



Artículo: COMEII-16020

II CONGRESO NACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE COMEII 2016

Chapingo, Edo. de México, del 08 al 10 de septiembre

TECNOLOGIAS Y ESTRUCTURAS DE LA AGRICULTURA PROTEGIDA MEXICANA

Bastida Tapia Aurelio^{1*}; Georgina Flores Escobar¹

¹Profesores de Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco, km 38.5, Chapingo, Estado de México, C.P. 56230. México. abt@correo.chapingo.mx. (*Autor para correspondencia).

Resumen

En este trabajo se expone una relación de las principales técnicas y estructuras utilizadas en la agricultura protegida que se utilizan en el campo mexicano. Entendiendo por estructura de protección, instalaciones con cubierta permeables o impermeables, que protegen a plantas o animales de uno o varios factores ambientales adversos. Las principales técnicas son los acolchados, la hidroponía y el fertirriego. Los acolchados tienen como función mejorar el ambiente del suelo, mientras la hidroponía y el fertirriego tienen con finalidad poner a disposición de las raíces de las plantas el agua y los nutrientes necesarios para su desarrollo. Las estructuras son instalaciones dentro de las cuales se desarrollan los cultivos, pueden ser con cubiertas permeables o impermeables al viento y la lluvia. Entre las primeras están las mantas térmicas, los enmallados y las casas sombra. Las principales estructuras con cubiertas impermeables, para proteger cultivos de la lluvia están los túneles bajos, túneles altos, cubierta plásticas o cobertizos traslucidos y los invernaderos. Además existen otras tecnologías entre las que destaca el uso de las mallas con diversos fines y que generalmente se utilizan combinadas con las técnicas y estructuras de protección o solas.

Palabras claves adicionales: Agricultura protegida, invernaderos, túneles, casas sombra, hidroponía, acolchados.



Introducción

Se concibe como agricultura protegida (AP), a los sistemas de cultivo o producción que utilizan estructuras y técnicas de protección para abrigar principalmente plantas, y en algunos casos animales, con la finalidad de protegerlas de los fenómenos ambientales adversos a su desarrollo. A través de los años, se han desarrollado varios tipos de estructuras y técnicas, para la protección de las plantas y animales, que plantean diferentes alternativas para minimizar el efecto de algún elemento perjudicial, hasta recrear condiciones ambientales óptimas para su desarrollo, de acuerdo a los requerimientos ambientales de cada especie y en concordancia con los factores climáticos de cada región. Técnicas que, en el caso de la agricultura protegida, van desde las bolsas utilizadas para cubrir los racimos de plátanos, hasta invernaderos, altamente tecnificados en los cuales se implementa un control completo de todos los factores ambientales en función de las necesidades fisiológicas de los cultivos.

Las técnicas son una serie de modificaciones y prácticas que tienen como finalidad el contribuir a aumentar los rendimientos o proteger los cultivos de algún o algunos de los factores adversos a la producción. Las estructuras son instalaciones con cubierta relativamente transparente dentro de las cuales se realiza el cultivo de las plantas, principalmente, o de algunos animales ya sean domésticos o silvestres. En este trabajo se hace un recuento de las principales técnicas y estructuras utilizadas en el sector de la agricultura protegida.

Las técnicas de la agricultura protegida

Las principales técnicas son; a) los acolchados, b) la hidroponía, c) el fertirriego, y, d) el uso de mallas. Mismas que pueden usarse solas o combinadas entre ellas y con las estructuras de protección (Bastida, 2011).

Los acolchados

Se trata de una práctica con origen en diversas partes del mundo, incluido México, misma que inicialmente consistía en colocar cubiertas de rastrojos, para impedir el desarrollo de las malezas, proteger el suelo de las bajas temperaturas y evitar la evaporación del agua. Actualmente consiste en cubrir surcos y camas de cultivo con películas de plásticos ligeros de diferentes tipos, con la finalidad de proporcionando mejores condiciones para el desarrollo las raíces, además de aportar mejores condiciones de mejor sanidad en cultivos como la fresa (figuras 1 y 2).



Figura 1. Acolchado blanco para cultivo de hortalizas. Yurecuaro, Michoacán.



