

Norma Iglesias
Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle
Centro Regional Patagonia Norte

Protecciones para cultivos hortícolas adaptadas a la Patagonia



Ministerio de
Agricultura, Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación



Protecciones para cultivos hortícolas para el norte de la Patagonia

Publicado en

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Centro Regional Patagonia Norte
Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle
Ruta Nacional 22, km 1190, Allen, Río Negro, Argentina.
cc 782 (8332) General Roca, Río Negro, Argentina.
Tél. +54-298-4439000 / Fax. +54-298-4439063
eeaaltovalle@inta.gov.ar
www.inta.gov.ar/altovalle

Autor

Norma Iglesias - iglesias.norma@inta.gov.ar

Edición & Diseño

Sección Comunicaciones de la EEA Alto Valle del INTA.

1ª Edición, 500 ejemplares.

©2014, Ediciones INTA.

Todos los derechos reservados. No se permite la reproducción total o parcial, la distribución o transformación de esta publicación, en ninguna forma o medio, ni el ejercicio de otras facultades sin el permiso previo y escrito del editor. Su infracción está penada por las leyes vigentes.

ISBN 978-987-521-535-1

Documento elaborado en el marco de los proyectos PNHEA 1106082, PATNOR 1281206 y PATNOR 1281205

Introducción

Se denomina protección a toda forma que permita mitigar el efecto adverso del clima sobre el desarrollo y producción de los cultivos. Este tipo de protecciones constan de una estructura de soporte y de una cubierta transparente que permite crear un ambiente favorable para las plantas. Dentro de las mismas incluimos las coberturas de suelo porque, en forma indirecta, permiten mejorar las condiciones que favorecen la producción.

Las tecnologías de protección de cultivos hortícolas en el norte de la Patagonia tiene antecedentes de más de dos décadas, tiempo en el cual los modelos se fueron adaptando a las condiciones de clima de la región.

Este documento brinda elementos básicos que posibilitan conocer las características de cada una de estas protecciones, sus ventajas y desventajas al momento de tomar una decisión sobre su empleo. Además se brindan datos de experiencias realizadas a nivel local que permiten reafirmar los conceptos desarrollados.

Aspectos generales de las protecciones para los cultivos hortícolas

Existen distintas formas de proteger los cultivos hortícolas, tanto sea de las temperaturas extremas como de la radiación. El objetivo de emplear protecciones puede ser diverso: aumentar la calidad, aumentar el rendimiento u obtener productos cuando las condiciones de campo no lo permiten. Existe una diversidad de definiciones sobre cultivos hortícolas protegidos. Lo resumimos como tipo de estructura que permite limitar o modificar el ambiente en torno al cultivo para posibilitar condiciones microclimáticas favorables para el desarrollo y reproducción de diferentes especies vegetales. Incluimos en este caso a la cubierta de suelo o mulch como una forma de modificación de condiciones de suelo.

Estas formas de protección modifican entre otros factores, condiciones de suelo, temperatura, radiación solar, viento y humedad, lo que permite mejorar el ambiente natural en el que se desarrollan los cultivos a campo. Se puede también mencionar otras ventajas que son importantes para la región patagónica:

- › Protección de los cultivos de las bajas temperaturas.
- › Mitigación del daño por viento.
- › Reducción de las necesidades de agua.
- › Extensión de las áreas de producción y los ciclos de cultivo.
- › Aumento de la producción, la calidad y preservación de los recursos mediante el control climático.
- › Garantía de suministro de productos de alta calidad a los mercados hortícolas.
- › Precocidad en la cosecha (adelanto de oferta de productos a mercado).
- › Producción fuera de época.

Es indispensable tener claro el cultivo que se va a realizar, sus requerimientos climáticos (fundamentalmente temperatura y condiciones de luz), las características climáticas de la región y las ventajas y limitantes de cada tipo de protección. En la región patagónica es común usar protecciones para proteger los cultivos de las bajas temperaturas que pueden ser letales para el vegetal, sin considerar valores óptimos de temperatura que puedan ralentizar o acelerar procesos fisiológicos. En la tabla 1 se muestran ejemplos de distintos requerimientos de temperaturas para algunos cultivos hortícolas.

