Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica

Página principal: www.riiit.com.mx

Teledetección del incremento de la agricultura protegida y factores que la han impulsado en San Salvador el Verde, Puebla (2010-2022)

Remote sensing of the increase in protected agriculture and the factors that have driven it in San Salvador el Verde, Puebla (2010-2022)

Sánchez-Olarte, J.[a]*, Guevara-Brindis, J.[b], Méndez-Espinoza, J.A.[c]

[a] Estancias Posdoctorales por México para la Formación y Consolidación de las y los Investigadores por México. Colegio de Posgraduados. CP. 72760 Puebla, Puebla (http://orcid.org/0000-0003-4469-2726).

[b] Posgrado en Gestión del Desarrollo Social, Colegio de Posgraduados. CP. 72760 Puebla, Puebla.

[c] Posgrado en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Colegio de Posgraduados. CP. 72760 Puebla, Puebla (https://orcid.org/0000-0002-9733-4175).

josset.sanchez@smartin.tecnm.mx*; jesusgbg4@gmail.com; jamendez@colpos.mx

Innovación tecnológica: Uso del software QGIS para la teledetección y mapeo de estructuras en el sector agrícola.
Área de aplicación industrial: Agroindustria y plataformas que generan mapeos digitales.

Recibido: 01 marzo 2025
Aceptado: 05 febrero 2026

Abstract

Currently, protected agriculture is used to optimize the available space for cultivation, where vegetables, fruits, and flowers can be grown, with a focus on marketing these products. In the case of San Salvador el Verde, Puebla, greenhouse floriculture has grown; however, the factors that have led to an increase in these structures and the number that exist are unknown. The objective was to conduct remote sensing of the increase in greenhouses in 2010, 2015, 2020, and 2022 and to identify the entrepreneurial factors that motivate producers to engage in floriculture in this municipality. A mixed-methods approach was used: interviews were conducted with three groups of producers, and the free geographic information system (GIS) software QGIS was used for remote sensing of greenhouses. Among the most notable results, the key factors that favored the increase or expansion of structures were affordable greenhouse construction costs, government support, and the influence of cultural diversity, which contributed to growth from 231 greenhouses reported by INEGI in 2010 to 855 greenhouses identified through remote sensing in 2022 using QGIS.

Keywords: QGIS; entrepreneurship; INEGI; SIAP; geographic information systems.

Resumen

En la actualidad, la agricultura protegida se lleva a cabo para optimizar el espacio disponible para el cultivo donde se pueden sembrar hortalizas, frutas y flores, con un enfoque en la comercialización de sus productos. En el caso de San Salvador el Verde, Puebla., la floricultura bajo invernadero ha crecido, sin embargo, se desconocen cuáles son los factores que han propiciado el incremento de dichas estructuras y cuántas existen. El objetivo fue "realizar la teledetección del incremento de invernaderos en los periodos 2010-2015-2020 y 2022 y conocer los factores de emprendimiento que impulsan a los productores para llevar a cabo la floricultura en este municipio". Se utilizó una metodología mixta, se aplicó una entrevista a 36 productores y para la teledetección de invernaderos se ocupó el software libre de Sistemas de Información Geográfica (QGIS). Entre los resultados se destaca que los factores determinantes que favorecieron el incremento o expansión de estructuras son los precios accesibles para la construcción de invernaderos, el apoyo gubernamental, y la influencia de la diversidad cultural, que propiciaron un crecimiento de 231 invernaderos reportados por el INEGI en 2010 a 855 en 2022 tele-detectados con el software QGIS.

Palabras clave: QGIS, Emprendimiento, INEGI, SIAP, Sistemas de Información Geográfica.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional a nivel mundial se concentra principalmente en áreas urbanas y con ello, también, incrementa la demanda de alimentos y de otros productos provenientes del sector primario. La respuesta para producir una mayor cantidad en espacios más pequeños, especialmente en zonas urbanas, ha sido la agricultura protegida o ambiente controlado. Ésta se concibe como aquella que se realiza bajo diversos tipos de estructuras con la finalidad de disminuir las restricciones que impone el medio ambiente, garantizando así el desarrollo óptimo de los cultivos (SIAP, 2022). En esta línea, la tecnología de producción basada en la agricultura protegida, también, es utilizada para producir cultivos en zonas agrícolas rurales, ya que según Segrelles-Serrano (2015), este tipo de agricultura es capaz de suministrar a los consumidores rurales y urbanos, alimentos frescos, sanos, nutritivos e inocuos en cantidades suficientes, además de producir otro tipo de cultivo, propiciando el acercamiento entre productores y consumidores.

En el ámbito de la agricultura protegida, es posible cultivar hortalizas, frutas y flores, siendo la floricultura el enfoque del presente análisis, ya que, en el mapa mundial de la floricultura 2021 de Rabobank, publicado en colaboración con Royal Flora Holland, se destacan tendencias globales clave en el sector de la floricultura internacional, ya que la estimación de la producción mundial de floricultura es de 80 000 millones de USD en una superficie aproximadamente de 650 000 ha. Las principales especies ornamentales producidas en el mundo son la rosa de corte (*Rosa spp*), crisantemo (*Chrysanthemum*), clavel (*Dianthus caryophyllus*) y orquídeas (*Orchidaceae*) cultivados en Países Bajos, Ecuador, Colombia y Tailandia. Igualmente, en el mapa de flores de Rabobank, México se encuentra entre los cinco países que más cultiva y exporta flores ornamentales en Latinoamérica, ocupando el tercer puesto, solo por debajo de Guatemala y arriba de El Salvador.

De acuerdo con la SADER (2020), las variedades de flores que tienen mayor producción en México incluyen el crisantemo, con alrededor de 11 millones de gruesas (1 gruesa = 12 docenas = 144 flores), la rosa que supera los 8 millones de gruesas, y la gladiola, que alcanza más de 5 millones de gruesas. En Puebla, hay aproximadamente 17 tipos de flores ornamentales, las cuales brindan anualmente ingresos superiores a mil 300 millones de pesos a los floricultores, siendo las plantas ornamentales un componente esencial del mercado en ocasiones especiales que celebran a la familia y sus seres queridos. Puebla se distingue por su variada producción, impulsada por los habitantes de más de 50 municipios que se dedican a la floricultura. Además, la rosa es particularmente notable, con 330 hectáreas cultivadas que producen más de 550 mil plantas al año, principalmente en las regiones de Atlixco y San Salvador el Verde (SADER, 2020).

El caso del municipio de San Salvador el Verde, Puebla, es uno de los lugares donde se agrupa una cantidad significativa de invernaderos dedicados a la producción de plantas decorativas. Sin embargo, hay una falta de datos estadísticos precisos sobre el crecimiento que ha experimentado esta actividad, y no se dispone de registros confiables ni información de teledetección que especifique tanto la superficie como el número de invernaderos relacionados con la producción de flores.

