. De vida, anemia y desnutrición No importaciones y exportaciones
	México	+ Utilización - Disponibilidad	Esp. De vida, anemia y desnutrición No importaciones y exportaciones
Menor desempeño	Colima	+ Acceso - Estabilidad	Precio y remesas Sequía, precipitación y temperatura
	Sinaloa	+ Acceso - Estabilidad	Precio y remesas Sequía, precipitación y temperatura
	Hidalgo	+ Estabilidad - Disponibilidad	Precipitación No importaciones y exportaciones

4.2 Índice de Seguridad Hidro-Alimentaria para México: 2006-2007

El segundo análisis se presenta a través del mapa de la Figura 19, comenzando el contexto nacional y global del periodo. En el periodo 2006-2007, había signos de desaceleración económica en México afectando sectores vulnerables, así como programas sociales (Gobierno de México, 2012) y los desastres naturales de huracanes y sequías, afectando estados del sur y sureste, como Campeche, Tabasco y Chiapas, exacerbando problemas de acceso a alimentos. Sin olvidar el conflicto interno de intensificación de la lucha contra el narcotráfico (iniciada en 2006) pudo haber sido también un factor que afectara la seguridad y distribución de alimentos en ciertas regiones como actualmente sucede.

Figura 19

Mapa del ISHA 2006-2007



Source: HDX, Simplemaps (points)

Estados	Nivel de ISHA
Aguascalientes	0.45
Baja California	0.42
Baja California Sur	0.51
Campeche	0.15
Coahuila	0.47
Colima	0.46
Chiapas	0.32
Chihuahua	0.25
Ciudad de México	0.23
Durango	0.30
Guanajuato	0.48
Guerrero	0.22
Hidalgo	0.36
Jalisco	0.34
México	0.43
Michoacán	0.29
Morelos	0.29
Nayarit	0.55
Nuevo León	0.35
Oaxaca	0.32
Puebla	0.31
Querétaro	0.46
Quintana Roo	0.37
San Luis Potosí	0.43
Sinaloa	0.25
Sonora	0.33
Tabasco	0.28
Tamaulipas	0.41
Tlaxcala	0.20
Veracruz	0.38
Yucatán	0.43
Zacatecas	0.21

En el mundo, con la crisis alimentaria global, entre 2006 y 2007, los precios de granos básicos como maíz y trigo comenzaron a aumentar significativamente debido a factores como la demanda para biocombustibles, afectando la asequibilidad de alimentos en países en desarrollo. El cambio climático ha sido un obstáculo que ha afectado la producción agrícola global y nacional, lo cual impacta en la seguridad alimentaria de los grupos más desfavorecidos.

El *ISHA*, estimado para el periodo 2006-2007, mostró nuevamente un escenario de inseguridad con una colorimetría en tonos naranjas y rojos, solo tres de ellos con una tonalidad más clara que corresponden a los estados de Nayarit con un índice de 0.55 y Baja California Sur con el 0.51, ningún estado que en términos de la categorización, tuvo seguridad alimentaria para ese periodo, por el contrario la estimación para algunos de ellos fue muy bajo como el caso de los estados de Tlaxcala con el 0.20 y Campeche con 0.15 que están por debajo del promedio de 0.351, analizados posteriormente.

Para este periodo se presentaron cambios significativos respecto a 2000-2001 con mejoras notables en Aguascalientes (de 0.40 a 0.45) y Baja California Sur (de 0.46 a 0.51), Colima (de 0.30 a 0.46) y Querétaro (de 0.47 a 0.46).

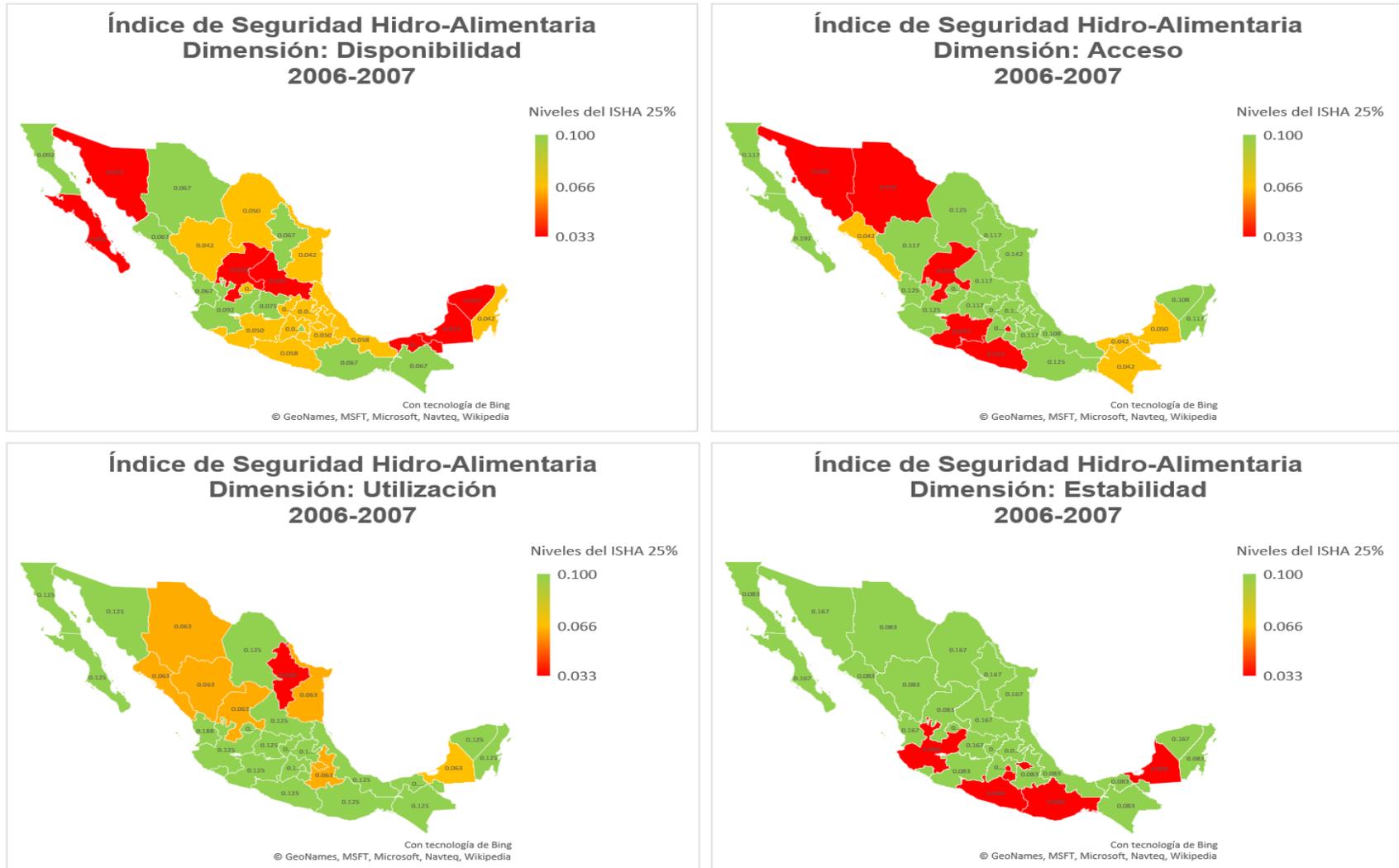
Contrario a ello, estados como Campeche presentaron una baja considerable al pasar de 0.45 a 0.15, lo mismo para Ciudad de México (de 0.52 a 0.23) y Sinaloa (de 0.28 a 0.25) esto indica que, a pesar de ser un estado agrícola clave, se puede suponer que los beneficios no alcanzan a toda su población.

El análisis de los resultados del *ISHA* por dimensiones en el periodo 2006-2007 se muestran en la Figura 20.

La disponibilidad: Tuvo una colorimetría diversa, en verde diez estados presentaron seguridad alimentaria, en amarillo quince en un nivel de inseguridad moderada y rojo siete con inseguridad alimentaria. El promedio general de la dimensión fue de 0.051, la variable que más influyó en esta dimensión fue la producción, además que las exportaciones e importaciones tuvieron más presencia. Los tres estados más altos fueron con 0.092 Baja California y Jalisco, Aguascalientes (0.075); mientras que los más bajos fueron con 0.025 Baja California Sur, San Luis Potosí y Yucatán. Los estados más cercanos al promedio fueron seis, entre ellos Coahuila y Colima con 0.050.

Figura 20

Mapas de dimensiones del ISHA 2006-2007



El acceso: Presentó una colorimetría predominante en verde que representa una seguridad alimentaria, en amarillo cuatro estados y seis estados en color rojo. El promedio general de la dimensión fue de 0.095 y todas las variables influyeron en esta dimensión, siendo una de las más importantes las remesas que disminuyeron para este periodo, mientras el ingreso per cápita y los precios en algunas entidades se mantuvieron estables. Los tres estados más altos fueron Colima (0.200), Baja California Sur (0.192) y Tamaulipas (0.142); mientras que los más bajos con 0.033 fueron Michoacán y Zacatecas, Sonora (0.008). Por otra parte, los estados más cercanos al promedio fueron dos México e Hidalgo con 0.100.

La utilización: Se puede observar el color verde predominante; es decir, seguridad alimentaria, varios estados en amarillo y únicamente un estado en color rojo. El promedio general de la dimensión fue de 0.107 y su resultado fue derivado sobre todo por reducción en la anemia y desnutrición; sin embargo, es de destacar que en este periodo la esperanza de vida disminuyó en la mayoría de los estados. Los tres estados más altos fueron Nayarit (0.188), Aguascalientes y Baja California con (0.125); mientras que los más bajos con 0.063 fueron Tlaxcala y Zacatecas y 0 para Nuevo León. Los estados más cercanos al promedio fueron ocho, entre ellos Campeche, Chihuahua y Durango con 0.063.

La estabilidad: Se observa el verde como color predominante, pero con varios estados en rojo. El promedio general de la dimensión fue de 0.096, el resultado en color verde de esta dimensión indica una baja en la temperatura y aumento de precipitaciones en la mayoría de los estados. Los tres estados más altos con 0.167 fueron Aguascalientes, Baja California Sur y Coahuila, mientras que los más bajos con 0 fueron Morelos, Oaxaca y Tlaxcala. Por otra parte, los estados más cercanos al promedio fueron trece entre ellos Baja California, Colima y Chiapas con 0.083.

De manera general, para este periodo la utilización fue la dimensión mejor evaluada, en posición intermedia el acceso, así como la estabilidad y la peor evaluada fue la disponibilidad. Se puede inferir que el estilo de vida en las ciudades, por ejemplo, en el centro la alimentación no es saludable; sin embargo, en otras zonas del país donde existen grupos vulnerables, el acceso a los alimentos limita mucho la dieta y a consecuencia, se incrementa la anemia o desnutrición. Las variables precipitación, sequía y temperatura, son una preocupación a nivel nacional.

Una vez realizado este desglose por dimensiones es posible establecer algunas puntualizaciones para aquellos estados que destacan en el *ISHA* sea por su mejor o peor desempeño, enunciados anteriormente.

Nayarit: El índice para este estado fue de 0.55 ubicándolo como el estado con mejor *ISHA* para el periodo 2006-2007. En la utilización contribuyó positivamente, las variables tuvieron efectos positivos la esperanza de vida, anemia, desnutrición. La estabilidad también contribuyó de manera satisfactoria en las variables de precipitación ya que se incrementó y la disminución en la temperatura. El acceso también tuvo un buen resultado derivado de la baja en los precios y el aumento en las remesas. Finalmente, la dimensión más baja fue la disponibilidad contribuyó positivamente debido a que ocho de diez alimentos tuvieron incrementos en producción, pero no así para las exportaciones e importaciones. Parte de las acciones que debiera tomar este estado es el aumento en el ingreso per cápita de su población, para no ser dependientes de las remesas, además de monitorear la sequía que azota a algunas zonas.

Baja California Sur: Con un índice de 0.51, este estado se sitúa como el segundo estado mejor evaluado dentro del índice. La dimensión de acceso fue la que más contribuyó por la baja de los precios del arroz, jitomate y papa, así como el incremento en el envío de remesas. La dimensión de estabilidad aumentó la precipitación y la temperatura tuvo una disminución. La utilización tuvo una disminución en la anemia y desnutrición, mientras que su población ha disminuido su calidad de vida, posiblemente por no tener una alimentación nutritiva. La disponibilidad obtuvo puntos por la producción de frijol, huevo y pollo, pero hubo un aumento en las importaciones. Esta entidad no está exenta de problemas en la producción de los alimentos, ya que es consecuencia de la sequía.

Guanajuato: Registró un índice de 0.48, lo que lo coloca en la tercera mejor posición dentro del índice. Obtuvo a la estabilidad como la más alta debido a un aumento en la precipitación y la baja temperatura. La utilización por su disminución en la anemia y la desnutrición. La dimensión de acceso reportó disminución en los precios y aumento de remesas. Por último, la disponibilidad tuvo efectos positivos en nueve de diez alimentos en producción, resaltando que el maíz y pollo contaron también con puntos en las importaciones. Los resultados sugieren que el estado se ve beneficiado por el efecto de las remesas para

poder comprar alimentos, pero se trata de alimentos con baja calidad nutricional ya que se tuvieron problemas de obesidad y sobrepeso.

Zacatecas: Con un índice de 0.21 obtenido indica su nivel de desempeño bajo. Contribuyó a su resultado la dimensión de estabilidad ya que la precipitación disminuyó, pero aumentaron las sequías y temperatura. La dimensión de utilización solo tuvo efecto positivo en la disminución de la anemia. El acceso tuvo efectos negativos en el ingreso per cápita y las remesas. La dimensión donde obtuvo un menor puntaje fue la disponibilidad ya que solamente reportó efectos positivos para la papa, manzana, leche y pollo. Este estado se ve especialmente afectado en la producción agrícola tanto por la baja precipitación, como por la amenaza de la minera, la cual ocupa también grandes volúmenes de agua, actividad por la cual realmente Zacatecas se destaca.

Tlaxcala: Registró un resultado de 0.20, lo que lo coloca como el penúltimo estado más bajo dentro del índice. El acceso tuvo efectos positivos por las remesas. La dimensión de utilización tuvo únicamente puntos por la disminución de la anemia. La disponibilidad registró efectos negativos en las importaciones y exportaciones, pero no así para la producción de frijol, maíz, leche y pollo. Por último, la dimensión más baja fue la de estabilidad por la baja precipitación, así como el aumento de la sequía y la temperatura. Tlaxcala es un estado pobre lo cual refuerza que dependa de sus remesas y su capacidad productiva se vio afectada por la cuestión climática.

Campeche: Su índice fue el más bajo para este periodo con 0.15 ubicándolo como un estado con inseguridad alimentaria. La utilización contribuyó porque bajo la desnutrición, sin embargo, la obesidad y sobrepeso y la anemia aumentaron. La dimensión de acceso contribuyó únicamente por la baja en los precios. La disponibilidad referente a la producción de frijol, leche, pollo, así como huevo, sin efectos en las exportaciones e importaciones. La dimensión más baja que reportó es la estabilidad debido a que las variables que la integran, todas reportaron un aumento, lo cual significó un efecto negativo. Se puede concluir que la entidad se vio afectada por la escasez de agua y el aumento de temperatura, lo cual significó una disminución en su producción; sin embargo, también se vio afectado por la disminución de las remesas y el ingreso per cápita para la posible compra de alimentos.

Se pueden identificar varios factores potenciales que podrían haber influido en el resultado del índice, enunciados a continuación y concentrados en la Figura 16:

- a) Infraestructura y urbanización: Los estados con mejores índices (por ejemplo, Nayarit, Baja California Sur, Guanajuato) probablemente tienen mejor infraestructura para distribución de alimentos y mayor acceso a servicios básicos. Por otra parte, Ciudad de México presenta una paradoja, aunque es un centro económico la desigualdad interna puede causar inseguridad alimentaria en zonas marginadas.
- b) Dependencia agrícola: Estados agrícolas como Sinaloa y Chihuahua tienen índices bajos, también lo que sugiere que la producción destinada a la exportación o al comercio no se traduce en mejoras locales.
- c) Políticas públicas: Estados con avances de resultados (por ejemplo, Querétaro, Colima) pueden haber sido beneficiarios de programas de desarrollo rural y al efecto de las remesas.

Tabla 16

Concentrado de resultados generales periodo 2006-2007

	Índices	Dimensiones	Variables
Global 0.351	<i>ISHA-D</i> 0.051		
	<i>ISHA-A</i> 0.095		
	<i>ISHA-U</i> 0.107		
	<i>ISHA-E</i> 0.096		
Mayor desempeño	Nayarit	+ Utilización - Disponibilidad	Esp. De vida, anemia y desnutrición No importaciones y exportaciones
	Baja California Sur	+ Acceso - Disponibilidad	Precios y remesas No exportaciones
	Guanajuato	+ Estabilidad - Disponibilidad	Precipitación y temperatura No exportaciones
Menor desempeño	Zacatecas	+ Estabilidad - Disponibilidad	Precipitación No importaciones y exportaciones
	Tlaxcala	+ Acceso - Estabilidad	Remesas Sequía, precipitación y temperatura
	Campeche	+ Utilización - Estabilidad	Desnutrición Sequía, precipitación y temperatura

4.3 Índice de Seguridad Hidro-Alimentaria para México 2010-2011

A continuación, se presenta el tercer análisis, ilustrado en el mapa de la Figura 21, es importante recalcar que se considera comienza con el contexto nacional y global del periodo. En cuanto al contexto histórico y social en 2010-2011 en el país el impacto de la crisis económica global, México comenzó a recuperarse de la crisis de 2008-2009, muchas regiones aún enfrentaban los efectos económicos, especialmente las dependientes del comercio agrícola. Otros aspectos como la violencia e inseguridad, y el fortalecimiento en la lucha para combatir el narcotráfico afectaron la economía y la estabilidad en muchas regiones, especialmente las rurales y los desastres naturales, este periodo incluyó fenómenos como sequías en el norte y huracanes en el sureste lo que agravó la inseguridad alimentaria en estados vulnerables como Campeche y Guerrero.

En el mundo la crisis alimentaria global, en 2010-2011, los precios de los alimentos básicos como el maíz y el trigo aumentaron nuevamente debido a fenómenos climáticos extremos (como la sequía en Rusia) y la especulación financiera, el cambio climático, los efectos comenzaron a ser más visibles, afectando la producción agrícola global y local.

El *ISHA*, estimado para el periodo 2010-2011, mostró como los periodos anteriores un escenario de inseguridad. Con una colorimetría en tonos naranjas y rojos, cuatro de ellos con una tonalidad más clara que corresponden a los estados de Baja California con un índice de 0.56, Baja California Sur y Morelos con el 0.51, y Ciudad de México con 0.50, no hay ningún estado que en términos de la categorización tenga seguridad alimentaria en ese periodo, por el contrario la estimación para algunos de ellos es muy bajo como el caso de los estados de Campeche con el 0.23 y Durango con 0.22, que están por debajo del promedio de 0.372, sobre los cuáles se destacan algunas particularidades posteriormente.

Comparado con el periodo 2006-2007, el índice muestra una relativa estabilidad en la mayoría de los estados, como el estado de Sonora que mantuvo un índice de 0.47 en ambos periodos, que pudieran asumirse a las mejoras de la infraestructura. Zonas con índices persistentes como Baja California (0.56) y Ciudad de México (0.50), siguen siendo las más avanzadas, manteniendo altos niveles de seguridad alimentaria, y; zonas en retroceso o estancamiento como Durango (0.22) y Campeche (0.23) que muestran pocos avances, reflejando la persistencia de problemas estructurales como la carencia de instalaciones adecuadas o políticas específicas para acceder a los alimentos.

Figura 21

Mapa del ISHA 2010-2011

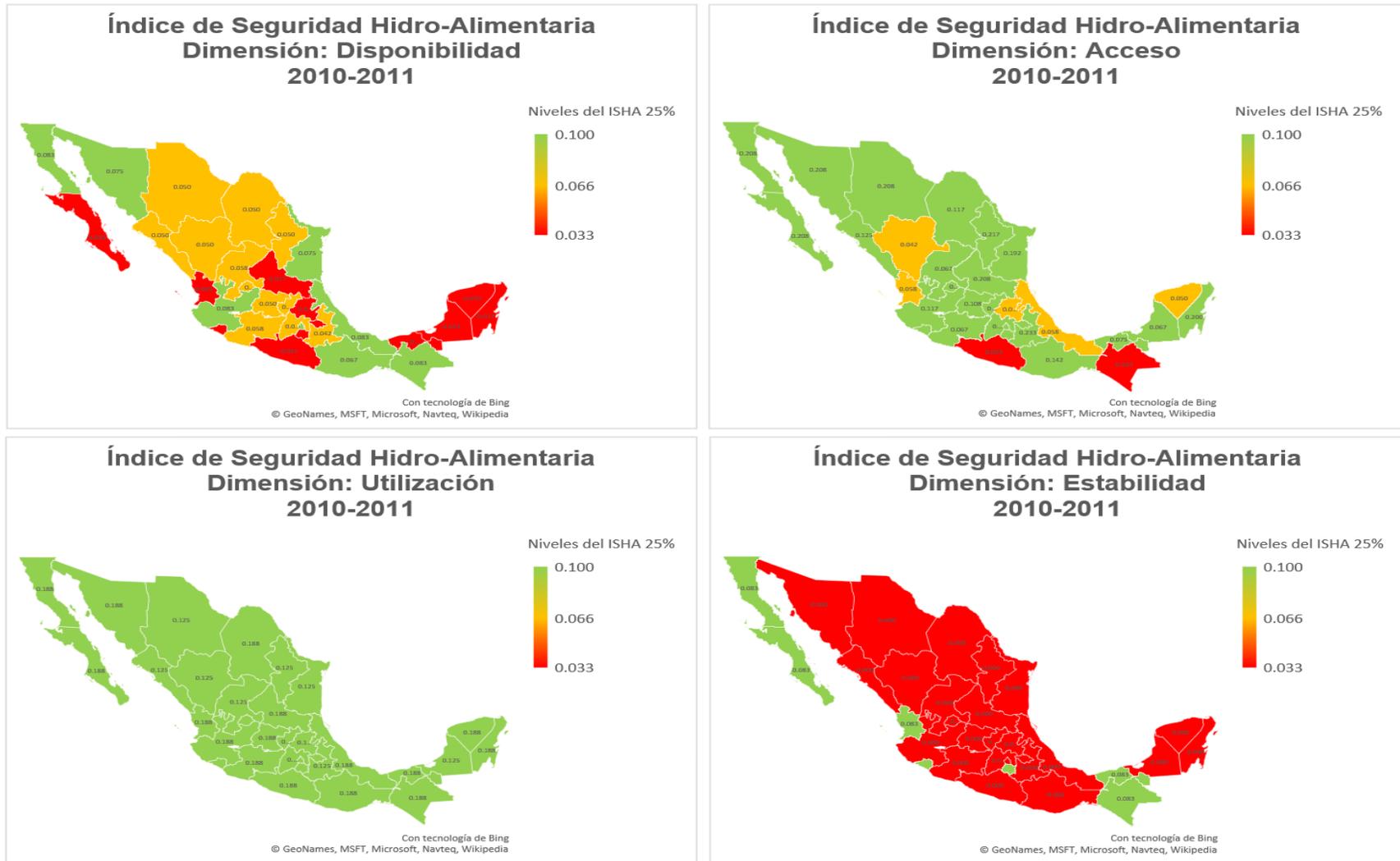


Source: HDX, Simplemaps (points)

Estados	Nivel de ISHA
Aguascalientes	0.45
Baja California	0.56
Baja California Sur	0.51
Campeche	0.23
Coahuila	0.35
Colima	0.44
Chiapas	0.39
Chihuahua	0.38
Ciudad de México	0.50
Durango	0.22
Guanajuato	0.35
Guerrero	0.25
Hidalgo	0.28
Jalisco	0.39
México	0.38
Michoacán	0.31
Morelos	0.51
Nayarit	0.35
Nuevo León	0.39
Oaxaca	0.40
Puebla	0.40
Querétaro	0.44
Quintana Roo	0.40
San Luis Potosí	0.41
Sinaloa	0.30
Sonora	0.47
Tabasco	0.37
Tamaulipas	0.39
Tlaxcala	0.24
Veracruz	0.33
Yucatán	0.27
Zacatecas	0.25

Figura 22

Mapas de dimensiones del ISHA 2010-2011



Los resultados globales por dimensiones para el periodo 2010-2011 (Figura 22), de acuerdo con las categorías de seguridad establecidas: verde (seguridad alimentaria), amarillo (inseguridad alimentaria moderada) y rojo (inseguridad alimentaria) son los siguientes:

La disponibilidad: Tuvo una colorimetría en amarillo doce en un nivel de inseguridad moderada, con rojo doce con inseguridad alimentaria y únicamente en verde ocho estados presentaron seguridad alimentaria, el norte y centro presentaron más áreas en amarillo. El promedio general de la dimensión fue de 0.049, todas las variables influyeron en esta dimensión ya que la producción agrícola tuvo efectos positivos y algunos estados presentaron un aumento en la actividad de importaciones y otros con las exportaciones. Los tres estados más altos fueron Ciudad de México (0.092), con 0.083 Baja California y Chiapas; mientras que los más bajos con 0.017 fueron Quintana Roo, San Luis Potosí y Tlaxcala. Los estados más cercanos al promedio fueron ocho, entre ellos Aguascalientes, Coahuila y Chihuahua con 0.050.

El acceso: Presentó una colorimetría predominante en verde que representa una seguridad alimentaria, en amarillo cinco estados y dos estados en color rojo. El promedio general de la dimensión fue de 0.136 y las variables remesas e ingreso per cápita influyeron positivamente. Los tres estados más altos fueron Puebla (0.200), con (0.217) Aguascalientes y Ciudad de México; mientras que los más bajos Durango (0.042) y con (0.033) Chiapas y Guerrero. Por otra parte, el estado más cercano al promedio fue México con 0.133.

