

Recibido: 28.08.2022 • Aceptado: 09.01.2024

Palabras clave: Cultivos protegidos, horticultura, invernadero, invernáculo, macrotúnel.

Agricultura protegida en el estado de San Luis Potosí

MANUEL FELIPE LÓPEZ MORA

a348508@alumnos.uaslp.mx

MARÍA FERNANDA QUINTERO CASTELLANOS

maria.quintero@uaslp.mx

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA, UASLP

Anualmente son millones las toneladas de alimentos que se pierden a nivel mundial, una causa son los fenómenos climáticos extremos como las sequías, lluvias intensas y temperaturas extremas; los cuales, son cada vez más frecuentes y fuertes a causa del cambio climático; alteraciones que afectan el rendimiento de los cultivos a campo abierto generando grandes pérdidas económicas para los productores, quienes se ven obligados a renunciar a sus cosechas y buscar otras opciones de sustento para sus familias.

Una alternativa son los denominados sistemas de agricultura protegida, pues ofrecen protección al cultivo a través de estructuras cubiertas con materiales mayoritariamente ligeros y transparentes. Hoy día, estas construcciones se han extendido en todo el mundo, principalmente en Asia, Europa y América, en este último, países como México, Brasil, Argentina, Colombia y Ecuador tienen importante relevancia en el mercado.

Particularmente, en México la mayor parte del área sembrada bajo estructuras de protección se concentra en siete estados de la república, uno de los cuales es San Luis Potosí, el cual ha tenido un interesante desarrollo en este sector en los últimos años. Sin embargo, a pesar de que existe información estatal tanto pública como privada, la realidad es que no se cuenta con productos cartográficos actualizados (mapas) fáciles de interpretar que promuevan la comunicación y difusión de este sector agrícola.

En este orden de ideas, el propósito de este estudio es crear y analizar representaciones cartográficas actualizadas del estado de San Luis Potosí (SLP), referentes tanto al área sembrada total de agricultura protegida como a el área sembrada por tipo de construcción: invernaderos,

macrotúneles y mallas sombra; las cuales sean simples de entender y brinden a la ciudadanía herramientas para la planeación y toma de decisiones.

Agricultura protegida

Los sistemas de producción agrícola que ejercen cierto grado de control, en mayor o menor medida, sobre los factores medio ambientales que afectan los cultivos, creando condiciones óptimas de microclima que favorecen el crecimiento y desarrollo de plantas, se conocen con el nombre de agricultura protegida (AP), pues permiten manejar elementos climáticos como temperatura, humedad, radiación solar, viento; modificar la composición del aire y el medio de soporte radicular; e igualmente, ofrecen protección frente a lluvias, heladas y sequías Castilla, N. (2012). *Greenhouse Technology and Management* (2nd ed.; N. Castilla, Ed.; E. Baeza, Trans.). Wallingford, England: CABI Publishing.

El propósito de la agricultura protegida (AP) es obtener productos de alta calidad para el mercado, incrementar el rendimiento, extender los periodos de cosecha, suministrar productos de manera constante durante todo el año, inclusive si las plantas están fuera de su ciclo natural, disminuir el daño causado por plagas

y enfermedades, y utilizar de manera eficiente recursos como el suelo, agua, nutrientes y energía. Esto se ve reflejado en mejores ingresos para los productores debido a que, los alimentos obtenidos a través de estos sistemas tienen mayor precio en el mercado en comparación con los producidos a campo abierto (Castilla, 2012; Martínez, *et al.*, 2014. *Los invernaderos de Almería: análisis de su tecnología y rentabilidad*. Cajamar Caja Rural).

De acuerdo con Castilla (2012) la AP se realiza dentro de estructuras simples o modulares hechas a partir de películas con materiales transparentes o semitransparentes que, dependiendo la posición respecto a la planta, determina el tipo de protección. Cuando estas se ubican sobre las plantas, se les denomina cubiertas y, en general, existen tres tipos: invernaderos, túneles (micro y macrotúneles) y cubiertas flotantes.

