

Artículo

Análisis de la superficie sembrada bajo invernadero en el estado de Hidalgo, México, en el periodo 2003-2020

Antonio Aguilar-López ^{1*}

¹ División de Ingeniería en Gestión Empresarial; Instituto Tecnológico Superior de Huichapan, El Saucillo Huichapan 42411, Hidalgo, México

* Correspondencia: aaguilarl@iteshu.edu.mx

Resumen: El establecimiento de invernaderos es una estrategia de manejo del agro-hábitat para mitigar los efectos del cambio climático. En Hidalgo, la agricultura en invernadero es un fenómeno relativamente reciente y la difusión de esta tecnología en la entidad no se ha estudiado desde una perspectiva amplia que incluya una dimensión temporal y espacial. El objetivo de esta investigación es analizar, mediante el uso de mapas digitales, la difusión de la agricultura bajo invernadero en Hidalgo en el periodo 2003-2020. La metodología consiste en un estudio exploratorio y descriptivo a partir de datos obtenidos del Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). Los resultados indican que la tasa de crecimiento promedio de la superficie sembrada bajo invernadero fue de 34.62 % en el periodo. Se concluye que la producción en invernadero en Hidalgo se encuentra en una etapa temprana de crecimiento, que puede fomentarse con acciones de política pública.

Keywords: *Invernaderos; investigación exploratoria; estado de Hidalgo*

Citar este trabajo: Aguilar-López, A. Análisis de la superficie sembrada bajo invernadero en el estado de Hidalgo, México, en el periodo 2003-2020. *REIA* 2022, 6 (1), 1-10.

Recibido: 15/07/2022

Aceptado: 30/08/2022

Publicado: 07/12/2022

1. Introducción

La presión sobre los recursos naturales que permiten al ser humano sobrevivir no es un hecho exclusivo de la era moderna, pues se ha manifestado en varias oportunidades con consecuencias negativas para civilizaciones antiguas. A diferencia de las épocas anteriores, en la época actual la humanidad habita prácticamente toda la superficie firme del planeta, de manera que los recursos de la naturaleza, como el agua y la tierra, se han convertido en los nuevos recursos escasos. El grado de presión es tal que se ha indicado que la actividad económica se acerca a la era de las restricciones ecológicas; es decir, las actividades de producción, distribución y consumo de bienes y servicios se verán cada vez más limitadas por la disponibilidad de los recursos naturales. Por tanto, surge la necesidad de rediseñar el sistema económico para lidiar con esta nueva realidad [1].

Lo que ahora se llama el problema medioambiental no se reduce a una sola dimensión, sino que consiste en una serie de problemas imbricados. En este sentido, el concepto de límites planetarios reúne nueve procesos críticos del planeta como sistema para los cuales se han establecido valores críticos. Si estos valores críticos se superan, la humanidad abandonaría la época de relativa estabilidad climática conocida como Holoceno, y las condiciones que sostienen a la sociedad contemporánea se verían severamente comprometidas [2].

Los procesos que forman parte de los límites planetarios son: 1) cambio climático, 2) cambio en la integridad de la biósfera, 3) abatimiento de la capa de ozono estratosférico, 4) acidificación de los océanos, 5) flujos bioquímicos (ciclos de fósforo y nitrógeno), 6) cambio en el sistema de uso del suelo, 7) uso de agua dulce, 8) carga de aerosoles atmosféricos y 9) introducción de entidades nuevas [2]. El comportamiento de estos

procesos repercutirá, tarde o temprano, sobre la capacidad humana para producir alimentos.

Por otro lado, si bien la tasa de crecimiento poblacional en México se ha reducido desde su máximo de 3.4 % en 1966, aún se espera que el total de la población alcance un máximo de 144 millones en 2053, para luego reducirse a 116 millones en 2100 [3].

Con base en lo anterior, se puede deducir que se avecina el reto tener que alimentar a una población aún creciente bajo las condiciones impuestas por un clima cambiante y una menor cantidad de recursos naturales disponibles por habitante. La adaptación de la producción de alimentos al marco de acción definido por los límites planetarios, puede ser el desafío más grande que enfrentará la humanidad en las próximas décadas.

El impacto de procesos como el cambio climático sobre el sector agrícola es inmediato y los cambios se transmiten hacia todos los sectores de la sociedad. No obstante, la humanidad cuenta con dos estrategias que puede implementar para adaptarse o mitigar los efectos del cambio climático y continuar así con la producción de alimentos: a) manejo del agro-hábitat y 2) manejo de la agro-biodiversidad cultivada. Dentro de la primera estrategia se encuentra la implementación de la agricultura protegida [4].