Por otro lado, el informe mundial sobre la floricultura 2021 de Rabobank, mencionan que existe una correlación importante entre los países que importan y exportan flores ornamentales. Esta relación se basa en que todos estos países son reconocidos a nivel mundial por sus tradiciones, festividades y eventos sociales que les demandan la presencia de plantas ornamentales debido a su atractivo visual y cultural. No obstante, en el municipio de San Salvador El Verde, no hay datos sobre los factores emprendedores que han facilitado el avance de la floricultura en el ámbito de la agricultura protegida. Aunque la cultura podría ser un aspecto determinante que impulsa a los productores a adoptar la agricultura protegida enfocada a la floricultura, hay otros factores a considerar como el tipo de suelo de la región, la demanda y ausencia de flores ornamentales en el mercado, la viabilidad en términos de costos y ventas, así como aspectos internos relacionados con la calidad de vida de los productores, su situación económica, la disponibilidad de recursos para la agricultura protegida y su nivel de especialización y capacidad para llevar a cabo esta actividad.

Por ello, el objetivo de esta investigación fue; realizar la teledetección del incremento de invernaderos en los periodos 2010-2015-2020 y 2022 y conocer los factores de emprendimiento que impulsan a los productores para llevar a cabo la floricultura en San Salvador el Verde, Puebla. Con el propósito de generar información relevante relacionada con la floricultura en la zona de estudio y entender los factores que los productores toman en cuenta para implementar o acrecentar la superficie en que cultivan. Asimismo, se busca comparar la información obtenida con los datos ya disponibles de instancias como el INEGI y el SIAP para verificar cualquier discrepancia con los datos existentes.

REVISIÓN DE LITERATURA

- **La agricultura en México**

México posee un área nacional de 198 millones de hectáreas, de las cuales 145 millones (73%) están destinadas a actividades agropecuarias. Aproximadamente 30 millones de hectáreas se utilizan para la agricultura y 115 millones son terrenos de agostadero. Además, los bosques y selvas cubren 45.5 millones de hectáreas (Corona-

Ramírez, 2016). En esta línea, la agricultura se describe como "el arte de cultivar la tierra" proviene del latín *ager, agri* (campo) y *cultura* (cultivo). Es una actividad que se ocupa de la producción de cultivo en suelo, el desarrollo y recogida de las cosechas, la explotación de bosques y selvas (silvicultura), la cría y desarrollo de ganado (SEDEMA, 2022). En nuestro país, la agricultura representa el elemento más importante del ámbito agropecuario, su contribución es significativamente superior en comparación con la pesca, la cría de animales y la acuicultura, además se mantiene activa durante todo el año con su diversidad de cultivos.

En el caso de la agricultura, ésta es la encargada de proveer alimentos, materias primas, y mano de obra al sector agroindustrial y de servicios, también, demanda gran cantidad de productos industriales de primera necesidad para la producción agrícola, entre ellos: fertilizantes, herbicidas, plaguicidas, maquinaria, entre otros, y en el aspecto social favorece el arraigo a sus tierras, el sustento a familias y la preservación de recursos naturales de cierto número de personas en localidades productoras (SADER, 2018a). En nuestro país se practican dos tipos de agricultura: la tradicional o extensiva, en la cual el productor depende en gran parte de las lluvias, condiciones climatológicas y mano de obra no asalariada y la segunda, la agricultura comercial o intensiva en la que para producir se implementa tecnología de punta y mano de obra asalariada (SADER, 2018b).

- **Agricultura protegida**

Su propósito principal es el resguardo de los cultivos, y representa una opción viable para poder controlar total o parcialmente el microclima que rodea a la planta, de acuerdo con las necesidades durante su periodo de crecimiento (SADER, 2017). Se define como una serie de técnicas o métodos de producción que permiten resguardar y alterar el ambiente natural en el que se desarrollan los cultivos, con la intención de garantizar un crecimiento óptimo (Pérez-Andrade, 2017). También, contribuye a incrementar el rendimiento en diferentes cultivos, o bien, obtener cosechas en fechas fuera de temporada que no pueden obtenerse si no es con un alto riesgo de siniestro (Ortiz-Alamilla *et al.*, 2023).

- **Tipos de estructura para la agricultura protegida**

La agricultura protegida se lleva a cabo utilizando gran variedad de estructuras que ayudan a salvaguardar los cultivos frente a las alteraciones climáticas. Estas instalaciones proporcionan diferentes opciones para crear un entorno adecuado que favorezca el desarrollo de las plantas conforme a las necesidades de cada especie. De igual manera, son fundamentales para potencial el avance del sector agrícola de México y, de acuerdo con la SADER (2017) se categorizan en: a) Invernaderos; estructura alta y permanente que permite un control efectivo de los factores ambientales, b) Casa o malla sombra; que ayudan a moderar la cantidad de luz solar que reciben las plantas, c) Macrotúnel o túnel elevado; óptimo para cultivar hortalizas y plantas decorativas, d) Microtúnel, túnel bajo o mini invernadero; que reduce el impacto negativo de las temperaturas frías en los cultivos.

- **La floricultura en México**

La floricultura es la sección de la horticultura enfocada al cultivo de flores y plantas ornamentales, destinada principalmente para fines decorativos. Es una amplia área del conocimiento que abarca varias actividades como la producción de plantas para jardín, producción y comercialización de flores de corte, paisajismo, decoración de interiores, por mencionar algunas (Bastida-Cañada, 2019). A través de los años, esta actividad se

ha convertido en una de las más rentables en el sector agrícola, ya que permite obtener una importante derrama económica gracias a la demanda que se genera en el mercado, tanto nacional como internacional. En México la producción de flores requiere de mucha mano de obra, en este rubro la actividad genera 188 mil empleos directos y 50 mil eventuales dependiendo de la temporada, así como más un millón de trabajos indirectos anualmente (SAGARPA, 2018).

Los factores climáticos más críticos para el cultivo de flores en invernaderos son la alta humedad relativa y la baja ventilación, influenciados por las características del lugar; un exceso de humedad puede aumentar la propagación de plagas y enfermedades hacia los cultivos, por otro lado, los excesivos y fuertes vientos pueden dañar o desprender parte del follaje como los pétalos (Acuña-Caita, 2009).

- **Desarrollo de Rosa (*Rosa s*pp.) y Crisantemo (*Chrysanthemum s*pp.*)***

El cultivo de rosa y crisantemo, en agricultura protegida, permite la producción de flores en momentos y lugares donde, de otro modo, no sería factible, logrando así precios óptimos. Para esto, es fundamental que los invernaderos cumplan con ciertas especificaciones: deben ser amplios (mínimo 50 x 20 m), ofrecer una adecuada transmisión de luz, tener una altura considerable y garantizar una ventilación eficiente en los meses de calor. También se sugiere tener sistemas de calefacción en invierno y usar mantas térmicas para mantener el calor durante la noche. El suelo necesita un buen drenado y aireación para evitar acumulaciones de agua, por lo que aquellos suelos que no cumplan con estos requisitos deben ser tratados adecuadamente, utilizando diferentes materiales orgánicos. Las rosas pueden crecer en suelos ácidos, aunque debe mantener un pH cercano a 6; no toleran altos niveles de calcio porque provoca clorosis si hay un exceso de este elemento. Así mismo, no deben exponerse a concentraciones elevadas de sales solubles, siendo recomendable no superar el 0.15%. La desinfección del suelo puede realizarse mediante calor u otro método que satisfaga las necesidades del cultivo. En caso de realizarse fertilización de fondo, es necesario un análisis de suelo previo (SAGARPA, 2018). En el caso del municipio de San Salvador el Verde, tiene las condiciones edafoclimáticas propicias para este tipo de cultivos (Sánchez & Tapia, 2023).