Particularmente, los invernaderos son construcciones cerradas sólidas capaces de albergar cultivos de gran altura incluyendo árboles frutales, y que, de acuerdo con la forma del techo pueden distinguirse varios tipos, los más conocidos son: capilla, gótico, semicircular, diente de sierra y parral. En cambio, los túneles son estructuras más pequeñas en forma

de arco, donde los macrotúneles tienen la altura suficiente para permitir el paso de personal dentro del cultivo, y los microtúneles, únicamente cubren el cultivo. Por su parte, las cubiertas flotantes son películas plásticas que reposan sobre el cultivo y carecen de estructura (Castilla, 2012; Kumar *et al.*, 2022. *Plastics for Crop Protection. In Plasticulture Engineering and Technology* (pp. 183–196). CRC Press).

De igual modo, otro tipo de construcciones de AP, del mismo grupo de las cubiertas, son las mallas sombra, estructuras con menor grado de control sobre el microclima en comparación con los invernaderos y cuyas cubiertas están hechas a partir de materiales porosos que, a diferencia de los transparentes reducen la radicación solar por medio de sombra y permiten mayor intercambio de aire con el exterior (Kumar *et al.*, 2022).

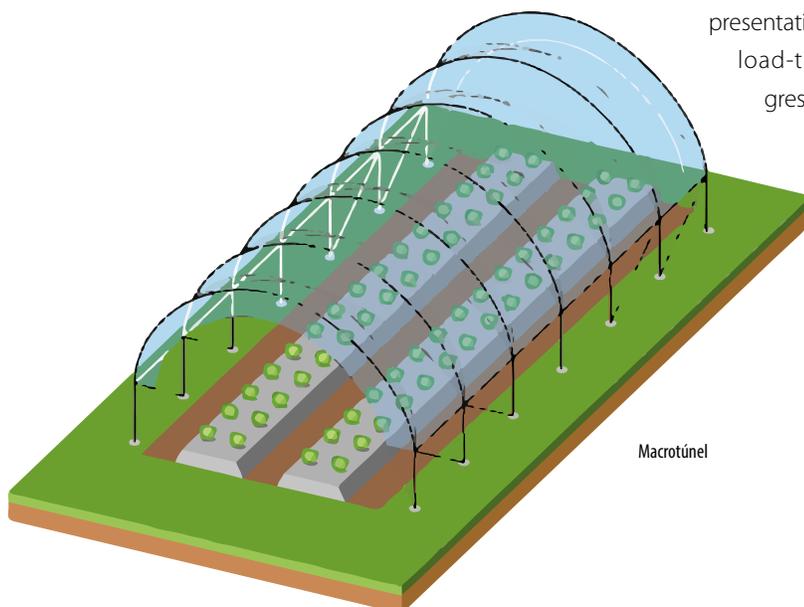
Los materiales transparentes más utilizados son los plásticos, materiales flexibles que, en contraste con el vidrio, que también es utilizado, es más liviano, versátil y económico. Algunos de los materiales más empleados son polietileno de baja densidad (PEBD), copolímero etileno-vinil-acetato (EVA) y policloruro de vinilo (PVC) (Castilla, 2012).

Por otro lado, los cultivos agrícolas que con mayor frecuencia se producen bajo AP son las hortalizas, en su mayoría pertenecientes a las familias de las solanáceas (tomate, pimiento, berenjena) y cucurbitáceas (pepino, calabacín, sandía, melón), también se producen flores de corte y ornamentales, berries, uva, lechuga, judía verde, frijol, brócoli, papa, espinaca, cebolla (Castilla 2012; Martínez *et al.*, 2014).