La agricultura protegida incluye el establecimiento de invernaderos, malla sombra y túneles. Esta agricultura busca minimizar el impacto que el clima y el medio ambiente tienen sobre los cultivos [5]. El desarrollo de esta tecnología de producción se dirige a controlar el problema fundamental de la agricultura: el riesgo. Cuando son bien manejados, los invernaderos permiten trascender el ciclo natural de los cultivos, reducir los ciclos de producción, incrementar los rendimientos y la eficiencia en el uso del espacio, a la vez que se minimiza el impacto de plagas y enfermedades [6].

El Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), define a los invernaderos como: “estructuras herméticamente cerradas con materiales transparentes, con suficiente capacidad de altura y ancho para permitir cultivo de especies de altura diversa, incluso árboles frutales” [5].

Sin embargo, la adopción de las tecnologías no es un proceso instantáneo, sino que requiere de tiempo. De hecho, el concepto de curva de aprendizaje refleja precisamente esta idea al establecer que existe una relación positiva entre el tiempo transcurrido y la cantidad aprendida. Para el caso de México, el nivel de la curva de aprendizaje se ha identificado como uno de los factores que limitan el crecimiento de la agricultura protegida, junto con la incertidumbre que generan los problemas fitosanitarios, la alta inversión que suponen los invernaderos de media y alta tecnología, los altos costos de operación de los invernaderos de media y baja tecnología, la escala de la producción, así como los problemas de diseño y la fuerte dependencia sobre los proveedores [6].

A nivel individual, la adopción de la agricultura bajo invernadero depende de características tanto del productor como de las unidades de producción, tales como: 1) edad, 2) escolaridad, 3) experiencia en la actividad, 4) escala de la producción, 5) superficie de producción, 6) rendimiento, 7) confianza y 8) asesoría técnica [7]. A un nivel agregado, el establecimiento de unidades de producción bajo el enfoque de la agricultura protegida depende de la constitución de redes de innovación en las que participan instituciones gubernamentales, instituciones de enseñanza e investigación, así como proveedores de insumos y servicios [10].

Las investigaciones previas relacionadas con el establecimiento de invernaderos en el estado de Hidalgo incluyen: un análisis de la rentabilidad económica de la producción de jitomate en Acaxochitlán [8], la determinación de los factores de adopción de esta tecnología en Tulancingo [7], la determinación de la rentabilidad privada de la producción de jitomate en San Agustín Tlaxiaca [9] y un análisis del impacto del sistema regional de innovación de la agricultura protegida [10].

Sin embargo, pese a la disponibilidad de datos a nivel municipal sobre el comportamiento de las superficies sembradas y cosechadas bajo diferentes tipos de agricultura, no se encontró un documento actualizado que revise el desarrollo de la

superficie cultivada bajo invernadero en el estado de Hidalgo. Por otro lado, algunas de las contribuciones anteriores a este tema tienden a partir de las características demográficas, económicas y geográficas de los municipios bajo estudio para la elaboración de los antecedentes e introducciones.

En este trabajo se busca establecer, a partir de un estudio exploratorio y descriptivo, que la difusión de la agricultura bajo invernadero es un fenómeno relativamente reciente en el estado de Hidalgo y con potencial de expansión.

Uno de los factores que pueden potenciar el desarrollo de la agricultura protegida en Hidalgo es su ubicación en el centro del territorio nacional, cerca de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Lo anterior, porque la distancia es uno de los elementos que afectan a los costos de transporte.

En cuanto al desarrollo de la superficie sembrada bajo invernadero, es posible observar que, entre los estados del centro del país, Hidalgo ha mostrado el menor crecimiento de los últimos 20 años, solo por encima de la Ciudad de México (Figura 1).

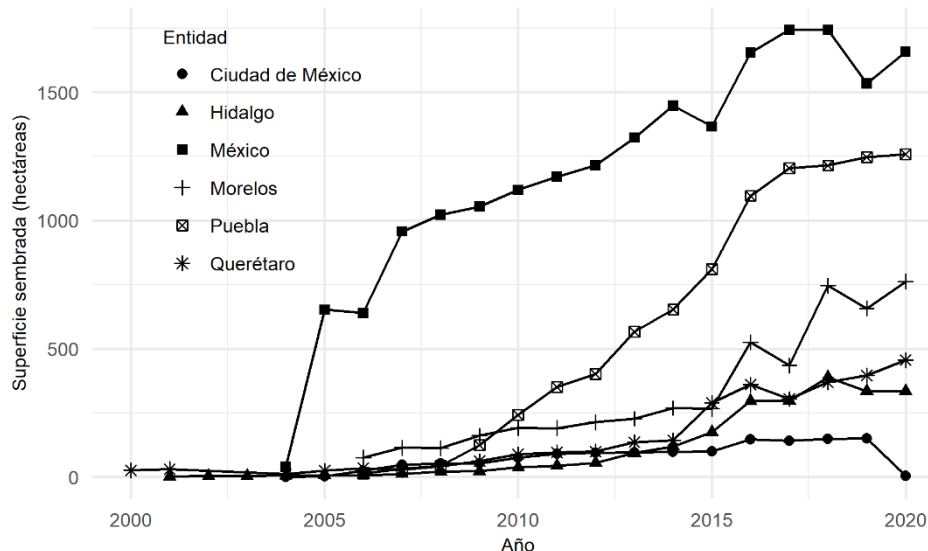


Figura 1. Superficie sembrada bajo invernadero para los estados del centro de México. Fuente: elaboración propia con datos del SIACON [11].