- **Emprendimiento y emprendimiento agrícola**

La teoría económica clásica desde hace décadas ha sido un referente teórico en relación con el emprendimiento, Richard Cantillón (1680-1734) estableció un concepto en el que envuelve las características de quien lo practica, definiéndolo “como el individuo que asume riesgos en condiciones de incertidumbre, dividiendo a los productores de la economía de mercado en “contratados”, que reciben salarios o rentas fijas, y los “emprendedores”, que reciben ganancias variables e inciertas” (Rodríguez-Ramírez, 2009). No obstante, el emprendimiento es un concepto que ha tenido transformaciones a lo largo de la historia que lo definen como el proceso que, a través de la innovación, la aceptación del riesgo, las actividades pioneras de personas o grupos se genera crecimiento y progreso económico, características que podrían llegar a ser iguales en el caso del emprendimiento agrícola y dados los elementos positivos que se le atribuyen, ser generador de desarrollo rural (Pedrozo-Ruidíaz, 2016).

El emprendimiento se distingue por poseer acciones colectivas en busca de alternativas de desarrollo, por medio de actividades que contribuyan a la evolución de la comunidad,

pensando globalmente y actuando localmente, tiene una visión de compromiso enfocado al cambio, pretendiendo convertir a los involucrados, en protagonistas solucionadores ante escenarios de injusticia y marginalidad, adoptando una posición crítica con propuestas sólidas para revertir desigualdades. Aunque la noción de emprendedor social es reciente, la capacidad para resolver problemas sociales no lo es (Alvord *et al.,* 2004). En este sentido, el emprendedor agrícola se caracteriza por ser un individuo o grupo que tiene derechos de uso y explotación de tierras u otros elementos para llevar a cabo las actividades agropecuarias, forestales o mixtas (Suárez-Melo, 1972), además, se debe tener en cuenta que el emprendimiento rural favorece el establecimiento de nuevas organizaciones que crean mercados y productos innovadores o implementan tecnologías recientes desde las zonas rurales (Wortman, 1990).

En esta línea, no se puede ignorar hoy en día el impacto que tienen las micro, pequeñas y medianas empresas a la economía, en la eficiencia, en la innovación, en la generación de empleo, en el fortalecimiento del tejido social y en el bienestar general del territorio donde implementan y emprenden conocimiento, innovación tecnológica, métodos de producción novedosos o amplían la superficie en la que llevan a cabo la actividad agrícola (Sánchez & Tapia, 2023). Sin embargo, para que el emprendimiento agrícola se realice de manera adecuada, Lawere (2004) indica que es esencial que los agricultores cuenten con características personales específicas como la autocrítica, el liderazgo, la creatividad, la perseverancia y la iniciativa para lograr un emprendimiento e implementación exitoso y sostenible. De este modo, el emprendimiento se configura como una vía para descubrir nuevas y complementarias alternativas para el desarrollo, principalmente con un enfoque más intensivo en las zonas rurales mediante acciones de creación, transformación y crecimiento que pueden contribuir al desarrollo rural (Mejía *et al.,* 2024). Este es el caso de los floricultores de San Salvador el Verde, quienes, frente a situaciones adversas y ante la incertidumbre, eligen implementar y aplicar técnicas de producción novedosas. Estas no solo mejoran sus métodos de cultivo, sino que también fortalecen las conexiones entre los productores y quienes están asociados a sus sistemas de producción (Sánchez & Tapia, 2023).

- **El emprendimiento en el desarrollo económico**

En la actualidad, el emprendimiento es visto como un factor clave en el desarrollo económico y coadyuva al avance en la zona o territorio donde se implementa. Sin embargo, Kam *et al.* (2005), refieren que el trabajo empírico realizado no ha sido contundente como para generar propuestas de análisis del fenómeno, complementado con la complejidad que representa la diversidad de factores personales, sociales, culturales, políticos e institucionales, que confluyen en los emprendedores. Jaramillo *et al.* (2013), proponen que el emprendedor rural es un pequeño productor que conoce sus recursos naturales, humanos y materiales, y posee conocimiento de su uso actual y potencial para la producción de alimentos, y toma en cuenta las condiciones del mercado. Por lo tanto, emprendimiento se relaciona con el esfuerzo de individuos con una visión clara, caracterizándose por su originalidad en sectores tecnológicos, comerciales y/o en la gestión, lo que permite generar valor y la mejora de las condiciones de bienestar social.

No obstante, en México se han realizado escasos estudios para registrar las particularidades de los emprendedores, así como sus motivaciones, requerimientos de asistencia y su papel en la innovación y desarrollo económico, especialmente en el

sector agrícola de áreas rurales, principalmente por tratarse de casos un tanto aislados de la urbanidad, por lo que la investigación resulta fundamental para conocer qué factores tienen en cuenta los productores al emprender e incrementar su superficie en agricultura protegida, especialmente en el ámbito de la floricultura.

MATERIALES Y MÉTODOS

El método empleado fue mixto, que incluyó tanto datos primarios como secundarios, para evaluar la eficacia de los métodos, se llevó a cabo una encuesta en profundidad con tres grupos de floricultores, uno de la cabecera municipal, otro de la junta auxiliar de San Gregorio Atztotocan y un tercero de Tlacotepec de José Manzo dando una (n=36), dichos grupos fueron elegidos en función de su vocación productiva de floricultura en agricultura protegida y que son los más representativos de la zona de estudio en el cultivo de rosa y crisantemo (Figura 1).

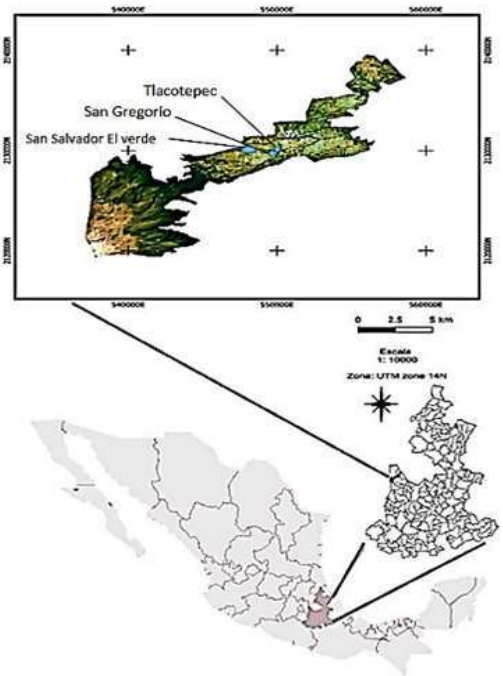


Figura 1. Localización del municipio de San Salvador el Verde, Puebla, México.
Fuente: Elaboración propia.