La utilización: Se puede observar el color verde predominante; es decir, seguridad alimentaria. El promedio general de la dimensión fue de 0.167 y su resultado fue producto de tres las variables ya que tuvo efectos positivos la anemia, la desnutrición y aumento la esperanza de vida. Los estados más altos fueron veintidós con 0.188 entre ellos Aguascalientes, Baja California y Coahuila; mientras que los estados más bajos fueron diez con 0.125, entre ellos Tamaulipas, Tlaxcala y Zacatecas. Los estados más cercanos al promedio fueron casi todos tenían 0.188.

La estabilidad: Se observa el rojo como color predominante; es decir, inseguridad alimentaria y solo siete estados en verde. El promedio general de la dimensión fue de 0.018, el resultado en color rojo de esta dimensión fue por el azote de la sequía muy fuerte, la falta de precipitación y aumento en la temperatura en el país. Los tres estados más altos con 0.083 fueron Baja California, Baja California Sur y Colima; mientras que los más bajos con 0 fueron la mayoría de los estados, pero destacan Veracruz, Yucatán y Zacatecas. A su vez, los estados más cercanos al promedio fueron México, Oaxaca y Puebla.

De manera general, para este periodo la utilización fue la dimensión mejor evaluada, seguida del acceso, en posición intermedia la disponibilidad y la peor evaluada fue la estabilidad. Se puede inferir que en México se tuvo el beneficio de las remesas y del aumento en el ingreso per cápita; sin embargo, se dieron más incrementos en los precios. También, un patrón común que la obesidad y sobrepeso que fue en aumento, derivado de la ingesta de comida procesada ocasionada quizá a largas jornadas de trabajo. Este periodo fue un año intermedio de las crisis agroalimentarias del 2008 y del 2012, es comprensible que la dimensión de disponibilidad fuera baja debido a una reducción en la producción nacional y menor importación de alimentos; en cuanto a la dimensión de estabilidad, la variable sequía fue la más baja y, de acuerdo con Domínguez (2016) desde 2009 los primeros efectos fuertes de la sequía se hicieron presentes en el país.

Después de haber realizado este desglose por dimensiones es posible establecer algunas aquellos estados que destacan en el *ISHA* sea por su mejor o peor desempeño, enunciados anteriormente.

Baja California: El índice para este estado fue de 0.56 ubicándolo como el estado con mejor *ISHA* para el periodo 2010-2011. La dimensión de acceso contribuyó por que tuvo efectos positivos en casi todas las variables de la dimensión. Respecto a la utilización aumento la esperanza de vida y bajo la anemia y desnutrición. La disponibilidad consiguió efectos positivos por la producción de papa, huevo, leche y pollo; el arroz por las importaciones; el maíz y jitomate por las exportaciones; la manzana en la producción e importaciones. La dimensión de estabilidad a destacar que bajo la temperatura. Los resultados de este estado suponen podía adquirir los alimentos; sin embargo, la obesidad y sobrepeso tuvo un aumento posiblemente por no llevar una dieta balanceada, se tuvo un buen comercio internacional derivado del aumento en las precipitaciones y su repercusión en la producción.

Baja California Sur: Con un índice de 0.51, este estado se sitúa como el segundo estado mejor evaluado dentro del índice. Tuvo al acceso como la dimensión más alta por el aumento en el ingreso per cápita y el efecto de las remesas. La utilización contribuyó por el incremento en la esperanza de vida y baja en la anemia y desnutrición. La estabilidad bajo en la variable temperatura. Por último, la disponibilidad tuvo efectos positivos en el arroz debido a las importaciones, el maíz y papa por la producción. Los resultados apuntan que derivado del incremento en los precios para la población representó un gasto extra a sus bolsillos y se consumieron alimentos que no contenían un alto nivel nutricional, la obesidad y sobrepeso

presentó un aumento, la precipitación y la disminución de la sequía fueron benéficos para una buena producción.

Morelos: Registró un índice de 0.51, lo que lo coloca en la tercera mejor posición dentro del índice. En la dimensión de acceso, el ingreso per cápita y las remesas se incrementaron; sin embargo, en algunos casos se presentó la disminución de los precios. La utilización tuvo efectos positivos derivados del aumento en la esperanza de vida y disminución en la anemia y desnutrición. En la estabilidad, únicamente la temperatura disminuyó. La disponibilidad fue la más baja pues solo tuvo efectos positivos en la producción de arroz y maíz, mientras que el jitomate en producción y exportaciones gracias al aumento de la precipitación y la disminución de la sequía, se tuvo una producción y este estado contaba con las condiciones necesarias para el acceso a los alimentos; sin embargo, lo que se infiere que más consume la población no son alimentos nutritivos, provocando una obesidad y sobrepeso.

Tlaxcala: Con un índice de 0.24 obtenido, indica su nivel de desempeño bajo. La utilización presentó contribuyó con la esperanza de vida y la anemia. El acceso tuvo un incremento en el ingreso y en las remesas. La disponibilidad obtuvo puntos en la producción de huevo y pollo. La dimensión más baja para este estado fue la estabilidad ya que obtuvo efectos negativos en todas las variables que integran. Tlaxcala se caracteriza por ser un estado pobre, aunado a la falta de precipitación y las sequías, se limita aún más la disponibilidad de alimentos lo cual genera que su población este desnutrida.

Campeche: Registró un resultado de 0.23, lo que lo coloca como el penúltimo estado más bajo dentro del índice. La utilización tuvo efectos positivos en la esperanza de vida y desnutrición. La dimensión de acceso se contribuyó al resultado por una baja en los precios. La disponibilidad únicamente se obtuvo efectos positivos en la producción de maíz, jitomate, huevo y leche. Fue bajo principalmente en la estabilidad ya que en todas las variables que integran la dimensión tuvieron cero; es decir, sin efectos. Los resultados sugieren que las temperaturas altas, la sequía y la falta de precipitación limitaron la producción agrícola. Por otra parte, gracias a las remesas la población pudo acceder a algunos alimentos, pero no de calidad ya que la anemia y la obesidad y sobrepeso aumentaron.

Durango Su índice fue el más bajo para este periodo con 0.22 ubicándolo como un estado con inseguridad alimentaria. La dimensión con que contribuyó ya que tuvo incremento la esperanza de vida y bajo la anemia. El acceso bajo el ingreso per cápita, pero tuvo un efecto

positivo con las remesas. La disponibilidad tuvo efectos positivos en la producción e importaciones del maíz, jitomate, manzana, huevo y pollo. Las dimensiones con impactos negativos la dimensión de estabilidad ya que es un estado que frecuentemente sufre los estragos de la sequía, la escasez de agua y el incremento de la temperatura. Se puede inferir que las condiciones climáticas que continuamente amenazan al estado afectan la disponibilidad de los alimentos, lo cual provocó que aumentaran los precios, por lo tanto, su población no adquiera alimentos en cantidad y calidad suficiente dando como resultado que la anemia tuviera un aumento.

Los resultados son similares con los de Mundo-Rosas *et al.* (2018), quienes analizaron la evolución de la inseguridad alimentaria en los hogares mexicanos entre 2012 y 2016, encontraron que la falta de una alimentación adecuada y variada se debe principalmente a la carencia de ingresos y recursos. Se encontró que los hogares más afectados están en el sur del país, en áreas rurales y con peores condiciones de bienestar. Además, se destacó la relación entre la inseguridad alimentaria y problemas de nutrición graves, como la desnutrición, la obesidad y enfermedades crónicas.

Por su parte, Shamah-Levy *et al.* (2014) analizaron la seguridad alimentaria en México en 2010, revelando que muchos hogares mexicanos enfrentan problemas para acceder a alimentos y consumirlos de manera segura, lo que afecta su bienestar nutricional. Además, se identificaron problemas relacionados con la salud nutricional de la población.

Al analizar el resultado del índice se pueden destacar algunos factores potenciales que podrían haber contribuido a este resultado, como:

- a) Infraestructura y urbanización: Estados urbanos como Ciudad de México o regiones fronterizas como Baja California se benefician de una mejor infraestructura para distribución de alimentos.
- b) Producción agrícola y desigualdad: Estados agrícolas como Sinaloa (0.30) no siempre reflejan beneficios en sus índices, lo que sugiere que la producción destinada a exportación no impacta directamente la seguridad alimentaria local.
- c) Estados prioritarios: Regiones como Durango, Campeche, Tlaxcala, Zacatecas y Guerrero requieren atención prioritaria para abordar los desafíos estructurales de pobreza y marginación.

Se presenta la Tabla 17 con el concentrado general de la información antes mencionada.

Tabla 17*Concentrado de resultados generales periodo 2010-2011*

	Índices	Dimensiones	VARIABLES
Global 0.372	<i>ISHA-D</i> 0.049		
	<i>ISHA-A</i> 0.136		
	<i>ISHA-U</i> 0.167		
	<i>ISHA-E</i> 0.018		
Mayor desempeño	Baja California	+ Acceso - Estabilidad	Precios, ingreso per cápita y remesas Sequía y precipitación
	Baja California Sur	+ Acceso - Disponibilidad	Ingreso per cápita y remesas No exportaciones
	Morelos	+ Acceso - Disponibilidad	Precios, ingreso per cápita y remesas No importaciones
Menor desempeño	Tlaxcala	+ Acceso - Estabilidad	Ingreso per cápita y remesas Sequía, precipitación y temperatura
	Campeche	+ Utilización - Estabilidad	Esperanza de vida y desnutrición Sequía, precipitación y temperatura
	Durango	+ Utilización - Estabilidad	Esperanza de vida y anemia Sequía, precipitación y temperatura

4.4 Índice de Seguridad Hidro-Alimentaria para México 2021-2022

El mapa de la Figura 23 presenta el cuarto análisis, en este sentido es fundamental tener en cuenta el contexto nacional y global del periodo.

Referente al contexto histórico y social en México, 2021-2022, los impactos de la pandemia afectaron gravemente la economía especialmente en sectores vulnerables. Esto pudo haber impactado la seguridad alimentaria en regiones urbanas como Jalisco y Ciudad de México.

Figura 23

Mapa del ISHA 2021-2022



Source: HDX, Simplemaps (points)

Estados	Nivel de ISHA
Aguascalientes	0.30
Baja California	0.44
Baja California Sur	0.45
Campeche	0.60
Coahuila	0.43
Colima	0.28
Chiapas	0.60
Chihuahua	0.40
Ciudad de México	0.38
Durango	0.52
Guanajuato	0.25
Guerrero	0.37
Hidalgo	0.23
Jalisco	0.18
México	0.35
Michoacán	0.29
Morelos	0.35
Nayarit	0.36
Nuevo León	0.38
Oaxaca	0.35
Puebla	0.35
Querétaro	0.28
Quintana Roo	0.44
San Luis Potosí	0.31
Sinaloa	0.38
Sonora	0.51
Tabasco	0.41
Tamaulipas	0.33
Tlaxcala	0.24
Veracruz	0.52
Yucatán	0.45
Zacatecas	0.20

Los Programas de apoyo como "Sembrando Vida" y "Jóvenes Construyendo el Futuro" pudieron haber mejorado las condiciones en estados como Campeche y Chiapas y el cambio climático, como sequías e inundaciones, afectaron la producción agrícola, principalmente en el norte y centro del país. Por último, la inflación y precios de los alimentos ya que se enfrentó un aumento significativo en los precios de alimentos básicos, perturbando más a los sectores con menores ingresos.

En el mundo, la crisis global de alimentos y el conflicto en Ucrania (iniciado en 2022) impactó la disponibilidad y costos de granos como el trigo afectando mercados internacionales. Las dificultades en las cadenas de abastecimiento debido a la pandemia también contribuyeron a aumentar los precios y el cambio climático, pues la alteración de patrones climáticos continuó afectando la producción agrícola global, lo que pudo haber tenido efectos en México.

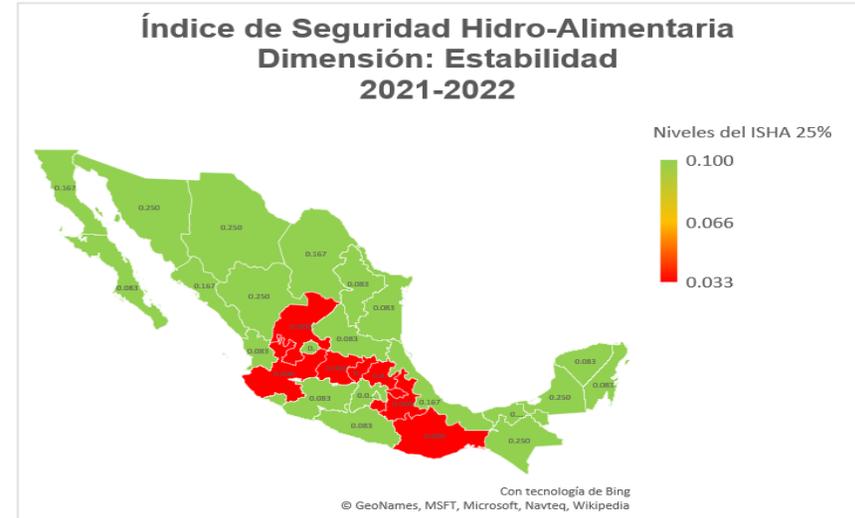
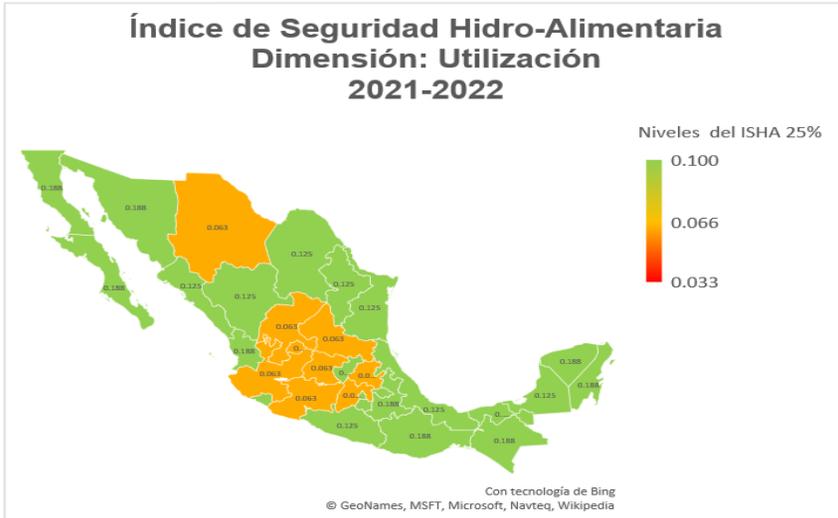
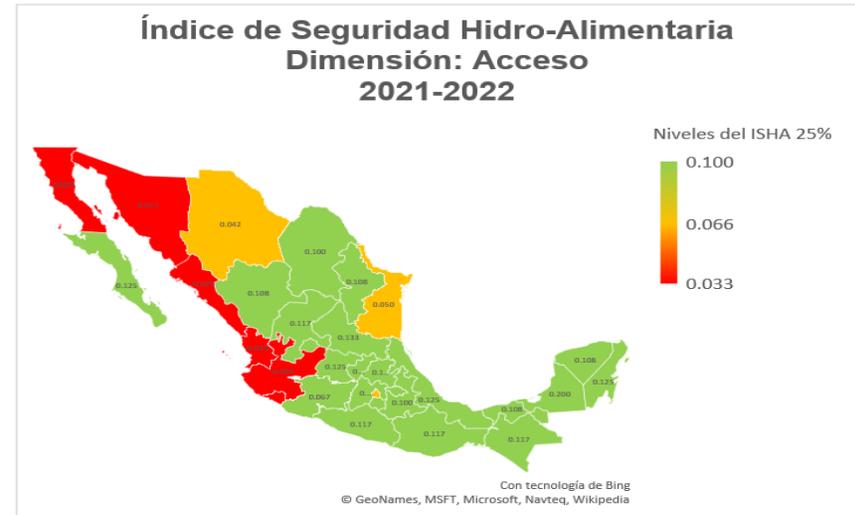
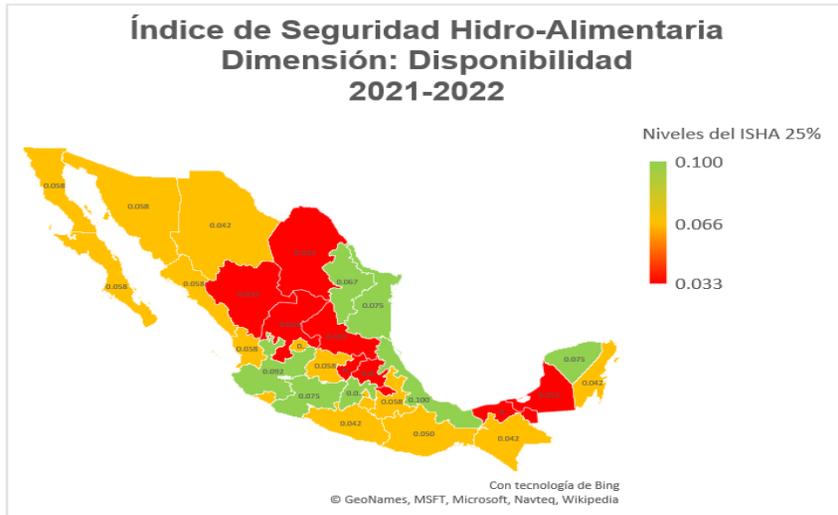
El *ISHA*, estimado para el periodo 2021-2022, mostró un escenario de inseguridad. Con una colorimetría en tonos naranjas y rojos, cinco de ellos con una tonalidad más clara que corresponden a los estados de Campeche y Chiapas con un índice de 0.60, Durango y Veracruz con el 0.52 y Sonora con 0.51, no hay ningún estado que en términos de la categorización, tenga seguridad alimentaria en ese periodo, por el contrario la estimación para algunos de ellos es muy bajo como el caso de los estados de Zacatecas con el 0.20 y Jalisco con 0.18, que están por debajo del promedio de 0.372, sobre los cuáles se destacan algunas particularidades posteriormente.

Las comparaciones con periodos anteriores demuestran que el estado con mejoras notables fue Campeche (de 0.23 en 2010-2011 a 0.60 en 2021-2022) con una mejora significativa que podría estar vinculada a la implementación de programas sociales enfocados en el sureste y Chiapas (de 0.39 en 2010-2011 a 0.60 en 2021-2022) este incremento sugiere un impacto positivo de políticas locales o nacionales en esta región históricamente vulnerable. Sin embargo, están las zonas con retrocesos como Jalisco (de 0.39 en 2010-2011 a 0.18 en 2021-2022) un retroceso drástico, posiblemente vinculado a desigualdades crecientes o afectaciones por factores externos y Guanajuato (de 0.35 en 2010-2011 a 0.25 en 2021-2022) que podría relacionarse con problemas estructurales y falta de políticas efectivas.

La Figura 24 muestra el mapeo de las dimensiones para el periodo 2021-2022, según la clasificación de seguridad en tres niveles mencionada anteriormente:

Figura 24

Mapas de dimensiones del ISHA 2021-2022



La disponibilidad: Tuvo una colorimetría dispersa, en verde siete estados, en amarillo dieciséis en un nivel de inseguridad moderada y en rojo nueve estados presentaron seguridad alimentaria. El promedio general de la dimensión fue de 0.051, las variables influyeron más en esta dimensión fue una baja producción nacional, combinada con la continua importación de los granos básicos. Los tres estados más altos fueron Veracruz (0.100), Jalisco (0.092) y México (0.083), mientras que los más bajos fueron con 0.025 Campeche, Tlaxcala y Zacatecas. Los estados más cercanos al promedio fueron dos: Aguascalientes y Oaxaca con 0.050.

El acceso: Presentó una colorimetría también dispersa, predominante en verde que representa una seguridad alimentaria, en amarillo tres estados y seis estados en color rojo. El promedio general de la dimensión fue de 0.092 y la variable remesas únicamente tuvo efectos positivos. Los tres estados más altos fueron Campeche (0.200), con (0.133) Hidalgo y San Luis Potosí, mientras que los más bajos con (0.025) Jalisco y Sinaloa, con (0.017) Sonora. Por otra parte, el estado más cercano al promedio fue Tlaxcala con 0.092.

La utilización: Se puede observar el color verde predominante, es decir, seguridad alimentaria y algunos estados en nivel de inseguridad moderada (amarillo). El promedio general de la dimensión fue de 0.130 y su resultado fue producto de tres las variables ya que tuvo efectos positivos la anemia, la desnutrición y aumento la esperanza de vida. Los tres estados más altos fueron con 0.188 Baja California, Baja California Sur y Chiapas, mientras que los estados más bajos fueron nueve con 0.063 entre ellos Michoacán, San Luis Potosí y Zacatecas. Los estados más cercanos al promedio fueron once, de los que destacan Campeche, Coahuila y Colima con 0.188.

La estabilidad: Se observa el verde como color predominante; es decir, seguridad alimentaria y solo nueve estados en rojo. El promedio general de la dimensión fue de 0.096, el resultado estuvo dado por un aumento en la precipitación y existió una disminución de la temperatura, aunque fue irregular, mientras que la sequía afectó principalmente a los estados en color rojo. Los tres estados más altos con 0.250 fueron Campeche, Chiapas y Chihuahua; mientras que los más bajos con 0 destacan Guanajuato, Hidalgo y Jalisco. Los estados más cercanos al promedio fueron catorce, entre ellos Aguascalientes, Baja California Sur y Colima con 0.083.

De manera general, para este periodo la utilización fue la dimensión mejor evaluada, seguida de la estabilidad y el acceso, así como la de menor evaluación fue la disponibilidad. Se puede inferir que el país contó con las remesas que aumentaron, sin embargo, se incrementaron

los precios de los alimentos lo cual, dificultó el acceso a los mismos. Por su parte la obesidad y sobrepeso es un problema recurrente debido a la mala alimentación ya sea por las largas jornadas de trabajo, traslados o cambios en las dietas. Aunque hubo un aumento en la precipitación y existió una disminución de la temperatura, la sequía persistió y afectó la producción nacional.

Una vez que se ha realizado este desglose por dimensiones es posible establecer algunas puntualizaciones para aquellos estados que destacan en el *ISHA* sea por su mejor o peor desempeño, enunciados con anterioridad.

Campeche: El índice para este estado fue de 0.60 ubicándolo como el estado con mejor *ISHA* para el periodo 2000-2001. La estabilidad contribuyó a su resultado derivado que todas las variables tuvieron efectos positivos. El acceso reportó en el PIB per cápita y en las remesas un aumento y en los precios casi todos tuvieron una disminución. La utilización se incrementó la esperanza de vida y bajo la desnutrición. La disponibilidad fue la más baja, sin embargo, sumó por la producción de frijol y jitomate. Este estado fue el mejor evaluado del índice derivado de las condiciones de sequía y temperatura que disminuyeron, así como un aumento en la precipitación, como consecuencia de estas buenas condiciones mejoró su producción, para este periodo contó con un buen nivel adquisitivo a causa del aumento en el ingreso per cápita y las remesas, por su parte los precios se mantuvieron constantes, se infiere que su alimentación ha mejorado un poco pero falta que se haga más concientización de la alimentación sana ya que dos de las variables que integran la utilización, la anemia y sobrepeso continuaron en aumento.

Chiapas: Con un índice de 0.60, este estado se sitúa como el segundo estado mejor evaluado dentro del índice. La estabilidad tuvo un impacto positivo en todas las variables. La utilización, la esperanza de vida incremento, la anemia y desnutrición bajaron. El acceso, las remesas y precios tuvieron efectos positivos. Finalmente, la disponibilidad contribuyó al resultado por la producción de frijol, maíz, leche, pollo y huevo. Esta entidad es un productor importante de alimentos, sus resultados sugieren que las variables de la dimensión de estabilidad favorecieran a la producción, las variables de acceso también sumaron a su resultado ya que existió un aumento en las remesas y bajaron los precios, lo cual se traduce en una mayor posibilidad de adquirir alimentos nutritivos y de calidad; sin embargo, este estado no está exento de problemas de obesidad y sobrepeso.

Durango: Registró un índice de 0.52, lo que lo coloca en la tercera mejor posición dentro del índice. La estabilidad fue la dimensión más alta todas debido a los efectos positivos en todas

las variables. La utilización que también obtuvo efectos positivos en la esperanza de vida y anemia. El acceso tuvo un aumento las remesas y una disminución los precios. La disponibilidad obtuvo puntos por la producción de papa, leche y pollo; el maíz en importaciones. A pesar de ser una región con periodos largos de sequía y escasez de agua, en este periodo se tuvieron condiciones climatológicas menos severas, es un estado que importó maíz como una estrategia ante la escasez por periodos más desafortunados, a pesar de que salió bien evaluado no hay que perder de vista que continua la desnutrición y sobrepeso consecuencias de una alimentación deficiente.

Hidalgo: Con un índice de 0.23 obtenido, indica su nivel de desempeño bajo. En el acceso tuvieron un aumento las remesas y los precios. En la utilización solo aumento la esperanza de vida. La disponibilidad tuvo efectos positivos en la producción de leche, pollo y huevo; jitomate en la exportación. La estabilidad fue la dimensión más baja ya que se presentó un aumento en la temperatura y sequía, así como una disminución de la precipitación. En Hidalgo, los resultados son congruentes ya que más bien su ventaja es en la producción de café, cabe señalar que tiene poco que incursionó en las exportaciones de jitomate; sin embargo, su población se encuentra en estado de desnutrición, anemia y sobrepeso.

Zacatecas: Registró un resultado de 0.20, lo que lo coloca como el penúltimo estado más bajo dentro del índice. El acceso presentó aumentos en las remesas y los precios. La utilización registro impactos positivos únicamente en la esperanza de vida. La disponibilidad contribuyó por la producción de jitomate, leche y pollo, pero no así para las importaciones y exportaciones. La dimensión más baja fue la estabilidad ya que tuvo efectos negativos en todas las variables. Los resultados aluden que debido a la escasez de agua y las sequías prolongadas su producción agrícola se vio amenazada, lo cual generó posiblemente la dificultad para acceder a ellos, cabe señalar también que es preocupante la situación de anemia, desnutrición y obesidad y sobrepeso derivado de una mala alimentación.