Por otro lado, los cultivos tienen distintas necesidades de temperatura que optimizan la respuesta fisiológica de la planta en distintos estadios vegetativos o reproductivos. En la tabla 2 se observa que, por lo general, las hortalizas de fruto son más exigentes en el control de la temperatura. Las temperaturas por encima o debajo de los valores óptimos impactan negativamente en los rendimientos, tanto sea por muerte del polen, por deformación de frutos o por problemas de índole fisiogénica. También se afecta la normal distribución de fotosintatos en la planta.

Tabla 1. Temperaturas críticas para distintas especies hortícolas

Especie	T (°C) mínima letal	T (°C) mínima biológica	T (°C) óptima noche	T (°C) óptima día	T (°C) máxima biológica	T (°C) óptima radicular	HR (%)
Berenjena	0 a 2	9 a 10	15 a 18	22 a 26	30 a 32	15 a 20	65-70
Lechuga	0 a 2	4 a 6	0 a 15	15 a 20	25 a 30	10 a 12	60-80
Melón	0 a 2	12 a 14	18 a 21	24 a 30	30 a 34	20 a 22	60-80
Pepino	0 a 4	10 a 13	18 a 20	24 a 28	28 a 32	20 a 21	70-90
Pimiento	0 a 4	10 a 12	16 a 18	22 a 28	28 a 32	15 a 20	65-70
Poroto chaucha	0 a 2	10 a 14	16 a 18	21 a 28	28 a 35	15 a 20	-
Tomate	0 a 2	8 a 10	13 a 16	22 a 26	26 a 30	15 a 20	55-60
Zapallito	0 a 4	10 a 12	15 a 18	24 a 30	30 a 34	15 a 20	-

Además de estos valores de temperatura, las plantas requieren de determinadas condiciones de luz para cumplir con sus procesos fisiológicos, especialmente para inducir la fructificación. Por esta razón, es indispensable brindar buenas condiciones lumínicas para cultivos como tomate, pimiento o berenjena. Estas condiciones se ven limitadas en la región patagónica

durante los días cortos ya que no alcanza a acumular la cantidad de radiación diaria que estas especies requieren. Por el contrario, en hortalizas de hoja, la acumulación de horas de luz acelera el proceso reproductivo, lo que se conoce como “subida en flor” o “bolting”.

Tabla 2. Valores óptimos de temperatura para diferentes cultivos

Especie	T° óptima nocturna (°C)	T° óptima diurna (°C)	Observaciones
Acelga	7	18-25	
Berenjena	21	22	Hasta 8 semanas después de plantación
	19	21	Hasta final de cultivo
Espinaca	2	20	
Lechuga	10	10	2 semanas antes de plantación Durante las 6 semanas siguientes
	6	12	Hasta final de cultivo
Melón	18-21	24-30	
Pepino	21	23	4 semanas antes de plantación Plantas hasta 2-6 semanas
	20	22	Durante las 6 semanas siguientes
	19	21	Hasta final de cultivo
Pimiento	20	23	3 semanas antes de plantación Plantas hasta 8 semanas
	18	22	Hasta final de cultivo
Poroto Chaucha	16-18	21-28	
Tomate	20	20	1 semana antes de plantación Plantas hasta 4 semanas
	18,5	19,5	Durante las 5 semanas siguientes
	17,5	18,5	Hasta final de cultivo
Zapallito	15-18	24-30	

Invernadero

Un invernadero es un recinto delimitado por una estructura de madera o de metal, con cubierta transparente, en cuyo interior pueden cultivarse hortalizas y plantas ornamentales en épocas durante las cuales las condiciones climáticas externas no permitirían obtener el producto deseado a campo.

Las dos características principales que deben poseer los invernaderos para ser un medio idóneo para la producción son *eficiencia* y *funcionalidad*.