Situación actual de la AP a nivel mundial y en México

A nivel mundial la AP cubre un área superior a cuatro millones de hectáreas (ha), en donde cerca del 93 por ciento se ubica en Asia, en su gran mayoría en China, que, junto a Corea del Sur, Japón, India y Turquía hacen de este continente una potencia respecto a este tipo de agrosistemas. En cambio, Europa con sus 215 000 ha, países como España, particularmente su provincia de Almería que alberga más de 33 000 ha de invernaderos, Italia, Holanda, Francia y Grecia tienen las mayores superficies de AP del continente, principalmente hortofrutícolas (Castellón, 2018. *Situación de la Plasticultura en Iberoamérica* [Comunicación en congreso]. XXI CIPA Congress "Agriculture, Plastics and Environment", Arcachón, Francia. <https://cipa-plasticulture.com/presentations-to-download-the-cipa-congress-2018>; Tiseyra *et al.*, 2022).

<https://cipa-plasticulture.com/presentations-to-download-the-cipa-congress-2018>; Tiseyra *et al.*, 2022).



Por otro lado, América tiene un poco más de 110 000 ha, la mayor parte en México, país que tiene alrededor de 45 000 ha, de las cuales, cerca del 50 por ciento son estructuras tipo malla sombra, el área restante se ubicada en países como Brasil, Estados Unidos de América, Argentina, Colombia y Ecuador, estos dos últimos suman cerca de 13 000 ha, dedicadas exclusivamente al cultivo de flores de corte, sembradas bajo invernadero (Castellón, 2018; AMHPAC, 2021).

De acuerdo con la Asociación Mexicana de Horticultura Protegida (AMHPAC) (2021), en 11 años México pasó de tener menos de 5 000 ha de AP, a poseer en el año 2020 una cifra equivalente a las 44 856 ha, lo cual representó un crecimiento promedio anual del 74 por ciento; cuya distribución según el tipo de estructura fue la siguiente: 20 447 ha (46 por ciento) en malla sombra, 12 622 ha (28 por ciento) en macrotúnel y 11 787 ha (26 por ciento) en invernadero.

Asimismo, en dicho año, el 81 por ciento del área sembrada estuvo concentrada en siete estados del país: Jalisco, Sinaloa, Coahuila, Michoacán, Sonora, Guanajuato y San Luis Potosí; con una producción de más de 4 millones de toneladas, que significaron ventas superiores a 2 213 millones de dólares; con principal protagonismo por cuenta del cultivo de tomate, pepino y pimiento, cuya área sembrada sumó el 86 por ciento del total (AMHPAC, 2021).

No obstante, al comparar las cifras de AP del 2019 en México, se encuentra que, el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) reportó una extensión de 47 829 ha, en tanto, la AMHPAC notificó 52 261 ha, lo que significa una diferencia del 10 por ciento respecto al valor más conservador (AMHPAC, 2021; INEGI,

2022). Por tanto, se evidencia la necesidad de fortalecer aún más los apoyos y alianzas público-privadas interinstitucionales en este sector de la agricultura en México, que brinde al público, información estadística unificada.

Sistemas de información geográfica (SIG)

Los sistemas capaces de conectar, ubicar y describir cualquier tipo de datos en un mapa (representación cartográfica), proceso que involucra la creación, análisis y representación de estos, se denomina Sistema de Información Geográfico (SIG), cuyo propósito es facilitar al usuario la comunicación, eficiencia, gestión y toma de decisiones a través de la identificación de patrones, relaciones y contexto geográfico (Environmental Systems Research Institute, 2022). Particularmente, los mapas de densidad permiten visualizar concentraciones relativas de datos por medio de la intensidad de un mismo color.

En este caso, se elaboraron cuatro mapas de densidad (área de AP y áreas por tipo de construcción: invernaderos, macrotúneles y mallas sombra) a partir de datos del área sembrada de AP a nivel municipal en el estado de SLP, año 2021, información suministrada por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). En total, se utilizaron 11 diferentes concentraciones de color verde (categorías), con excepción del color blanco, que representa un área de AP igual a cero ha. Para ello, se utilizó el software SIG ArcGIS 10.3 de la compañía Environmental Systems Research Institute (Esri).