Se tienen indicios del establecimiento de agricultura protegida en Hidalgo desde la década de los 90's, en los municipios de Acaxochitlán, Acatlán, Huasca de Ocampo, Metepec y Tulancingo de Bravo [10]. Sin embargo, el Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON) [11], proporciona datos de la superficie cultivada a nivel municipal solo a partir del 2003.

Los datos del SIACON indican que en 2003, Hidalgo apenas contaba con 3.0, 0.5 y 0.25 hectáreas en los municipios de Mineral de la Reforma, Epazoyucan y Pachuca, respectivamente. Para 2020, la superficie era de 334.44 hectáreas en toda la entidad.

Se considera que la investigación exploratoria y descriptiva [12] es conveniente en este caso porque las altas tasas de crecimiento de la superficie sembrada bajo invernadero en la entidad empezaron a presentarse en 2007, y los trabajos de investigación hasta el 2011, cuando la producción se concentraba en el centro y oriente del estado.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo es analizar, a partir del uso de mapas digitales, la difusión de la agricultura en invernadero en el estado de Hidalgo, usando los datos proporcionados por el SIACON durante el periodo 2003-2020. Este análisis permitirá sentar las bases para futuras investigaciones sobre el establecimiento de redes de innovación para la adopción de este tipo de tecnología en la entidad, pues busca proporcionar una dimensión temporal que permita comprender dicha difusión. Por ejemplo, puede analizarse el surgimiento y crecimiento de la superficie sembrada bajo

invernadero a partir del establecimiento de programas educativos dirigidos a esta actividad en ciertos municipios, por la ejecución de programas públicos, o por el establecimiento de proveedores de materias primas. También se busca describir el cambio en la superficie sembrada bajo invernadero entre los años 2015 y 2020 a nivel municipal. Durante estos años, esta superficie se encontraba distribuida en el centro, sur, oriente y occidente de la entidad.

2. Materiales y Métodos

El método para la generación de los mapas se describe en la Figura 2.

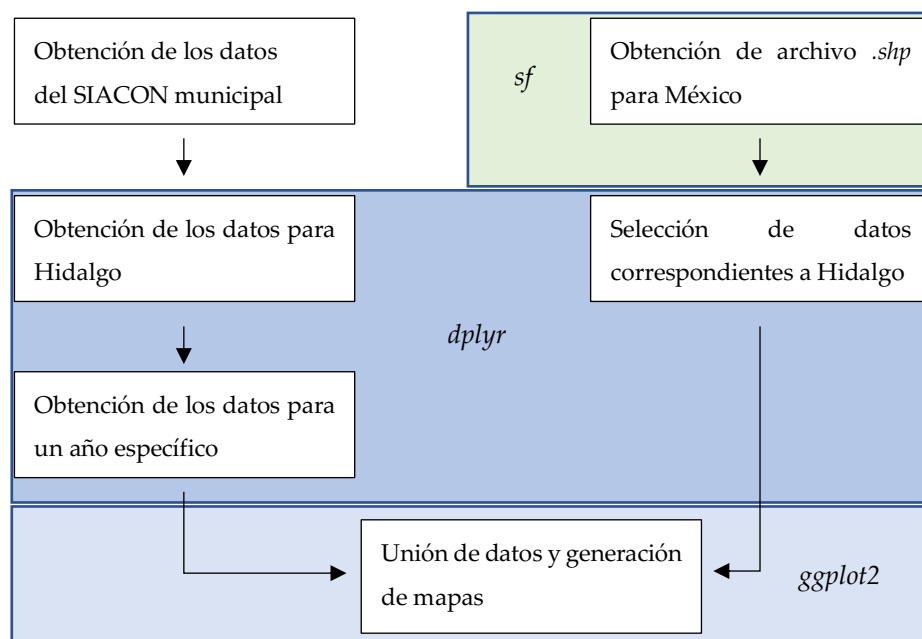


Figura 2. Marco procedimental para la generación de mapas de la superficie sembrada bajo invernadero en Hidalgo y librerías de R. Fuente: elaboración propia.