Se entiende por *eficiencia* a la capacidad para acondicionar algunos de los principales elementos del clima dentro de límites bien determinados y de acuerdo con las exigencias fisiológicas de los cultivos, y *funcionalidad* al conjunto de requisitos que permiten la mejor utilización del invernadero, tanto

desde el punto de vista técnico como económico. Partiendo de estos conceptos es importante destacar características básicas que se deben considerar en el momento de armar un invernadero:

- › Que la totalidad del invernadero, en especial el material de cobertura, sea lo más transparente posible a la radiación solar, y lo más impermeable posible a la radiación infrarroja nocturna de longitud de onda larga, emitida por el suelo durante la noche, proporcionando el mayor efecto invernadero que sea posible.
- › Que el conjunto de materiales constructivos empleados proporcione una instalación ligera y estable.
- › Que la relación de superficie total de cubierta (paredes + techo) con respecto a la superficie cubierta de suelo sea aproximadamente 1.5:1.
- › Que la relación de volumen de aire con respecto a la superficie cubierta de suelo sea de 3:1.

- › Que el contacto entre la cobertura y la estructura sea de tal naturaleza, que proporcione al recinto protegido la máxima hermeticidad. Es fundamental prestar atención a la zona de empalme de techo con paredes y zona de cierre de ventanas.
- › Que teniendo en cuenta las características anteriores su costo de instalación resulte lo más económico posible.

Para su construcción es necesario considerar cuatro aspectos:

1) estructura

Debe ser adecuada a las condiciones climáticas locales. Se recomienda orientar la cubierta en la dirección Este-Oeste lo cual permite ofrecer mayor resistencia a los vientos y mejor aprovechamiento de la energía solar. Los cultivos de fruto requieren diseños de estructuras y manejo del clima de mayor complejidad que los cultivos de hoja.

La forma del techo puede ser curva (figura 1) o capilla o a dos aguas (figura 2). Trabajos de investigación realizados en INTA-EEA Alto Valle permiten afirmar que, para esta latitud, no existe diferencia en transmisión de luz entre las dos formas siempre que el ángulo de inclinación de techo y la disposición de postes y cabreadas sea similar. Para mejor captación de luz, el ángulo de inclinación del techo no debe ser inferior a los 22°, ni superior a los 35°.



Figura 1. Invernadero de cuatro módulos de techo curvo. Cinco Saltos, Río Negro



Figura 2. Invernadero triple capilla. Allen, Río Negro

2) cubierta

El material de cubierta debe ser resistente a la tracción y tensión y presentar buenas condiciones de transmisión de radiación lumínica (radiación de onda corta) y retención del calor (radiación de onda larga). El material más difundido a nivel mundial es el polietileno de alta resistencia. Las láminas de polietileno, utilizadas como coberturas para invernaderos están formadas por varias capas. Dentro de dichas capas se combinan los aditivos que proporcionan diferentes propiedades con la finalidad de mejorar las condiciones climáticas dentro de la estructura como así también la resistencia de la cubierta durante cierto período de tiempo (2 o 3 años).

La transmisión de la radiación solar a través de la cubierta influirá tanto en el balance energético del invernadero, como en la actividad fotosintética del cultivo, pudiendo ser el factor más limitante en las latitudes comprendidas en la Patagonia. La radiación se divide en radiación de onda corta, la cual se emite entre una longitud de onda de 0.300 y 2.500 nanómetros (nm) comprendiendo radiación ultravioleta (0.300-0.380 nm), visible (0.380-0.760 nm) e infrarroja solar (0.760-2.500 nm). La radiación utilizada por las plantas para los procesos fotosintéticos y consecuentemente sobre el crecimiento del cultivo, es la comprendida entre los 0.400 y 0.700 nm, valores próximos a la radiación visible.

Por otro lado, desde el punto de vista del estudio del balance de energía en el invernadero y las pérdidas de energía nocturna, las cuales establecerán las necesidades de calefacción, es necesario considerar la radiación de onda larga, comprendida en el rango 5-40 nm. Las pérdidas por radiación del invernadero

dependen de las propiedades de emisividad y transmisividad del material de cubierta.

3) cultivo que se pretende realizar

Es necesario tener claro el tipo de cultivo que se pretende realizar y conocer ventajas y desventajas de cada sistema de protección. Por lo general, los cultivos de hoja no son tan exigentes en lo que respecta a control sobre las condiciones climáticas lo cual permite emplear formas de protección más simples. Para cultivos de fruto es condición fundamental estructuras que permitan buena captación de energía y buena ventilación. Para esto hay que respetar dimensiones en cuanto a alturas mínimas, ángulo de inclinación de techo óptimas, anchos de invernadero adecuado, superficie de ventilación de paredes no inferior a 30% de superficie de cubierta de suelo, materiales plásticos empleados, orientación de la estructura (E-O) y del cultivo (N-S), además de manejo del cultivo en cuanto a prácticas, fertirriego, sanidad, conducción, etc.