Jalisco: Su índice fue el más bajo para este periodo con 0.18 lo ubica como un estado con inseguridad alimentaria. Contribuyó de manera positiva al resulta la dimensión de utilización únicamente aumento la esperanza de vida. El acceso tuvo un impacto negativo debido a que las variables que integran para algunos productos presentaron aumentos y el ingreso bajo. La disponibilidad contribuyo también con el arroz y frijol en la producción e importaciones; el plátano producción y exportaciones; huevo producción e importaciones; papa, manzana y pollo en la producción únicamente. La dimensión que más efecto su resultado fue la estabilidad tuvo efectos

negativos en todas las variables. No es sorprendente este resultado ya que continuamente su población sufre la carencia de alimentación de calidad, necesita mejorar su consumo, sin olvidar que las condiciones climáticas constantemente son una amenaza.

Los resultados de Torres y Rojas (2020) se acercan a los hallazgos obtenidos en este período, ya que determinaron que la población que antes tenía acceso a alimentos seguros, se desplazó hacia situaciones de inseguridad alimentaria leve y moderada debido a la decadencia de las condiciones de vida, la producción de alimentos, la migración rural y la situación nutricional y de salud.

Al examinar el resultado del índice se pueden identificar varios factores potenciales que podrían haber jugado un papel importante en este resultado como:

- a) Infraestructura y conectividad: Estados con mejor infraestructura como Baja California y Sonora tienden a tener índices más altos, mientras que regiones rurales aisladas, como Zacatecas y Tlaxcala enfrentan mayores desafíos;
- b) Programas sociales focalizados: La mejora en Campeche y Chiapas sugiere un impacto positivo de programas sociales en estas zonas;
- c) Producción agrícola y accesibilidad: Aunque Jalisco es un estado agrícola clave, su índice bajo puede reflejar problemas en la distribución equitativa de alimentos.

A continuación, se presenta la Tabla 18 que resume la información anteriormente mencionada, proporcionando un concentrado general de los datos.

Tabla 18

Concentrado de resultados generales periodo 2021-2022

	Índices	Dimensiones	VARIABLES
Global 0.372	<i>ISHA-D 0.051</i>		
	<i>ISHA-A 0.092</i>		
	<i>ISHA-U 0.130</i>		
	<i>ISHA-E0.096</i>		
Mayor desempeño	Campeche	+ Estabilidad - Disponibilidad	Sequía, precipitación y temperatura No exportaciones
	Chiapas	+ Estabilidad - Disponibilidad	Sequía, precipitación y temperatura No exportaciones e importaciones

Menor desempeño	Durango	+ Estabilidad - Disponibilidad	Sequía, precipitación y temperatura No exportaciones
	Hidalgo	+ Acceso - Estabilidad	Precios y remesas Sequía, precipitación y temperatura
	Zacatecas	+ Acceso - Estabilidad	Precios y remesas Sequía, precipitación y temperatura
	Jalisco	+ Utilización - Estabilidad	Esperanza de vida Sequía, precipitación y temperatura

4.5 Mapeos del Índice de Seguridad Hidro-Alimentaria 2000-2022

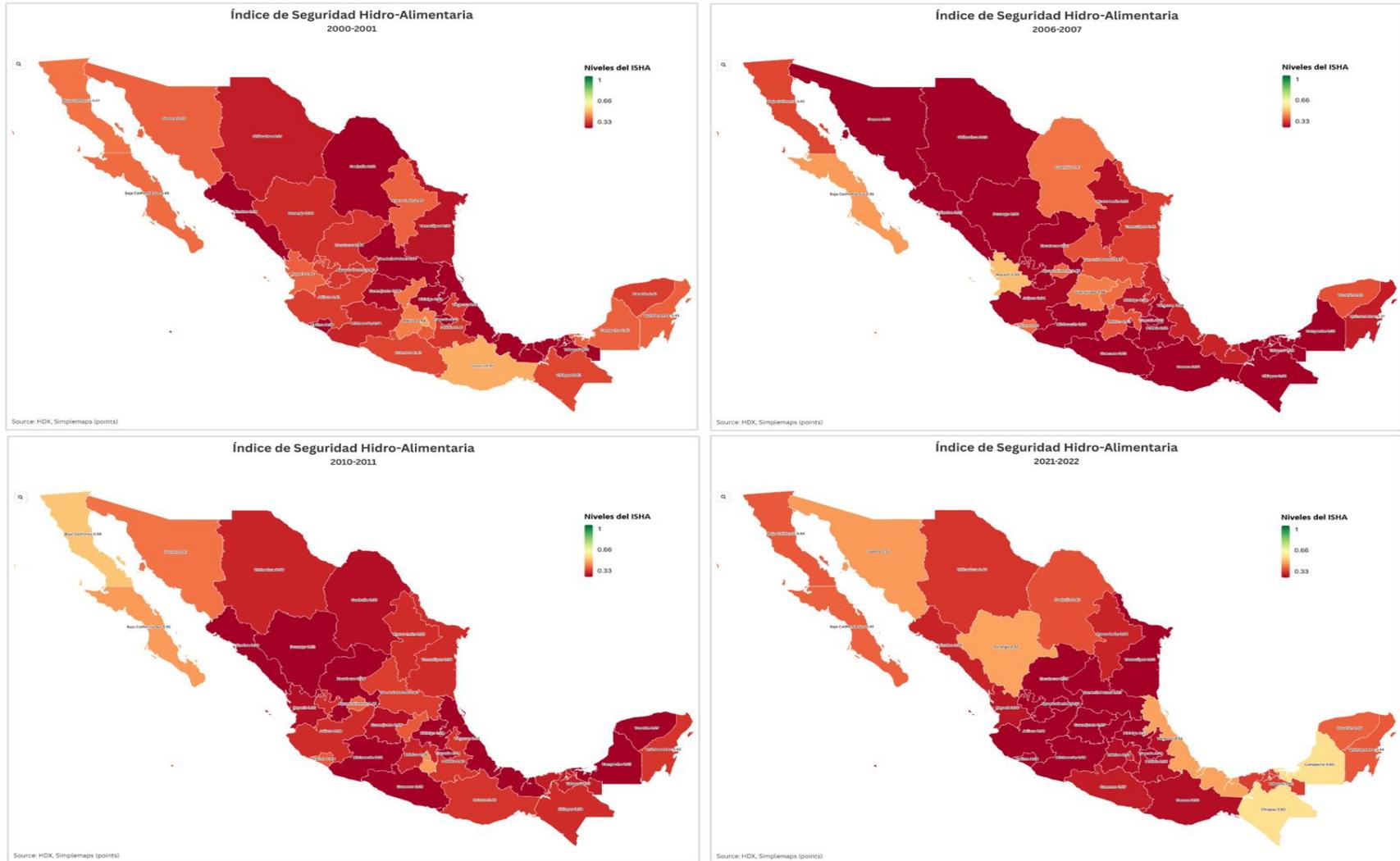
Se observó una recurrencia de los estados de Baja California, Baja California Sur, Ciudad de México, Querétaro y Sonora como los que obtuvieron un mejor índice, mientras que los estados con el índice más bajo frecuentemente en varios mapeos fueron Zacatecas, Tlaxcala, Hidalgo y Guerrero. También, se observó que las zonas centro norte y oriente del país tuvieron un nivel de inseguridad alimentaria debido a factores como la sequía, escasez del agua, pobreza, dependencia de importaciones (Figura 25).

La literatura clásica de la seguridad alimentaria expone que la disponibilidad de alimentos no es el problema; sin embargo, en el caso de este índice en particular la dimensión de disponibilidad en tres periodos fue la más baja, esto debido a que no todos los estados son productores de todos los alimentos, de igual manera para las exportaciones como importaciones no todos los estados comercializan internacionalmente todos los alimentos. Por esto en México, la producción y comercialización de alimentos es un tema de gran complejidad y relevancia para los requerimientos de una población cada vez más numerosa.

Aunque el país produce alrededor de 300 millones de toneladas de alimentos al año (SIAP, 2023) lo que sugiere una gran disponibilidad, existen desafíos relacionados con el acceso, como también lo indica Subramaniam *et al.* (2021), quienes señalan que las remesas son una estrategia de afrontamiento importante, pero no son suficientes para erradicar la inseguridad alimentaria de los hogares pobres de México. Por lo tanto, las remesas deben considerarse como un paso complementario para reducir los niveles de inseguridad alimentaria, pero no deben reemplazar la responsabilidad del gobierno para resolver este problema.

Figura 25

Mapeos del ISHA 2000-2022



La utilización siempre contó con un porcentaje más alto ya que correspondían a esta dimensión cuatro de las trece variables en el *ISHA*. Palacios-Rodríguez *et al.* (2019), sus hallazgos contribuyen a una mejor comprensión de la anemia y sugieren fortalecer las intervenciones del gobierno mexicano para abordar este problema. Así mismo, los resultados obtenidos son similares a los de este estudio en función que la anemia es un problema persistente para evaluar la seguridad alimentaria.

La última dimensión que es la estabilidad, los resultados del índice sugieren que la asociación de variables como precipitación, sequía y temperatura son relacionadas como efectos de desastres climáticos e incide para una mayor o menor evaluación de la seguridad alimentaria, como lo señala Vilar-Compte *et al.* (2019) al afirmar que los municipios en México con alta o muy alta vulnerabilidad a los desastres climáticos tenían una probabilidad casi 30 % mayor de reportar inseguridad alimentaria severa que aquellos con baja o moderada vulnerabilidad a los desastres naturales.

Se alcanzó el objetivo establecido ya que se estimó un *ISHA* para cuatro periodos junto con las cuatro dimensiones respectivas, se observó el comportamiento del fenómeno de investigación para identificar que los estados de la República Mexicana tuvieron un nivel de inseguridad alimentaria moderada constante de tal manera que los mapeos siempre mostraron con una colorimetría rojiza ya que los resultados en todos los periodos no alcanzaron el porcentaje necesario, lo cual indica la debilidad de la seguridad alimentaria del país.

En seguida, se enlistan algunas de las vulnerabilidades principales:

1. Escasez de agua: Es un problema preocupante en el país, especialmente en regiones agrícolas;
2. Falta de inversión en agricultura: Y la limitada infraestructura rural limita la capacidad productiva del sector;
3. Dependencia de importaciones: Hace vulnerable al país frente a fluctuaciones en los precios internacionales y cambios en la política comercial;
4. Desarrollo desigual: Entre regiones y comunidades afecta la disponibilidad y acceso a alimentos;
5. Pobreza y diferencia económica: Son los principales obstáculos para acceder a alimentos saludables;

6. Carencia de políticas públicas efectivas: Para abordar la seguridad alimentaria es un obstáculo importante;
7. Vulnerabilidad de grupos específicos: Grupos como indígenas, mujeres y niños son particularmente vulnerables a la inseguridad alimentaria;
8. Inseguridad y violencia: En algunas regiones del país afectan la producción y distribución de alimentos; y
9. Cambio climático: Afecta la producción agrícola en México, especialmente en regiones vulnerables como el norte y el sur del país.

4.6 Proyección 2030 del Índice de Seguridad Hidro-Alimentaria

La proyección del *ISHA* para el año 2030 muestra una tendencia a la inseguridad alimentaria con dimensiones bien evaluadas como el acceso y utilización. Sin embargo, también se identifican desafíos y riesgos que podrían afectar la seguridad alimentaria en el futuro con la disponibilidad y la estabilidad.

El *ISHA*, proyectado para el año 2030, mostró un escenario de inseguridad con una colorimetría en tonos naranjas y rojos, cuatro de ellos con una tonalidad más clara que corresponden a los estados de Chiapas con un índice de 0.64, Campeche y Veracruz con el 0.58, Sonora con 0.54 y Durango con el 0.50, no hay ningún estado que, en términos de la categorización, tenga seguridad alimentaria en la proyección, por el contrario la estimación para algunos de ellos es muy bajo como el caso de los estados de Jalisco con el 0.11 y Zacatecas con 0.10 que están por debajo del promedio de 0.365, sobre los cuáles se destacan algunas particularidades posteriormente.

Respecto a comparaciones con periodos anteriores, Chiapas (de 0.60 en 2021-2022 a 0.64 en 2030) se proyecta una mejora continua, se podría atribuir a esfuerzos en programas sociales; Durango (de 0.52 en 2021-2022 a 0.50 en 2030) mantiene una posición estable en niveles altos mientras que Jalisco (de 0.18 en 2021-2022 a 0.11 en 2030) la caída proyectada sugiere problemas significativos en el manejo de recursos y acceso a alimentos, posiblemente afectada por factores externos o falta de políticas efectivas, Zacatecas (de 0.20 en 2021-2022 a 0.10 en 2030) refleja una falta de progreso, posiblemente debido a una baja inversión en infraestructura alimentaria.

Figura 26

Mapa del ISHA proyección 2030

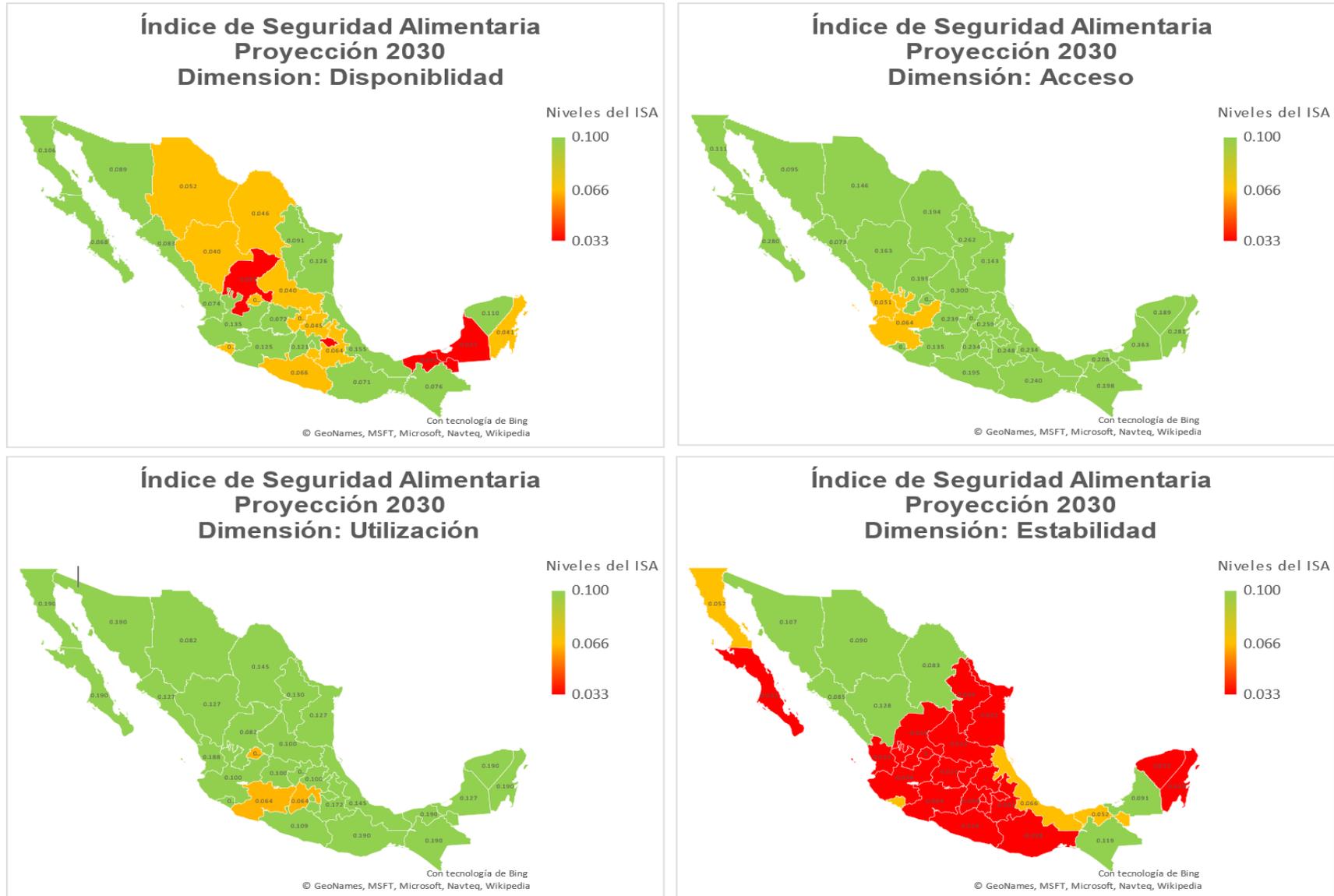


Source: HDX, Simplemaps (points)

Estados	Nivel de ISHA
Aguascalientes	0.46
Baja California	0.46
Baja California Sur	0.47
Campeche	0.58
Coahuila	0.46
Colima	0.32
Chiapas	0.64
Chihuahua	0.41
Ciudad de México	0.34
Durango	0.50
Guanajuato	0.22
Guerrero	0.30
Hidalgo	0.27
Jalisco	0.11
México	0.28
Michoacán	0.25
Morelos	0.35
Nayarit	0.31
Nuevo León	0.35
Oaxaca	0.27
Puebla	0.34
Querétaro	0.21
Quintana Roo	0.42
San Luis Potosí	0.34
Sinaloa	0.41
Sonora	0.54
Tabasco	0.45
Tamaulipas	0.33
Tlaxcala	0.19
Veracruz	0.58
Yucatán	0.42
Zacatecas	0.10

Figura 27

Mapas de dimensiones del ISHA, proyección 2030



En la Figura 27 se presenta el mapa de las dimensiones de la proyección 2030, según los niveles de seguridad alimentaria (verde), inseguridad moderada (amarillo) e inseguridad severa (rojo).

La disponibilidad: Tuvo una colorimetría dispersa con dieciséis estados en verde, doce en amarillo y cuatro en rojo; es decir, en un nivel de inseguridad alimentaria, el norte presenta mayormente áreas en amarillo. El promedio general de la dimensión fue de 0.072. Los tres estados más altos son Veracruz (0.155), Jalisco (0.135) y Tamaulipas (0.126); mientras que los más bajos Campeche (0.027), Tabasco (0.025) y Tlaxcala (0.020). Los estados más cercanos al promedio son dos, Oaxaca (0.71) y Baja California Sur (0.068).

El acceso: Presentó una colorimetría predominante en verde que representa una seguridad alimentaria, en amarillo únicamente dos estados. El promedio general de la dimensión fue de 0.199. Los tres estados más altos son Campeche (0.363), San Luis Potosí (0.300) y Morelos (0.286), mientras que los más bajos Sinaloa (0.073), Jalisco (0.064) y Nayarit (0.051). Por otra parte, los estados más cercanos al promedio son Chiapas (0.198), Guerrero y Zacatecas (0.195).

La utilización: Se puede observar el color verde predominante, es decir, seguridad alimentaria y tres estados en inseguridad alimentaria. El promedio general de la dimensión fue de 0.139. Lo estados más altos fueron con 0.190 Baja California, Baja California Sur y Chiapas, mientras que los estados más bajos con 0.064 Aguascalientes, México y Michoacán. Los estados más cercanos al promedio es Nuevo León con 0.130.

La estabilidad: Se observa el rojo como color predominante, es decir, inseguridad alimentaria, siete estados en verde y cuatro en amarillo. El promedio general de la dimensión fue de 0.028. Los tres estados más altos Durango (0.128), Chiapas (0.119) y Sonora (0.107); mientras que los más bajos Oaxaca, Tlaxcala (0.038) y Querétaro (0.040). El estado más cercano al promedio es Guerrero (0.024).

De manera general, para este periodo el acceso utilización fue la dimensión mejor evaluada, seguida de la utilización, en posición intermedia la disponibilidad y la peor evaluada fue la estabilidad. Las regiones más afectadas se concentran en el centro del país.

Una vez que se ha realizado este desglose por dimensiones es posible establecer algunas puntualizaciones para aquellos estados que destacan en el *ISHA* sea por su mejor o peor desempeño.

Zonas con índices altos (>= 0.50)

Chiapas (0.64), este estado proyecta el índice más alto, reflejando potenciales avances significativos en programas sociales y agrícolas, particularmente en zonas históricamente marginadas; Campeche (0.58) y Veracruz (0.58) regiones del sureste que se destacan, probablemente como resultado de inversiones sostenidas en infraestructura y políticas de desarrollo, mientras que Sonora (0.54) y Durango (0.50) que son estados del norte que muestran estabilidad, beneficiándose de recursos naturales y avances en tecnología agrícola.

Zonas con índices bajos (< 0.30)

Zacatecas (0.10) proyecta el índice más bajo, indicando desafíos persistentes relacionados con la pobreza, migración y falta de infraestructura; Jalisco (0.11) a pesar de ser un estado agrícola clave, enfrenta dificultades crecientes en distribución equitativa y acceso a alimentos; Guanajuato (0.22), Querétaro (0.21) y Tlaxcala (0.19) que son estados en el centro del país que reflejan desigualdades en la seguridad alimentaria.

Zonas con índices moderados (0.30-0.49):

La mayoría de los estados como Baja California (0.46) y Chihuahua (0.41), se encuentran en esta categoría. Esto sugiere avances graduales, pero sin un impacto generalizado en el progreso del acceso a alimentos.

En el contexto global y nacional hacia 2030, en México se prevé una urbanización acelerada derivada de la expansión de ciudades puede empeorar la distribución equitativa de recursos, afectando particularmente a estados como Jalisco y Guanajuato, el cambio climático con sequías más frecuentes y otros fenómenos extremos continuarán afectando la producción agrícola en estados dependientes del sector primario. En el mundo, el crecimiento demográfico mundial y la competencia por recursos agrícolas incrementarán los retos para la seguridad alimentaria en países como el nuestro. Las innovaciones tecnológicas pueden beneficiar a regiones como Sonora, pero su implementación desigual podría ampliar las brechas regionales.

Se deben de considerar factores asociados al índice proyectado como lo son:

- Programas sociales: Estados con avances significativos (como Chiapas y Campeche) reflejan el impacto positivo de políticas públicas focalizadas;
- Infraestructura agrícola: Regiones con índices altos como Sonora y Durango, se benefician de infraestructura que permite una mejor distribución y acceso;

- Desigualdad económica: La persistencia de índices bajos en Zacatecas y Jalisco muestra cómo la desigualdad puede limitar el acceso equitativo a alimentos;
- Persistencia de desigualdades: Las brechas regionales siguen siendo significativas, con el sureste mostrando mejoras y el centro-norte enfrentando desafíos graves;
- Impacto del cambio climático: Estados vulnerables al cambio climático podrían ver reducciones significativas en su capacidad de producción agrícola; y
- Falta de políticas efectivas: La proyección de índices bajos en estados como Zacatecas y Jalisco subraya la necesidad de intervenciones más ambiciosas.

Se señalan algunas recomendaciones clave de la proyección 2030:

- Fomentar resiliencia climática;
- Introducir tecnologías agrícolas sostenibles en regiones vulnerables;
- Ampliar la reforestación y conservación de recursos hídricos en el norte y centro;
- Fortalecer políticas sociales: Expandir programas de apoyo alimentario en estados con índices bajos como Zacatecas y Jalisco;
- Desarrollo de infraestructura: Mejorar la conectividad y los sistemas de logística alimentaria en regiones rurales; y
- Promover la equidad regional: Priorizar inversiones en estados marginados

Para 2030, el *ODS 2 (Hambre Cero)* podría impulsar políticas internacionales que apoyen a México en la erradicación del hambre del centro y centro-norte para cerrar las brechas de seguridad alimentaria.

Tal como se ha podido constatar en este capítulo, el análisis que se deriva de la estimación del *ISHA*, para cada uno de los periodos, es vasto y se pueden establecer distintas conjeturas e interrogantes del valor que se obtiene a nivel global, o bien para cada una de las dimensiones, explicados por las distintas variables y productos que lo componen, llegando a ser compleja la determinación entre ellas a nivel estado. Sin embargo, es justamente lo que se buscaba mostrar con la construcción y estimación del *ISHA*, en sus cuatro pilares, bajo el enfoque del nexo.

En la Tabla 19 se presenta un concentrado de los estados en los límites del *ISHA* por dimensión, con la información previamente señalada en el documento. Las tendencias observadas indican que estados como Chiapas y Veracruz han mejorado su *ISHA*; sin embargo, estados como Zacatecas, Jalisco mostraron una disminución en su índice, lo que

puede indicar una vulnerabilidad creciente, debido a sequías y aumento de temperaturas que afectan directamente la producción agrícola, generando inestabilidad en su seguridad alimentaria.

Por otra parte, estados como Hidalgo y Tlaxcala, manifiestan su rezago, lo que evidencia la necesidad de mejorar sus políticas y estrategias para superarlo. Se debe enfatizar que la relevancia de la seguridad alimentaria es multidimensional y, en consecuencia, complejo. La tendencia refleja que para México sigue siendo un desafío significativo, evidenciado en la colorimetría de los mapas del *ISHA*; por lo que las dimensiones de la seguridad alimentaria requieren una atención inmediata como parte de la agenda nacional, con la colaboración entre los sectores gubernamentales, privados, científicos y sociales que puedan garantizar la seguridad alimentaria como parte de un derecho fundamental para los mexicanos.

Como se mencionó al inicio de este capítulo, el análisis e inferencia que se pueda hacer para cada uno de los periodos y cada uno de los estados, dependerá del interés en particular que se tenga para alguno(s) de ellos. La aportación de este trabajo fue el esfuerzo por generar una propuesta metodológica, que permitiera la construcción y estimación de un índice de seguridad alimentaria, considerando los cuatro pilares a las que hace referencia la argumentación teórica y evidencia empírica, pero que no se conjuntan en ningún estudio. Sin duda se podrá estar en desacuerdo con algunos planteamientos que se han señalado en el presente documento, sin embargo, se tiene un punto de partida, permisible de mejora, en cuanto a las variables, pesos de las dimensiones, métodos de estimación, entre otros. En eso reside la investigación y la construcción del conocimiento para la explicación y solución de problemáticas complejas, como el de la seguridad alimentaria asociada con los recursos hídricos a través del concepto de agua virtual.