- **Definición del área de estudio**

El Municipio de San Salvador el Verde cuenta con una superficie de 108.7 km², se localiza en la parte centro Oeste, del estado de Puebla (ID de Estado #21). Sus coordenadas geográficas son los paralelos 19º 12'18" y 19º 21'54" de latitud norte y los meridianos 98º 26'54" y 98º 93'18" de longitud occidental.

Es fundamental señalar que este municipio se encuentra situada cerca de Huejotzingo y San Martin Texmelucan, también, está muy próxima a otros estados como Tlaxcala y México, expandiéndose por la zona colindante a la ciudad de San Martin Texmelucan, donde hay una demanda de producción de rosas y crisantemos por parte de mercados urbanos y negocios locales.

- **Métodos y técnicas de investigación**

La obtención de datos primarios fue a través de una encuesta en profundidad a 36 productores de rosa y crisantemo con el fin de generar un diagnóstico socioeconómico y poder describir los factores que impulsan esta actividad, tales como la calidad de vida, disponibilidad de recursos (capital y disposición de terrenos) y especialización, para determinar las razones que llevan a los agricultores a participar en la agricultura protegida y mantenerla a lo largo del tiempo. Adicionalmente, se consultaron bases de datos del INEGI y el SIAP del 2010 al 2022, para estimar los datos que se reportan en la actualidad del crecimiento de la agricultura protegida. De estas, se obtuvieron datos relacionados con el tamaño de la localidad, pobreza, rezago educativo, ingresos y afiliación de servicios de salud. También, se llevó a cabo una búsqueda en fuentes secundarias (bibliotecas digitales, bases de datos institucionales y repositorios científicos) para conocer las propiedades físico-químicas del área de estudio y los requisitos básicos para llevar a cabo la agricultura protegida de forma eficaz, lo que

incluyó la recopilación de información sobre los suelos predominantes de la zona, las condiciones climáticas, los patrones de humedad y el uso de suelo y vegetación.

Así mismo, se realizaron mapas de escala a nivel local (1: 20,000) mediante el software libre de Sistemas de Información Geográfica QGIS para realizar el diagnóstico relacionado con la teledetección. Se consultó información pertinente en el Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de INEGI. Después de localizar los datos necesarios en estas plataformas de consulta y utilizando técnicas de Sistema de Información Geográfica (SIG), se delimitó la zona de estudio para así llegar a una conclusión acerca del factor edafoclimático.

El análisis geoespacial se fundamentó en mapas, que permitieron el reconocimiento de las transformaciones en la superficie del suelo de San Salvador el Verde y de sus juntas auxiliares; lo que permite la identificación de la sinergia de diferentes factores que contribuyen al crecimiento de la agricultura protegida. Por esta razón, resulto crucial emplear SIG para examinar de manera georreferenciada cada instalación destinada a la agricultura protegida. De este modo, se consultaron imágenes satelitales obtenidas del portal de Google Earth en los años 2010-2015-2020, así como del portal USGS Earth Explore del satélite Landsat 8 correspondiente al año 2022.

Gracias a los SIG y al uso de la aplicación del software QGIS, fue posible crear mapas que muestran claramente el crecimiento de la agricultura protegida, además, se facilitó la posibilidad de exportar la información obtenida en un cuadro de atributos que detalla los tipos de cultivos, la instalación y sus cantidades respectivas, así como el dato más relevante que fue la superficie total.

Para determinar el aumento de la superficie y las estructuras en agricultura protegida se utilizó la ecuación de tasa de crecimiento propuesta por Ros (2016), también conocida como tasa de variación (positiva), que representa el cambio positivo en porcentaje de una variable en dos instantes diferentes de tiempo. Cabe destacar que la fórmula fue adaptada a los intervalos de tiempo analizados para su aplicación específica a este estudio:

$$TC_{i-f}\left[\left(\frac{SPF}{SPI}\right)^{\frac{1}{P}}-1\right]*100=\%$$

En donde: TC es la tasa de crecimiento, SPF es la superficie final en hectáreas, SPI es la superficie inicial en hectáreas, P es el periodo o intervalo de tiempo en la cual se hace la comparación y, el resultado final representado en porcentaje (%).

La ecuación fue aplicada directamente a los intervalos de tiempo de los años 2010-2015, 2015-2020, 2020-2022 y 2010-2022, para evidenciar el incremento, en términos positivos de la agricultura protegida. Finalmente, se describieron los factores clave relacionados a la demanda de flores ornamentales, las costumbres locales, la cultura, el apoyo gubernamental y el familiar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con la identificación de los factores socioeconómicos del municipio de San Salvador el Verde, este se encuentra en un segmento en el cual las condiciones relacionadas con la calidad de vida de los pobladores (educación integral, economía y afiliación a los servicios de salud), posibilitan la determinación de la motivación para emprender actividades relacionadas a la agricultura. Las encuestas aplicadas a los tres grupos de productores de rosa y crisantemo hicieron posible reconocer que la influencia

del entorno social fue un factor determinante para establecer invernaderos y qué, mediante asesoramiento técnico, se han conseguido cosechas de alta calidad, las cuales se manifiestan en las ganancias y en la permanencia de este sistema de cultivo.

Los factores edafoclimáticos que se encuentran en el área de investigación según el SIAP (2022) son adecuados para satisfacer las condiciones ambientales necesarias para la producción de rosas y crisantemos. Los registros del SIAP durante el intervalo de los años 2010-2022, no indican que haya habido cultivos siniestrados por factores climáticos, lo que sugiere que la región posee cualidades adecuadas para dichos cultivos incluyendo tipos de suelo, clima y niveles de humedad. No obstante, dada la complejidad de las actividades llevadas a cabo en agricultura protegida, es posible que se vean influenciadas tanto por errores del personal que opera, como fluctuación en la temperatura.

De acuerdo con los análisis geoespaciales elaborados con imágenes satelitales de Google Earth y USGS earth explore landsat 8, se realizaron mapas en el software de uso libre QGIS, en los cuales se muestra el crecimiento exponencial de instalaciones específicas para la agricultura protegida en los años 2010, 2015, 2020 y 2022, figuras 2, 3, 4 y 5.