El análisis de datos se realizó a través del paquete R, versión 4.1.2, y RStudio 2022.02.3+492. Los datos provienen del Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON), que contiene datos a nivel municipal a partir del 2003 para todas las entidades del país.

El procesamiento de los datos se realizó usando la librería *dplyr* versión 1.0.9. La lectura del archivo para producir el mapa se realizó con la función *st_read* del programa *sf* versión 1.0-7. Los mapas se realizaron usando la función *geom_sf* de la librería *ggplot2* versión 3.3.6.

Para analizar el cambio ocurrido entre los años 2015 y 2020 en la superficie sembrada a nivel municipal, se emplearon tasas de cambio definidas como:

$$\text{Cambio \%} = \frac{(\text{Valor final} - \text{Valor inicial})}{\text{Valor inicial}} * 100. \quad (1)$$

3. Resultados

De acuerdo con los datos del Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON), entre 2003 y 2020 la superficie cultivada bajo invernadero en el estado de Hidalgo pasó de 3.75 a 334.44 hectáreas [11]. Esto representa un incremento de 8,818.40 %. Si bien la tendencia creciente de la superficie se revirtió durante 2019 y 2020, la tasa de crecimiento promedio en estos 17 años fue de 34.62 %. Estas tasas de crecimiento tan elevadas son indicio de que la adopción de la agricultura bajo invernadero en la entidad aún se encuentra en su etapa temprana.

La máxima superficie sembrada se alcanzó en 2018 con 388.83 hectáreas. En los consecutivos dos años en los que se presentó una reducción en la superficie por primera vez durante el periodo registrado.

Los otros dos tipos de agricultura que reporta el SIACON, macro túnel y malla sombra, tienen una presencia incipiente en la entidad y su importancia relativa es mínima (Figura 3). No obstante, la superficie bajo macro túnel se mantuvo entre los años 2016 y 2020.

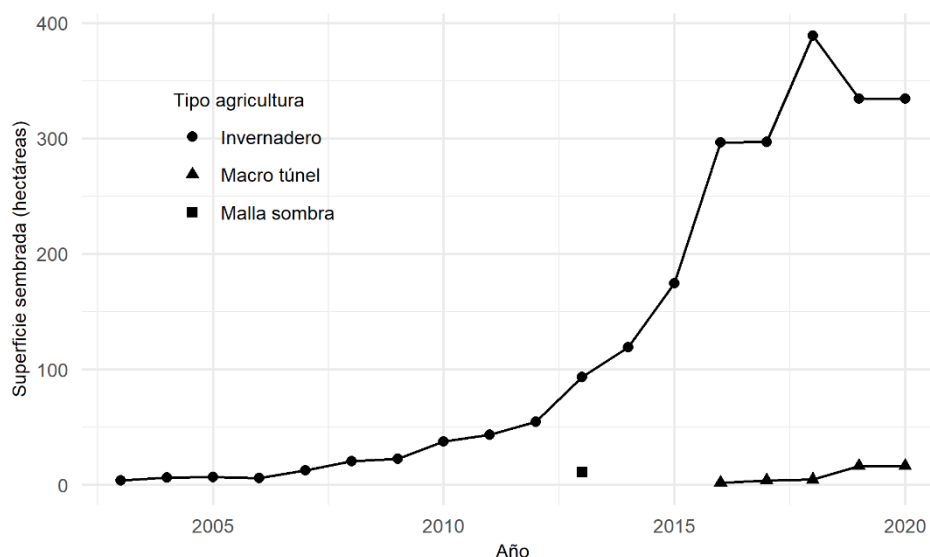


Figura 3. Superficie sembrada por tipo de agricultura protegida en el estado de Hidalgo 2003-2020. Fuente: elaboración propia con datos del SIACON [11].

En 2020, la agricultura en invernadero tuvo lugar en 38 de los 84 municipios de la entidad, lo que representa el 45.24 % del total. En términos regionales, en 2020 la difusión de esta tecnología no había alcanzado el norte de la entidad, en concreto a las regiones Huasteca y Sierra Alta, tampoco a la Sierra de Tenango. La Tabla 1 presenta el comportamiento de la superficie sembrada por municipio entre 2004 y 2020.

Tabla 1. Superficie sembrada bajo invernadero en el estado de Hidalgo, por municipio, periodo 2005-2020. Fuente: elaboración propia con datos del SIACON [11].