Tabla 19

Concentrado de estados en los límites de las dimensiones del ISHA

ISHA			2000-2001	2006-2007	2010-2011	2021-2022
Global			0.395	0.351	0.372	0.372
			DISPONIBILIDAD			
<i>Estados con mayor desempeño</i>			Puebla (0.058) Aguascalientes (0.050) BCS (0.050)	Baja California (0.092) Jalisco (0.092) Aguascalientes (0.075)	Ciudad de México (0.092) Baja California (0.083) Chiapas (0.083)	Veracruz (0.100) Jalisco (0.092) México (0.083)
<i>Estados con menor desempeño</i>			Baja California (0.017) Michoacán (0.017) Guerrero (0.008)	BCS (0.025) San Luis Potosí (0.025) Yucatán (0.025)	Quintana Roo (0.017) San Luis Potosí (0.017) Tlaxcala (0.017)	Campeche (0.025) Tlaxcala (0.025) Zacatecas (0.025)
Promedio			0.036	0.051	0.049	0.051
<i>Estados cercanos al promedio</i>			Campeche (0.033) Coahuila (0.033) Morelos (0.033)	Coahuila (0.050) Colima (0.050) Hidalgo (0.050)	Aguascalientes (0.050) Coahuila (0.050) Chihuahua (0.050)	Aguascalientes (0.050) Oaxaca (0.050)
			ACCESO			
<i>Estados con mayor desempeño</i>			Durango (0.225) Zacatecas (0.217) Coahuila (0.158)	Colima (0.200) BCS (0.192) Tamaulipas (0.142)	Puebla (0.200) Aguascalientes (0.217) Ciudad de México (0.217)	Campeche (0.200) Hidalgo (0.133) San Luis Potosí (0.133)
<i>Estados con menor desempeño</i>			Morelos (0.050) Hidalgo (0.008) Tlaxcala (0.008)	Michoacán (0.033) Zacatecas (0.033) Sonora (0.008)	Durango (0.042) Chiapas (0.033) Guerrero (0.033)	Jalisco (0.025) Sinaloa (0.025) Sonora (0.017)
Promedio			0.121	0.095	0.136	0.092
<i>Estados cercanos al promedio</i>			Campeche (0.125) Colima (0.125) Chiapas (0.125)	México (0.100) Hidalgo (0.100)	México (0.133)	Tlaxcala (0.092)

			UTILIZACIÓN			
<i>Estados con mayor desempeño</i>			Baja California (0.188) BCS (0.188) Chiapas (0.188)	Nayarit (0.188) Aguascalientes (0.188) Baja California (0.125)	Aguascalientes (0.188) Baja California (0.188) Coahuila (0.188)	Baja California (0.188) BCS(0.188) Chiapas (0.188)
<i>Estados con menor desempeño</i>			Jalisco (0.063) San Luis Potosí (0.063) Zacatecas (0.063)	Tlaxcala (0.063) Zacatecas (0.063) Nuevo León (0)	Tamaulipas (0.125) Tlaxcala (0.125) Zacatecas (0.125)	Michoacán (0.063) San Luis Potosí (0.063) Zacatecas (0.063)
Promedio			0.139	0.107	0.167	0.130
<i>Estados cercanos al promedio</i>		<i>al</i>	Aguascalientes (0.125) Campeche (0.125) Coahuila (0.125)	Campeche (0.063) Chihuahua (0.063) Durango (0.063)	Chiapas (0.188) Ciudad de México (0.188) Guanajuato (0.188)	Campeche (0.188) Coahuila (0.188) Colima (0.188)
			ESTABILIDAD			
<i>Estados con mayor desempeño</i>			Baja California (0.167) Campeche (0.167) Chihuahua (0.167)	Aguascalientes (0.167) BCS (0.167) Coahuila (0.167)	Baja California (0.083) BCS (0.083) Colima (0.083)	Campeche (0.250) Chiapas (0.250) Chihuahua (0.250)
<i>Estados con menor desempeño</i>			Puebla (0) Sinaloa (0) Tabasco (0)	Morelos (0) Oaxaca (0) Tlaxcala (0)	Veracruz (0) Yucatán (0) Zacatecas (0)	Guanajuato (0) Hidalgo (0) Jalisco (0)
Promedio			0.099	0.096	0.018	0.096
<i>Estados cercanos al promedio</i>		<i>al</i>	Aguascalientes (0.083) BCS (0.083) Chiapas (0.083)	Baja California (0.083) Colima (0.083) Chiapas (0.083)	México (0) Oaxaca (0) Puebla (0)	Aguascalientes (0.083) BCS (0.083) Colima (0.083)

Conclusiones

Entender un fenómeno de estudio bajo un enfoque convencional, unidimensional y lineal es prácticamente imposible. La presente investigación, realizada para México en el periodo 2000-2022, con prospectiva a 2030, permitió comprender la estrecha relación entre dos elementos aparentemente disociados como el de agua virtual y la seguridad alimentaria, a través de una perspectiva sistémica, integral, compleja y multidimensional. Lo anterior, no sólo robusteció la argumentación teórica sobre la problemática de la seguridad alimentaria, sino también propuso una estimación robusta de un índice, que dimensionara su naturaleza, asociada a diferentes variables, destacando particularmente el agua directa e indirecta (agua virtual) que determina la disponibilidad y estabilidad de los alimentos, sin dejar de lado las dimensiones de acceso y utilización, que en conjunto pueden mejorar la seguridad alimentaria.

Actualmente, la explicación del comportamiento de todo fenómeno de estudio requiere de argumentos teóricos innovadores y complejos, como la Teoría de Sistemas Complejos bajo el enfoque de nexos, donde la interacción de los elementos se reconoce como un sistema de dinámica global, no lineal, de auto organización y adaptación, que permita atenuar la emergencia de resultados inesperados. La *TSC* junto con la Revisión Sistemática de la Literatura permitieron argumentar la relación del nexo agua virtual-seguridad alimentaria, destacando la necesidad de una gestión integrada de los recursos hídricos y de los alimentos, que minimicen los conflictos por el uso de recursos y maximicen los beneficios sociales, económicos y ambientales. Esto también permitió confirmar la relación entre ambos conceptos, reconociendo la multidimensionalidad de la seguridad alimentaria, evidenciada por los estudios previos, sin embargo, también se identificó la ausencia de estudios suficientes que consideraran de manera conjunta las cuatro dimensiones y menos aún, asociado al recurso hídrico. En este sentido, se cumplió con el primero de los objetivos, y se pudo establecer una base teórica para una mayor comprensión de la seguridad hidro-alimentaria que promueva un desarrollo sostenible y equitativo para todas las personas.

La contextualización del nexo agua virtual-seguridad alimentaria, particularizando para México, permitió acotar y comprender el comportamiento de los elementos del nexo, destacando la importancia de los flujos de agua virtual por la actividad del comercio internacional y la categorización de México como importador neto, particularmente en el sector primario. La estructura de las redes resaltó la trascendencia del agua virtual como un indicador clave de la optimización del uso del agua en la producción de alimentos y otros productos, y su incidencia en

la seguridad alimentaria para México, permitiendo con ello, su dimensionamiento para una mejor interpretación de los resultados, así como su interrelación con los ODS, dando cumplimiento con ello al segundo de los objetivos de la presente investigación.

La comprensión y composición del nexo agua virtual-seguridad alimentaria, así como su comportamiento para México, permitió determinar las dimensiones y variables que podían ser consideradas por la teoría y la evidencia empírica, más allá de lo convencional. A partir de ello es que se pudo construir un índice de seguridad (*IS*) que considerara ambos elementos, dando la connotación de Hidro-Alimentaria (*HA*). Las variables de la dimensión de disponibilidad se consideraron en términos de agua virtual y algunas de variables de la dimensión de estabilidad indirectamente. De esta manera se pudo construir y estimar el *ISHA* para México, considerando los cuatro pilares, con 13 variables y 10 productos representativos de la canasta básica, en cuatro momentos que comprendió el periodo 2000-2022, proporcionando información significativa sobre el estatus de la seguridad hidro-alimentaria global y por dimensiones para cada uno de los 32 estados que conforman México, y que sin duda representa la mayor aportación de esta investigación al ser un primer referente, permisible de mejora, para futuras investigaciones sobre este tópico bajo el enfoque de nexo.

Los resultados de la estimación del índice permitieron hacer un comparativo a través de la colorimetría de mapas, de acuerdo con los rangos de seguridad alimentaria (verde), inseguridad moderada (amarillo) e inseguridad (rojo) a nivel nacional y por estados, haciendo el desglose por dimensiones, lo cual permitió identificar la determinación de las variables en la seguridad alimentaria, así como de los propios alimentos considerados. El análisis presentado tuvo como propósito mostrar la bondad de la metodología por dimensiones, estados, variables y productos, sin embargo, la profundidad y focalización dependerá del interés del propio investigador o lector. En general se puede mencionar que México obtuvo un nivel de inseguridad alimentaria moderada; los resultados sugieren que la dimensión de disponibilidad y estabilidad están estrechamente relacionadas ya que, si las variables que integran la estabilidad presentan bajos resultados, se refleja en una menor producción de alimentos y una mayor importación de estos, lo cual trae consigo la dependencia a las importaciones del agua virtual.

Es importante señalar que se debe ser cauteloso en la interpretación y aseveraciones que pudieran hacer al respecto, debido a la falta de información para algunos años y variables que integraron las dimensiones del *ISHA* a nivel estado y más aún por producto. Por lo que el propósito

en este primer momento fue el de generar una propuesta metodológica para la construcción y estimación de este índice, como parte del alcance del tercer objetivo del presente estudio, con la idea de robustecerlo y validarlo en futuras investigaciones.

En cuanto a la proyección del *ISHA*, con miras al año 2030 mediante una regresión lineal, considerando los porcentajes de composición de las dimensiones, permitió la identificación de las implicaciones, oportunidades y retos de la seguridad alimentaria nacional en torno a la Agenda 2030. Esta proyección mostró la vulnerabilidad en cada una de las dimensiones como el acceso y estabilidad, así como las oportunidades en la disponibilidad de los alimentos. Aunado al cambio de ponderación de las dimensiones, con base a la discusión teórica, evidencia empírica y el apoyo en herramientas tecnológicas como el de la inteligencia artificial.

Todo ello, proporciona una herramienta valiosa para monitorear y evaluar la seguridad alimentaria en el país e identificar áreas de mejora y oportunidades para abordar los desafíos en materia de seguridad hidro-alimentaria, a través de políticas y programas que contribuyan con las cuatro dimensiones. También ofrece la posibilidad de contrastar y generar nuevas propuestas integrales que permitan una mayor comprensión del tema de seguridad alimentaria bajo el enfoque de la complejidad de los nexos, haciendo posible la consecución del cuarto objetivo de investigación.

La seguridad alimentaria es un concepto complejo, por lo que, su medición representa un gran desafío, por la diversidad del contexto económico, social, ambientales, entre otros. La presente investigación proporcionó nueva evidencia empírica, que puede ser significativa en términos de medición, análisis y comparabilidad de los hallazgos. Se espera puedan ser de interés para responsables de formulación de políticas, así como de otros actores relevantes en la adopción de decisiones.

En el campo de la investigación, este estudio ha tenido como propósito contribuir teórica y metodológicamente a un vacío perceptible en la literatura bajo el enfoque de nexo, entre dos elementos que conforman parte de un derecho universal como es el acceso al agua y a los alimentos, no solo en términos de volumen, sino también de valor, y no solo para las generaciones vivas, sino también para las que están por venir. Nuestro compromiso como investigadores y científicos sociales es contribuir para que ello suceda.

Recomendaciones

La presente investigación ha proporcionado valiosos insights sobre el nexo agua virtual-seguridad alimentaria; sin embargo, también es cierto que existieron ciertas limitaciones que deben ser consideradas para futuras investigaciones:

- La disponibilidad de datos fue limitada para el periodo de estudio, al no tener la información para todos los años, por lo que se tuvieron que estimar por medio de tasas de crecimiento, lo cual puede generar imprecisiones de estimación y establece un comportamiento lineal de las variables.
- No se pudieron contrastar los resultados obtenidos con artículos similares, al tener un limitado número de estudios de esta naturaleza y con las variables utilizadas, por lo que se recurrió a datos contextuales de lo que sucedió en esos periodos para reforzar los hallazgos.
- La periodicidad seleccionada se limitó a cuatro momentos claves, lo que podría no reflejar la complejidad y la profundidad del estudio en su totalidad.
- La Teoría de Sistemas Complejos puede no estar suficientemente desarrollada para explicar completamente el nexo entre agua virtual y seguridad alimentaria.

Estas limitaciones destacan la necesidad de abordar las lagunas o gaps identificados y mejorar las áreas que requieren más investigación y análisis del nexo agua virtual-seguridad alimentaria, que dé lugar a futuras investigaciones e incluso posibles líneas de investigación sobre este tópico en cuanto a:

- Estimación y rastreo del agua virtual de los productos agrícolas en México por regiones, generando investigaciones con mayor profundidad sobre el volumen de agua virtual necesaria para producir diferentes productos agrícolas en distintas regiones de México, lo que podría proporcionar una estadística más detallada de carácter local.
- Robustecimiento de la metodología para la construcción de índices en cuanto a dimensiones, variables, ponderaciones, productos, métodos de estimación y aproximación, entre otros
- Evaluación de la vulnerabilidad del cambio climático en la disponibilidad de agua virtual, a través de estudios donde se analice el impacto del cambio climático en la disponibilidad de agua virtual en México y su impacto en la seguridad alimentaria.
- Desarrollo de modelos de optimización del nexo agua virtual-seguridad alimentaria donde se desarrollen modelos econométricos avanzados para optimizar el uso del agua virtual en

la agricultura y minimizar su impacto en la seguridad alimentaria para una mejor predicción del fenómeno de investigación.

Estas sugerencias podrían contribuir a la comprensión y el avance del nexo agua virtual-seguridad alimentaria, o bien de los elementos por separado. Los resultados puedan ser punto de discusión y de aportación para la aplicación de alguna política pública como parte del quehacer de la ciencia económica de optimizar aquellos recursos que son escasos como el agua para atender los requerimientos de la sociedad; en este caso la seguridad alimentaria, generando también una conciencia colectiva hacia un consumo inteligente que garantice un mejor futuro para la sociedad y el planeta.

Referencias

- Afkhami, M., Bassetti, T., Ghoddusi, H., & Pavesi, F. (2022). Virtual water and the inequality in water content of consumption. *Environment and Development Economics*, 27(5), 470–490. <https://doi.org/10.1017/S1355770X21000401>
- Allan, J. A. (2003). Virtual Water—The Water, Food, and Trade Nexus. Useful Concept or Misleading Metaphor? *Water International*, 28(1), 106–113. <https://doi.org/10.1080/02508060.2003.9724812>
- Antonelli, M., Tamea, S., & Yang, H. (2017). Intra-EU agricultural trade, virtual water flows and policy implications. *Science of The Total Environment*, 587–588, 439–448. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.105>
- Argudo García, J. J. (2019). La gestión del agua en distintas civilizaciones: De Grecia a la actualidad. *Energía & Minas: Revista Profesional, Técnica y Cultural de los Ingenieros Técnicos de Minas*, 15, 60–75. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7401435>
- Arreguín, F., López-Pérez, M., Marengo-Mogollón, H., y Tejeda-González, C. (2007). Virtual water in México. *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*, 22(4), 121–132. Recuperado de http://cenca.imta.mx/pdf/agua_virtual.pdf
- Aquabook. (2016). *El agua y la biodiversidad*. Recuperado de https://aquabook.irrigacion.gov.ar/1021_0
- Aquabook. (2016). Aquabook. Recuperado de https://aquabook.irrigacion.gov.ar/1029_0
- Avellán, T., Roidt, M., Emmer, A., Von Koerber, J., Schneider, P., & Raber, W. (2017). Making the Water–Soil–Waste Nexus Work: Framing the Boundaries of Resource Flows. *Sustainability*, 9(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/su9101881>
- Avicultura. (2022). *Avicultura Mexicana: Conoce su importancia para el país*. Recuperado de <https://bmeditores.mx/avicultura/avicultura-mexicana-conoce-su-importancia-para-el-pais/>
- Balbi, L. (2017). Seguridad alimentaria mundial. *Medio Ambiente rural y marino*, 1-12. Recuperado de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/exposiciones/Alimentacion_Mundial/www/liliana_balbi/intervencion_liliana_balbi.pdf
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2019). Seguridad alimentaria en América Latina y el Caribe.

- IDB Publications. <https://doi.org/10.18235/0001784>
- Banco Mundial. (2023). *World Water Day: Two billion people still lack access to safely managed water*. World Bank Blogs. Recuperado de <https://blogs.worldbank.org/en/opendata/world-water-day-two-billion-people-still-lack-access-safely-managed-water>
- Banco Mundial. (2024). *Actualización sobre la seguridad alimentaria—Banco Mundial*. Recuperado de <https://www.bancomundial.org/es/topic/agriculture/brief/food-security-update>
- Banxico. (2024). *Estructura de información Tipo de cambio (SIE, Banco de México)*. Recuperado de <https://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?sector=6&accion=consultarCuadro&idCuadro=CF86&locale=es>
- Banxico. (2024). *Consulta de cuadro resumen (SIE, Banco de México)*. Recuperado de <https://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadroAnalitico&idCuadro=CA79>
- Barrientos, D. (2020). Tenemos 10 años para frenar el cambio climático: Dolores Barrientos. *Vida Universitaria. Universidad Autónoma de Nuevo León*. Recuperado de <https://vidauniversitaria.uanl.mx/campus-uanl/tenemos-10-anos-para-frenar-el-cambio-climatico-dolores-barrientos/>
- Beghin, J., Meade, B., & Rosen, S. (2017). A food demand framework for International Food Security Assessment. *Journal of Policy Modeling*, 39(5), 827–842. <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2017.06.001>
- Béné, C., Frankenberger, T. R., Nelson, S., Constan, M. A., Collins, G., Langworthy, M., & Fox, K. (2023). Food system resilience measurement: Principles, framework and caveats. *Food Security*, 15(6), 1437–1458. <https://doi.org/10.1007/s12571-023-01407-y>
- Biodiversidad Mexicana. (2020). *Qué nos aportan los frijoles*. Biodiversidad Mexicana. Recuperado de https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/que-nos-aportan/N_frijoles
- Biodiversidad Mexicana. (2020). *Qué nos aportan los maíces*. Biodiversidad Mexicana. Recuperado de https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/que-nos-aportan/N_maices
- Bucatariu, C. A. (2020). 7—The concept of (virtual) water in the food industry. En C. Galanakis

- (Ed.), *The Interaction of Food Industry and Environment*, 223–243. Academic Press.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816449-5.00007-2>
- Camarillo, A. M. S. (2018). El Milagro Mexicano 1958-1970 ¿Hubo desarrollo y estabilidad? *Horizonte Histórico Revista semestral de los estudiantes de la Licenciatura en Historia de la UAA*, 16, Article 16. <https://doi.org/10.33064/hh.vi16.1509>
- Campi, M., Dueñas, M., & Fagiolo, G. (2020). How do countries specialize in agricultural production? A complex network analysis of the global agricultural product space. *Environmental Research Letters*, 15(12), 124006. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abc2f6>
- Castaño Martínez, C. (2020). Los pilares del desarrollo sostenible: Sofisma o realidad. Universidad Santo Tomás. Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/items/2acc83d6-665e-4b8d-9b29-9a20f4915ce6>
- Chapagain, A. K., & Hoekstra, A. Y. (2008). The global component of freshwater demand and supply: An assessment of virtual water flows between nations as a result of trade in agricultural and industrial products. *Water International*, 33(1), 19–32. <https://doi.org/10.1080/02508060801927812>
- Centro Virtual de Información del Agua. (2023). Visión general del Agua en México. *Agua.org.mx*. Recuperado de <https://agua.org.mx/cuanta-agua-tiene-mexico/>
- Centro Virtual de Información del Agua. (2023). *El Ciclo del Agua (Data Mares)*. Recuperado de <https://agua.org.mx/biblioteca/el-ciclo-del-agua-data-mares/>
- Cepal. (2023). *América Latina y el Caribe en la mitad del camino hacia 2030: Avances y propuestas de aceleración*. Síntesis. Cepal. Recuperado de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/4407b374-b3e3-48ab-a732-d2ac2ee7e17c/content>
- Cervantes-Jiménez, M. C. (2017). Medición del costo de oportunidad de la exportación virtual de agua en los productos agrícolas mexicanos, 2004-2013. *TANTALUS, Revista de economía de los recursos naturales*, 1(1), 17-25. Recuperado de <http://www.economia.unam.mx/avisos/tantalusr.pdf>
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2024). *Precipitación*. Recuperado de <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/pronostico-climatico/precipitacion-form>
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2017). *Las propiedades del Agua*. Recuperado

- <http://www.gob.mx/conagua/articulos/las-propiedades-del-agua?idiom=es>
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2017). *Comisión Nacional del Agua | Gobierno | gob.mx*. Recuperado de <https://www.gob.mx/conagua>
- Coneval. (2015). *Dimensiones de la seguridad alimentaria: Evaluación Estratégica de Nutrición y Abasto*. México: Coneval. Recuperado de https://www.coneval.org.mx/rw/resource/coneval/info_public/pdf_publicaciones/dimensiones_seguridad_alimentaria_final_web.pdf
- Consejo Consultivo del Agua. (2021). *Usos del agua en México*. Consejo Consultivo del Agua. Recuperado de <https://www.aguas.org.mx/sitio/index.php/panorama-del-agua/agua-en-mexico>
- Consejo Nacional de Población. (2024). *Día de la niña y el niño*. gob.mx. Recuperado de <http://www.gob.mx/conapo/articulos/dia-de-la-nina-y-el-nino-363531?idiom=es>
- Consejo Nacional de Población. (2024). *Bases de datos de la Conciliación Demográfica 1950 a 2019 y Proyecciones de la población de México 2020 a 2070*. gob.mx. Recuperado de <http://www.gob.mx/conapo/documentos/bases-de-datos-de-la-conciliacion-demografica-1950-a-2019-y-proyecciones-de-la-poblacion-de-mexico-2020-a-2070>
- Data México. (2024). *Tomates Frescos o Refrigerados: Intercambio comercial, compras y ventas internacionales, mercado y especialización*. Data México. Recuperado de <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/product/tomatoes-fresh-or-chilled>
- De La Rosa Leal, M. E. (2021). El enfoque de sostenibilidad en las teorías organizacionales. *Trascender, Contabilidad Y Gestión*, 6, 87–102. <https://doi.org/10.36791/tcg.v0i17.102>
- Dong, J., Li, S., Huang, L., He, J., Jiang, W., Ren, F., Wang, Y., Sun, J., & Zhang, H. (2024). Identification of international trade patterns of agricultural products: The evolution of communities and their core countries. *Geo-spatial Information Science*, 27(1), 49–63. <https://doi.org/10.1080/10095020.2022.2122875>
- Dutta, H. y Saikia, AA (2018). Seguridad alimentaria: una revisión sobre su definición, niveles y evolución. *Revista Asiática de Investigación Multidimensional (AJMR)*, 7(7), 111-122. Recuperado de <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ajmr&volume=7&issue=7&article=012>
- Encuesta Nacional de Salud y Nutrición. (2024). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición*.