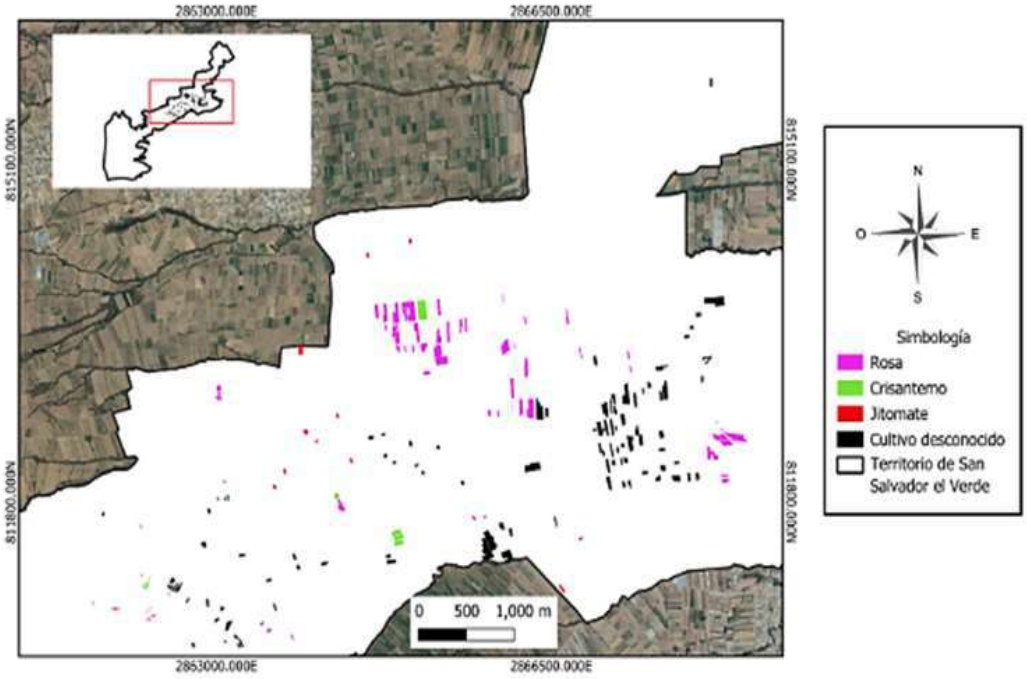


Figura 2. Invernaderos de San Salvador el Verde, Puebla, 2010.
Fuente: Elaboración propia.

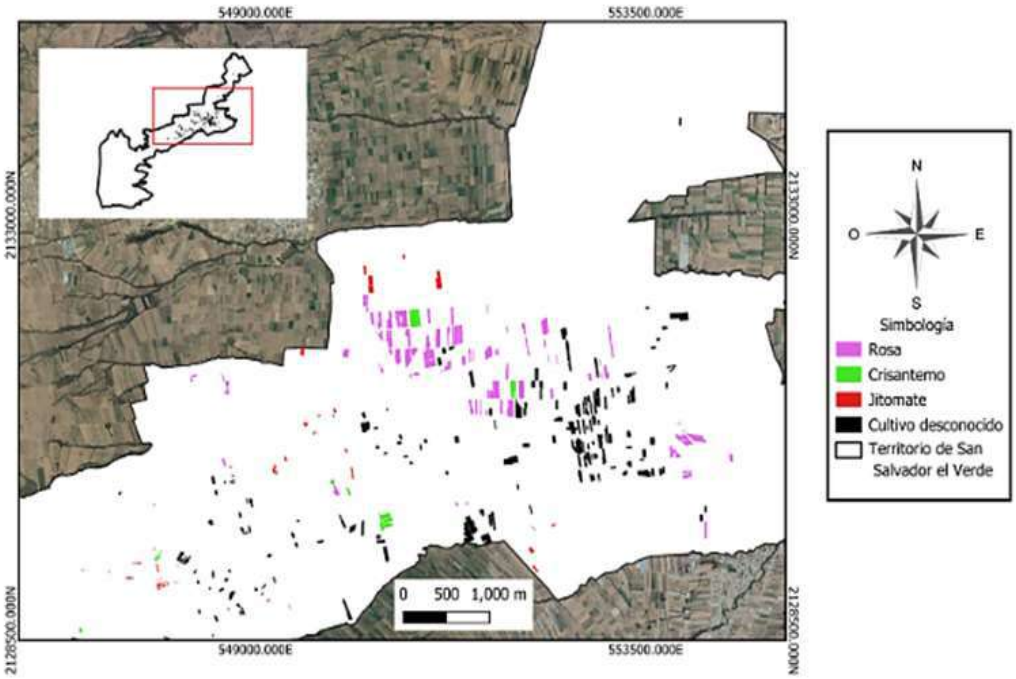


Figura 3. Invernaderos de San Salvador el Verde, Puebla, 2015.
Fuente: Elaboración propia.

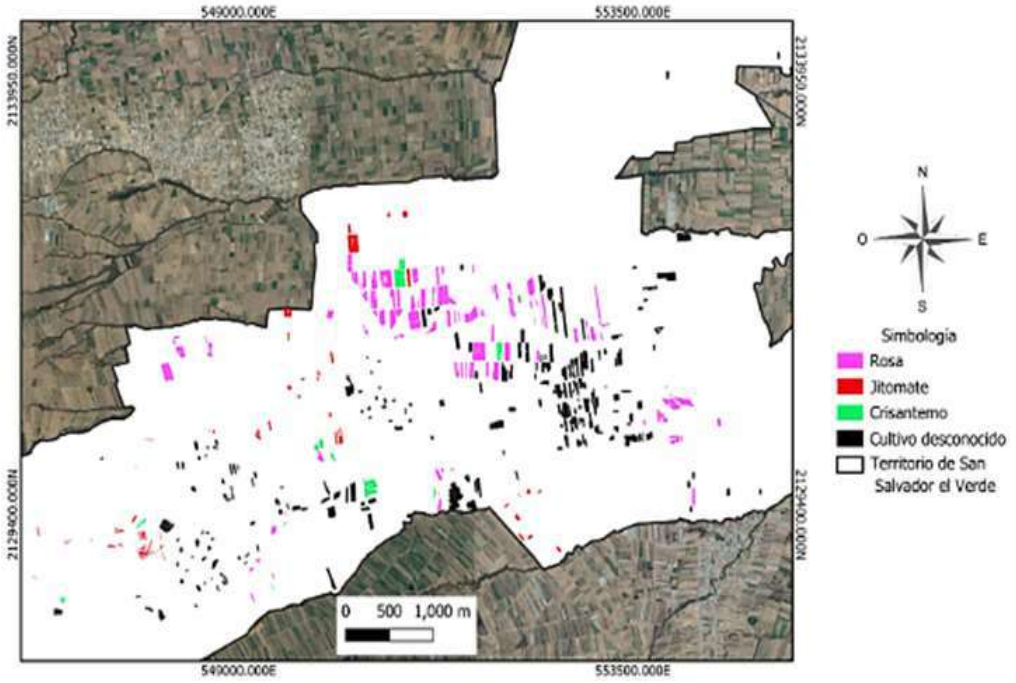


Figura 4. Invernaderos de San Salvador el Verde, Puebla, 2020.
Fuente: Elaboración propia.