Figura 2. Acolchado negro en cultivo de fresa. Baja California, México

Dependiente de tipo de plástico a utilizar y su coloración, se puede lograr uno o varios de los siguientes resultados: i) incrementar la temperatura del suelo y reducir las fluctuaciones de la misma, ii) ayudar a reducir la evaporación del agua del suelo y disminuir su gasto, iii) evitar el contacto de los frutos con el suelo, iv) disminuir labores culturales, v) ayudar a reducir la erosión hídrica y eólica, vi) evitar el desarrollo de malezas, vii) elevar la eficacia de los fertilizantes, viii) incrementar la eficacia de la fumigación del suelo al retener gases, ix) ayudar a reducir la incidencia de plagas y enfermedades, x) promover el desarrollo de las raíces, xi) disminuir problemas de compactación y encostramiento del suelo, xii) promover la actividad de los microorganismos del suelo y xiii) ayudar a conservar la estructura del suelo (Ramírez, 1996; Papaseit *et al*, 1997; Gómez, 2002).

La forma más común de acolchado es en surcos, tanto para cultivos a cielo abierto como bajo estructuras de protección. En México existen regiones donde los acolchados y la cintilla de riego se utilizan para dos ciclos de cultivo, el primero con hortaliza y el segundo con maíz (Figuras 3 y 4).



Figura 3. Acolchado con jitomate, después de un cultivo maíz. Yurecuaro, Michoacán.



Figura 4. Acolchado para dos ciclos con cultivo de maíz. Yurecuaro, Michoacán.

La hidroponía o cultivo sin suelo

La hidroponía se define como un sistema de producción en el que las raíces de las plantas se riegan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales, disueltos en el agua, donde en lugar del suelo, para el desarrollo de las raíces, se utilizan otros materiales llamados sustratos, varios de ellos inertes, aunque también se utiliza el agua con una solución nutritiva, quedando las raíces inmersas en ella o suspendidas en el aire (Sánchez, 2004).

Los sustratos hidropónicos son diversos, aunque los más comunes son; i) fibras, polvo y partículas de coco, ii) gravas y arenas de tezontle, iii) turbas o peat moss, iv) perlita, v) vermiculita, vi) lana roca, vii) gravas y arenas diversas, viii) pumita o tepojal, ix) cáscara de arroz, así como aserrín, espumas sintéticas y otros materiales. Materiales que suministran agua y nutrientes, además de dar soporte para las raíces de las plantas (Burés, 1997; Resh, 2001; Urrestarazu *et al.* 2004).

Actualmente, en muchas partes de México, la hidroponía se utiliza como sistema de producción, principalmente bajo invernaderos. Con ella se han logrado altos rendimientos nunca antes alcanzados en hortalizas como jitomate, pimiento y pepino (Figuras 5 y 6).



Figura 5. Cultivo de jitomate en hidroponía con tezontle. Aquixtla, Puebla.



Figura 6. Cultivo de jitomate en hidroponía con lana de roca. Imuris, Sonora, México.

El fertirriego

El fertirriego, fertirrigación o ferti irrigación, consiste en aplicar los fertilizantes disueltos en el agua de riego, a cultivos en suelo, generalmente a cielo abierto o con acolchados, mediante sistemas de riego localizado, principalmente por goteo y en menor medida en sistemas de riego por aspersión. De esta forma se aprovecha el flujo de agua del sistema de riego para transportar los elementos nutritivos que necesita la planta hasta el lugar donde se desarrollan las raíces, con lo cual se optimiza el uso del agua, los nutrientes y la energía, reduciéndose la

contaminación si el sistema se maneja adecuadamente (Cadahia *et al.* 1998; Castañón, 2000; Carreño y Magán, 2003).

Un sistema de riego localizado está integrado por. a) Cabezal de control donde se ubica el equipo de bombeo, equipo de inyección de fertilizantes, sistema de filtración, reguladores de presión, válvulas de distribución y dispositivos de regulación, programación y automatización. b) Red de distribución de agua y fertilizantes; integrado por una red principal, válvulas de seccionamiento o sectorización, red secundaria y líneas porta goteros. c) Gotero o emisores de diferentes tipos, los cuales se encarga de dosificar la cantidad de solución nutritiva y poner al pie de los cultivos (Castañón, 2000).



Figura 7. Terreno de cultivo con fertirriego en Sonora, México.



Figura 8. Cabezal de riego para invernaderos, Cruz de Elota, Sinaloa.