- Recuperado de <https://ensanut.insp.mx/index.php>
- Endo, A., Yamada, M., Miyashita, Y., Sugimoto, R., Ishii, A., Nishijima, J., Fujii, M., Kato, T., Hamamoto, H., Kimura, M., Kumazawa, T., & Qi, J. (2020). Dynamics of water–energy–food nexus methodology, methods, and tools. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 13, 46–60. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2019.10.004>
- FAO. (2024). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2024*. Recuperado de <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd1254es>
- FAO. (2023a). *Portal Terminológico de la FAO*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de <https://www.fao.org/faoterm/viewentry/es/?entryId=179043>
- FAO. (2023b). *Escala de FIES | Voices of the Hungry* | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de <https://www.fao.org/in-action/voices-of-the-hungry/fies/es/>
- FAO. (2022a). *Conceptos Básicos, Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA) Centroamérica*. Recuperado de <https://www.fao.org/in-action/pesa-centroamerica/temas/conceptos-basicos/es/>
- FAO. (2022b). *The future of food and agricultura. Drivers and triggers for transformation*. Recuperado de <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cc0959en>
- FAO. (2019). *FAO en América Latina y el Caribe 2019*. Recuperado de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/90bde319-e9e5-410c-8c9f-15b75a057f90/content>
- FAO. (2016). *La seguridad alimentaria: Manual de capacitación*. Recuperado de <https://www.fao.org/4/w3736s/w3736s03.htm>
- Fernández, S. (2018). Números Índices. *Ciencias Económicas y empresariales*, 1-23. Recuperado de <https://www.fuenterrebollo.com/Economicas2013/indices-teoria.pdf>
- Fierro-Moreno, E., Lozano-Keymolen, D., Gaxiola-Robles Linares, S. C., Fierro-Moreno, E., Lozano-Keymolen, D., y Gaxiola-Robles Linares, S. C. (2023). Inseguridad alimentaria en México: Análisis de dos escalas en 2020. *Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 33(61). <https://doi.org/10.24836/es.v33i61.1282>
- Figueroa, D. P. (2005). Medición de la seguridad alimentaria y nutricional. *RESPYN Revista Salud Pública y Nutrición*, 6(2), Article 2. Recuperado de

- <https://respyn.uanl.mx/index.php/respyn/article/view/147>
- Flammini, A., Puri, M., Pluschke, L., & Dubois, O. (2014). Walking the nexus talk: Assessing the water-energy-food nexus in the context of the sustainable energy for all initiative. *Environment and Natural Resources Management. Working Paper (FAO) eng no. 58*. <https://agris.fao.org/search/en/providers/122621/records/6473966668b4c299a3fb4b4b>
- Flourish. (2025). *Flourish | Data Visualization & Storytelling*. Flourish. Recuperado de <https://app.flourish.studio/login?redirect=true>
- Fundación Aquae. (2022). *El agua en la historia de la humanidad*. Fundación Aquae. Recuperado de <https://www.fundacionaquae.org/historia-del-agua/>
- Fundación Española de Nutrición. (2020a). *Valor nutricional del arroz*. Fundación Española de Nutrición. Recuperado de <https://www.fen.org.es/MercadoAlimentosFEN/pdfs/arroz.pdf>
- Fundación Española de Nutrición. (2020b). *Valor nutricional de las patatas*. Fundación Española de Nutrición. Recuperado de <https://www.fen.org.es/MercadoAlimentosFEN/pdfs/patata.pdf>
- Fundación Española de Nutrición. (2020c). *Valor nutricional del plátano*. Fundación Española de Nutrición. Recuperado de <https://www.fen.org.es/mercadoalimentosfen/pdfs/platano.pdf>
- Fundación Española de Nutrición. (2020d). *Valor nutricional del huevo*. Fundación Española de Nutrición. Recuperado de <https://www.fen.org.es/MercadoAlimentosFEN/pdfs/huevos.pdf>
- Fundación Española de Nutrición. (2020e). *Valor nutricional de la leche*. Fundación Española de Nutrición. Recuperado de <https://fen.org.es/MercadoAlimentosFEN/pdfs/lechevaca.pdf>
- Galaiti, S., Veysey, J., & Huber-Lee, A. (2018). *Where is the added value? A review of the water-energy-food nexus literature*. <https://www.sei.org/publications/added-value-review-water-energy-food-nexus-literature/>
- Gámiz, C. R. M., & Muñoz, V. H. P. (2000). Pobreza y seguridad alimentaria en México y Estados Unidos: 2000—2010. *Cimexus*, 9(1), 13-30. Recuperado de https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Pobreza+y+seguridad+alimentaria+en+M%C3%A9xico+y+Estados+Unidos%3A+2000+-+2010&btnG=
- García, A. C., y González, J. J. P. (2016). Marco Conceptual De La Medición De Seguridad Alimentaria: Análisis Comparativo y Crítico De Algunas Métricas. *Agroalimentaria*, 22(43), 51–72. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8303832>

- Gibson, M. (2012). Food Security—A Commentary: What Is It and Why Is It So Complicated? *Foods*, 1(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/foods1010018>
- Gobierno de México. (2023a). *La canasta básica ¿qué es y para qué sirve?* Recuperado de <http://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-canasta-basica-que-es-y-para-que-sirve-189256>
- Gobierno de México. (2023b). *El huevo mexicano, un alimento muy valioso*. Recuperado de <http://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-huevo-mexicano-un-alimento-muy-valioso>
- Gobierno de México. (2023c). *El jitomate, hortaliza mexicana de importancia mundial*. Recuperado de <http://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-jitomate-hortaliza-mexicana-de-importancia-mundial?idiom=es>
- Gobierno de México. (2023d). *Frijol, historia y sabor*. Recuperado de <http://www.gob.mx/agricultura/articulos/frijol-historia-y-sabor>
- Gobierno de México. (2023e). *La leche, un alimento casi perfecto*. Recuperado de <http://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/la-leche-un-alimento-casi-perfecto>
- Gobierno de México. (2023f). *La papa como alimento básico*. Recuperado de <http://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-papa-como-alimento-basico>
- Gobierno de México. (2023g). *Plátano: La fruta tropical más cultivada en México*. Recuperado de <http://www.gob.mx/agricultura/articulos/hoy-dia-del-platano?idiom=es>
- Gobierno de México. (2023h). *Todo sobre la manzana*. Recuperado de <http://www.gob.mx/agricultura/articulos/todo-sobre-la-manzana>
- Gómez-Galvarriato, A. (2020). La construcción del milagro mexicano: El Instituto Mexicano de Investigaciones Tecnológicas, el Banco de México, y la Armour Research Foundation. *Historia Mexicana*, 1247–1309. <https://doi.org/10.24201/hm.v69i3.4022>
- González-Catalán, M. del C., y Rodríguez-Orozco, A. R. (2022). Seguridad alimentaria: Pilares y formas de medición. *Revista-e Ibn Sina*, 13(2), Article 2. <https://doi.org/10.48777/ibnsina.v13i2.1030>
- González, J. G. (2012). Soberanía alimentaria como concepto político. *Devenires*, 25–26. Recuperado de <https://publicaciones.umich.mx/revistas/devenires/ojs/article/view/418>
- Guías Alimentarias. (2023). *Guías Alimentarias Saludables y Sostenibles para la población mexicana*. México. Recuperado de <https://educacionbasica.sep.gob.mx/wp-content/uploads/2023/09/GUIAS-ALIMENTARIAS-SALUDABLES-Y->

SOSTENIBLES.pdf

- Hoekstra, A. (2010). The relation between international trade and freshwater scarcity, WTO Staff Working Paper, No. ERSD-2010-05, World Trade Organization (WTO), Geneva. <https://doi.org/10.30875/3563958d-en>
- Hoekstra, A. Y., & Mekonnen, M. M. (2012). The water footprint of humanity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *109*(9), 3232–3237. <https://doi.org/10.1073/pnas.1109936109>
- Hoff, H., Alrahaife, S. A., El Hajj, R., Lohr, K., Mengoub, F. E., Farajalla, N., Fritzsche, K., Jobbins, G., Özerol, G., Schultz, R., & Ulrich, A. (2019). A Nexus Approach for the MENA Region—From Concept to Knowledge to Action. *Frontiers in Environmental Science*, *7*. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00048>
- Horn, B., Ferreira, C., & Kalantari, Z. (2022). Links between food trade, climate change and food security in developed countries: A case study of Sweden. *Ambio*, *51*(4), 943–954. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01623-w>
- Info Agro. (2023). Variedades de manzana. *Revista InfoAgro*. Recuperado de <https://mexico.infoagro.com/variedades-de-manzana/>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2012). *Situación de la seguridad alimentaria en las Américas. Documento para alimentar el diálogo de la 42.a Asamblea General de la Organización de los Estados Americanos*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Recuperado de <https://hdl.handle.net/11324/2640>
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (2022). Introducción a la seguridad hídrica (2022a ed.). *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*. <https://doi.org/10.24850/b-imta-2022-04>
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (2007). *Huella Hídrica en México: Análisis y perspectivas*. Recuperado de https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/huella-hidrica/files/assets/basic-html/../../../../index.html
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2024). *Banco de indicadores*. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/indicadores>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2022). *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH). 2022 nueva serie*. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/nc/2022/>
- Instituto Nacional de Salud Pública. (2024). *Obesidad: Un problema grave de salud a nivel*

- mundial*. Recuperado de <https://www.insp.mx/avisos/obesidad-un-problema-grave-de-salud-a-nivel-mundial/>
- Konar, M., Dalin, C., Suweis, S., Hanasaki, N., Rinaldo, A., & Rodriguez-Iturbe, I. (2011). Water for food: The global virtual water trade network. *Water Resources Research*, 47(5). <https://doi.org/10.1029/2010WR010307>
- Konar, M., & Marston, L. (2020). The Water Footprint of the United States. *Water*, 12(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/w12113286>
- Liu, H., Du, H., Zhang, Z., Wang, H., Zhu, K., Lu, Y., & Liu, X. (2023). Trade heterogeneity and virtual water exports of China. *Economic Systems Research*, 35(3), 397–416. <https://doi.org/10.1080/09535314.2022.2035689>
- López, R., y Sandoval, S. (2018). La seguridad alimentaria en México: El reto inconcluso de reducir la pobreza y el hambre. *Espacio Abierto*, 27, 125–148. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/336831725_La_seguridad_alimentaria_en_Mexico_el_reto_inconcluso_de_reducir_la_pobreza_y_el_hambre
- Mannan, M., Al-Ansari, T., Mackey, H. R., & Al-Ghamdi, S. G. (2018). Quantifying the energy, water and food nexus: A review of the latest developments based on life-cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 193, 300–314. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.050>
- Martínez, E., y Esparza, L. G. (2021). Teorías de Sistemas Complejos: Marco epistémico para abordar la complejidad socioambiental. *Intersticios Sociales*, 21, 373–398. <https://doi.org/10.55555/IS.21.316>
- Mayorga-Sánchez, J.Z., Martínez-Aldana, C. (2008). Paul Krugman y el nuevo comercio internacional. *Criterio Libre*, (8), 73-86. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4547087>
- Mekonnen, M. M., & Fulton, J. (2018). The effect of diet changes and food loss reduction in reducing the water footprint of an average American. *Water International*, 43(6), 860–870. <https://doi.org/10.1080/02508060.2018.1515571>
- Menéndez Gámiz, C. R., y Palacio Muñoz, V. H. (2014). Contribución de las importaciones y la inversión extranjera en el Producto Interno Bruto (PIB) 1993 AL 2014. Análisis de cointegración. *Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional*, A. C. Recuperado de <https://ru.iiec.unam.mx/2828/>

- Monitor de Sequía en México. (2022). *Temperatura*. Recuperado de <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/pronostico-climatico/temperatura-form>
- Monitor de Sequía en México. (2024). *Monitor de Sequía en México*. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico>
- Mundo-Rosas, V., Unar-Munguía, M., Hernández-F, M., Pérez-Escamilla, R., Shamah-Levy. (2019). La seguridad alimentaria en los hogares en pobreza de México: Una mirada desde el acceso, la disponibilidad y el consumo. *Salud Pública de México*, 61(6), 866–875. <https://doi.org/10.21149/10579>
- Namany, S., Govindan, R., Alfagih, L., McKay, G., & Al-Ansari, T. (2020). Sustainable food security decision-making: An agent-based modelling approach. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120296. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120296>
- Naciones Unidas. (2023). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible—Desarrollo Sostenible*. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Observatorio de Complejidad Económica. (2024). *México (MEX) Exports, Imports, and Trade Partners*. Observatorio de Complejidad Económica. Recuperado de <https://oec.world/es>
- Odey, G., Adelodun, B., Lee, S., Adeyemi, K. A., & Choi, K. S. (2023). Assessing the impact of food trade centric on land, water, and food security in South Korea. *Journal of Environmental Management*, 332, 117319. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117319>
- Organización Mundial de la Salud. (2023a). *Agua para consumo humano*. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Organización Mundial de la Salud. (2023b). *Definición de Salud*. Recuperado de <https://www.who.int/es/about/frequently-asked-questions>
- Palacios-Rodríguez, G. O., Mundo-Rosas, V., Parra-Cabrera, S., García-Guerra, A., Galindo-Gómez, C., & Méndez Gómez-Humarán, I. (2019). Household food insecurity and its association with anaemia in Mexican children: National Health and Nutrition Survey 2012. *International Journal of Public Health*, 64(8), 1215–1222. <https://doi.org/10.1007/s00038-019-01305-1>
- Ponce, M. C., Ramírez, M. E. A., Trujillo, M. H., & Martínez, J. A. M. (2012). Dimensiones de la

- seguridad alimentaria desde la óptica nutricional. *RESPYN Revista Salud Pública y Nutrición*, 13(3), Article 3. Recuperado de <https://respyn.uanl.mx/index.php/respyn/article/view/314>
- Programa Mundial de Alimentos 2024. (2024). *ONU Programa Mundial de Alimentos (PMA)*. Recuperado de <https://es.wfp.org/>
- Ramírez Jiménez, A. L., Ramírez Guzmán, M. E., y González Estrada, E. (2021). Validación de la escala mexicana de seguridad alimentaria a través de correlación tetracórica con base en la distribución normal asimétrica bivariada. *Agrociencia*, 55(1), 55–71. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7765920>
- Ramírez, L. C., Caamal Cauich, I., Pat Fernández, V. G., Martínez Luis, D., Pérez Fernández, A., Ramírez Padrón, L. C., Caamal Cauich, I., Pat Fernández, V. G., Martínez Luis, D., y Pérez Fernández, A. (2020). Análisis de los indicadores de competitividad de las exportaciones de fresa mexicana. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(4), 815–827. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i4.2049>
- Rasul, G., & Sharma, B. (2016). The nexus approach to water–energy–food security: An option for adaptation to climate change. *Climate Policy*, 16(6), 682–702. <https://doi.org/10.1080/14693062.2015.1029865>
- Ravar, Z., Zahraie, B., Sharifinejad, A., Gozini, H., & Jafari, S. (2020). System dynamics modeling for assessment of water–food–energy resources security and nexus in Gavkhuni basin in Iran. *Ecological Indicators*, 108, 105682. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105682>
- Ray, C., McInnes, D., & Sanderson, M. (2018). Virtual water: Its implications on agriculture and trade. *Water International*, 43(6), 717–730. <https://doi.org/10.1080/02508060.2018.1515564>
- Renault, D. (2002). Value of virtual water in food: Principles and virtues. Países Bajos: UNESCOIHE. Recuperado de <https://www.fao.org/3/ap527e/ap527e.pdf>
- Renzaho, A. M. N., & Mellor, D. (2010). Food security measurement in cultural pluralism: Missing the point or conceptual misunderstanding? *Nutrition*, 26(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2009.05.001>
- Rivera, R. (2016). La seguridad alimentaria desde la óptica de la complejidad. 43–65. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/372680315_La_seguridad_alimentaria_desde_1

a_optica_de_la_complejidad

- Rocha, A. (2016). El agua virtual en el mundo del siglo XXI. *Memorias del Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería Civil (CONEIC)*, 1. https://doi.org/10.31381/perfiles_ingenieria.v1i10.433
- Rodríguez-Tapia, L. R., Morales-Novelo, J. A. M., Sosa-Rodríguez, F. S., Altamirano-Cabrera, J. C., & Torres-Ayala, F. (2016). Agua virtual en un marco insumo-producto para la cuenca del valle de México. *Tecnología Y Ciencias Del Agua*, 7(2), 51-66. Recuperado de <http://revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/1139>
- Sagarpa. (2022). Arroz mexicano. México. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256423/B_sico-Arroz.pdf
- Salazar, J. (2015). Estructura y evolución reciente de las ventajas comparativas de México y de sus estados. *Trayectorias*, 17(40), 67-88. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/607/60735446003.pdf>
- Schull, V. Z., Daher, B., Gitau, M. W., Mehan, S., & Flanagan, D. C. (2020). Analyzing FEW nexus modeling tools for water resources decision-making and management applications. *Food and Bioproducts Processing*, 119, 108–124. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.10.011>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2023). *Trabaja Gobierno de México en disminuir la dependencia a las importaciones de granos básicos*. gob.mx. Recuperado de <http://www.gob.mx/agricultura/prensa/trabaja-gobierno-de-mexico-en-disminuir-la-dependencia-a-las-importaciones-de-granos-basicos?idiom=es>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2021). *México, biodiversidad que asombra*. gob.mx. Recuperado de <http://www.gob.mx/semarnat/articulos/mexico-biodiversidad-que-asombra>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2022). *Producción y Consumo Sustentable*. gob.mx. Recuperado de <http://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/produccion-y-consumo-sustentable>
- Secretaría de Salud. (2024). *Alimentación saludable*. Recuperado de <http://www.gob.mx/salud/articulos/alimentacion-saludable>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2024). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. Recuperado de http://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/

- Servicio Meteorológico Nacional. (2024). *Temperatura*. Recuperado de <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/pronostico-climatico/temperatura-form>
- Sevilla, M. (2010). *Un panorama sobre la economía del agua*. 28, 265–304. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/301/30120357003.pdf>
- Shakeel, A. (2018). Food Security: Theorizing the Evolution and Involution of the Concept. *The Arab World Geographer*, 21(1), 58–82. <https://doi.org/10.5555/1480-6800.21.1.58>
- Shamah-Levy, T., Mundo-Rosas, V., y Rivera-Dommarco, J. A. (2014). La magnitud de la inseguridad alimentaria en México: Su relación con el estado de nutrición y con factores socioeconómicos. *Salud Pública de México*, 56, S79–S85. <https://doi.org/10.21149/spm.v56s1.5169>
- Sistema Nacional de Información del Agua. (2023). *Reporte de exportaciones e importaciones netas de Agua Virtual*. Recuperado de <https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/SINA/?opcion=avirtual>
- Sistema Nacional de Información de Mercados. (2024). *SNIIM - Sistema Nacional de Información de Mercados. Secretaría de Economía Precios de Frutas, Hortalizas, Vegetales, Carnes, Pescados, Pecuarios, Pesqueros*. Recuperado de <https://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/>
- Somuano, A. (2018). Impacto del Tratado de Libre Comercio en la Economía Mexicana. En Beltrones, *Los avances del México contemporáneo: 1955-2015*. (págs. 151-177). México: Colección INAP. Recuperado de <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/11/5087/10.pdf>
- Stanberry, D., & Fletcher-Paul, L. (2024). Food Security: Definition, Scope and Influencing Factors. En D. Stanberry & L. Fletcher-Paul (Eds.), *Food Security in the Caribbean: Historical Perspectives, Current Challenges, and Sustainable Solutions*, 1–45. Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-66055-9_1
- Stockholm Environment Institute. (2017). Exploring connections between the Paris Agreement and the 2030 Agenda for Sustainable Development. *Stockholm Environment Institute*, 1-4. Recuperado de https://transparencypartnership.net/system/files/document/SEI_2017_Exploring%20Paris%20Agreement%20and%20SDG%20connections.pdf
- Stockholm International Water Institute. (2024). *Water and the 2030 Agenda*. Recuperado de

- <https://siwi.org/why-water/water-and-2030-agenda>
- Subramaniam, Y., Masron, T. A., & Loganathan, N. (2024). Imports and Food Security. *Global Journal of Emerging Market Economies*, 16(1), 7–24. <https://doi.org/10.1177/09749101221146422>
- Sustainable Development Goals Fund. (2022). *De los ODM a los ODS*. Recuperado de <https://www.sdgfund.org/es/de-los-odm-los-ods>
- Suweis, S., Konar, M., Dalin, C., Hanasaki, N., Rinaldo, A., & Rodriguez-Iturbe, I. (2011). Structure and controls of the global virtual water trade network. *Geophysical Research Letters*, 38(10). <https://doi.org/10.1029/2011GL046837>
- Tamea, S., Antonelli, M., & Vallino, E. (2021). The Italian Virtual Water Trade and Water Footprint of Agricultural Production:Trends and Perspectives. En P. Turrini, A. Massarutto, M. Pertile, & A. de Carli (Eds.), *Water Law, Policy and Economics in Italy: Between National Autonomy and EU Law Constraints* (pp. 213–237). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-69075-5_10
- Tayia, A., Collins, A. M., & Gilmont, M. (2022). The role of virtual-water decoupling in achieving food–water security: Lessons from Egypt, 1962–2013. *Water International*, 47(7), 1118–1139. <https://doi.org/10.1080/02508060.2022.2133835>
- Torres, F. (2003). *Seguridad alimentaria: Seguridad nacional* (1. ed). Plaza y Valdés. Recuperado de https://biblioteca.clacso.edu.ar/Mexico/iiec-unam/20170526043224/pdf_795.pdf
- Torres, F., y Rojas, A. M. (2020). Seguridad alimentaria y sus desequilibrios regionales en México. Problemas del Desarrollo. *Revista Latinoamericana de Economía*, 51(201), Article 201. <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2020.201.69521>
- Tuninetti, M., Tamea, S., Laio, F., & Ridolfi, L. (2017). To trade or not to trade: Link prediction in the virtual water network. *Advances in Water Resources*, 110, 528–537. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2016.08.013>
- UNAM Global. (2024). *maíz—UNAM Global*. Recuperado de <https://unamglobal.unam.mx/tag/maiz/>
- Unicef. (2023). WHO/UNICEF *Joint Monitoring Program for Water Supply, Sanitation and Hygiene (JMP) – Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000–2022: Special focus on gender*. Recuperado de <https://www.unwater.org/publications/who/unicef-joint-monitoring-program-update->

report-2023

- Valcárcel, M. (2006). Génesis y evolución del concepto y enfoques sobre el desarrollo. *Departamento de Ciencias Sociales*, 6, 3–36. Recuperado de <https://www.uv.mx/mie/files/2012/10/sesion-6-marcel-valcarcel-desarrollo-sesion6.pdf>
- Vázquez, M. J. S., Lahitte, H. B., y Tujague, M. P. (2010). *El Análisis Descriptivo como recurso necesario en Ciencias Sociales y Humanas*. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/184/18419812007.pdf>
- Vilar-Compte, M., Gaitán-Rossi, P., Flores, D., Pérez-Cirera, V., & Teruel, G. (2020). How do context variables affect food insecurity in Mexico? Implications for policy and governance. *Public Health Nutrition*, 23(13), 2445–2452. <https://doi.org/10.1017/S1368980019003082>
- Vos, J., & Hinojosa, L. (2016). Virtual water trade and the contestation of hydrosocial territories. *Water International*, 41(1), 37–53. <https://doi.org/10.1080/02508060.2016.1107682>
- Warner, J. F., & Johnson, C. L. (2007). ‘Virtual Water’-Real People: ¿Useful Concept or Prescriptive Tool? *Water International*, 32(1), 63–77. <https://doi.org/10.1080/02508060708691965>
- Water Footprint Network. (2025). *Galería de productos – Water Footprint Network*. Recuperado de <https://www.waterfootprint.org/resources/interactive-tools/product-gallery/>
- Water Footprint Network. (2023). *¿Qué es la huella hídrica? – Water Footprint Network*. Recuperado de <https://www.waterfootprint.org/water-footprint-2/what-is-a-water-footprint/>
- Water to Food. (2024). *Download—CWASI Database*. Recuperado de <https://www.watertofood.org/download>
- Wichelns, D. (2001). The role of ‘virtual water’ in efforts to achieve food security and other national goals, with an example from Egypt. *Agricultural Water Management*, 49(2), 131–151. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(00\)00134-7](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(00)00134-7)
- Wichelns, D. (2010). Virtual Water and Water Footprints Offer Limited Insight Regarding Important Policy Questions. *International Journal of Water Resources Development*, 26(4), 639–651. <https://doi.org/10.1080/07900627.2010.519494>
- Yawson, D. O. (2020). Estimating virtual water and land use transfers associated with future food supply: A scalable food balance approach. *Methods X*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2020.100811>

- Zareie, S., Bozorg-Haddad, O., & Loáiciga, H. A. (2021). A state-of-the-art review of water diplomacy. *Environment, Development and Sustainability*, 23(2), 2337–2357. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00677-2>
- Zhai, M., Huang, G., Liu, L., Xu, X., & Li, J. (2019). Transfer of virtual water embodied in food: A new perspective. *Science of The Total Environment*, 659, 872–883. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.433>
- Zhou, Y., Wei, B., Zhang, R., & Li, H. (2021). Evolution of water–energy–food–climate study: Current status and future prospects. *Journal of Water and Climate Change*, 13(2), 463–481. <https://doi.org/10.2166/wcc.2021.450>
- Zimmer, D., Renault, D. (2003). Virtual water in food production and global trade: Review of methodological issues and preliminary results. Recuperado de <https://www.semanticscholar.org/paper/Virtual-water-in-food-production-and-global-trade-%3A-Zimmer-Renault/ae93d22990c8d4aa687c1ec760fe6250a934dfca>

Anexo A

Datos Generales de los Alimentos



Descripción

Maíz (*Zea mays L.*)

Este grano se presenta en forma de mazorca y su estructura es un cariósido aplanado. Destaca por su variedad de colores, aunque en México los tonos blanco y amarillo son los más frecuentes.

El maíz es otro de los alimentos básicos en el mundo, el mayor volumen de producción del grano a nivel mundial lo tiene Estados Unidos. Por su parte, México también es productor y las principales entidades son las siguientes:

Tabla A. 1

Principales productores a nivel nacional del maíz

Rank	Entidad federativa	Región	Volumen (toneladas)
1	Sinaloa	Noroeste	6,656,331
2	Jalisco	Centro-Occidente	3,498,653
3	Michoacán	Centro-Occidente	1,905,198
4	México	Centro	1,811,192
5	Guanajuato	Centro-Occidente	1,762,463
6	Chihuahua	Noroeste	1,601,890
7	Guerrero	Centro	1,425,672
8	Veracruz	Sur-Sureste	1,343,228
9	Chiapas	Sur-Sureste	1,327,895
10	Puebla	Centro	1,139,814
	Resto		5,077,583
	Total Nacional		27,549,918

Usos

Según datos del *SIAP* y de la planeación agrícola nacional 2017-2030, la producción del maíz es destinada al consumo humano (52.4%) así como al consumo pecuario (18.8%), al autoconsumo (18%), las exportaciones (6.3%), semillas para siembra (3.8%) y mermas (0.7%).

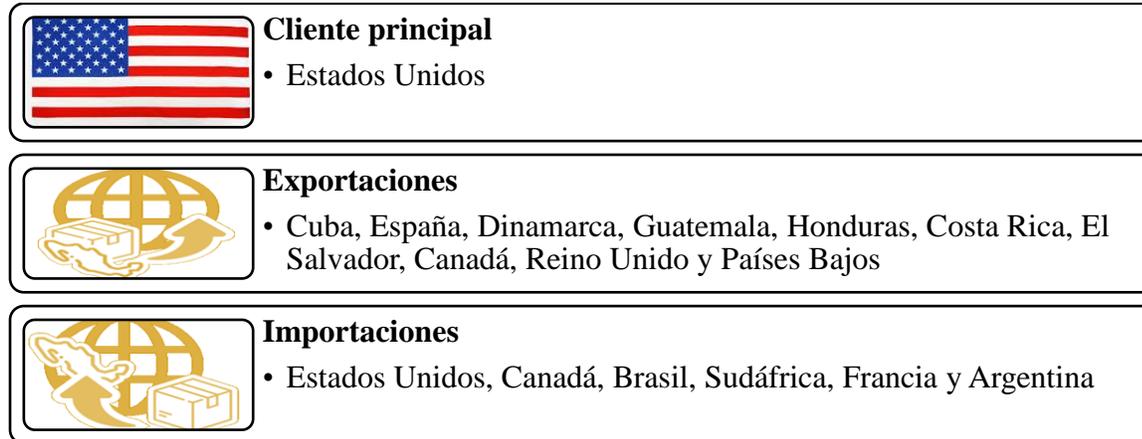
Comercio exterior

El maíz fue el producto número 348 más exportado y el número 12 más importado en México (OEC, 2022), los mercados comerciales son variados (Figura A.1), cabe destacar que

Estados Unidos es el principal socio comercial y también proveedor importante de maíz para el país.