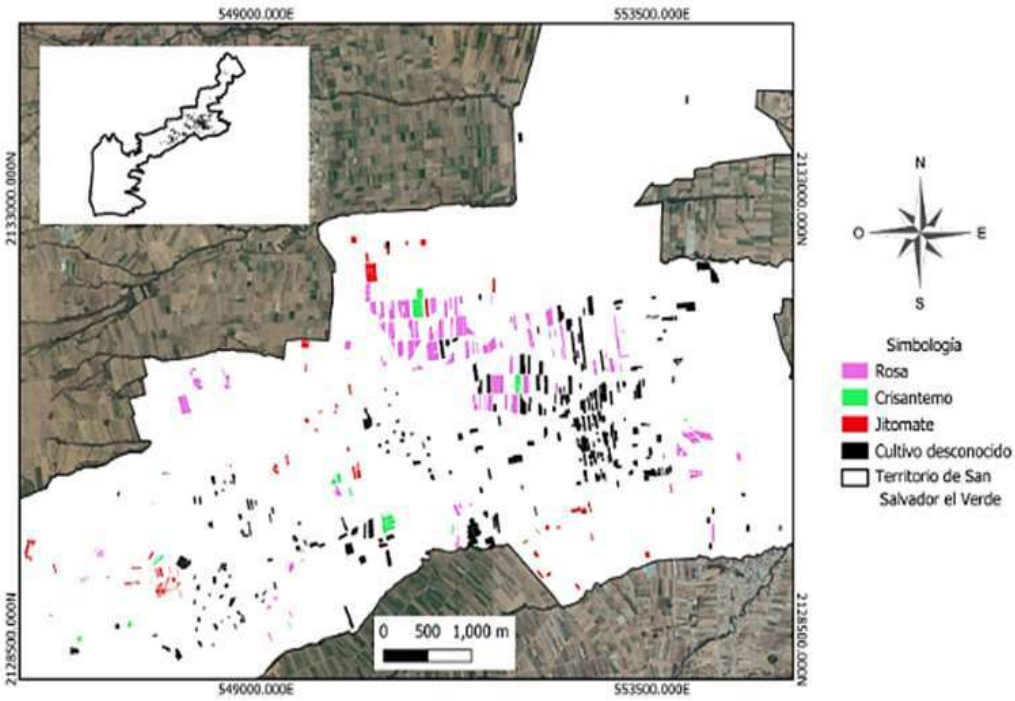


Figura 5. Invernaderos de San Salvador el Verde, Puebla, 2022.
Fuente: Elaboración propia.

Al aplicar el software QGIS para crear mapas, se posibilitó la exportación de información relacionada con el área y perímetro de los invernaderos que se delimitaban en cada intervalo de tiempo, para obtener así los datos presentados en la Tabla 1, muestra el número de instalaciones (invernaderos) y la superficie destinada a la agricultura protegida en los periodos analizados.

Tabla 1. Superficie dedicada a la agricultura protegida 2010-2022.

Año	Cantidad de Instalaciones	Hectáreas
2010	231	45.37
2015	413	83.38
2020	729	125.14
2022	855	151.88

Fuente: Elaboración propia.

Para mostrar las variaciones vinculadas a la superficie y la cantidad de instalaciones con agricultura protegida entre la información reportada por las plataformas del SIAP e INEGI y los resultados obtenidos mediante la teledetección aplicada en este estudio, se elaboró una comparación en la Tabla 2.

Tabla 2. Superficie dedicada a la agricultura protegida 2010-2022.

Institución	Variable	Año 2010	Año 2015	Año 2016	Año 2020	Año 2022
SIAP	Número de invernaderos	Sin Datos				
	Superficie (ha)	Sin Datos		63.44	54	54
INEGI	Número de invernaderos	Sin Datos		242	Sin Datos	
	Superficie (ha)			197.25		
Investigación 2022-2025	Número de invernaderos	231	413	Sin Datos	729	855
	Superficie (ha)	45.37	83.38		125.14	151.88

Fuente: Elaboración propia.
Nota: Entre los años 2010 y 2015 no se encontraron registros en las plataformas SIAP e INEGI.

Los métodos utilizados por INEGI y SIAP para clasificar este conjunto de datos referidos a la superficie destinada a la agricultura protegida, muestran variaciones en los resultados, lo que podría deberse al método empleado para la recolección de datos. Para este análisis fue crucial el uso de software de los Sistemas de Información Geográfica SIG, los cuales proporcionan datos muy precisos y contribuyen a mejorar la información recopilada en años anteriores. La Figura 6, ilustra el aumento en el número de invernaderos en función de los intervalos de tiempo analizados.

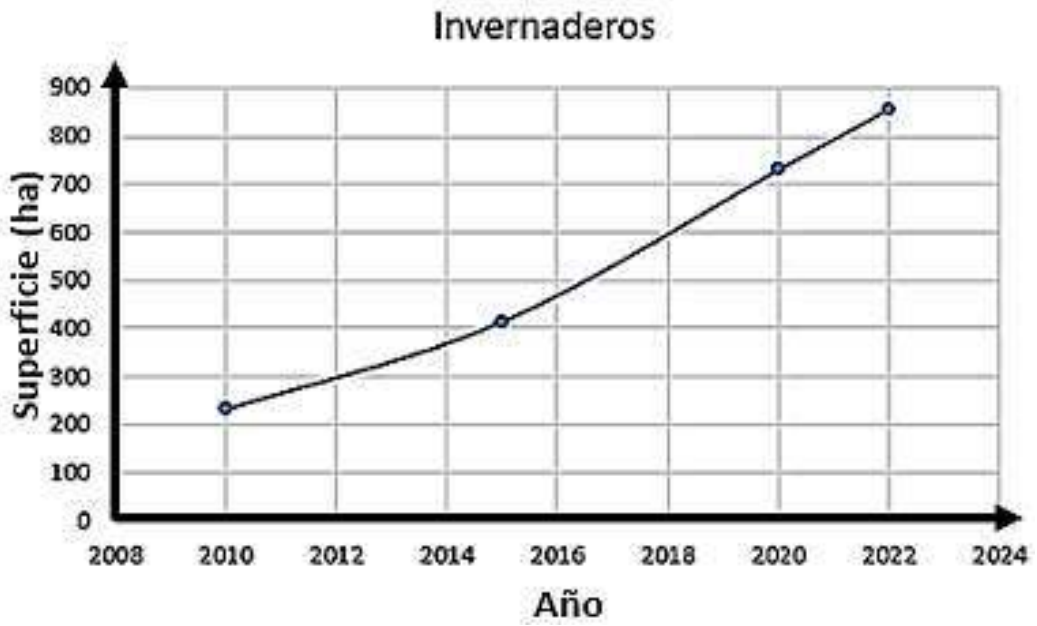


Figura 6. Crecimiento del número de invernaderos en San Salvador el Verde, Puebla.
Fuente: Elaboración propia.