Esta técnica tiene como ventajas el ahorro de fertilizantes, ahorro de mano de obra, una mejor asimilación y rapidez de actuación de los fertilizantes, mejor distribución (tanto en superficie como en el perfil del suelo, ocupando los nutrientes todo el bulbo creado por el emisor), control de pérdida de nutrientes con buen manejo. Presenta gran flexibilidad en su uso, lo que permite la adecuación de la nutrición de acuerdo al ciclo de vida y requerimientos o necesidades del cultivo en cada momento. Por lo anterior se utiliza tanto a campo abierto como bajo invernaderos con cultivo en suelo. Los cabezales son similares tanto para riego en suelo como para cultivos hidropónicos en sustratos.

Las estructuras de protección de cultivos

Las estructuras son instalaciones con cubiertas relativamente transparentes bajo las cuales se desarrollan los cultivos. La protección puede ser total o parcial; con cubiertas impermeables o permeables al viento y la lluvia, con cubierta en toda la estructura o solo en la parte superior y laterales descubiertos o protegidos con mallas. Los elementos permeables, a la lluvia y el aire, son las mallas y otros agrotexiles, las cubiertas impermeables son las películas de plástico, las placas o láminas de plástico y las placas o láminas de vidrio o cristal.

Estructuras con cubiertas permeables

Estas se dividen en tres grandes categorías; mantas térmicas, enmallados y casas sombra.

Mantas térmicas o cubiertas flotantes

Las mantas térmicas, también conocidas como cubiertas flotantes, consisten de telas de textura suave y películas de plásticos ligeros, de 15 a 20 gramos por m². En su forma original se colocan sobre el terreno, una vez sembrada la semilla o trasplanta la plántula. También se colocan sobre soportes diversos, que es la forma más común de uso en México, cubriendo estructuras de túneles bajos y medios, con telas tejidas o estampadas y películas de plásticos muy ligeros. Estas últimas requieren de perforaciones para permitir la circulación de aire y la renovación del Bióxido de Carbono (CO₂), necesario para la elaboración de materia vegetal mediante la fotosíntesis.

Con el empleo de las cubiertas flotantes se crea un micro clima más apropiado para el crecimiento de los cultivos mediante el control de temperaturas extremas, así como una disminución de daños por factores meteorológicos como viento, granizo y lluvias, favoreciendo la calidad de los productos y una mayor precocidad de los mismos, que puede ser de una a dos semanas con respecto a los cultivos a campo abierto. Así mismo, las cubiertas contribuyen a la sanidad de los cultivos disminuyendo la necesidad de tratamientos fitosanitarios (Papaseit *et al*, 1997).



Figura 9. Túneles bajos con cubierta de tejidos estampados, utilizados en la producción de plántula. Los Tuxtlas, Veracruz.



Figura 10. Manta térmica o doble capa. Expo Agropecuaria Irapuato, Guanajuato.

Es común encontrar estos materiales en túneles y dobles capas dentro de los invernaderos. Por ejemplo para el cultivo de plántula de tabaco, en los Tuxtlas, Veracruz y de hortalizas en otras regiones de México (Bastida 2011) (ilustración 9). Además de su uso como protección en laterales y doble cubierta dentro de los

túneles altos e invernaderos, como cuando se colocan a la altura del canalón donde se utilizan para mantener la temperatura y disminuir luminosidad (figura 10).

Mallas sombra y enmallados

En la AP mexicana se usan mallas con diferentes características, para diferentes usos, uno de ellos son los enmallados, ya sea colocadas sobre los cultivos sin soportes, dando origen a una serie de elementos de protección entre los cuales los más importantes son los siguientes.

Mallas anti granizo

Las mallas antigranizo, como su nombre lo indica, consisten de entramados tejidos o redes que se colocan como cubiertas para proteger cultivos de los daños ocasionados por el granizo, sin impedir el paso de la lluvia y la energía luminosa. Son relativamente fáciles de instalar y de poco peso por lo que no requieren de estructuras complejas para su soporte. En México, las mallas antigranizo se utilizan para proteger flores de corte, plantas ornamentales, plántula de fresa, frutales y hortalizas, entre otros usos (Figuras 11 y 12).



Figura 11. Malla antigranizo para proteger cultivos de rosas. Xochimilco, Distrito Federal.