Figura A. 1

Destinos Comerciales del maíz

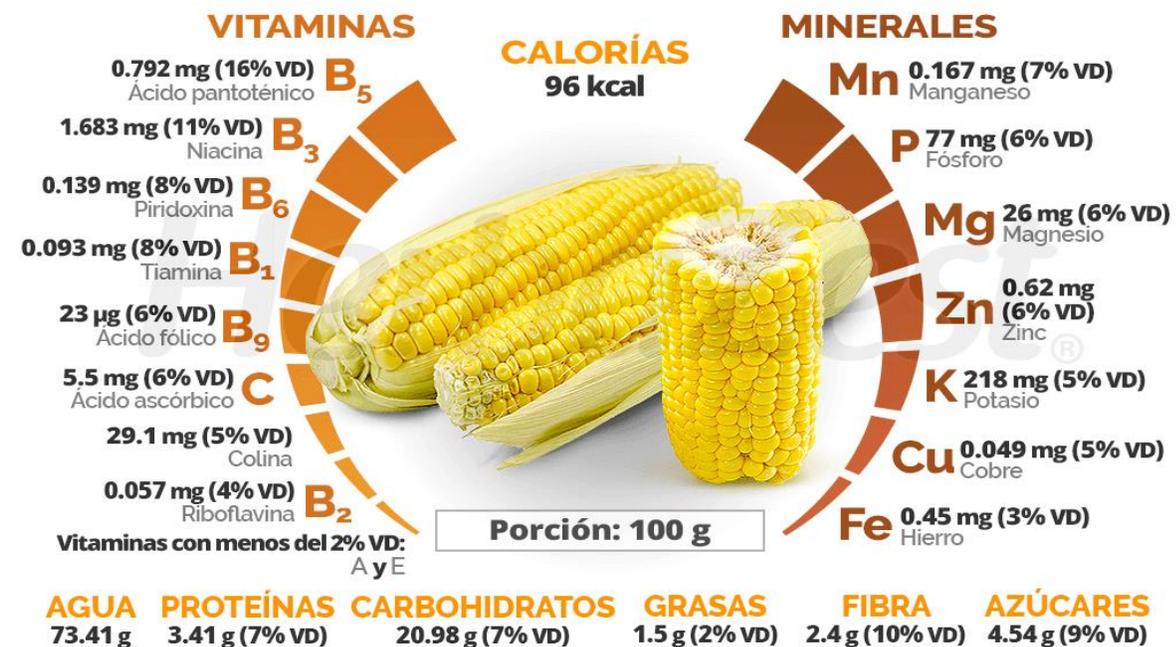


Valor nutricional

El maíz como alimento tiene grandes beneficios para el desarrollo y densidad de los huesos, lo integran buenos niveles de vitaminas y minerales (Figura A.2) que benefician la salud digestiva y cardiovascular.

Figura A. 2

Información nutricional del maíz



Nota: Tomado de HerbaZest (2023).



Descripción

Arroz (*Oryza sativa L.*)

El grano de arroz es en realidad un ovario maduro, conocido comúnmente como arroz palay. Una vez que se elimina la cáscara, el grano se convierte en un cariósido, denominado arroz pulido, que conserva su cubierta marrón, el pericarpio.

Más de 100 países se dedican al cultivo de arroz ya que es un aliento de primera necesidad, para el caso particular de México, la producción del arroz proviene principalmente de los siguientes estados:

Tabla A. 2

Principales productores a nivel nacional del arroz

Rank	Entidad federativa	Región	Volumen (toneladas)
1	Nayarit	Noroeste	79,534
2	Campeche	Sur-Sureste	43,242
3	Michoacán	Centro-Occidente	34,525
4	Veracruz	Sur-Sureste	32,563
5	Jalisco	Centro-Occidente	20,292
6	Colima	Centro-Occidente	14,295
7	Tamaulipas	Noroeste	12,759
8	Morelos	Centro	7,250
9	Tabasco	Sur-Sureste	4,720
10	Guerrero	Centro	2,396
	Resto		525
	Total Nacional		252,100

Usos

De acuerdo con el *SIAP* y a la planeación agrícola nacional 2017-2030, este cereal se destina casi en su totalidad al consumo humano por su nivel nutricional (97%) también como semillas para siembra (1%), autoconsumo (1%) y exportación (1%).

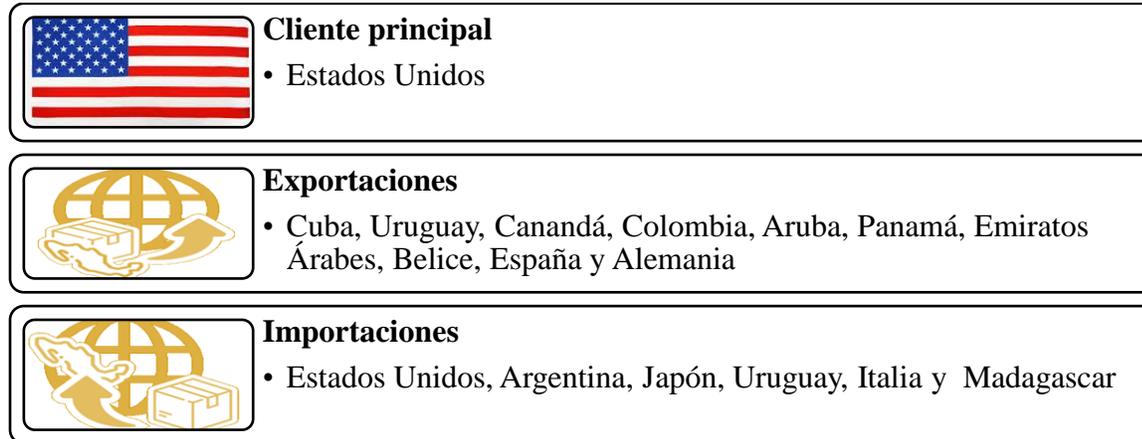
Comercio exterior

El arroz fue el producto número 840 más exportado y el número 188 más importado en México (OEC, 2022), en el contexto de comercialización, históricamente el principal socio

comercial de México ha sido Estados Unidos, por lo tanto, también el cliente principal para el país, respecto a este cereal; en la Figura A.3, se observan los principales destinos de comerciales.

Figura A. 3

Destinos comerciales del arroz



Valor nutricional

El arroz es muy variado y enriquecido dentro de una dieta equilibrada, su ingesta contribuye a una buena salud, en la Figura A.4. Se puede observar el conjunto de vitaminas y minerales que contiene este cereal.

Figura A. 4

Información nutricional del arroz



Nota: Tomado de HerbaZest (2023).



Descripción

Frijol (*Phaseolus vulgaris L.*)

El fruto se presenta en forma de vaina suavemente curvada que se abre naturalmente al madurar, y puede tener un color verde, morado o casi negro. En su interior, las semillas varían en forma según la variedad, pudiendo ser oblongas, ovales o redondas, y presentan una gama de colores que incluye rojo, amarillo, café y negro.

En México la producción del frijol ha disminuido debido a la sequía y la escasez del agua, los siguientes estados son los mayores productores a nivel nacional de esta leguminosa.

Tabla A. 3

Principales productores a nivel nacional del frijol

Rank	Entidad federativa	Región	Volumen (toneladas)
1	Sinaloa	Noroeste	172,162
2	Zacatecas	Noroeste	146,973
3	Nayarit	Noroeste	69,349
4	Chiapas	Sur-Sureste	68,242
5	Guanajuato	Centro-Occidente	42,699
6	Chihuahua	Noroeste	37,075
7	Puebla	Centro	36,653
8	Veracruz	Sur-Sureste	28,948
9	Oaxaca	Sur-Sureste	23,489
10	Durango	Noroeste	18,184
	Resto		79,868
	Total Nacional		723,642

Usos

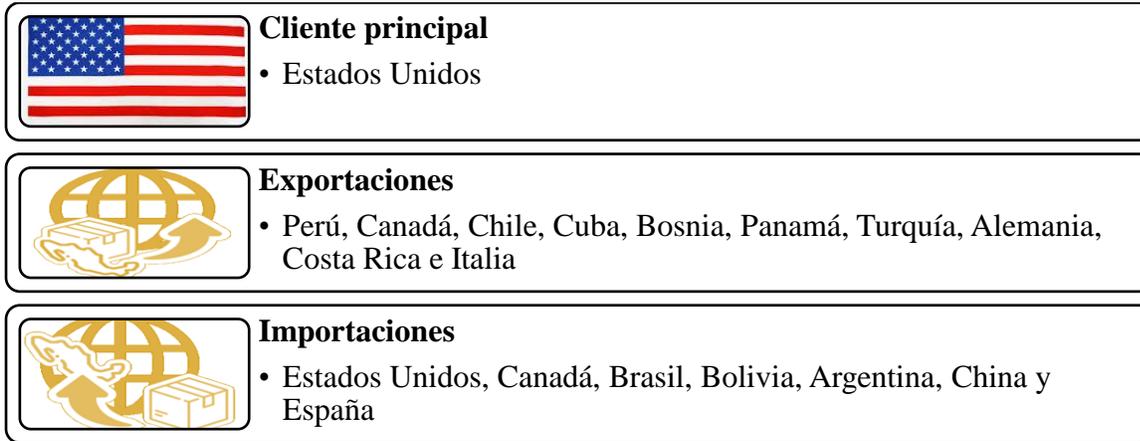
Con información del *SIAP* y de la planeación agrícola nacional 2017-2030, la producción del frijol es destinada al consumo incluyendo al autoconsumo (87.06%), además de la siembra (6.97%), mermas (3.48%) y exportaciones (2.49%).

Comercio exterior

Las importaciones de frijol están principalmente sujetas a la producción nacional y los precios internacionales, por lo que a pesar de que se ha disminuido los niveles de producción las exportaciones son diversas (Figura A.5).

Figura A. 5

Destinos comerciales del frijol



Valor nutricional

El frijol incluye cantidades de vitaminas, hierro y magnesio, los cuales son necesarios para un bien funcionamiento, la Figura A.6, muestra en detalle su composición de vitaminas y minerales.

Figura A. 6

Información nutricional del frijol



Nota: Tomado de HerbaZest (2023).



Descripción

Jitomate (*Lycopersicum esculentum L.*)

Es una baya, caracterizada por tener dos cavidades, presenta una coloración vibrante que oscila entre tonos amarillentos y rojizos. Su sabor es ligeramente ácido y su forma es generalmente redonda y aplanada, aunque algunas variedades, como el saladette, tienen una forma alargada..

China sobresale en la producción de jitomate con aproximadamente 36.7% del total mundial. Por otro lado, México destaca por su calidad en la producción de este alimento, los principales estados productores son los que se muestran a continuación:

Tabla A. 4

Principales productores a nivel nacional del jitomate

Rank	Entidad federativa	Región	Volumen (toneladas)
1	Sinaloa	Noroeste	712,013
2	San Luis Potosí	Centro-Occidente	436,097
3	Michoacán	Centro-Occidente	356,776
4	Jalisco	Centro-Occidente	211,716
5	Morelos	Centro	201,721
6	Baja california Sur	Noroeste	171,838
7	Sonora	Noroeste	153,121
8	Puebla	Centro	150,141
9	Zacatecas	Noroeste	148,310
10	México	Centro	144,124
	Resto		951,070
	Total Nacional		3,636,927

Usos

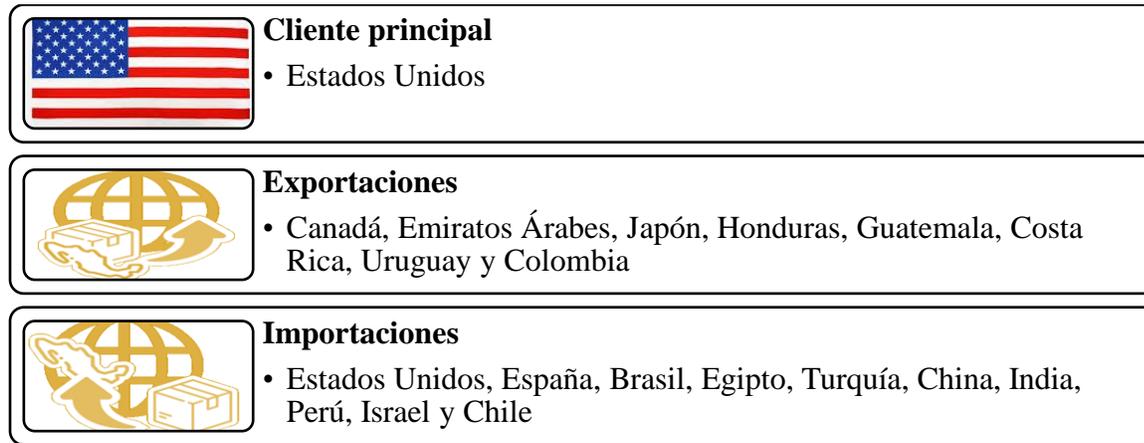
Principalmente para consumo humano, en la industria, semillas para siembra y exportación (Gobierno de México, 2023).

Comercio exterior

El jitomate fue el producto número 37 más exportado y el número 1003 más importado en México (OEC, 2022), la Figura (A.7) señala los principales mercados internacionales, en cuanto a exportaciones México mantiene un liderazgo y las importaciones son principalmente hacia Estados Unidos.

Figura A. 7

Destinos comerciales del jitomate

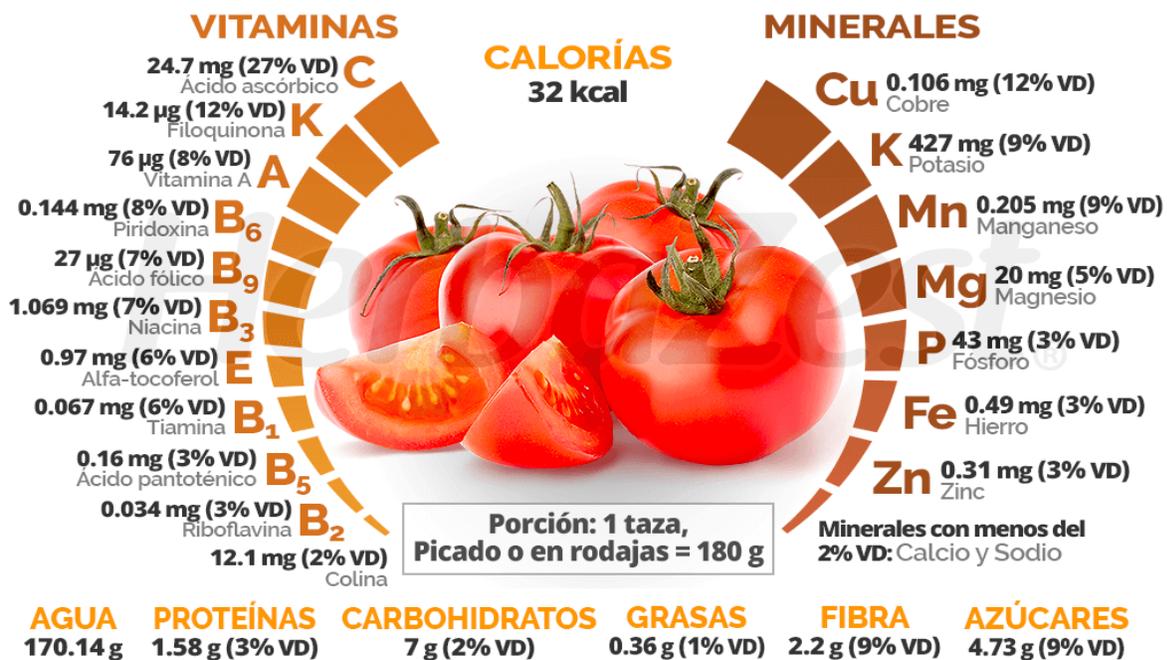


Valor nutricional

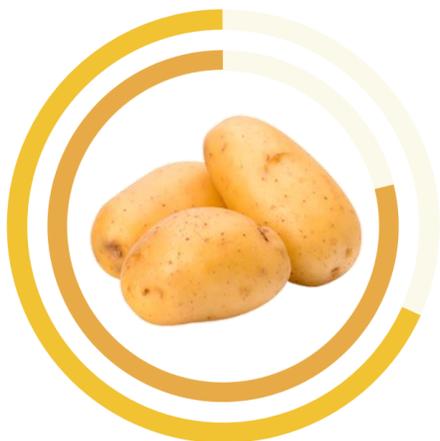
En México y en el mundo el jitomate es uno de los cultivos más importantes, ayuda a la salud de los vasos sanguíneos, los nervios y el sistema inmunológico. La figura (A.8) muestra el abanico de vitaminas, minerales y antioxidantes que lo conforman.

Figura A. 8

Información nutricional del jitomate



Nota: Tomado de HerbaZest (2023).



Descripción

Papa (*Solanum tuberosum L.*)

Tubérculo comestible, caracterizado por tener un sistema de raíces muy ramificado. Su forma varía, presentando contornos redondeados, alargados u ovalados, y cambia de color a tonos amarillos o marrones rojizos al alcanzar la madurez.

Los agricultores asiáticos como China e India son los mayores productores de la cosecha mundial de papa. En México los principales estados productores son:

Tabla A. 5

Principales productores a nivel nacional de la papa

Rank	Entidad federativa	Región	Volumen (toneladas)
1	Sonora	Noroeste	612,600
2	Sinaloa	Noroeste	427,588
3	México	Centro	168,750
4	Veracruz	Sur-Sureste	143,725
5	Puebla	Centro	136,700
6	Nuevo León	Noroeste	107,598
7	Baja California Sur	Noroeste	73,489
8	Jalisco	Centro-Occidente	65,367
9	Michoacán	Centro-Occidente	55,502
10	Chihuahua	Noroeste	45,279
	Resto		149,601
	Total Nacional		1,986,199

Usos

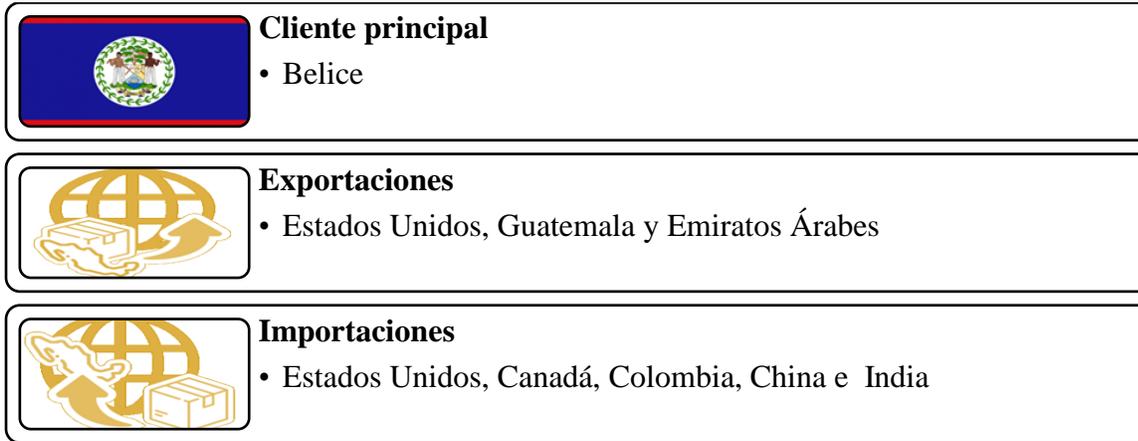
Conforme a Gobierno de México (2023) la producción total de este tubérculo es destinada al consumo en el mercado nacional (56%), la industria de las frituras (28%) y la producción especializada de semilla (15%).

Comercio exterior

La papa fue el producto número 1002 más exportado y el número 515 más importado 515 más importado en México (OEC, 2022). En cuanto al comercio exterior Figura (A.9) se tiene que el cliente comercial es Belice, debido a la cercanía geográfica las importaciones son principalmente provenientes de Estados Unidos.

Figura A. 9

Destinos comerciales de la papa



Valor nutricional

Las papas son uno de los cultivos más comunes en muchas recetas y contiene cantidades variables de minerales y vitaminas esenciales (Figura A.10) que ofrecen una serie de beneficios a la salud.

Figura A. 10

Información nutricional de la papa



Nota: Tomado de HerbaZest (2023).



Descripción

Manzana (*Malus domestica*)

Este fruto presenta una textura firme y carnosa, y se desarrolla a partir del receptáculo floral. Su color varía ampliamente, desde tonos verdes claros hasta rojos muy oscuros, y su tamaño puede oscilar entre el de una cereza ligeramente mayor hasta el de una toronja casi de tamaño similar.

La manzana destaca como la fruta por excelencia, ya que es tolerada por casi todas las personas. A nivel mundial, los agricultores chinos generan casi la mitad de la cosecha del orbe, para el caso de México, los principales estados productores son:

Tabla A. 6

Principales productores a nivel nacional de la manzana

Rank	Entidad federativa	Región	Volumen (toneladas)
1	Chihuahua	Noreste	694,226
2	Coahuila	Noreste	34,912
3	Puebla	Centro	34,582
4	Durango	Noreste	18,190
5	Veracruz	Sur-Sureste	9,284
6	Zacatecas	Noreste	5,020
7	Chiapas	Sur-Sureste	3,738
8	Hidalgo	Centro	2,831
9	Oaxaca	Sur-Sureste	2,388
10	Nuevo león	Noreste	1,944
	Resto		7,418
	Total Nacional		814,534

Usos

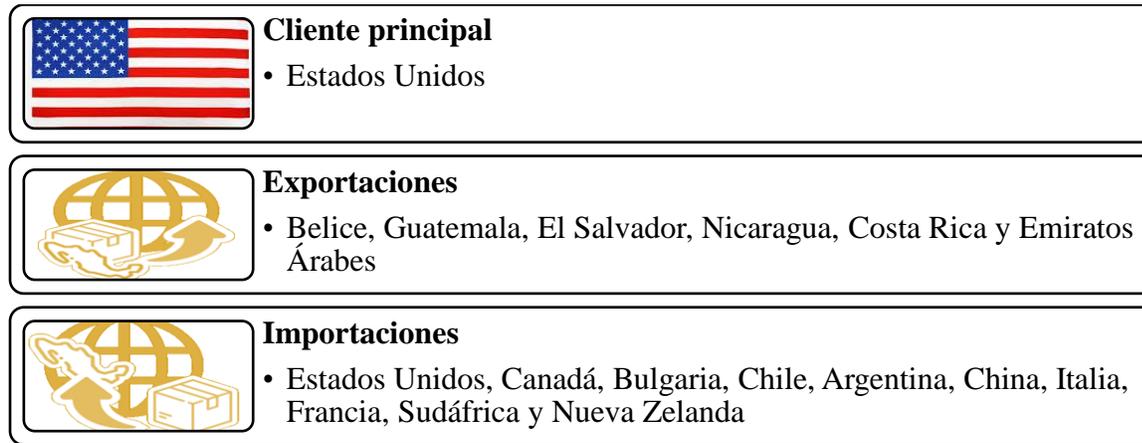
De acuerdo con el *SIAP* y a la planeación agrícola nacional 2017-2030, la producción de manzanas se destina casi en su totalidad al consumo humano (99.88%) y a las exportaciones (0.12%).

Comercio exterior

En la Figura A.11, se observa que las importaciones de manzana son destinadas principalmente hacia Estados Unidos, mientras que las exportaciones contemplan mercados más diversos.

Figura A. 11

Destinos comerciales de la manzana

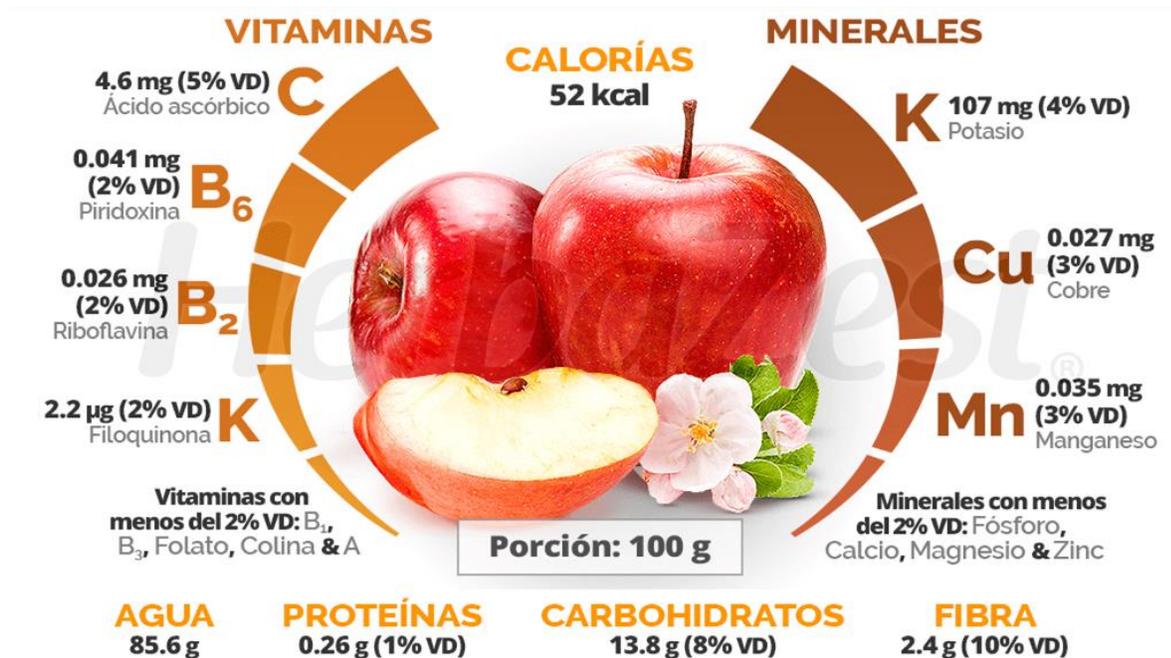


Valor nutricional

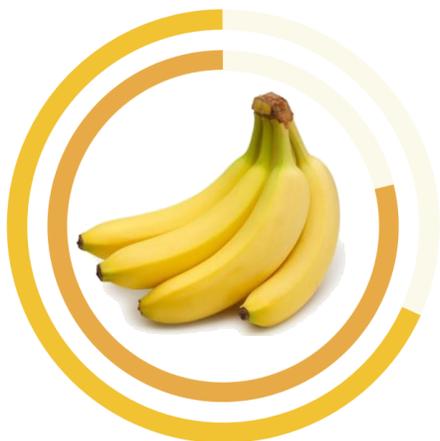
La manzana es conocida por su valor nutricional, contienen altas cantidades de agua que proporciona hidratación y fibra dietética que prolonga la sensación de saciedad, la Figura A.12 destaca principalmente los niveles de vitaminas, así como las cantidades de minerales esenciales.