Desarrollo de la AP en el estado de San Luis Potosí

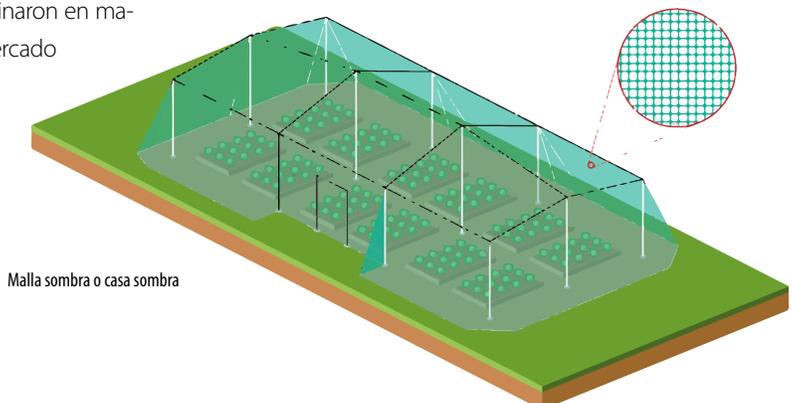
De acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos (SEDARH), en el año 2015 existían 1 496 ha de AP a nivel estatal, 80 por ciento (zona Altiplano), 10 por ciento (zona Centro), ocho

por ciento (zona Media) y dos por ciento (zona Huasteca); en donde cerca del 70 por ciento del área estaba concentrada en seis municipios, todos en la zona Altiplano: Moctezuma, Villa de Guadalupe y Villa de Arista, con extensiones entre 200 y 250 ha, mientras que, Vanegas, Cedral y Real de Catorce, con áreas entre 100 y 150 ha; asimismo, la distribución de área según el tipo de instalación mostró que, las mallas sombra representaron cerca del 67 por ciento (993 ha), los invernaderos el 29 por ciento (435 ha), macrotúneles el tres por ciento (49 ha) y microtúneles el uno por ciento (18 ha); igualmente, el 81 por ciento del área sembrada fue en tomate, el 10 por ciento en chile, el ocho por ciento en pepino y el restante involucró productos como calabacita, acelga, brócoli y lechuga; cultivos que fueron irrigados por sistemas de goteo en el 90 por ciento, y los cuales, fueron empacados con cajas de cartón en el 75 por ciento del área (SEDARH, 2022).

Ya en el año 2019, la misma entidad reportó un área de 1 923 ha, es decir, un 29 por ciento más (427 ha), lo que significó un aumento promedio anual de siete por ciento; esta vez, cuatro municipios superaron las 200 ha: Moctezuma, Villa de Guadalupe, Villa de Arista y Cedral, y siete municipios (incluidos los anteriores) estuvieron por encima de las 100 ha: Ciudad del Maíz, ubicado en la zona Media, Catorce y Vanegas; de igual modo, los productos predominantes fueron tomate, chile y pepino, en esta oportunidad con una participación del 78, 11 y siete por ciento, respectivamente; los cuales, se destinaron en mayor parte al mercado