Figura 12. Malla antigranizo para protección de plántula de fresa. Zamora, Michoacán.

Por lo general son redes de color negro, con alta resistencia a la presión (500 a 550 kg/m²), muy ligeras (40 g/m²), con mallas cuadrangulares de unos 4 x 7 mm, que se fabrican como un ancho entre 2 y 5 metros y longitudes variable entre 100 y 300 metros. En las instalaciones antigranizo es muy importante la fijación y la sustentación de las redes que sean estables y como capaces de resistir los más fuertes vientos (Tesi, 2001).

Las mallas antigranizo ya se empiezan a utilizar para proteger cultivos de cereales como maíz, sorgo y trigo (figuras 13 y 14). La limitante para su expansión en estos cultivos es su alto costo en relación a los rendimientos obtenidos.



Figura 13. Mallas antigranizo protegiendo cultivos de sorgo. Expo Agroalimentaria. Irapuato, Guanajuato 2015



Figura 14. Mallas antigranizo protegiendo cultivos de maíz. Expo Agroalimentaria. Irapuato, Guanajuato 2015.

El color más utilizado en las mallas sombra es el negro, aunque también se usan colores verdes, blancos, azules, rojos y combinaciones de estos. Existen dos tipos: de filamento redondo y de cintillas planas, cada tipo con diferentes características que las hace idóneas para diferentes usos. Los materiales más comunes para la fabricación de mallas sombra son el polietileno y el polipropileno, en la actualidad se empiezan a emplear otros materiales como el poliéster. Durante su fabricación se agregan aditivos para protegerlas contra los rayos ultravioleta y su duración en promedio es de tres a diez años bajo condiciones normales de uso. La cantidad de luz, que se dejara pasar al interior, dependerá de la especie que se tenga bajo cultivo. Con las mallas no se evita el paso del agua de lluvia, además de ser permeable a los vientos (Papaseit *et al*, 1997; Tesi, 2001).

Mallas sombra y enmallados

En México las mallas sombra se usan para proteger cultivos, colocadas sobre estructuras de soporte, o sin ellas como es el caso para proteger cultivos de piña de la alta radiación solar, donde las mallas se colocan directamente sobre el cultivo sin necesidad de una estructura de soporte (figuras 15 y 16).



Figura 15. Colocación de mallas color negro en cultivo de piña. Isla, Veracruz.



Figura 16. Enmallado para protección de piña. Isla, Veracruz.

Techos sombra

Los techos sombra son enmallados sobre una estructura, pero sin cerramiento lateral. Se utilizan principalmente para la producción de follajes ornamentales de corte y producción de plantas ornamentales, en condiciones tropicales, como se ilustra a continuación.



Figura 17. Enmallado sobre estructuras para disminuir luminosidad, el cultivo de follajes ornamentales. Catemaco, Veracruz.



Figura 18. Enmallado para la producción de follajes ornamentales. Catemaco, Veracruz.

Casas sombra

Se conoce como casa sombra a una estructura, con una cubierta total de mallas, tanto en el techo como en los laterales, utilizada para proteger cultivos de insectos, aves y roedores, además protección contra la radiación solar, las lluvias y los vientos. Están construidas con materiales diversos; como madera, perfiles estructurales de acero, postes de concreto o cualquier otro material de soporte. También se les conoce como net houses, bioespacios y umbráculos (Bastida, 2011).

Se utilizan tanto para el cultivo de plantas ornamentales como para hortalizas y producción de plántula, siendo de color negro u otros colores las utilizadas en la producción de ornamentales y plantas de follajes, mientras que se recomienda de color blanco o cristalino para la producción de hortalizas de fruto como pimiento, chiles, pepino, jitomate, berenjena o melones (figuras 19 y 20).



Figura 19. Casa sombra para producción de ornamentales, FIRA Tizayuca, Morelos.



Figura 20. Casa sombra para la producción de hortalizas de fruto. Cruz de Elota, Sinaloa.

Esta práctica tiene como antecedente los sombreados rústicos, hechos con ramas y hojas, empleados para proteger de los rayos del sol almácigos de diferentes cultivos en varias regiones de México y el Mundo.