Figura A. 12

Información nutricional de la manzana



Nota: Tomado de HerbaZest (2023).



Descripción

Plátano (*Musa paradisiaca L.*)

La fruta tiene una forma característica en forma de media luna, alcanzando una longitud aproximada de 15 cm. Su cáscara es de color amarillo claro con manchas negras, y al retirarla se revela una pulpa carnosa de tono amarillo suave, dulce y repleta de semillas blandas.

El plátano es una de las frutas con mayor producción y comercialización, también millones de personas en el mundo lo consumen. India y china son los líderes de producción a nivel mundial, para el caso de México en la producción destacan los siguientes estados:

Tabla A. 7

Principales productores a nivel nacional del plátano

Rank	Entidad federativa	Región	Volumen (toneladas)
1	Chiapas	Sur-Sureste	672,021
2	Tabasco	Sur-Sureste	621,552
3	Colima	Centro-Occidente	359,202
4	Veracruz	Sur-Sureste	336,984
5	Jalisco	Centro-Occidente	203,087
6	Michoacán	Centro-Occidente	178,492
7	Guerrero	Centro	93,122
8	Oaxaca	Sur-Sureste	82,995
9	Puebla	Centro	41,337
10	Nayarit	Noroeste	37,879
	Resto		15,668
	Total Nacional		2,642,338

Usos

Con información de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) en 2024 del total de la producción nacional de plátano se destina al consumo nacional (83.1%) y a las exportaciones (16.9%).

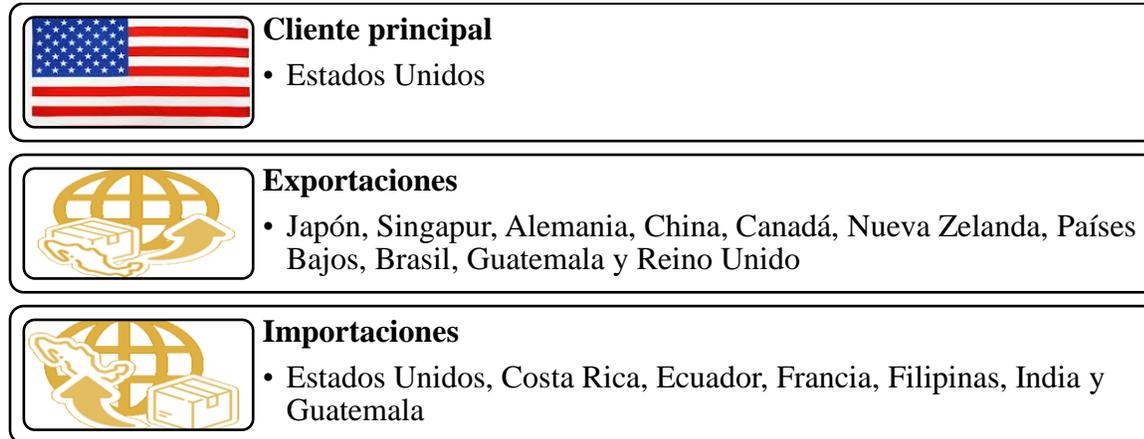
Comercio exterior

El país se encuentra dentro de los principales oferentes mundiales, la Figura (A.13) señala los destinos comerciales, las exportaciones dirigidas a diez países y las importaciones en menor

medida provenientes de Estados Unidos, seguido de Costa Rica y Filipinas, países que también se destacan en la producción de este alimento.

Figura A. 13

Destinos comerciales del plátano



Valor nutricional

Es una fruta popular alrededor del mundo debido a su valor nutritivo, el plátano está libre de grasa, colesterol y sodio, en la Figura (A.14), se observa además que proporciona una importante cantidad de vitaminas entre las cuales destacan las del complejo B, y minerales.

Figura A. 14

Información nutricional del plátano



Nota: Tomado de HerbaZest (2023).



Descripción

Huevo (*Gallus gallus domesticus*)

Para la producción de huevo destinado al consumo, se reconocen dos categorías principales de razas de gallinas: las razas ligeras, que producen huevos blancos, y las razas semipesadas, que producen huevos rojos.

El huevo es un alimento de uso común en el hogar en el mundo, China se consolida como el principal país productor de huevo y en el caso de México los estados productores son los siguientes:

Tabla A. 8

Principales productores a nivel nacional del huevo

Rank	Entidad federativa	Región	Volumen (toneladas)
1	Jalisco	Centro-Occidente	1,715,938
2	Puebla	Centro	475,816
3	Sonora	Noroeste	181,924
4	San Luis Potosí	Centro-Occidente	113,599
5	Yucatán	Sur-Sureste	111,177
6	Nuevo León	Noreste	95,245
7	Durango	Noreste	78,256
8	Sinaloa	Noroeste	76,946
9	Guanajuato	Centro-Occidente	69,418
10	Coahuila	Noreste	61,700
	Resto		191,766
	Total Nacional		3,171,784

Usos

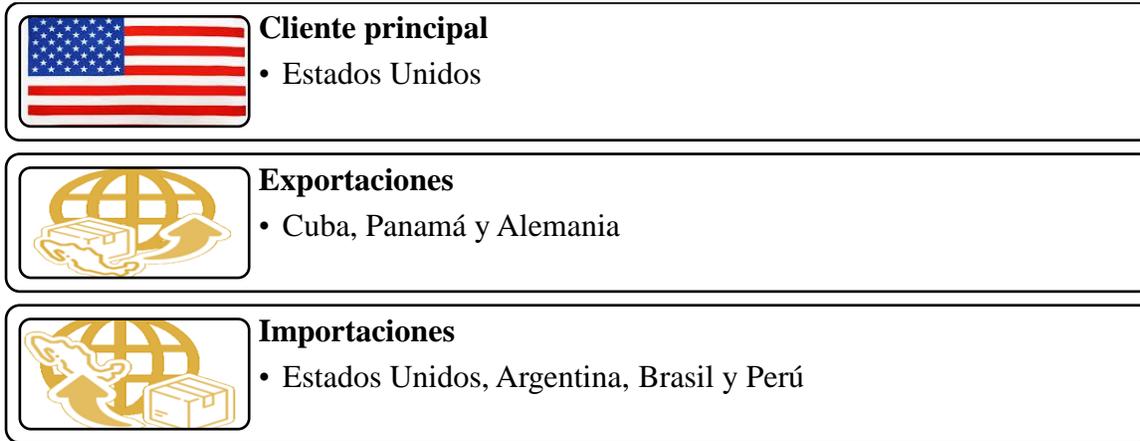
Según datos de Gobierno de México (2019) la producción de huevo en México se utiliza principalmente para el consumo humano directo, la industria alimentaria y la exportación.

Comercio exterior

El huevo fue el producto número 836 más exportado y el número 273 más importado en México (OEC, 2022). La Figura (A.15) se observa el comercio exterior del huevo, generalmente Estados Unidos abastece al país el mayor volumen en cuanto a importaciones, mientras que las exportaciones van dirigidas únicamente a tres destinos comerciales.

Figura A. 15

Destinos comerciales del huevo

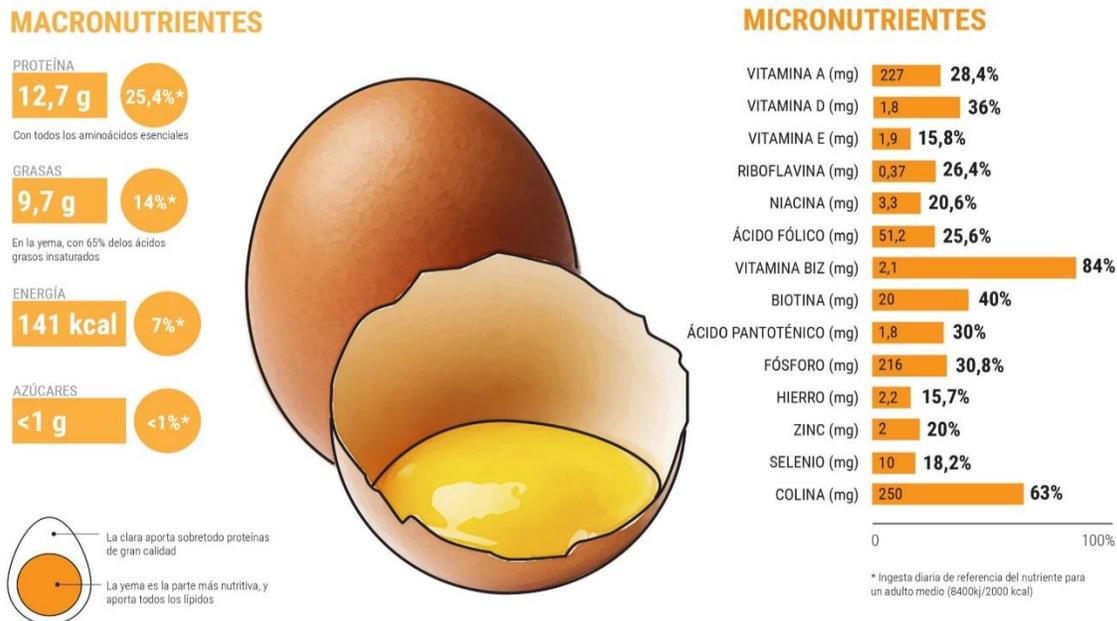


Valor nutricional

El huevo es uno de los alimentos más completos que existe, lo conforman la clara que principalmente tiene proteínas y la yema que también cuenta con proteínas y lípidos, en la Figura (A.16) se destacan la cantidad de micro y macro nutrientes que contiene.

Figura A. 16

Información nutricional del huevo



Nota: Tomado del Instituto de Estudios del Huevo (2023).



Descripción

Leche (*Taurus* y *Bos indicus*)

La producción de leche se lleva a cabo durante los periodos de lactancia dentro del ciclo reproductivo de las vacas. La leche cruda se utiliza como materia prima para una amplia variedad de productos lácteos procesados, que van desde leche pasteurizada en diferentes formatos hasta productos derivados como quesos, mantequillas, cremas y yogures, además de fórmulas lácteas y sueros.

La actividad lechera mundial es de gran importancia, de 180 países dedicados a la ordeña, India se posiciona como líder, seguido de Estados Unidos y en el ámbito nacional los principales estados productores de leche en México son:

Tabla A. 9

Principales productores a nivel nacional de la leche

Rank	Entidad federativa	Región	Volumen (toneladas)
1	Jalisco	Centro-Occidente	2,799,041
2	Coahuila	Noreste	1,537,748
3	Durango	Noreste	1,515,250
4	Chihuahua	Noreste	1,262,218
5	Guanajuato	Centro-Occidente	912,848
6	Veracruz	Sur-Sureste	807,075
7	Chiapas	Sur-Sureste	463,510
8	Puebla	Centro	462,639
9	Aguascalientes	Centro-Occidente	440,729
10	México	Centro	434,103
	Resto		2,697,577
	Total Nacional		13,332,738

Usos

Los usos que se le da a la producción de leche en México son principalmente para consumo humano, la industria alimentaria y a exportaciones (Gallegos-Daniel *et al.*, 2023).

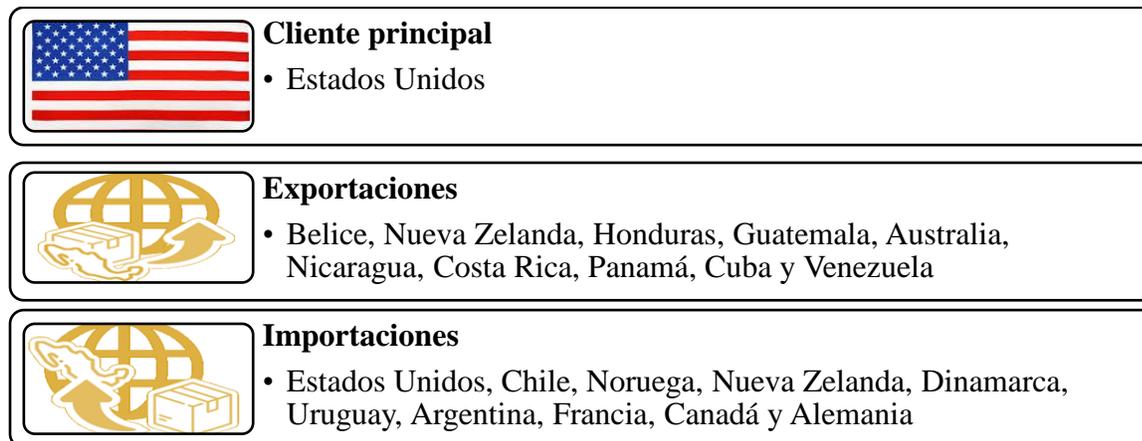
Comercio exterior

La leche fue el producto número 524 más exportado y el número 794 más importado en México (OEC, 2022). En la Figura (A.17) se pueden visualizar las relaciones comerciales, la

cercanía geográfica con Estados Unidos determina el comercio exterior de la leche que importa México, las exportaciones por su parte son principalmente al mercado de Latinoamérica.

Figura A. 17

Destinos comerciales de la leche



Valor nutricional

La leche es indispensable para una dieta equilibrada ya que es la fuente más importante de calcio, en la Figura (A.18) se puede observar cuales son las vitaminas, proteínas y minerales que contiene la leche y que son necesarios para el desarrollo de los seres humanos.

Figura A. 18

Información nutricional de la leche



Nota: Elaboración propia con base en Fundación española de nutrición (2020).



Descripción

Pollo (*Gallus gallus domesticus*)

Los pollos pertenecen al orden de las galliformes y son aves de corral. El pollo comercial es el resultado de un proceso de selección y cría selectiva, y su peso varía según el destino y tipo de mercado al que se destina, ya sea para venta en vivo, mercados públicos, supermercados o pollerías.

La producción de carne de pollo es una industria importante a nivel mundial, liderando la producción mundial, Estados Unidos genera más de 20 millones de toneladas de carne de ave. Por otro lado, en México los principales estados productores son los siguientes:

Tabla A. 10

Principales productores a nivel nacional de la carne de pollo

Rank	Entidad federativa	Región	Volumen (toneladas)
1	Veracruz	Sur-Sureste	537,883
2	Jalisco	Centro-Occidente	440,347
3	Aguascalientes	Centro-Occidente	425,189
4	Querétaro	Centro-Occidente	382,439
5	Durango	Noreste	279,505
6	Chiapas	Sur-Sureste	240,387
7	Guanajuato	Centro-Occidente	225,870
8	Puebla	Centro	211,313
9	Yucatán	Sur-Sureste	179,680
10	Sinaloa	Noroeste	151,625
	Resto		813,969
	Total Nacional		3,888,208

Usos

Conforme a la Unión Nacional de Avicultores (2021) la producción de carne de pollo es comercializada al mercado público, supermercados, así como, rosticerías y otros (incluida la exportación).

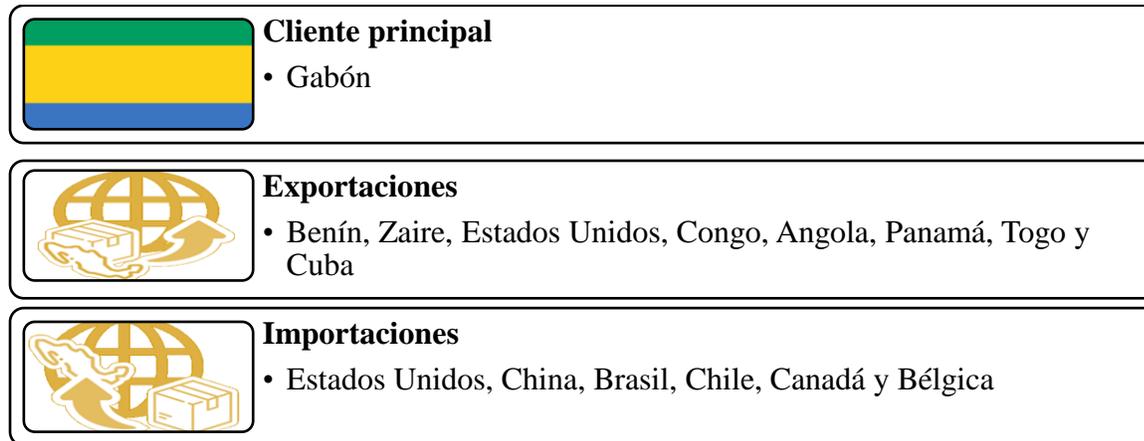
Comercio exterior

La Figura A.19 señala los principales mercados de exportación e importación de México respecto a esta proteína animal, a diferencia de otros alimentos, en este caso Gabón es el cliente principal, las importaciones de carne de pollo son suministradas por Estados Unidos y China,

mientras que las exportaciones principalmente van dirigidas a Benín y Zaire que son países africanos.

Figura A. 19

Destinos comerciales de la carne de pollo

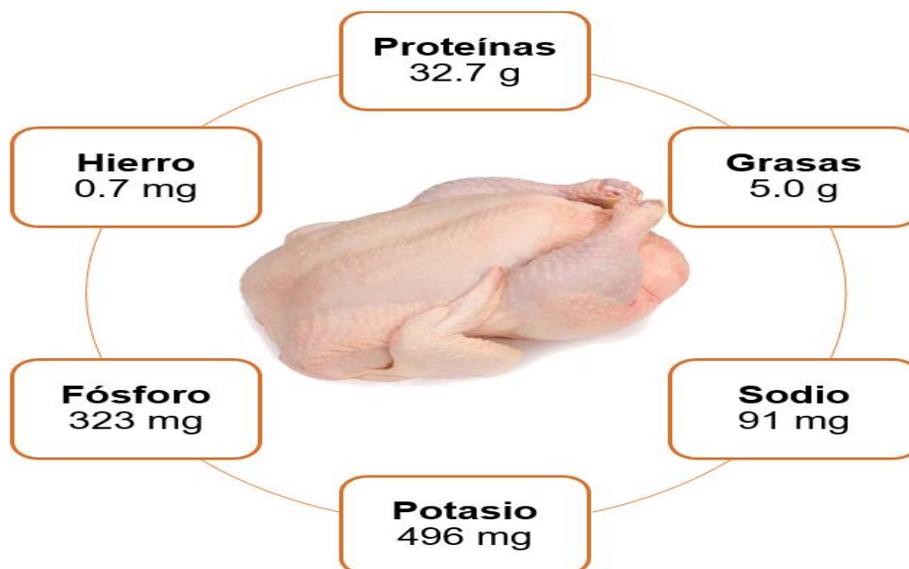


Valor nutricional

La carne de pollo es saludable y fundamental en la dieta balanceada, en la Figura A.20 Se pueden observar los nutrientes con los que cuenta y son necesarios para el óptimo crecimiento y desarrollo de nuestro cuerpo.

Figura A. 20

Información nutricional de la carne de pollo



Nota: Elaboración propia con base en el Centro de Información Nutricional de la Carne de Pollo (2023).

Anexo B

Base de Datos

Figura A. 21

Dimensiones disponibilidad y acceso 2000-2001

2000-2001	Disponibilidad										Σ	(±)	Índice Seguridad	Índice Seguridad	Acceso										Σ	(±)	Índice Seguridad	Índice Seguridad
	Aroz (3)	Frijol (3)	Maíz (3)	Jitomate (3)	Papa (3)	Manzana (3)	Plátano (3)	Huevo (3)	Leche (3)	Pollo (3)					30	Disponibilidad 25%	Disponibilidad 30%	Aroz (3)	Frijol (3)	Maíz (3)	Jitomate (3)	Papa (3)	Manzana (3)	Plátano (3)				
Aguascalientes	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	6	0.20	0.050000	0.060000	2	2	1	2	2	2	1	1	2	2	17	0.57	0.14167	0.04958
Baja California	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0.07	0.016667	0.020000	1	0	1	1	1	1	1	2	2	2	12	0.40	0.10000	0.03500
Baja California Sur	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	6	0.20	0.050000	0.060000	2	2	2	2	1	2	1	2	1	2	17	0.57	0.14167	0.04958
Campeche	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	4	0.13	0.033333	0.040000	1	2	1	2	2	2	1	1	2	15	0.50	0.12500	0.04375	
Coahuila	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	4	0.13	0.033333	0.040000	2	1	2	2	2	2	2	2	2	19	0.63	0.15833	0.05542	
Colima	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	6	0.20	0.050000	0.060000	2	1	1	2	2	2	1	1	1	2	15	0.50	0.12500	0.04375
Chiapas	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	3	0.10	0.025000	0.030000	1	1	1	2	2	2	1	1	2	15	0.50	0.12500	0.04375	
Chihuahua	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	5	0.17	0.041667	0.050000	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	12	0.40	0.10000	0.03500
Ciudad de México	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	3	0.10	0.025000	0.030000	2	1	2	2	2	2	1	2	1	2	17	0.57	0.14167	0.04958
Durango	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	5	0.17	0.041667	0.050000	3	2	3	3	3	3	3	3	2	2	27	0.90	0.22500	0.07875
Guanajuato	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	6	0.20	0.050000	0.060000	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	17	0.57	0.14167	0.04958
Guerrero	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0.03	0.008333	0.010000	2	2	1	2	2	2	1	2	1	2	17	0.57	0.14167	0.04958
Hidalgo	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	3	0.10	0.025000	0.030000	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0.03	0.00833	0.00292
Jalisco	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	6	0.20	0.050000	0.060000	2	1	1	2	2	2	1	2	2	1	16	0.53	0.13333	0.04667
México	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	5	0.17	0.041667	0.050000	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	18	0.60	0.15000	0.05250
Michoacán	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0.07	0.016667	0.020000	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	8	0.27	0.06667	0.02333
Morelos	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	4	0.13	0.033333	0.040000	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	6	0.20	0.05000	0.01750
Nayarit	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	4	0.13	0.033333	0.040000	2	1	2	2	2	2	1	2	1	2	17	0.57	0.14167	0.04958
Nuevo León	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	5	0.17	0.041667	0.050000	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	14	0.47	0.11667	0.04083
Oaxaca	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	5	0.17	0.041667	0.050000	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	16	0.53	0.13333	0.04667
Puebla	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	7	0.23	0.058333	0.070000	2	1	2	2	2	2	2	1	2	2	18	0.60	0.15000	0.05250
Querétaro	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	5	0.17	0.041667	0.050000	2	1	2	2	2	2	1	2	1	1	16	0.53	0.13333	0.04667
Quintana Roo	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	5	0.17	0.041667	0.050000	1	1	2	2	2	2	1	2	1	2	16	0.53	0.13333	0.04667
San Luis Potosí	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	3	0.10	0.025000	0.030000	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	16	0.53	0.13333	0.04667
Sinaloa	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	4	0.13	0.033333	0.040000	2	1	2	2	1	1	1	2	1	2	15	0.50	0.12500	0.04375
Sonora	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	5	0.17	0.041667	0.050000	2	1	1	2	2	2	2	1	2	1	16	0.53	0.13333	0.04667
Tabasco	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	6	0.20	0.050000	0.060000	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	11	0.37	0.09167	0.03208
Tamaulipas	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	3	0.10	0.025000	0.030000	2	1	2	2	1	2	1	1	1	2	15	0.50	0.12500	0.04375
Tlaxcala	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	4	0.13	0.033333	0.040000	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0.03	0.00833	0.00292	
Veracruz	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	5	0.17	0.041667	0.050000	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	7	0.23	0.05833	0.02042
Yucatán	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	3	0.10	0.025000	0.030000	2	1	1	2	1	2	1	2	1	1	14	0.47	0.11667	0.04083
Zacatecas	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	5	0.17	0.041667	0.050000	2	2	3	2	3	3	2	3	3	3	26	0.87	0.21667	0.07583

Figura A. 22

Dimensiones utilización y estabilidad 2000-2001

2000-2001	Utilización										Σ	(±)	Índice Seguridad Utilización 25%	Índice Seguridad Utilización 25%	Estabilidad										Σ	(±)	Índice Seguridad Estabilidad 25%	Índice Seguridad Estabilidad 10%					
	Aroz (4)	Frijol (4)	Maíz (4)	Jitomate (4)	Papa (4)	Manzana (4)	Plátano (4)	Huevo (4)	Leche (4)	Pollo (4)					Aroz (3)	Frijol (3)	Maíz (3)	Jitomate (3)	Papa (3)	Manzana (3)	Plátano (3)	Huevo (3)	Leche (3)	Pollo (3)									
	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40					30	30	30	30	30	30	30	30	30	30					30				
Aguascalientes	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.0833333	0.0333333
Baja California	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.67	0.1666667	0.0666667
Baja California Sur	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.0833333	0.0333333
Campeche	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.67	0.1666667	0.0666667	
Coahuila	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	
Colima	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	
Chiapas	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.0833333	0.0333333	
Chihuahua	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.25	0.062500	0.062500	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.67	0.1666667	0.0666667	
Ciudad de México	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.67	0.1666667	0.0666667	
Durango	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0		
Guanajuato	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.25	0.062500	0.062500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.0833333	0.0333333	
Guanajuato	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.0833333	0.0333333	
Hidalgo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.25	0.062500	0.062500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.0833333	0.0333333	
Jalisco	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.25	0.062500	0.062500	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.67	0.1666667	0.0666667	
México	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.67	0.1666667	0.0666667	
Michoacán	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.67	0.1666667	0.0666667	
Morelos	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.67	0.1666667	0.0666667	
Nayarit	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.0833333	0.0333333	
Nuevo León	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.67	0.1666667	0.0666667	
Oaxaca	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.67	0.1666667	0.0666667	
Puebla	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0		
Querétaro	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.67	0.1666667	0.0666667	
Quintana Roo	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.0833333	0.0333333	
San Luis Potosí	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.25	0.062500	0.062500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.0833333	0.0333333	
Sinaloa	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0		
Sonora	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.0833333	0.0333333	
Tabasco	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0		
Tamaulipas	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.0833333	0.0333333	
Tlaxcala	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.67	0.1666667	0.0666667	
Veracruz	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.0833333	0.0333333	
Yucatán	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.0833333	0.0333333	
Zacatecas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.25	0.062500	0.062500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.0833333	0.0333333	