Mpio	Años															
	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Acat			0.74	0.74	1.00	1.00	1.00	4.00	4.00	5.00	10.50	11.50	12.00	36.00	10.45	10.45
Acax								1.50	3.00	4.00	8.50	19.00	21.00	35.00	22.40	22.40
Acto											20.80	20.80	20.80	22.00	20.80	20.80
Agua			0.50	2.30	3.00	1.25	2.50	3.00	3.00	4.00	6.00	6.50	7.00	7.50	7.50	7.50
Ajac												6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Alfa													2.00	2.00	2.00	2.00
Almo	0.34		0.36			3.50	4.00	4.00	4.50	4.00		2.70	1.00	2.70	2.70	2.70
Apan	1.33		1.10	1.20	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.20	5.00	5.50	3.10	5.00	5.00	5.00
El A											1.50	1.50	1.50	2.00	6.60	6.60
Atot			0.20	1.20	1.20	2.70	2.70	2.70	4.20	5.00	6.00	8.00	8.00	6.00	7.60	7.63
Cuau								2.00	2.00	4.00	5.00	5.50	6.00	8.00	9.00	9.00
Chap												0.21	0.25	0.30	0.23	0.50
Chil												16.00	18.00	22.00	40.00	40.00

Emil																	
Epaz	0.50	1.00	0.50	0.50						4.00	4.00	6.00	6.00	6.50	6.50	7.50	8.00
Fran												1.00	1.00	2.00	4.00	1.33	1.33
Huas				1.50		1.50	2.00	2.00	2.00	3.00	4.00	4.58	4.50	4.00	4.00	4.30	5.20
Huic												0.60	2.56	2.70	2.70	2.60	2.60
Ixmi													7.00	7.00	7.00	9.00	9.00
Metz			1.50	6.00	2.00	1.50	4.50	4.00	20.00	30.00	32.00	38.90	40.00	44.00	42.00	42.00	42.00
SAM												10.31	12.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Metz												9.30	11.89	8.00	4.00	4.00	4.00
MCh													7.00	0.50	0.10	8.10	8.10
Nopa													1.40	1.50	1.70	1.40	1.50
Omit													0.18	0.18	0.10	0.10	0.10
Pach	0.50	0.50	0.50		0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	0.76	0.56	0.55	0.62	0.55	0.55
Prog													3.00	4.00	5.00	5.50	5.50
MdR	3.00	3.00	3.00	3.00	4.50	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	3.50	3.50	2.50	2.20	2.80	3.50	3.50
SAT	0.50				1.00	10.00	10.00	10.00	10.00	13.00	11.00	11.00	10.00	11.00	11.10	11.10	11.10
SSal												3.90	4.00	4.00	4.50	3.97	3.97
Sant												1.00	1.00	1.00		1.00	1.00
Tasq													16.00	16.00	11.00	16.00	16.00
Teco										15.00	18.00	22.00	37.60	39.80	41.20	33.50	32.00
Tepe					0.61	0.61	0.43	0.43	0.44	0.43		0.80	0.40	0.43	0.43	0.43	0.43
TRO													3.00	3.00	3.00	3.00	2.00
Tiza	0.50	0.50															
Tlan													0.08	0.08			
Tolc					0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.40	0.27						
Tula			1.60	1.60	2.00	2.50	3.00	4.00	4.00	5.00	9.00	11.50	13.00	61.00	15.50	15.50	15.50
Zapo										2.65	1.00	2.00	1.98	1.50	1.83	1.98	1.98
Zemp	0.20	1.00	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.00	2.50	4.90	6.00	6.00	6.10	6.50	6.50
Zima									3.00	3.00	3.16	2.80	3.00	3.00	2.85	2.50	2.00

3.1. Distribución de la superficie sembrada en invernadero entre los municipios de Hidalgo

Los datos del SIACON permiten localizar el inicio de la producción en invernadero en Hidalgo en la zona conurbada de la ciudad de Pachuca; en los municipios de Epazoyucan y Mineral de la Reforma (Figura 4). En 2004 la producción solo continuó en los municipios de Epazoyucan (donde se mantuvo) y Mineral de la Reforma (donde se duplicó).

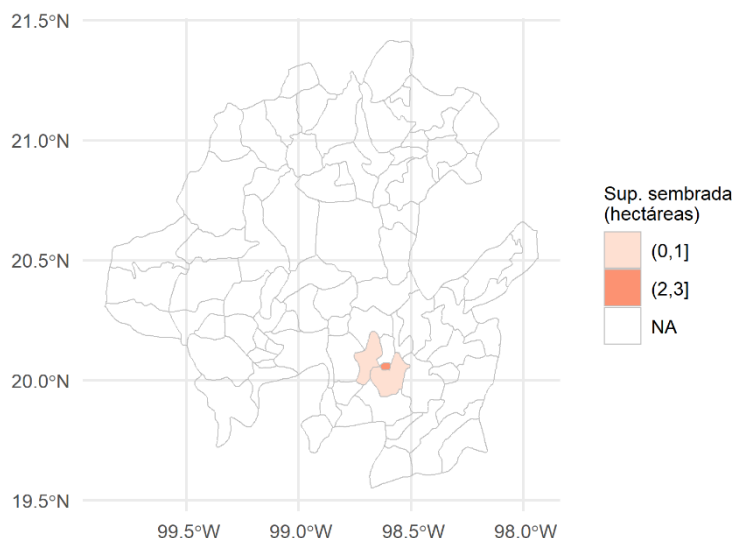


Figura 4. Superficie sembrada bajo invernadero en el estado de Hidalgo durante 2003. Fuente: elaboración propia con datos del SIACON [11].