3.2.- Estructuras con cubiertas impermeables

Los invernaderos, los túneles bajos y altos, así como las cubiertas plásticas se ubican en la categoría de estructuras con cubierta impermeable a la lluvia y al viento. Las cubiertas impermeables pueden cubrir toda la estructura, o solo en la parte superior, con laterales cubierto con mallas para permitir mayor ventilación y crear el efecto paraguas que protege a los cultivos de la lluvia directa, con el caso de muchos invernaderos ubicados en regiones tropicales. Sus características son las siguientes.

Túneles bajos

También conocidos como micro túneles. Se trata de estructuras pequeñas, no transitables en su interior, construidas con arcos sobre los que se colocan cubiertas de plástico, en menor porcentaje cubiertos con agro textiles y mallas, que se utilizan para proteger cultivos en surcos o camas angostas. La función éstos túneles es minimizar los efectos perjudiciales de las bajas temperaturas, de las lluvias torrenciales y de las granizadas, sin recurrir estructuras costosas. En algunos cultivos su empleo se limita a la primera parte del ciclo, como en la producción de plántula para trasplante a campo abierto. Se les emplea para

proteger los cultivos y acortar el ciclo productivo al lograrse una precocidad de 3 a 4 días (Tesi, 2001; Sánchez, 2004).

Por sus reducidas dimensiones no es posible que las personas trabajen en su interior y todas las labores se realizan desde el exterior de las mismas, destapando o levantando el plástico. En nuestro país se les conoce como micro túneles ya que es la forma que más frecuentemente adoptan, sin embargo algunos son de formas triangulares, como se puede apreciar en las siguientes figuras.



Figura 21. Túneles bajos de forma triangular para cultivo de hortalizas. Xochimilco. D. F.



Figura 22. Túneles bajos. San Quintín, Baja California.

En algunos sistemas de producción de hortalizas bajo invernadero o casa sombra, donde en la primera fase se tienen dentro de los túneles con acolchados y riego por goteo, con la finalidad de minimizar los efectos del frío a finales del invierno, para una vez que pasa el periodo crítico, cuando han alcanzado mayor tamaño descubrirse y continuar su desarrollo dentro del recinto grande (figuras 23 y 24) (Bastida, 2011).



Figura 23. Túneles bajos para producción de plántula de hortalizas y cubierta de mallas. Xochimilco, D. F.



Figura 24. Túneles bajos para la producción de hortalizas, bajo una casa sombra. San Quintín, Baja California.



La construcción y cobertura de estas estructura puede ser manual o mecanizada existiendo máquinas que colocan los arcos, extienden la película de plástico y la fijan al suelo (Tési, 2001). En México, los materiales más usados para su construcción son; varillas, alambón, alambre, madera, cañas, carrizos, bambús o cualquier otro material que se preste para ello. Las estructuras pueden ser de forma semicircular, elíptica o triangular. Por lo general son de menos de 1.50 metros, aunque puede llegar hasta 1.80 metros de altura y de un ancho de 90 a 150 centímetros, con longitudes variables que pueden ser de unos cuantos metros hasta más de cien metros.

Las principales desventajas de estas estructuras son las altas temperaturas diurnas, la dificultad para ventilación o renovación del aire y las variaciones de temperatura entre el día y la noche. Para ello en la actualidad se empiezan a emplear plásticos perforados que permiten el intercambio gaseoso y mayor estabilidad de la temperatura (Tési, 2001).

Túneles altos

Los túneles altos o macro túneles son estructuras que no reúnen las características apropiadas, en ancho y altura al canal o pared recta, para ser consideradas como invernaderos, pero ya permiten que las personas realicen labores en el interior (Castilla, 2005).

Son instalaciones con anchos de cuatro a cinco metros y de dos a tres metros de altura en la parte más elevada, con longitudes variables recomendándose que no excedan los cincuenta a sesenta metros para facilitar su manejo, aunque en México pueden llegar a los 100 metros de largo. Este tipo de estructuras son las ideales para semilleros o almácigos de especies hortícolas y ornamentales, además de abrigo en la propagación vegetativa de especies de interés comercial, para la producción de hortalizas, plantas ornamentales, así como en la producción de frutillas; zarzamora, fresa, frambuesa y arándano, además de otros usos (figuras 25 y 26).