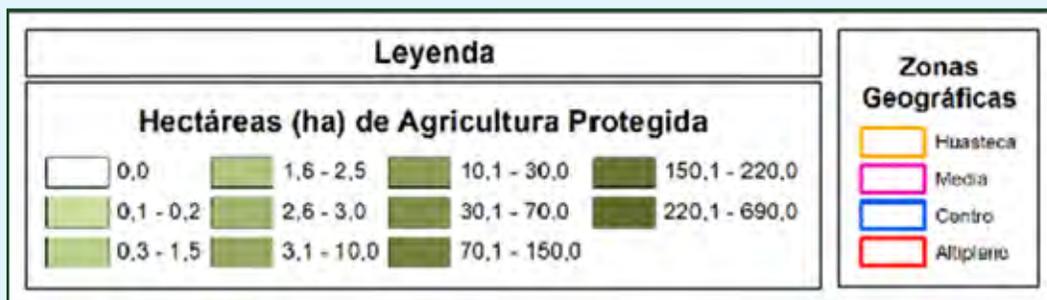
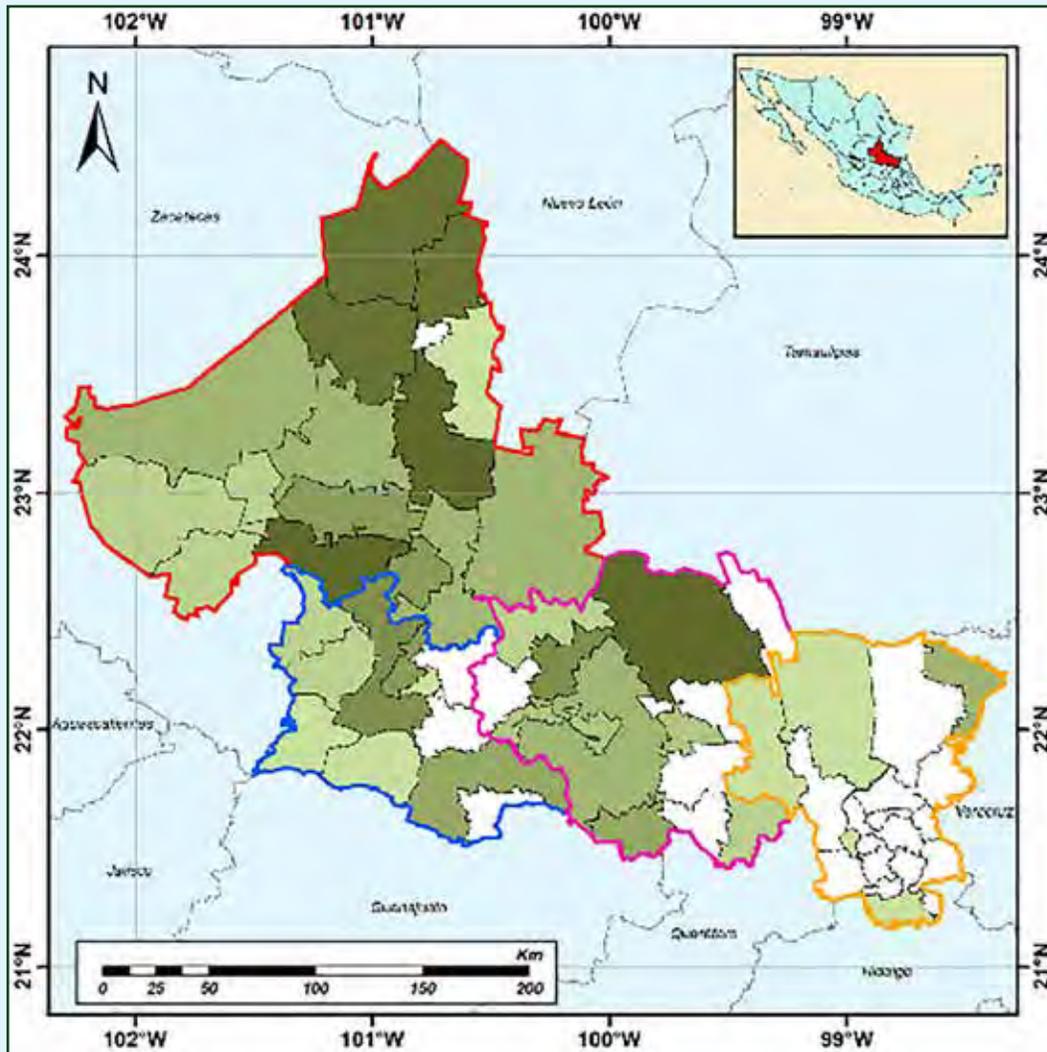
nacional (42 por ciento) e internacional (40 por ciento); y respecto al 2015, tanto el área de las instalaciones que utilizan riego por goteo como las que empacan sus productos con cajas de cartón se incrementaron, en un siete y 20 por ciento, respectivamente (SEDARH, 2022).