Para 2010, la producción se había extendido hacia el oriente y el sur de la entidad a los municipios de Apan, Almoloya, Atotonilco el Grande, Tulancingo, Zempoala, Metepec, Huasca, Agua Blanca, Acatlán, Tolcayuca y Tepeapulco. También se presentó de manera importante hacia San Agustín Tlaxiaca, que rápidamente ocupó el primer lugar en superficie sembrada con 10 hectáreas (Figura 5).

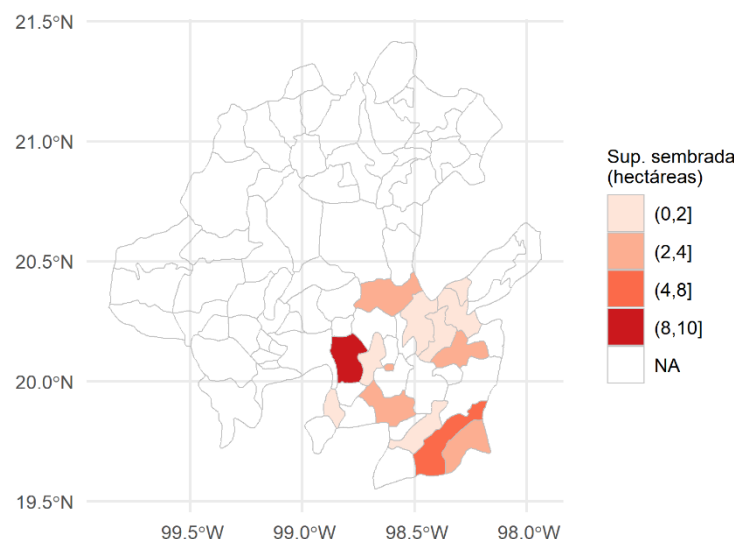


Figura 5. Superficie sembrada bajo invernadero en el estado de Hidalgo durante 2010. Fuente: elaboración propia con datos del SIACON [11].

Para 2015, se contaba con superficie sembrada en los municipios del occidente de la entidad, principalmente en el municipio de Tecozautla, así como en Huichapan y Zimapán (Figura 6). De hecho, Tecozautla se ubicó en el segundo lugar en superficie con 22 hectáreas, solo por detrás de Metepec en el oriente de la entidad, con 32 hectáreas. También es importante destacar el municipio de Actopan, pues a partir de ese año se reportan 20.80 hectáreas sembradas. La superficie sembrada en San Agustín Tlaxiaca apenas se incrementó en 1 hectárea entre 2010 y 2015.

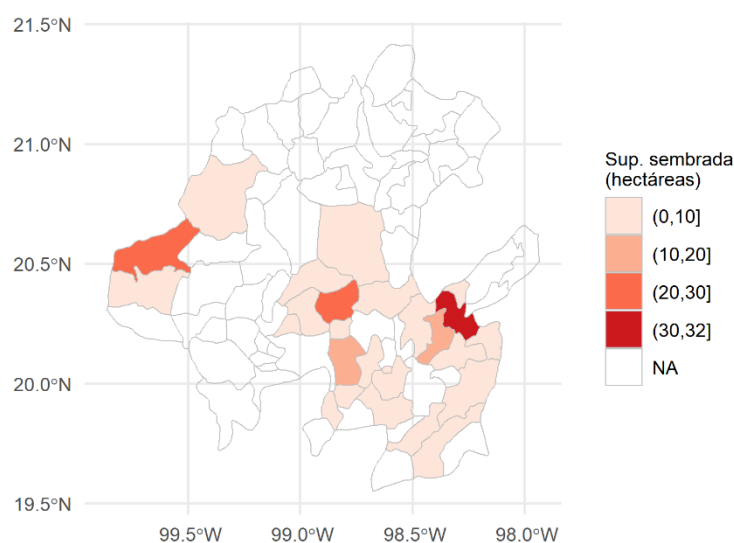


Figura 6. Superficie sembrada bajo invernadero en el estado de Hidalgo durante 2015. Fuente: elaboración propia con datos del SIACON [11].

En 2020 se pueden identificar 4 grandes regiones que concentran la superficie sembrada en la entidad: 1) Metepec-Acaxochitlán-Tulancingo, 2) Actopan-San Agustín Tlaxiaca, 3) Chilcuautla y 4) Tecozautla-Tasquillo (Figura 7).