Figura 25. Túnel alto para cultivo de árboles de navidad. Valle de Bravo, México



Figura 26. Túnel alto para cultivo de ornamentales. Coquimatlan, Colima

Tienen como ventaja su fácil construcción, además de que mantiene un poco más alta la temperatura nocturna debido a que encierra mayor volumen de aire calentado durante el día, comparado con los túneles bajos, así mismo en algunos de ellos pueden adaptarse sistemas de calefacción sencillos. Por otro lado permiten mayor facilidad en el manejo de los cultivos mediante el desarrollo de las labores en el interior de los mismos.

Como principales desventajas, con respecto a los invernaderos de mayor tamaño, está el que retienen menos calor durante la noche, debido a su poco volumen, y en muchos casos su elevada temperatura durante el día por carecer de ventilación cenital o contar con ventilación deficiente.

Por lo general en la construcción de este tipo de estructuras se emplean perfiles tubulares, redondos, cuadrados o rectangulares, aunque también existen de madera. Se cubren con polietileno o mallas sombra, mientras que la cubierta se fija mediante perfiles sujetadores o sogas.

En ocasiones se usan bajo casa sombra (figura 27). Otra variante consiste en unir invernaderos tipo de túneles, donde durante el invierno los túneles se cubren con plástico para mantener una temperatura elevada en las noches, mientras en la época cálida sólo se cubre con malla para facilitar la ventilación (figura 28).



Figura 27. Túnel alto, bajo una casa sombra. Coquimatlan, Colima.



Figura 28. Combinación de túneles altos e invernaderos bajos

Los túneles para ser considerados como tales, deberían estar completamente cubiertos con plástico en todas sus partes, sin embargo muchos de ellos solo se cubren parcialmente, por lo tanto se le puede considerar como cubiertas plásticas, pero debido a que es un detalle menor y a que en el medio se les llama macro túneles, también llamaremos túneles altos a dichas estructuras.

Cubiertas protectoras de plástico

Una cubierta protectora, cubierta plásticas o cobertizo traslucido, consiste de un techo con películas de plásticos flexibles o regidos, sin cerramiento lateral, que se coloca sobre los cultivos, cuya estructura de soporte consiste de columnas y arcos. Las cubiertas protectoras tienen como finalidad proteger a los cultivos de las lluvias, el granizo y en parte de los vientos y la alta radiación solar.

Las cubiertas de este tipo, en nuestro país, tuvieron dos orígenes; por un lado las cubiertas o sombreados con enramadas con ramas y hojas de árboles y helechos y por otro el uso de cubiertas de manta que algunos productores de ornamentales de Xochimilco, Morelos y Puebla hicieron con mantas de algodón de color blanco, práctica que todavía conservan algunos productores de bajos ingresos en el poblado de Tenango de las Flores en el Estado de Puebla (Bastida, 2004).



Figura 29. Túneles altos, sin cerramiento lateral, para cultivo de fresa. Zamora, Michoacán.



Figura 30. Túnel alto para cultivo de chile. Expo Agroalimentaria. Irapuato, Guanajuato.

Pueden ser estructuras unitarias o en batería, con caída del agua al interior o con canales para desalojarla. En la región de Villa Guerrero, México, así como en otras regiones semi tropicales y tropicales, se cultivan flores y plantas ornamentales bajo el sistema de cubiertas protectoras colocadas sobre estructuras de macro túneles. El material más empleado es el polietileno, aunque con esta finalidad también se usan otros materiales de plásticos transparentes.



Figura 31. Cubierta de plástico para hortalizas, Tixtla, Guerrero



Figura 32. Cubierta de plástico para producción de ornamentales, Jalisco, México.

Las cubiertas de plástico se han empezado a emplear para la cría de ganado, sobre todo en la parte central de México. Con ellas se le protege de la lluvia y en cierta medida del frío evitando con ello enfermedades y estrés, sobre todo cuando los animales se llevan de las regiones tropicales a el clima templado del altiplano para para terminar el proceso de engorda (figuras 33 y 34).



Figura 33. Cubiertas plásticas para protección de ganado. Ezequiel Montes, Querétaro.



Figura 34. Ganado bajo cubierta de Plástico. Tepetlaoxtoc, México.

En el ambiente de la floricultura, los domos para proteger plantas ya llevan tiempo usándose en México, prueba de ello es el de Oaxtepec, Morelos construido de cristal y acero. Actualmente se están empleando cubiertas de plástico sobre estructuras de perfiles de acero galvanizado para diversos fines, como puede apreciarse en las siguientes imágenes, donde se presenta un domo para una exhibición de cactáceas.