Figura A. 23

Dimensiones disponibilidad y acceso 2006-2007

2006-2007	Disponibilidad											Σ	(±)	Índice Seguridad Disponibilidad 25%	Índice Seguridad Disponibilidad 30%	Acceso											Σ	(±)	Índice Seguridad Acceso 25%	Índice Seguridad Acceso 35%
	Aroz (3)	Frijol (3)	Maíz (3)	Jitomate (3)	Papa (3)	Manzana (3)	Plátano (3)	Huevo (3)	Leche (3)	Pollo (3)	30					Aroz (3)	Frijol (3)	Maíz (3)	Jitomate (3)	Papa (3)	Manzana (3)	Plátano (3)	Huevo (3)	Leche (3)	Pollo (3)	30				
	Aguascalientes	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1					5	0.17	0.041667	0.050000	2	2	1	2	2	1	1				
Baja California	0	0	1	1	2	1	0	2	2	2	11	0.37	0.091667	0.110000	2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	14	0.47	0.116667	0.163333		
Baja California Sur	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	3	0.10	0.025000	0.030000	3	2	2	3	3	2	2	2	2	23	0.77	0.191667	0.268333			
Campeche	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	4	0.13	0.033333	0.040000	1	1	0	1	1	0	0	1	1	6	0.20	0.050000	0.070000			
Coahuila	0	1	1	1	2	0	0	0	1	0	6	0.20	0.050000	0.060000	1	2	1	2	2	1	1	1	2	2	15	0.50	0.125000	0.175000		
Colima	1	1	1	1	0	0	2	0	0	0	6	0.20	0.050000	0.060000	2	3	2	3	3	2	2	2	3	2	24	0.80	0.200000	0.280000		
Chiapas	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	8	0.27	0.066667	0.080000	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	5	0.17	0.041667	0.058333		
Chihuahua	1	0	2	1	0	1	0	0	2	1	8	0.27	0.066667	0.080000	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	4	0.13	0.033333	0.046667		
Ciudad de México	1	1	2	2	0	1	1	0	0	0	8	0.27	0.066667	0.080000	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	4	0.13	0.033333	0.046667		
Durango	0	0	0	2	0	1	0	0	1	1	5	0.17	0.041667	0.050000	1	2	1	2	2	1	1	2	1	1	14	0.47	0.116667	0.163333		
Guanajuato	1	0	2	1	1	1	0	0	1	2	9	0.30	0.075000	0.090000	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	14	0.47	0.116667	0.163333		
Guerrero	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	7	0.23	0.058333	0.070000	0	1	0	1	1	0	0	1	0	4	0.13	0.033333	0.046667			
Hidalgo	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	6	0.20	0.050000	0.060000	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	12	0.40	0.100000	0.140000		
Jalisco	1	1	2	1	0	2	1	1	1	1	11	0.37	0.091667	0.110000	2	2	1	2	2	1	1	1	2	1	15	0.50	0.125000	0.175000		
México	0	0	2	1	0	0	0	0	1	1	5	0.17	0.041667	0.050000	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	12	0.40	0.100000	0.140000		
Michoacán	0	1	2	1	0	1	1	0	0	0	6	0.20	0.050000	0.060000	0	1	0	1	1	0	0	1	0	4	0.13	0.033333	0.046667			
Morelos	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	5	0.17	0.041667	0.050000	2	1	1	2	2	1	2	2	1	1	15	0.50	0.125000	0.175000		
Nayarit	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	8	0.27	0.066667	0.080000	1	1	2	2	1	1	2	2	2	1	15	0.50	0.125000	0.175000		
Nuevo León	0	1	1	1	1	1	0	0	1	2	8	0.27	0.066667	0.080000	2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	14	0.47	0.116667	0.163333		
Oaxaca	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	8	0.27	0.066667	0.080000	2	2	1	2	2	1	2	1	1	1	15	0.50	0.125000	0.175000		
Puebla	0	0	2	0	0	1	1	0	1	1	6	0.20	0.050000	0.060000	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	14	0.47	0.116667	0.163333		
Querétaro	1	1	2	0	0	0	0	0	1	1	6	0.20	0.050000	0.060000	1	1	1	2	2	1	1	2	2	1	14	0.47	0.116667	0.163333		
Quintana Roo	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	5	0.17	0.041667	0.050000	1	2	1	2	2	2	1	1	1	1	14	0.47	0.116667	0.163333		
San Luis Potosí	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	3	0.10	0.025000	0.030000	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	14	0.47	0.116667	0.163333		
Sinaloa	0	0	2	1	2	0	0	1	1	1	8	0.27	0.066667	0.080000	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	5	0.17	0.041667	0.058333		
Sonora	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	4	0.13	0.033333	0.040000	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.03	0.008333	0.011667		
Tabasco	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	4	0.13	0.033333	0.040000	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	5	0.17	0.041667	0.058333		
Tamaulipas	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	5	0.17	0.041667	0.050000	2	2	1	2	2	1	2	1	2	2	17	0.57	0.141667	0.198333		
Tlaxcala	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	7	0.23	0.058333	0.070000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.083333	0.116667		
Veracruz	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	7	0.23	0.058333	0.070000	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	13	0.43	0.108333	0.151667		
Yucatán	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	3	0.10	0.025000	0.030000	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	13	0.43	0.108333	0.151667		
Zacatecas	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	4	0.13	0.033333	0.040000	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	4	0.13	0.033333	0.046667		

Figura A. 24

Dimensiones utilización y estabilidad 2006-2007

2006-2007	Utilización										Σ	(±)	Índice Seguridad Utilización 25%	Índice Seguridad Utilización 25%	Estabilidad										Σ	(±)	Índice Seguridad Estabilidad 25%	Índice Seguridad Estabilidad 10%
	Aroz (4)	Frijol (4)	Maíz (4)	Jitomate (4)	Papa (4)	Manzana (4)	Plátano (4)	Huevo (4)	Leche (4)	Pollo (4)					Aroz (3)	Frijol (3)	Maíz (3)	Jitomate (3)	Papa (3)	Manzana (3)	Plátano (3)	Huevo (3)	Leche (3)	Pollo (3)				
	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40					30	30	30	30	30	30	30	30	30	30				
Aguascalientes	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	2	2	2	2	2	2	2	20	0.67	0.1666667	0.0666667			
Baja California	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.0833333	0.0333333			
Baja California Sur	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	2	2	2	2	2	2	2	20	0.67	0.1666667	0.0666667			
Campeche	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.25	0.062500	0.062500	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0			
Coahuila	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	2	2	2	2	2	2	2	20	0.67	0.1666667	0.0666667			
Colima	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.0833333	0.0333333			
Chiapas	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.0833333	0.0333333			
Chihuahua	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.25	0.062500	0.062500	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.0833333	0.0333333			
Ciudad de México	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0			
Durango	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.25	0.062500	0.062500	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.0833333	0.0333333			
Guanajuato	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	2	2	2	2	2	2	2	20	0.67	0.1666667	0.0666667			
Guanajuato	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0			
Hidalgo	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.0833333	0.0333333			
Jalisco	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0			
México	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	2	2	2	2	2	2	2	20	0.67	0.1666667	0.0666667			
Michoacán	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.0833333	0.0333333			
Morelos	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0			
Nayarit	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	2	2	2	2	2	2	2	20	0.67	0.1666667	0.0666667			
Nuevo León	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.000000	0.000000	2	2	2	2	2	2	2	20	0.67	0.1666667	0.0666667			
Oaxaca	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0			
Puebla	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.25	0.062500	0.062500	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.0833333	0.0333333			
Querétaro	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	2	2	2	2	2	2	2	20	0.67	0.1666667	0.0666667			
Quintana Roo	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.0833333	0.0333333			
San Luis Potosí	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	2	2	2	2	2	2	2	20	0.67	0.1666667	0.0666667			
Sinaloa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.25	0.062500	0.062500	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.0833333	0.0333333			
Sonora	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	2	2	2	2	2	2	2	20	0.67	0.1666667	0.0666667			
Tabasco	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.0833333	0.0333333			
Tamaulipas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.25	0.062500	0.062500	2	2	2	2	2	2	2	20	0.67	0.1666667	0.0666667			
Tlaxcala	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.25	0.062500	0.062500	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0			
Veracruz	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.0833333	0.0333333			
Yucatán	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	2	2	2	2	2	2	2	20	0.67	0.1666667	0.0666667			
Zacatecas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.25	0.062500	0.062500	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.0833333	0.0333333			

Figura A. 25

Dimensiones disponibilidad y acceso 2010-2011

2010-2011	Disponibilidad										Σ	(±)	Índice Seguridad Disponibilidad 25%	Índice Seguridad Disponibilidad 30%	Acceso										Σ	(±)	Índice Seguridad Acceso 25%	Índice Seguridad Acceso 35%				
	Aroz (3)	Frijol (3)	Maíz (3)	Jitomate (3)	Papa (3)	Manzana (3)	Plátano (3)	Huevo (3)	Leche (3)	Pollo (3)					Aroz (3)	Frijol (3)	Maíz (3)	Jitomate (3)	Papa (3)	Manzana (3)	Plátano (3)	Huevo (3)	Leche (3)	Pollo (3)								
	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30					30	30	30	30	30	30	30	30	30	30					30			
Aguascalientes	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	6	0.20	0.050000	0.060000	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	26	0.87	0.216667	0.303333
Baja California	1	0	1	1	1	2	0	1	1	2	10	0.33	0.083333	0.100000	3	3	2	2	2	3	2	3	3	3	3	2	25	0.83	0.208333	0.291667		
Baja California Sur	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	4	0.13	0.033333	0.040000	2	3	2	2	3	2	3	3	3	3	2	25	0.83	0.208333	0.291667			
Campeche	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	4	0.13	0.033333	0.040000	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	8	0.27	0.066667	0.093333			
Coahuila	0	0	0	1	1	0	0	1	1	2	6	0.20	0.050000	0.060000	1	1	1	1	2	2	1	2	2	2	1	14	0.47	0.116667	0.163333			
Colima	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	3	0.10	0.025000	0.030000	2	3	2	3	3	3	2	2	2	2	2	25	0.83	0.208333	0.291667			
Chiapas	0	1	1	1	1	1	2	1	1	1	10	0.33	0.083333	0.100000	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	4	0.13	0.033333	0.046667				
Chihuahua	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	6	0.20	0.050000	0.060000	2	3	2	3	3	3	2	2	2	3	25	0.83	0.208333	0.291667				
Ciudad de México	2	1	2	1	2	2	0	0	1	0	11	0.37	0.091667	0.110000	3	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	26	0.87	0.216667	0.303333			
Durango	0	0	1	1	0	1	0	1	0	2	6	0.20	0.050000	0.060000	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	5	0.17	0.041667	0.058333				
Guanajuato	1	0	0	0	1	0	0	1	1	2	6	0.20	0.050000	0.060000	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	13	0.43	0.108333	0.151667			
Guerrero	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	3	0.10	0.025000	0.030000	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	4	0.13	0.033333	0.046667				
Hidalgo	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	4	0.13	0.033333	0.040000	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	7	0.23	0.058333	0.081667				
Jalisco	1	0	2	1	0	1	0	2	1	2	10	0.33	0.083333	0.100000	1	2	1	1	2	1	1	2	1	2	14	0.47	0.116667	0.163333				
México	1	0	1	0	1	0	0	1	1	2	7	0.23	0.058333	0.070000	1	2	1	2	2	2	1	2	2	1	16	0.53	0.133333	0.186667				
Michoacán	0	0	2	1	1	0	0	1	1	1	7	0.23	0.058333	0.070000	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	8	0.27	0.066667	0.093333				
Morelos	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	4	0.13	0.033333	0.040000	3	3	2	3	2	2	2	3	3	3	25	0.83	0.208333	0.291667				
Nayarit	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3	0.10	0.025000	0.030000	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	7	0.23	0.058333	0.081667				
Nuevo León	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	6	0.20	0.050000	0.060000	3	2	2	2	3	3	2	3	3	3	26	0.87	0.216667	0.303333				
Oaxaca	0	1	1	2	1	0	0	1	1	1	8	0.27	0.066667	0.080000	1	2	1	2	2	2	1	2	2	2	17	0.57	0.141667	0.198333				
Puebla	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	5	0.17	0.041667	0.050000	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	28	0.93	0.233333	0.326667				
Querétaro	2	0	0	1	0	0	0	1	1	1	6	0.20	0.050000	0.060000	3	2	2	3	3	2	2	2	2	3	24	0.80	0.200000	0.280000				
Quintana Roo	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0.07	0.016667	0.020000	2	3	2	2	3	3	2	2	2	3	24	0.80	0.200000	0.280000				
San Luis Potosí	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	0.07	0.016667	0.020000	2	3	2	3	3	2	2	3	3	2	25	0.83	0.208333	0.291667				
Sinaloa	1	0	1	2	1	0	0	0	1	0	6	0.20	0.050000	0.060000	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	15	0.50	0.125000	0.175000				
Sonora	1	0	0	2	0	2	1	1	0	2	9	0.30	0.075000	0.090000	3	2	2	3	3	3	2	2	2	3	25	0.83	0.208333	0.291667				
Tabasco	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	3	0.10	0.025000	0.030000	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	9	0.30	0.075000	0.105000				
Tamaulipas	1	0	3	2	1	1	0	0	0	1	9	0.30	0.075000	0.090000	2	2	2	2	3	2	2	2	3	3	23	0.77	0.191667	0.268333				
Tlaxcala	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0.07	0.016667	0.020000	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	12	0.40	0.100000	0.140000				
Veracruz	1	1	2	1	1	0	1	1	1	1	10	0.33	0.083333	0.100000	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	7	0.23	0.058333	0.081667				
Yucatán	0	0	2	0	0	0	0	1	0	1	4	0.13	0.033333	0.040000	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	6	0.20	0.050000	0.070000				
Zacatecas	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	7	0.23	0.058333	0.070000	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	8	0.27	0.066667	0.093333				

Figura A. 26

Dimensiones utilización y estabilidad 2010-2011

2010-2011	Índice Seguridad Acceso 25%	Índice Seguridad Acceso 35%	Utilización										Σ	(±)	Índice Seguridad Utilización 25%	Índice Seguridad Utilización 25%	Estabilidad										Σ	(±)	Índice Seguridad Estabilidad 25%	Índice Seguridad Estabilidad 10%
	Aroz (4)	Frijol (4)	Maíz (4)	Jitomate (4)	Papa (4)	Manzana (4)	Plátano (4)	Huevo (4)	Leche (4)	Pollo (4)	40	0.75	0.187500	0.187500	Aroz (3)	Frijol (3)	Maíz (3)	Jitomate (3)	Papa (3)	Manzana (3)	Plátano (3)	Huevo (3)	Leche (3)	Pollo (3)	30	0.00	0.083333	0.083333		
																													0.066667	0.093333
Aguascalientes	0.216667	0.303333	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0		
Baja California	0.208333	0.291667	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.083333	0.033333		
Baja California Sur	0.208333	0.291667	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.083333	0.033333		
Campeche	0.066667	0.093333	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0		
Coahuila	0.116667	0.163333	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0		
Colima	0.208333	0.291667	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.083333	0.033333		
Chiapas	0.033333	0.046667	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.083333	0.033333		
Chihuahua	0.208333	0.291667	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0		
Ciudad de México	0.216667	0.303333	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0		
Durango	0.041667	0.058333	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0		
Guanajuato	0.108333	0.151667	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0		
Guerrero	0.033333	0.046667	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0		
Hidalgo	0.058333	0.081667	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0		
Jalisco	0.116667	0.163333	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0		
México	0.133333	0.186667	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0		
Michoacán	0.066667	0.093333	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0		
Morelos	0.208333	0.291667	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.083333	0.033333		
Nayarit	0.058333	0.081667	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.083333	0.033333		
Nuevo León	0.216667	0.303333	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0		
Oaxaca	0.141667	0.198333	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0		
Puebla	0.233333	0.326667	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0		
Querétaro	0.200000	0.280000	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0		
Quintana Roo	0.200000	0.280000	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0		
San Luis Potosí	0.208333	0.291667	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0		
Sinaloa	0.125000	0.175000	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0		
Sonora	0.208333	0.291667	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0		
Tabasco	0.075000	0.105000	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.083333	0.033333		
Tamaulipas	0.191667	0.248333	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0		
Tlaxcala	0.100000	0.140000	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0		
Veracruz	0.058333	0.081667	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0		
Yucatán	0.050000	0.070000	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0		
Zacatecas	0.066667	0.093333	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0		

Figura A. 27

Dimensiones disponibilidad y acceso 2021-2022

2021-2022	Disponibilidad											Σ	(±)	Índice Seguridad Disponibilidad 25%	Índice Seguridad Disponibilidad 30%	Acceso											Σ	(±)	Índice Seguridad Acceso 25%	Índice Seguridad Acceso 35%
	Aroz (3)	Frijol (3)	Maiz (3)	Jitomate (3)	Papa (3)	Manzana (3)	Plátano (3)	Huevo (3)	Leche (3)	Pollo (3)	30					Aroz (3)	Frijol (3)	Maiz (3)	Jitomate (3)	Papa (3)	Manzana (3)	Plátano (3)	Huevo (3)	Leche (3)	Pollo (3)	30				
	Aguascalientes	0	0	0	1	0	0	0	2	1	2					6	0.20	0.050000	0.060000	1	1	1	2	1	1	2				
Baja California	1	0	1	0	0	2	0	1	1	1	7	0.23	0.058333	0.070000	0	0	1	0	0	1	0	0	1	3	0.10	0.025000	0.035000			
Baja California Sur	0	1	1	2	1	0	0	1	1	0	7	0.23	0.058333	0.070000	2	2	1	1	2	2	1	1	1	2	15	0.50	0.125000	0.175000		
Campeche	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	3	0.10	0.025000	0.030000	3	3	2	3	2	2	2	3	2	2	24	0.80	0.200000	0.280000		
Coahuila	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	4	0.13	0.033333	0.040000	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	12	0.40	0.100000	0.140000	
Colima	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	5	0.17	0.041667	0.050000	0	1	0	1	0	0	0	1	1	4	0.13	0.033333	0.046667			
Chiapas	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	5	0.17	0.041667	0.050000	2	2	1	2	1	1	1	1	1	2	14	0.47	0.116667	0.163333		
Chihuahua	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	5	0.17	0.041667	0.050000	1	1	0	1	0	1	0	0	1	5	0.17	0.041667	0.058333			
Ciudad de México	0	1	2	1	1	1	0	0	0	1	7	0.23	0.058333	0.070000	1	0	0	1	0	1	1	0	1	6	0.20	0.050000	0.070000			
Durango	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	4	0.13	0.033333	0.040000	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	13	0.43	0.108333	0.151667		
Guanajuato	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	7	0.23	0.058333	0.070000	2	1	1	2	1	2	1	1	2	2	15	0.50	0.125000	0.175000		
Guerrero	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	5	0.17	0.041667	0.050000	2	2	1	2	1	1	1	1	1	2	14	0.47	0.116667	0.163333		
Hidalgo	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	4	0.13	0.033333	0.040000	2	1	2	2	1	1	2	2	1	2	16	0.53	0.133333	0.186667		
Jalisco	2	2	0	0	1	1	2	2	0	1	11	0.37	0.091667	0.110000	1	0	0	1	0	1	0	0	0	3	0.10	0.025000	0.035000			
México	0	0	1	2	2	0	1	1	1	2	10	0.33	0.083333	0.100000	2	1	1	2	1	1	1	1	2	2	14	0.47	0.116667	0.163333		
Michoacán	0	0	1	2	1	1	1	1	1	1	9	0.30	0.075000	0.090000	1	0	0	1	1	1	1	1	1	8	0.27	0.066667	0.093333			
Morelos	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	5	0.17	0.041667	0.050000	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	14	0.47	0.116667	0.163333		
Nayarit	1	0	2	1	0	0	1	1	0	1	7	0.23	0.058333	0.070000	1	1	0	1	0	0	0	1	0	4	0.13	0.033333	0.046667			
Nuevo León	1	0	1	2	1	0	1	1	0	1	8	0.27	0.066667	0.080000	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	13	0.43	0.108333	0.151667		
Oaxaca	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	6	0.20	0.050000	0.060000	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2	14	0.47	0.116667	0.163333		
Puebla	1	0	1	2	0	1	0	1	1	0	7	0.23	0.058333	0.070000	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	12	0.40	0.100000	0.140000		
Querétaro	0	0	0	2	0	0	0	0	1	1	4	0.13	0.033333	0.040000	1	2	1	2	1	2	1	1	1	2	14	0.47	0.116667	0.163333		
Quintana Roo	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	5	0.17	0.041667	0.050000	2	1	2	1	1	1	1	2	2	2	15	0.50	0.125000	0.175000		
San Luis Potosí	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	4	0.13	0.033333	0.040000	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	16	0.53	0.133333	0.186667		
Sinaloa	0	1	1	1	0	0	1	1	0	2	7	0.23	0.058333	0.070000	1	1	0	0	0	0	0	0	1	3	0.10	0.025000	0.035000			
Sonora	0	0	0	1	0	2	1	1	1	1	7	0.23	0.058333	0.070000	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0.07	0.016667	0.023333			
Tabasco	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	4	0.13	0.033333	0.040000	1	1	1	2	1	1	2	1	1	2	13	0.43	0.108333	0.151667		
Tamaulipas	0	1	2	2	0	0	0	1	1	2	9	0.30	0.075000	0.090000	1	1	0	1	0	1	0	1	0	6	0.20	0.050000	0.070000			
Tlaxcala	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	3	0.10	0.025000	0.030000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	11	0.37	0.091667	0.128333		
Veracruz	3	1	2	1	1	0	1	1	1	1	12	0.40	0.100000	0.120000	2	1	1	2	1	1	2	2	1	2	15	0.50	0.125000	0.175000		
Yucatán	0	2	2	1	0	0	1	1	0	2	9	0.30	0.075000	0.090000	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	13	0.43	0.108333	0.151667		
Zacatecas	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	3	0.10	0.025000	0.030000	2	2	1	2	1	2	1	1	1	1	14	0.47	0.116667	0.163333		

Figura A. 28

Dimensiones utilización y estabilidad 2021-2022

2021-2022	Utilización										Σ	(±)	Índice Seguridad Utilización 25%	Índice Seguridad Utilización 25%	Estabilidad								Σ	(±)	Índice Seguridad Estabilidad 25%	Índice Seguridad Estabilidad 10%		
	Aroz (4)	Frijol (4)	Maíz (4)	Jitomate (4)	Papa (4)	Manzana (4)	Plátano (4)	Huevo (4)	Leche (4)	Pollo (4)					Aroz (3)	Frijol (3)	Maíz (3)	Jitomate (3)	Papa (3)	Manzana (3)	Plátano (3)	Huevo (3)					Leche (3)	Pollo (3)
	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40					30	30	30	30	30	30	30	30					30	30
Aguascalientes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.25	0.062500	0.062500	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.083333	0.033333			
Baja California	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	2	2	2	2	2	2	2	20	0.67	0.166667	0.066667			
Baja California Sur	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.083333	0.033333			
Campeche	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	3	3	3	3	3	3	3	30	1.00	0.250000	0.100000			
Coahuila	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	2	2	2	2	2	2	2	20	0.67	0.166667	0.066667			
Colima	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.083333	0.033333			
Chiapas	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	3	3	3	3	3	3	3	30	1.00	0.250000	0.100000			
Chihuahua	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.25	0.062500	0.062500	3	3	3	3	3	3	3	30	1.00	0.250000	0.100000			
Ciudad de México	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.083333	0.033333			
Durango	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	3	3	3	3	3	3	3	30	1.00	0.250000	0.100000			
Guanajuato	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.25	0.062500	0.062500	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0			
Guerrero	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.083333	0.033333			
Hidalgo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.25	0.062500	0.062500	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0			
Jalisco	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.25	0.062500	0.062500	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0			
México	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.25	0.062500	0.062500	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.083333	0.033333			
Michoacán	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.25	0.062500	0.062500	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.083333	0.033333			
Morelos	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0			
Nayarit	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.083333	0.033333			
Nuevo León	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.083333	0.033333			
Oaxaca	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0			
Puebla	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0			
Querétaro	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0			
Quintana Roo	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.083333	0.033333			
San Luis Potosí	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.25	0.062500	0.062500	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.083333	0.033333			
Sinaloa	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	2	2	2	2	2	2	2	20	0.67	0.166667	0.066667			
Sonora	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	3	3	3	3	3	3	3	30	1.00	0.250000	0.100000			
Tabasco	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.083333	0.033333			
Tamaulipas	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.083333	0.033333			
Tlaxcala	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0			
Veracruz	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	0.50	0.125000	0.125000	2	2	2	2	2	2	2	20	0.67	0.166667	0.066667			
Yucatán	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	0.75	0.187500	0.187500	1	1	1	1	1	1	1	10	0.33	0.083333	0.033333			
Zacatecas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.25	0.062500	0.062500	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0			