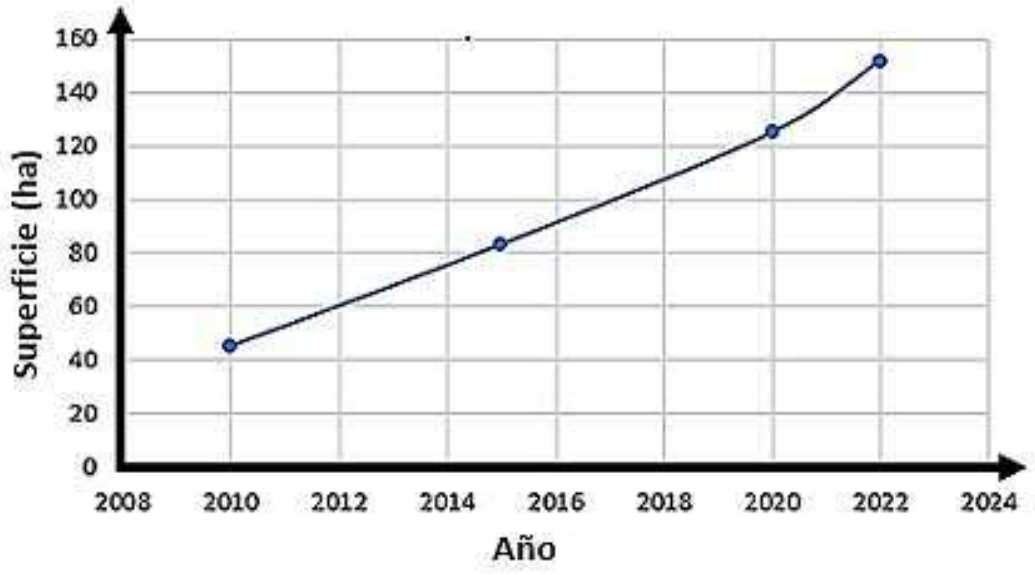


Figura 7. Crecimiento de la superficie dedicada a la agricultura protegida en San Salvador el Verde, Puebla.
Fuente: Elaboración propia.

La Figura 7, muestra el aumento de la superficie destinada a la agricultura protegida, datos que se obtuvieron a través del uso de la teledetección realizada.

Las Figuras 6 y 7 permiten realizar una comparación y muestran el incremento de invernaderos y de la superficie destinada a la producción de rosas y crisantemos entre 2010 y 2022. Además, la encuesta realizada ayudó a comprender que la llegada de nuevos agricultores se debió a la percepción positiva de esta actividad, así como aquellos que optaron por ampliar sus invernaderos para incrementar sus ingresos. Se puede observar que ambas figuras muestran similitudes en la dispersión relacionada con el aumento tanto de nuevos invernaderos como de la expansión de los ya existentes, así como de la superficie dedicada a esta actividad, lo que sugiere que tanto nuevos agricultores como aquellos con más experiencia en la agricultura protegida, han seguido un patrón similar en el incremento de este tipo de agricultura.

Por otro lado, se realizó el cálculo del aumento de la superficie con agricultura protegida en la zona de estudio, mediante la ecuación de la tasa de crecimiento, abarcando el periodo del 2010-2022 tomando como datos de referencia los presentados en la Tabla 1.

$$TC_{2010-2022}\left[\left(\frac{151.88}{45.37}\right)^{\frac{1}{12}}-1\right]*100 = 10.59\ \%$$

Al aplicar la ecuación, se identificó que la agricultura protegida tuvo un crecimiento porcentual promedio de 10.59% anual durante el periodo 2010-2022. No obstante, es importante señalar que la información obtenida en esta investigación, contrasta con los datos consultados en las bases del censo agropecuario de INEGI 2016 y el SIAP, ya que, cuando se realizó el análisis georreferencial, los resultados indicaron que los datos de INEGI y SIAP difieren, tal como se muestra en la Tabla 2.

En el caso de INEGI, solo se tiene registro del censo agropecuario realizado en el 2016, en el cual se reportaron 197.25 ha destinadas a la agricultura protegida. Sin embargo, las que se generaron a partir de esta investigación

(2022-2023), muestran que la superficie ocupada con agricultura protegida en 2015 era de 83.38 ha, es decir INEGI reportó, en ese periodo, una superficie de más de un 200% del real, quizá el dato reportado en esa etapa se debió a la metodología aplicada para el levantamiento del CENSO, lo cual genera incógnitas sobre la metodología con la cual obtuvieron los datos.

Una posible respuesta al problema identificado, quizá se debió a la sobrestimación por parte de INEGI al considerar como referencia cada invernadero con una superficie de 1ha. Ya que, durante el análisis georreferencial de la ubicación de los invernaderos, se consultó el mapa digital de INEGI y, utilizando los filtros correspondientes para la actividad y lugar de estudio, se reveló que en algunos terrenos donde se indican cultivos de rosa y crisantemo, existe una superficie considerable, como se muestra en la Figura 8.



Figura 8. Superficie reportada de Rosa en agricultura protegida 2018.
Fuente: Mapa digital de INEGI 2018.

Con la herramienta georreferenciación que ofrece el mismo mapa digital de INEGI, permite georreferenciar mediante polígonos, aquellas zonas de sobrestimación, mismas que son las observadas cuando se abren con algún sistema de navegación GPS (Figura 9).



Figura 9. Superficie de rosa en agricultura protegida 2018.
Fuente: Elaboración propia a partir de investigación, 2022-2025.

En la Figura 9; el área de color rosa representa la superficie real de agricultura protegida. Esto no implica que los datos proporcionados por INEGI sean incorrectos, sino que podría haber una probabilidad de que el equipo encargado del CENSO, haya registrado la superficie total especificada en el acta de propiedad del terreno.

Por otro lado, el SIAP cuenta con un filtro de búsqueda excelente para la consulta de información de acuerdo con el cultivo específico, sin embargo, el problema fue que no proporciona datos relacionados con la tecnología empleada en la agricultura protegida en lo que respecta a la producción de rosas y crisantemos, lo que impidió una comparación visual con el SIAP.

Respecto a la identificación de ciertos factores clave que los productores tienen en cuenta al optar por entrar o continuar con prácticas de agricultura protegida, se logró identificar que la accesibilidad económica es el factor más importante, ya que está relacionado con la construcción y el mantenimiento de invernaderos, además de manejo de los cultivos. Aunque un productor no pudiera establecer invernaderos de acuerdo a su calidad de vida y disponibilidad de terrenos, la asistencia del gobierno en el año 2015 a través de SAGARPA brindó apoyos que impulsaron la construcción, equipamiento y modernización de invernaderos en el estado de Puebla a través del Programa de Concurrencia con las Entidades Federativas específicamente en el Componente de Proyectos Productivos o Estratégicos, lo cual se convirtió en un factor determinante en el aumento en superficie y estructuras de dicha actividad (SAGARPA, 2016). Además, de acuerdo con las opiniones expresadas por los grupos de productores encuestados, refirieron que la mayoría de los que se inscribieron para recibir dicho apoyo, cumplían con los requisitos, mismo que pudo ser reflejado en los mapas de georreferenciación, donde el aumento se concentró en pequeños puntos dentro de las juntas auxiliares, específicamente en los traspatios de las casas de los pobladores.

Finalmente, los productores indicaron que el principal factor que influenció el aumento de la agricultura protegida y la superficie de producción está relacionado con la demanda de flores decorativas debido a la propia cultura de México, especialmente porque ésta ha crecido notablemente en años recientes. Aunque México exhibe una gran diversidad étnica, la necesidad de flores ornamentales es vital para cerebraciones familiares y religiosos. A pesar de la crisis sanitaria mundial causada por la pandemia COVID-19 en 2020, que paralizó actividades en todos los sectores. No obstante, el sector de la floricultura no sufrió un impacto significativo. Específicamente, en la zona objeto de estudio, que es considerada aún parte del entorno rural, las labores agrícolas continuaron sin interrupciones aún en pandemia, a diferencia de las zonas urbanas donde reside un mayor número de personas.