Figura 35. Estructura metálica con cubierta parcial de plástico. Jardines de México. Jojutla, Morelos.



Figura 36. Cubierta plástica para protección de cactáceas. Jardines de México. Jojutla, Morelos

Los invernaderos

Los invernaderos son estructuras construidas con diversos materiales, cuya altura es mayor a dos metros en la parte útil, con un volumen mínimo de seis metros cúbicos de aire sobre un metro cuadrado de superficie, con anchos mayores de seis metros y largos variables (Bernartet *al.* 1990). Uniendo varias naves o módulos individuales se obtienen grandes dimensiones de superficies cubiertas, llamadas invernaderos en batería. Por su tamaño permiten que todas las labores y prácticas que requieren los cultivos se realicen en el interior de las instalaciones, así mismo posibilitan el uso de diferentes tipos de maquinaria.

Los materiales utilizados en la cobertura de los invernaderos pueden ser vidrio, placas de plástico o películas plásticas flexibles. Los invernaderos con cubiertas de películas flexibles son los que más se ha desarrollado en México.



Figura 37. Invernadero con doble ventila cenital. Culiacán, Sinaloa.



Figura 38. Invernadero con cubierta de vidrio. Imuris, Sonora.

De todas las estructuras empleadas para proteger cultivos, los invernaderos son los que permiten modificar y controlar, de forma más eficiente, los principales factores ambientales que intervienen en el desarrollo y crecimiento de las especies vegetales, ya que en su interior se puede reproducir o recrear micro climas artificiales, ideales para aumentar los rendimientos agrícolas, al margen de las condiciones ambientales externas. En climas templados y fríos extremos cuentan con una cubierta con cerramiento total mediante cortinas enrollables en las ventilas, mientras en los climas tropicales pueden ser con una cubierta superior impermeable y cerramiento con mallas en los laterales para propiciar mayor tasa de ventilación. También se dispone de versiones con cubiertas superiores enrollables, deslizables o levadizas los cuales son más apropiados para los climas cálidos por permitir mayor ventilación.

Además de la recreación de micro climas ideales, los invernaderos tiene la función de proteger a los cultivos de los factores y elementos adversos a su desarrollo; como son plagas, altas y bajas temperaturas, vientos, lluvias torrenciales, granizadas, exceso de energía luminosa, etc. Factores y elementos que pueden ser modificados y controlados eficientemente mediante el diseño, construcción, modificación y manejo apropiado de cada instalación, considerando las condiciones climáticas locales y los requerimientos de cada especie agrícola a cultivar en su interior.

El nivel de aplicación de los invernaderos va de unos cuantos metros cuadrados, en pequeñas estructuras, utilizadas como almácigos para la producción de plántula o en la protección de algunas plantas ornamentales tropicales en jardines de climas fríos, hasta varias hectáreas bajo una misma cubierta. El rango tecnológico se manifiesta desde invernaderos rústicos, cuya operación y manejo



son completamente manuales, orientados a la producción de hortalizas para autoconsumo o mercados locales, hasta modernas instalaciones completamente automatizadas en lo que se refiere al control climático, con cultivos orientados a la exportación o mercados nacionales selectos. En México las unidades más grandes son módulos de cinco hectáreas cubiertas, en Río Verde, San Luis Potosí y de 10 hectáreas bajo una sola cubierta en Pasteje, Estado de México (Bastida, 2011).

Los invernaderos modernos están acondicionados con una serie de mecanismos y equipos necesarios para controlar la temperatura, la luminosidad, la humedad ambiental y del sustrato, la ventilación y aireación, el aporte de CO₂, los riegos y la fertilización. De tal manera que a cada cultivo se le proporcionan las mejores condiciones para su pleno desarrollo y máximo rendimiento. Con ello se ha logrado aumentar los rendimientos agrícolas a niveles superiores a los alcanzados a campo abierto mediante cualquiera de los sistemas de producción de la agricultura mecanizada. Tendencia que todavía no alcanza sus límites superiores ya que cada día se tiene conocimiento de nuevos datos y estudios sobre mayores rendimientos obtenidos bajo diferentes sistemas y tipos de cultivos bajo invernaderos.