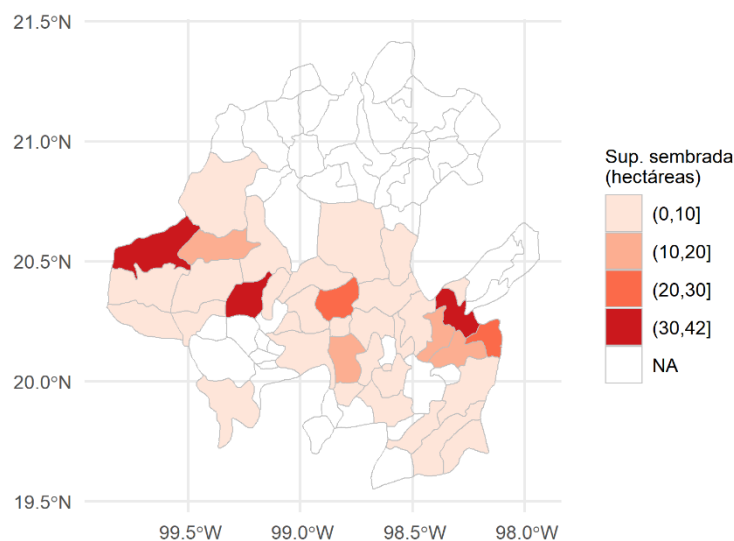


Figura 7. Superficie sembrada bajo invernadero en el estado de Hidalgo durante 2020. Fuente: elaboración propia con datos del SIACON [11].

El desarrollo de la agricultura en invernadero no ha experimentado un crecimiento ininterrumpido. De los municipios que registraban producción en 2015, algunos presentaron escenarios negativos o de estancamiento en 2020 (Tabla 2).

Tabla 2. Cambio porcentual en la superficie sembrada entre 2015 y 2020, municipios seleccionados. Fuente: elaboración propia con datos del SIACON [11].

2015	2020	Cambio (%)
------	------	------------

Municipio			
Acatlán	10.50	10.45	-0.48
Acaxochitlán	8.50	22.40	163.53
Actopan	20.80	20.80	0.00
Agua Blanca de Iturbide	6.00	7.50	25.00
Apan	5.00	5.00	0.00
Atotonilco El Grande	6.00	7.63	27.17
Cuautepec de Hinojosa	5.00	9.00	80.00
El Arenal	1.50	6.60	340.00
Epazoyucan	6.00	8.00	33.33
Francisco I. Madero	1.00	1.33	33.00
Huasca de Ocampo	4.00	5.20	30.00
Huichapan	0.60	2.60	333.33
Metepc	32.00	42.00	31.25
Metztitlán	9.30	4.00	-56.99
Mineral de La Reforma	3.50	3.50	0.00
Pachuca de Soto	0.80	0.55	-31.25
San Agustín Tlaxiaca	11.00	11.10	0.91
San Salvador	3.90	3.97	1.79
Santiago de Anaya	1.00	1.00	0.00
Tecoautla	22.00	32.00	45.45
Tepeapulco	0.43	0.43	0.00
Tulancingo de Bravo	9.00	15.50	72.22
Zapotlán de Juárez	1.00	1.98	98.00

Los casos representativos son Metztitlán, Pachuca, Zimapán y Acatlán donde se manifestaron reducciones en la superficie sembrada. Los municipios de Actopan, Apan, Mineral de la Reforma, Santiago de Anaya y Tepeapulco presentaron estancamiento en el periodo. Por otro lado, dentro de los municipios con mayor crecimiento se encuentran El Arenal, Huichapan, Acaxochitlán y Zempoala. Sin embargo, salvo el caso de Acaxochitlán, este grupo de municipios parte de valores iniciales muy bajos (entre 0.60 y 2.5 hectáreas).

4. Discusión

A nivel nacional, la agricultura bajo invernadero se estancó en el periodo 2013-2020, pues el máximo en superficie sembrada lo alcanzó en 2012, cuando se registraron 17,686.85 hectáreas, para luego reducirse a 13,639.97 en 2020. Como se ha indicado anteriormente, ese estancamiento se manifestó en Hidalgo hasta 2018.

En cuanto a los otros tipos de agricultura protegida, es de notar que el uso de malla sombra es prácticamente nulo en la entidad, a pesar de ser la tecnología más dinámica a nivel nacional en las últimas dos décadas, pues pasó de 196 hectáreas en 2007, año en el que se tiene el primer dato, a 24,695.72 hectáreas en 2019. Por otro lado, aunque es reciente el uso de macro túnel en Hidalgo, esta tecnología ha manifestado una mayor estabilidad y un crecimiento moderado. No obstante, en este caso también se encuentra una disparidad con respecto a la dinámica del país, pues la superficie de macro túnel a nivel nacional llegó a equiparar y superar a la superficie sembrada en invernadero entre los años 2016 y 2019; mientras que, en la entidad, su presencia es mínima.