4) manejo del clima en función de los cultivos

La distribución de la temperatura dentro del invernadero es uno de los factores que inciden sobre la uniformidad del cultivo, en esto juega un papel importante los cerramientos de techo, las dimensiones del invernadero y la forma de abrir las ventanas. Si las ventanas no se abren en forma gradual se produce un doble impacto por la disminución abrupta de la temperatura y por descenso de la humedad relativa lo que afecta negativamente al cultivo.

Se puede usar una doble cubierta de techo con polietileno cristal de 50 micrones (μ) de espesor para evitar pérdida de calor (figura 3). Evaluaciones realizadas en

INTA - EEA Alto Valle, en las cuales se compararon cubiertas de polietileno larga duración térmico de 150 μ simple (PE LDT 150) frente a cubierta doble con una capa inferior de polietileno cristal (PE 50) de 50 μ (PE LDT 150 + PE 50), han permitido determinar que se produce una disminución de la transmitancia de la radiación solar del orden del 5-9% debida a la coloca-

Tabla 3. Valores de transmitancia de radiación PAR para cubiertas simples (PE LDT 150) y dobles en techos con pendientes de 20° y 30° (PE LDT 150 + PE 50)

Cubierta	Pendiente del techo	Transmitancia
PE LDT 150	20°	0.81
	30°	0.80
PE LDT 150 + PE 50	20°	0.72
	30°	0.75

ción de la doble cubierta de techo (tabla 3) pero con una ganancia de ahorro energético ya que se reduce la pérdida de calor entre el 7 y 11% lo cual se traduce en un importante ahorro de energía y necesidad de calefacción (tabla 4).

Tabla 4. Transmitancia al infrarrojo largo (calor) para distintas cubiertas y materiales de cubierta

Tipo de cubierta	Transmitancia
Cubierta simple PE LDTX 150	0.22 b
Doble cubierta PE LDTX 150 + cristal 50	0.15 c
Polietileno cristal 50	0.74 a

Números seguidos por igual letra no difieren significativamente (LSD 0.05)



Figura 3. Interior de invernadero con techo multicapilla y doble cubierta. INTA- EEA Alto Valle

Túneles (micro y macro)

Dentro de las protecciones conocidas como túneles se distinguen los microtúneles y los macrotúneles

Microtúnel

Es un tipo de protección simple que permite mejorar las condiciones climáticas de cultivo durante un período de su ciclo. En la región norpatagónica por lo común se lo utiliza durante la primavera, para iniciar el cultivo anticipadamente a los realizados al aire libre, con el objetivo de obtener producción primicia. Los microtúneles son estructuras sencillas, de fácil instalación y de bajo costo que permiten proteger los cultivos durante un corto período.

La estructura del túnel está conformada por una hilera de arcos (pueden ser de tubos, mangueras, alambre grueso o ramas flexibles), colocados a una

distancia de entre 0.80 y 1.5 m, sobre los cuales se extiende la cubierta plástica. La altura de los arcos puede variar de 0.5 a 1 m, y pueden cubrir una o más hileras de cultivo. En este tipo de estructura de protección, las prácticas culturales se efectúan desde el exterior (figuras 4, 5 y 6).

El empleo de esta forma de protección está difundándose cada vez más en las producciones hortícolas de la Patagonia Norte, utilizadas por lo general para los cultivos en sus primeras etapas contra los agentes climáticos. Entre sus ventajas podemos mencionar:

- › Protección a los cultivos de la lluvia, viento, granizo, heladas, insectos, pájaros, gallinas entre otros.
- › Aumento de los rendimientos y la calidad de las cosechas.
- › Control parcial de temperatura de aire y de suelo que permite mejorar el desarrollo de las plantas.