El desarrollo tecnológico de los invernaderos, como elementos de apoyo para la modernización e intensificación de la agricultura, ha contribuido a lograr mayores rendimientos por unidad de superficie, impulsando el desarrollo de un nuevo tipo de agricultura, la agricultura de precisión, entendida como el concepto que postula que a las plantas se les debe proporcionar todos los elementos y condiciones necesarias para lograr su óptimo desarrollo y así lograr obtener rendimientos máximos, buscando cubrir los requerimientos específicos de los cultivos para lograr este fin.

Por otro lado, cuando una estructura de invernadero se cubre totalmente con una malla, se convierte en una casa sombra debido a que se elimina la cubierta superior impermeable a la lluvia, al colocar la malla permeable al viento y la lluvia.

Otras tecnologías de la agricultura protegida

En la agricultura se ha generalizado el uso de mallas de diferentes tipos, especialmente en cultivos de alto rendimiento, para proteger a las plantas de la radiación excesiva del sol, de las lluvias, granizadas y vientos fuertes. Se les encuentran cubriendo plántulas en la propagación de especies mediante métodos vegetativos, para cubrir almácigos, como sombra en viveros, sombras para el ganado, puesto o stands de exhibición, sombra en lugares recreativos y cortinas para disminuir la velocidad de los vientos, entre otros usos. Mediante el empleo de mallas se puede reducir entre un 30 a 95 % del total de la radiación solar en un lugar determinado, para reducciones menores se utilizan otro tipo de mallas, como las antigranizo. De esta forma tenemos una amplia variedad de técnicas con mallas como las siguientes; mallas corta vientos o contra vientos, mallas contra insectos y otras plagas, mallas contra pájaros, mallas de sombreado, mallas para



tutorado, mallas cubre pisos y pantallas térmicas, entre otros usos de la mallas. Además del uso de mallas en la acuicultura, en la producción de plántula forestal, en el control de erosión y en la cosecha y recolección de productos agrícolas

Conclusiones

La agricultura protegida de México se desarrolla en diferentes condiciones geográficas con diferentes tipos de tecnologías, técnicas y estructuras. Ello implica una diversificación de usos de estas tecnologías, cultivos y sistemas de producción en los sectores agrícola, pecuario, forestal y producción acuícola.

Referencias bibliográficas

- Bastida T., A, 2011. Los invernaderos y la agricultura protegida en México. Departamento de Preparatoria Agrícola. Impresión restringida. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México.
- Bernart, J. *et al.* 1990. Invernaderos: Construcción, manejo, rentabilidad. Editorial Aedos. España.
- Burés, S. 1997. Sustratos. Ediciones Aerotécnicas. Madrid, España.
- Cadahia L., C. *et al.* 1998. Fertirrigación. Cultivos hortícolas y Ornamentales. Mundi-Prensa. España.
- Castañón, Guillermo. 2000. Ingeniería del riego. Utilización racional del agua. Paraninfo. Madrid, España.
- Castilla P., N. 2005. Invernaderos de plástico. Tecnología y manejo. Mundi prensa. Madrid, España.
- Carreño Sánchez, Juan y Magán, José Juan. 2003. El riego por goteo. Manejo, cálculos de fertigación y otros productos. In Técnicas de producción en cultivos protegidos. Camacho Ferre, Francisco (Coordinador). Tomo 1. Instituto Cajamar. Almería, España.
- Gómez P. G. 2002. Agroplástico en México. Editorial del Gobierno del Estado de Veracruz, México.
- Papaseit, P. *et al.* 1997. Los plásticos y la agricultura. Ediciones de Horticultura. España. 204 p.
- Ramírez V., J. 1996. El uso de acolchados plásticos en la horticultura. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, México.
- Resh, H. M. 2001. Cultivos hidropónicos. Nuevas técnicas de producción. 5ª edición revisada y ampliada. Mundi-Prensa. España.



Sánchez del C. F. 2004(a). Invernaderos e hidroponía en el contexto de la agricultura mexicana: Dos alternativas tecnológicamente factibles. In Memoria del III Curso Internacional de Invernaderos. Tomo I. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo México.

Tesi, R. 2001. Medios de protección para hortoflorofruticultura y el viverismo. Versión española de J. M. Mateo Box. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 288 p.

Urrestarazu G., M. *et, al.* 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. *In* Tratado de cultivos sin suelo. Urrestarazu Gavilán, Miguel (Coordinador). Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España.