Es probable que en el estado de Hidalgo exista superficie en la que se pueda adoptar la agricultura protegida en sus versiones macro túnel y malla sombra, que requieren una menor inversión en comparación con los invernaderos, pero que no se está aprovechando actualmente. En cuanto a la agricultura bajo invernadero, se aprecia que el crecimiento de la superficie sembrada en la entidad se mantiene por debajo de otras entidades del centro

de la república, donde se concentra gran parte de la población del país. En este sentido, se indica que la entidad puede estar desaprovechando la fortaleza que supone la cercanía con la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

Los resultados aquí presentados buscan proveer una dimensión temporal para comprender la adopción de la agricultura protegida de tipo invernadero en el estado de Hidalgo. Sin embargo, a pesar de que se analizó la difusión de la superficie sembrada entre los municipios de la entidad, esto en ninguna manera implica causalidad en dicha difusión. Es decir, no se asume una transmisión de la tecnología de un municipio dentro del estado a otro, o de una región del estado a otra, o que los actores que han propiciado la adopción de esta tecnología tengan contacto entre ellos. En este sentido, la identificación de redes de innovación en el occidente de la entidad es un área de oportunidad para futuros trabajos de investigación. Por otro lado, este estudio omitió la desagregación de la superficie sembrada por tipo de cultivo y por destino de la producción.

Pese a las limitaciones en cuanto al establecimiento de una causalidad, este análisis busca convertirse en una referencia para futuras investigaciones que analicen la adopción de esta tecnología en la entidad y para la identificación de redes de innovación.

Las recomendaciones de política pública apuntan hacia la importancia del mejoramiento de las vías de comunicación y de acceso a mercados para el establecimiento de invernaderos en la entidad. También se señala la importancia de propiciar la adopción de las otras variantes de la agricultura protegida, como el macro túnel y la malla sombra.

Financiamiento: “Esta investigación no recibió financiamiento externo”.

Conflicto de interés: “El autor declara no tener conflicto de intereses”.

Referencias

1. Daly, H.E.; Farley, J. *Ecological economics: principles and applications*. 2nd ed. Island Press: Washington, USA, 2011; p. 11.
2. Steffen, W.; Richardson, K.; Rockström, J.; ... Sörlin, S. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* **2015**, *347*, pp. 1-10. doi: [10.1126/science.1259855](https://doi.org/10.1126/science.1259855)
3. World Population Prospects 2022. Available online: <https://population.un.org/wpp/> (accessed on 11 July 2022).
4. Williams D.E. Cultivos infrautilizados, cambio climático y un nuevo paradigma para la agricultura. *Ambienta* **2013**, *102*, pp. 56-65.
5. Agricultura protegida. Available online: <https://www.gob.mx/senasica/articulos/conoce-que-es-la-agricultura-protegida?id-iom=es> (accessed on 11 July 2022).
6. Moreno Reséndiz, A.; Aguilar Durón, J.; Luévano González, A. Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios* **2011**, *29*, 763-774. doi: [10.22004/ag.econ.114479](https://doi.org/10.22004/ag.econ.114479)
7. Vargas Canales, M.; Palacios Rangel, M.I.; Camacho Vera, J.H.; Aguilar Ávila, J.; Ocampo Ledesma, J.G.; Factores de innovación en agricultura protegida en la región de Tulancingo, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* **2015**, *6*, pp. 827-840.
8. Terrones Cordero, A.; Sánchez Torres, Y. Análisis de la rentabilidad económica de la producción de jitomate bajo invernadero en Acaxochitlán, Hidalgo. *Revista Mexicana de Agronegocios* **2011**, *29*, pp. 752-761.
9. Terrones Cordero, Anibal. Producción de jitomate en invernadero en San Juan Tilcuautla, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Agronegocios* **2019**, *44*, 170-183.
10. Vargas-Canales, J.M.; Palacios-Rangel, M. I.; García-Cruz, J.C.; Camacho-Vera, J.H.; Sánchez-Torres, Y.; Simón-Calderón, C. Analysis of the impact of the regional innovation system of protected agriculture in Hidalgo, Mexico, *The Journal of Agricultural Education and Extension* **2022**, pp. 1-26. doi: [10.1080/1389224X.2022.2039246](https://doi.org/10.1080/1389224X.2022.2039246)
11. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. Available online: <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430> (accessed on 11 July 2022).
12. Zafra Galvis, O. Tipos de Investigación. *Revista Científica General José María Córdova* **2006**, *4*, pp. 13-14.