CONCLUSIONES

El análisis georreferencial y de teledetección espacial realizado con diferentes imágenes satelitales y la aplicación del Software libre QGIS contribuyó a determinar la tasa de crecimiento porcentual de la superficie y estructuras en agricultura protegida de manera más precisa en área objeto de estudio.

Los datos obtenidos en la investigación permitieron realizar una contrastación con los informes proporcionados por el INEGI y el SIAP en los años en cuestión. No obstante, esto crea una oportunidad para continuar investigando y mejorar la precisión de los datos que ya existen en las diversas plataformas oficiales.

Las opiniones manifestadas por los productores de rosas y crisantemos ayudaron a reconocer varios factores clave que impulsaron la implementación de nuevas estructuras o la expansión de las existentes orientadas a la agricultura protegida.

Se encontró que durante el periodo de 2010 a 2015 hubo gran accesibilidad y precios bajos en insumos para la construcción de invernaderos. En ese mismo lapso, el gobierno impulsó esta actividad, contribuyendo a fortalecer la agricultura familiar y, particularmente, a la agricultura protegida en áreas de traspatio.

Finalmente, se observó que el sistema agrícola en agricultura protegida en el ámbito de la floricultura ha persistido y aumentado, gracias a su viabilidad económica, a las condiciones de suelo y clima del área de estudio, además de factores culturales, económicos, sociales y ambientales. Sin embargo, se recomienda seguir investigando para generar información que fortalezca dicha actividad.

BIBLIOGRAFIA

Acuña-Caita, J. F. (2009). Grupo de investigación en tecnología de invernaderos y agroplasticultura: Experiencias. Ingeniería e Investigación, 29(3), 156-157.

Alvord, S.H., Brown, L.D. & Letts, C.W. (2004). “Social Entrepreneurship and Societal Transformation, An Exploratory Study”,The journal of applied behavioral science, 40 (3), 260-282.

Bastida-Cañada, O, A. (2019). ¿Qué es la floricultura?. Blog agricultura. Consultado el 10 del 2022. Recuperado de https://blogagricultura.com/concepto-floricultura/

Corona-Ramírez, I. (2016). El desarrollo de la agricultura y el impacto que tendría en las finanzas públicas de México. Premio nacional de las finanzas públicas de México 2016. Consultado el 10 del 2022. https://cefp.gob.mx/formulario/Trabajo_12a.pdf

Jaramillo *et al.*, (2013). Factores que influyen para el emprendimiento de microempresas agropecuarias en el Valle de Puebla, México Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 5: 925-937

Kam, W. P.; Ping, H. Y. and Autio, E. (2005). Entrepreneurship, innovation and economic growth: Evidence from GEM data. Small Business Economics. 24:335-350.

Mejía, E. T., Olarte, J. S., & Santos, A. L. (2024). Inmigrante mexicano emprendedor: detonante para la emigración hacia EE. UU. en universitarios de San Martin Texmelucan, Puebla, México. Paradigma económico. Revista de economía regional y sectorial, 16(1), 147-165.

Pedrozo-Ruidíaz, L. M. (2016). El emprendimiento agrícola como promotor de desarrollo rural en Colombia. Retrieved from: https://ciencia.lasalle.edu.co/finanzas_comercio/41

Pérez-Andrade, L. F. (2017). Evaluación de una Malla Agrícola Anti-Insectos con Propiedades Antitérmicas en el cultivo de tomate. “*Solanum lycopersicum*” (Tesis de maestría).

Centro de investigación en química aplicada. Saltillo, Coahuila.

Lawere, C. (2004). The role of agricultural entrepreneurship in Dutch agriculture of today. Agricultural Economics 33: 229-23

Ortiz-Alamilla, A. I., Neri-Suárez, M., López-González, J. L., & Vilaboa-Arroniz, J. (2023). Análisis de la agricultura protegida y sus impactos socioambientales en tres municipios de la Sierra Nevada de Puebla, México. Religación, 8(36), e2301061.

Rabobank. (2021). World Flower Map 2021: More than Just a Local Affair. Recuperado de https://research.rabobank.com/far/en/documents/175926_Rabobank_Flower-Map-2021_20211230.pdf

Rodríguez-Ramírez, A. (2009). Nuevas perspectivas para entender. Pensamiento y Gestión. 94-119.

Ros, J. (2016) "The real exchange rate, the real wage and growth. A formal analysis of the 'development channel'," en M. Damill, M. Rapetti y G. Rozenwurcel (eds), Macroeconomics and Development: Roberto Frenkel and the Econo mics of Latin America, Columbia University Press

Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural SADER. (2017). Tipos de estructura para la agricultura protegida. https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/tipos-de-estructura-para-la-agricultura-protegida

Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural SADER. (2018a). Floricultura, cultivando belleza y ganancias. Recuperado de https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/floricultura-cultivando-belleza-y-ganancias

Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural SADER. (2018b). ¿Cómo beneficia la agricultura a las familias mexicanas? https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/como-beneficia-la-agricultura-a-las-familias-mexicanas

Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Noticias SADER. (2020). Resalta Puebla por producción de flores. https://sdr.puebla.gob.mx/noticias/resalta-puebla-por-produccion-de-flores

Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación SAGARPA. (2016). Programa de Concurrencia con las Entidades Federativas. Recuperado de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.agricultura.gob.mx/sites/default/files/sagarpa/document/2020/03/21/1981/21032020-ipassa-informe-compendio-2016-vf-puebla.pdf

Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación SAGARPA. (2018). Fundación produce Chiapas. Manual de producción de rosa. Recuperado de https://www.yumpu.com/es/document/view/14364081/manual-rosapdf-fundacion-produce-chiapas

Sánchez-Olarte, J. & Tapia-Mejía, E. (2023). Factores de emprendimiento en la preservación del cultivo de rosa en San Salvador el Verde, Puebla. Regiones y Desarrollo Sustentable, 23(44).

Secretaria del Medio Ambiente de la Ciudad de México SEDEMA. (2022).

Glosario de agricultura. http://www.sadsma.cdmx.gob.mx:9000/datos/glosario-definicion/Agricultura

Segrelles-Serrano, J.A. (2015). Agricultura periurbana, parques naturales agrarios y mercados agropecuarios locales: una respuesta territorial y productiva a la subordinación del campo a la ciudad. Scripta Nova. http://revistes.ub.edu/index.php/ScriptaNova/article/view/15107/18310

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP. (2022). Documentos abiertos. Agricultura protegida SIAP 2022. https://www.gob.mx/siap/documentos/agricultura-protegida-200653

Suárez-Melo, M. (1972). "Campesino" comunitarian enterprises in America Latina. En J. E. Araujo, The community enterprise (págs. 297-330). San José, Costa Rica: IICA-headquarters.

Wortman, M. (1990). Rural entrepreneurship research: An integration into the entrepreneurship field. Agribussines, 329-244.