En 2021, se presentó un incremento de 169 ha hasta alcanzar las 2 092 ha, determinando un crecimiento promedio anual del cuatro por ciento, menor en comparación con el periodo 2015-2019. Los mismos siete municipios en el año 2019 se ubicaron por encima de 100 ha, resaltando el caso de Ciudad del Maíz, municipio que, en seis años, pasó de cero a tener 338 ha de AP, superando a Moctezuma, Villa de Guadalupe y Villa de Arista, que ya contaban con más de 200 ha desde 2015. Respecto de los cultivos, hubo un incremento del área sembrada de tomate, pues alcanzó el 94 por ciento, seguido del pepino (cuatro por ciento); de igual manera, se mantuvo la cantidad de productos destinados al consumo nacional, mientras que, las exportaciones descendieron 15 por ciento respecto al 2019; por el contrario, el área que utiliza riego por goteo se incrementó en uno por ciento, y el uso de cajas de cartón como empaque se redujo 30 por ciento debido al incremento de las canastas plásticas (29 por ciento) (SEDARH, 2022). Si bien se cuentan con cifras estatales de AP, año 2021, entidades gubernamentales como la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) a través del SIAP

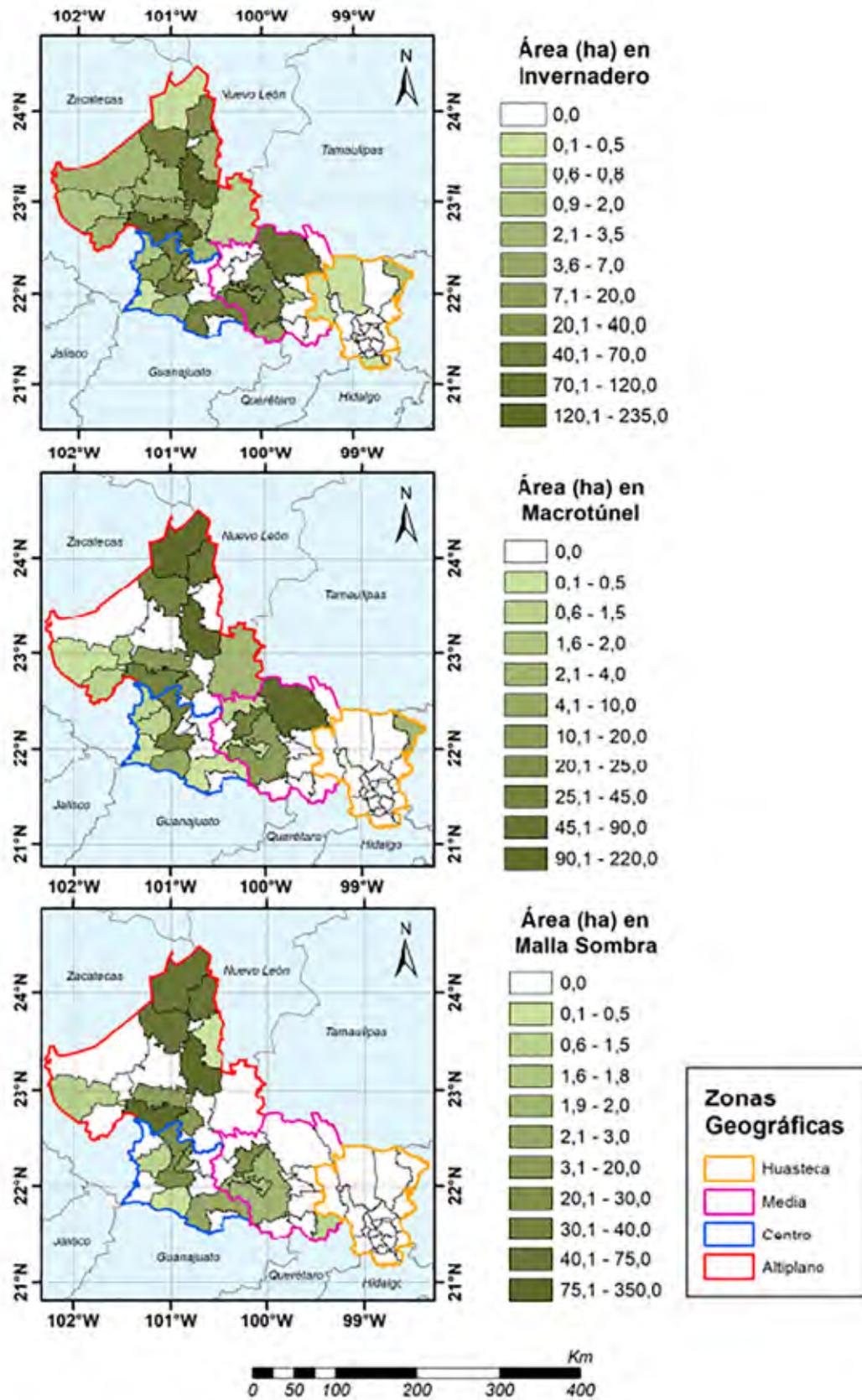


Malla sombra o casa sombra

Agricultura protegida en el estado de San Luis Potosí



Mapa1.
Mapa de densidad del área de agricultura protegida a nivel municipal en el estado de San Luis Potosí, año 2021.
Fuente: elaboración propia



Mapa 2. Mapa de densidad del área de agricultura protegida a nivel municipal en el estado de San Luis Potosí, año 2021, diferenciada por tipo de construcción
Fuente: elaboración propia



Es ingeniero agrícola por la Universidad Nacional de Colombia, con Maestría en Ciencias Agropecuarias de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP, de donde es estudiante e investigador del Doctorado en Ciencias Agropecuarias. Actualmente es parte del grupo de investigación RNM 151 PAIDI-UAL en el proyecto TRFE-I-2021/013 "Closed Vertical System in Cascade (GroVert)" PPI 2021 de la Universidad de Almería.