Figura 4. Microtúneles experimentales junto a invernadero de techo triple capilla (INTA- EEA Alto Valle)



Figura 5. Microtúneles en campo de productores, Campo Grande (Río Negro)



Figura 6. Microtúneles en campo de productores para adelantar el trasplante de zapallito de tronco. Campo Grande (Río Negro)

Experiencias realizadas en INTA-EEA Alto Valle, permitieron evaluar el comportamiento térmico, en noches de helada, de distintos tipos de cobertura: manta térmica o manta anti helada (ma te), polietileno térmico de 150 μ (pe LDTX 150) y polietileno cristal 50 μ (pe 50) (Figura 7).

Durante noches con temperatura de aire por debajo de 0°C solamente el pe LDTX 150 permitió mantener la temperatura por encima del punto de congelamiento. En la figura 8 se puede observar las variaciones de la temperatura en los distintos tipos de túneles cuando la temperatura externa fue menor a 0°C. La manta térmica, por ser más permeable, siempre se mostró menos eficiente con respecto a la pérdida de calor que los otros dos materiales, polietileno térmico de 150 micrones y polietileno cristal 50 micrones.

También se analizó el salto térmico, la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior, para situaciones de temperatura exterior inferiores a 0°C. En la figura 9 se representa el salto térmico en función de la temperatura externa (Te). Se puede observar que mientras el Pe LDTX 150 mantuvo la temperatura en 0°C, o más, hasta una temperatura externa de aproximadamente -2.7°C, el Pe 50 soportó hasta -1.1°C y la manta térmica no permitió defender a los cultivos de las heladas.

En base a estos resultados, se recomienda emplear la manta anti helada si se pretende elevar la temperatura en situaciones de temperatura del aire externo por encima de 0°C lo cual crearía condiciones favorables para el crecimiento vegetal, pero no se recomienda emplearla si se pretende realizar túneles para proteger cultivos de temperaturas inferiores a 0°C. En ese caso emplear polietileno térmico.



Figura 7. De izquierda a derecha, microtúnel con pe LDTX 150, pe 50 y manta antihelada

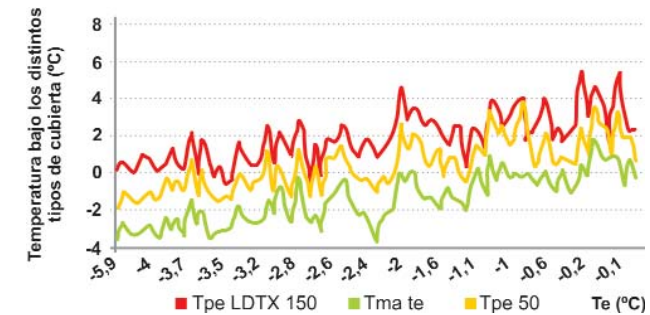


Figura 8. Variación de la temperatura

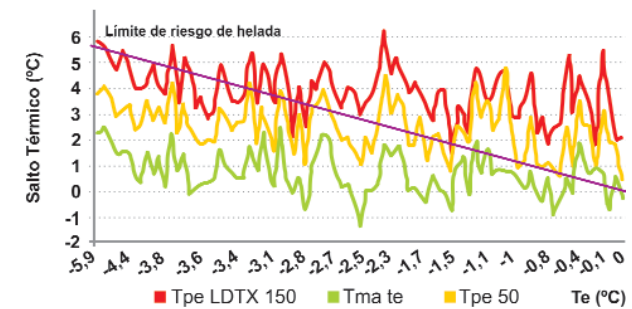


Figura 9. Registros de salto térmico de los distintos tipos de túneles con temperaturas inferiores a 0°C

Macrotúnel

Es común observar este tipo de protección en la zona cordillerana, la precordillerana o emprendimientos de huertas familiares y comunitarias. Los túneles altos o macrotúneles son estructuras generalmente construidas con arcos de madera, tubos de PVC o hierro galvanizado, cubiertos con una capa de polietileno que también se emplea en los invernaderos. Su altura, generalmente entre 2 y 3.5 m en el centro de la estructura, favorece el uso de especies altas (por ejemplo: tomate, berenjena, pimiento, etc.), ubicadas por lo general en el centro, con mayor altura de techo, lo cual no es posible en el caso de los microtúneles. Este tipo de protección permite también el paso personas y herramientas en su interior (Figura 10).