reportaron para tal año un área sembrada de 2509 ha, es decir, 417 ha más si lo comparamos con lo expresado por la SEDARH; distribuidas a nivel municipal de acuerdo con el mapa 1. En este escenario, los invernaderos ocuparon el 37 por ciento del área total (918 ha), los macrotúneles el 32 por ciento (796 ha) y las mallas sombra el 28 por ciento (705 ha), el porcentaje restante (90 ha) son casas sombra y microtúneles; específicamente, en el mapa 2 se muestra la distribución municipal del área de AP diferenciada por tipo de estructura: invernadero, malla sombra y macrotúnel.

Esto pone de manifiesto que, en el estado de SLP ha venido ocurriendo un proceso de transición tecnológica, donde los productores han pasado de utilizar estructuras de bajo nivel de control sobre el microclima de los cultivos como las mallas sombra, a estructuras con un mayor

grado tecnológico como los invernaderos y los macrotúneles.

Así mismo, se evidencia que, al menos el 60 por ciento de los municipios del estado (es decir, 35 de ellos), tienen cultivos sembrados bajo AP; destacando el desarrollo que ha tenido la zona Media con una participación del 21 por ciento del área total sembrada, particularmente gracias a los municipios de Ciudad del Maíz (345 ha), Rioverde (74 ha) y Villa Juárez (72 ha); la zona Centro, con apenas ocho por ciento de participación, se debe en mayor parte a las 128 ha del municipio de SLP; y como es costumbre, la zona Altiplano domina el sector con un 70 por ciento, donde Villa de Guadalupe tiene 686 ha, Villa de Arista (265 ha), Moctezuma (225 ha), Catorce (166 ha), Vanguas y Cedral (164 ha cada uno) (SEDARH, 2022; SIAP, 2022).

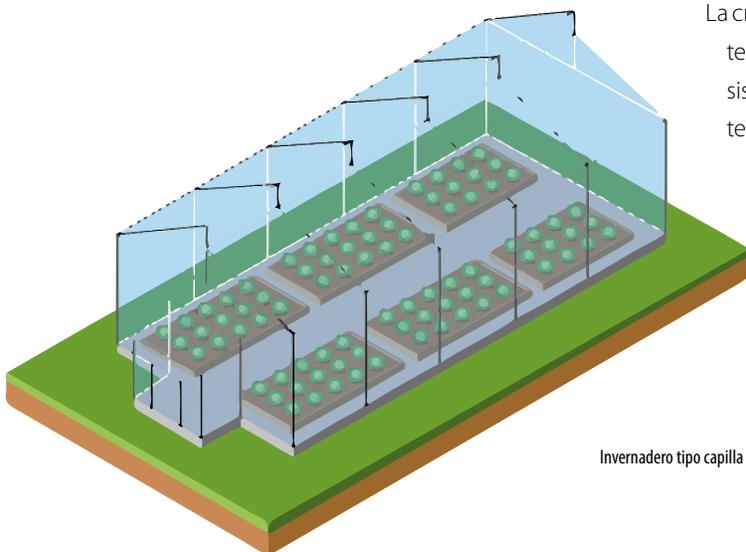
Conclusiones

La creación de cartografía o mapas temáticos y su respectivo análisis en torno a la agricultura protegida, son una herramienta de gran utilidad que le permite al público en general,

ya sea productor o consumidor, identificar de forma sencilla y práctica, patrones de distribución espacial y temporal acerca de la situación de este sector agrícola en un contexto estatal, nacional, global o según la región de estudio. Esto contribuye a la planificación, establecimiento y desarrollo de estrategias sociales, económicas y ambientalmente sostenibles que fortalezcan la infraestructura de este tipo de sistemas de producción. Igualmente, la utilización de otros tipos de técnicas de análisis de información geográfica a través de la aplicación de tecnologías como la inteligencia artificial, el aprendizaje automático, y el análisis de macrodatos en tiempo real, puede contribuir a una toma de decisiones basada en datos más rápida y eficiente. **UP**

Referencias bibliográficas:

- Asociación Mexicana de Horticultura Protegida, AMHPAC (2021). *Histórico Cierres de la Producción Agrícola - SIAP - SADER*. <https://amhpac.org/negociosmercados/socios/v2/produccion/>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI (2022). *Encuesta Nacional Agropecuaria 2019* [Conjunto de datos]. Superficie ocupada en agricultura protegida según construcción por cultivo. <https://www.inegi.org.mx/programas/ena/2019/>
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos, SEDARH (2022). *Padrón de Agricultura Protegida Estatal de San Luis Potosí 2014-2015, 2018-2019 y 2021* [Conjunto de datos]. <https://slp.gob.mx/sedarh/Paginas/Inicio.aspx>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIAP (2022). [Mapa con Información Geoespacial de la Agricultura Protegida del estado de San Luis Potosí año 2021]. Recuperado el 17 de junio de 2022 de: <http://cmgs.gob.mx/siapdsq/home/item.html?id=4a7cd5213b164255979467f1d173b204>
- Tiseyra; B.; Quezada Solís; G. A.; López Mora; M. F. (27-29 de abril, 2022). Cambios sociales provocados por el modelo de agricultura almeriense. In Proceedings of the I Seminario Internacional RIARES. Acciones de I+D+i para Implementar una Agricultura más Sostenible; Equitativa y Resiliente al Cambio Climático.; Arias; D.; RIARES; Eds.; Programa FORCYT; (OEI-UE): Univ. Aut. San Luis Potosí; Mexico; 2022; p. 13v.05.



Invernadero tipo capilla