La mayoría de estas estructuras tienen dimensiones de 5-6 m de ancho por 20 a 50 m de longitud y se basan en principios similares a los de un invernadero. La diferencia entre los invernaderos y los macrotúneles radica en que no tienen temperatura controlada, ni suele ser suficiente el área de ventilación la cual por lo general se realiza por ventanas en los laterales y apertura de los frentes (Figura 11). Otra desventaja es su forma alargada que dificulta las relaciones de suelo: sup. cubierta/sup. suelo o volumen/sup. suelo, planteadas en la página 6.

Entre las ventajas del uso de macrotúneles podemos mencionar las siguientes:

- Aumenta rendimientos y calidad que los cultivos con respecto al aire libre.
- Amplía la capacidad de producción de alimentos para auto consumo.
- Su construcción es más barata que los invernaderos.
- El tiempo de instalación es muy rápido.



A



B

Figura 10. Dos tipos de estructuras de macrotúneles: A) estructura metálica y B) estructura de caños de PVC reforzados en Villa Regina (Foto: Juan Ciccio)



Figura 11. Vista lateral de un macro túnel

Media Sombra

Este tipo de protección tiene como función el sombreado de los cultivos para evitar daños por radiación y altas temperaturas (por disminución de la incidencia de los rayos solares durante el día y moderación de la temperatura durante las noches frías) a través del uso de mallas blancas, negras o de colores, que realizan un sombreado de 30 a 50%.

Se pueden instalar fijas o móviles. Además de la reducción en quemaduras solares, se reduce la evapo-

ración superficial y la evapotranspiración, reduciendo consecuentemente el gasto de agua de riego y por ende de fertilizantes. Impide el estrés calórico e hídrico del cultivo y con ello permite condiciones más favorables para el desarrollo y la producción. En cultivos de frutos se disminuyen las pérdidas por rajado o asoleado y en hortalizas de hoja favorece el cultivo durante los meses de mayor calor principalmente en suelos calientes, además de disminuir la incidencia de subida de flor o “bolting”.



Figura 12. Medio sombra sobre postes y estructura de alambre y Mulch en cultivo experimental de tomate, en INTA-EEA Alto Valle



Figura 13. Estructura de mediasombra en forma plana, sobre una estructura de postes y alambres, sobre cultivo de tomate interdefinido (izquierda) y determinado (derecha). INTA-EEA Alto Valle



Figura 14. Aprovechamiento de estructuras de invernadero de techo curvo como soporte de mediasombra en campo de productores. Provincia de Neuquén

En INTA–EEA Alto Valle, se realizaron experiencias para evaluar el rendimiento y calidad de distintos cultivares de tomate de crecimiento determinado e indeterminado con y sin protección de media sombra. Se observó que el empleo de media sombra favoreció a los cultivares de crecimiento indeterminado lo cual se evidenció por la mayor incidencia del descarte en los cultivares indeterminados sin protección (Figura 15).

Durante el ciclo de cultivo se registraron datos de temperatura de aire bajo la media sombra (T_{ms}) y fuera de la misma (T_{ext}) y radiación fotosintéticamente activa (PAR) externa. A modo de ejemplo, en la figura 16 se presentan los datos de dos días despejados durante el período de maduración de fruto. En dichas curvas se observa la relación entre la temperatura y la radiación solar llegando a superar la temperatura externa de 40 °C mientras que bajo la protección

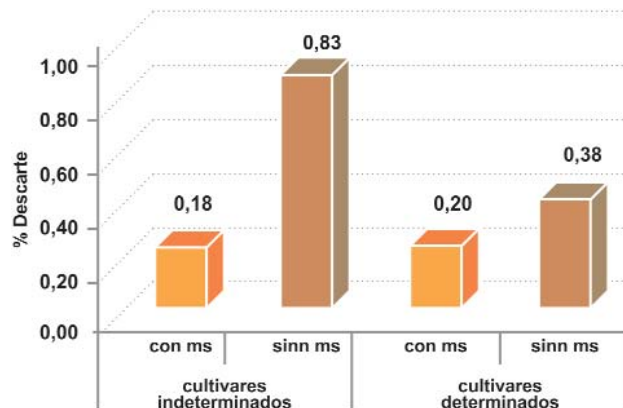


Figura 15. Incidencia del empleo de media sombra (ms) sobre localidad de frutos de tomate de crecimiento indeterminado y determinado

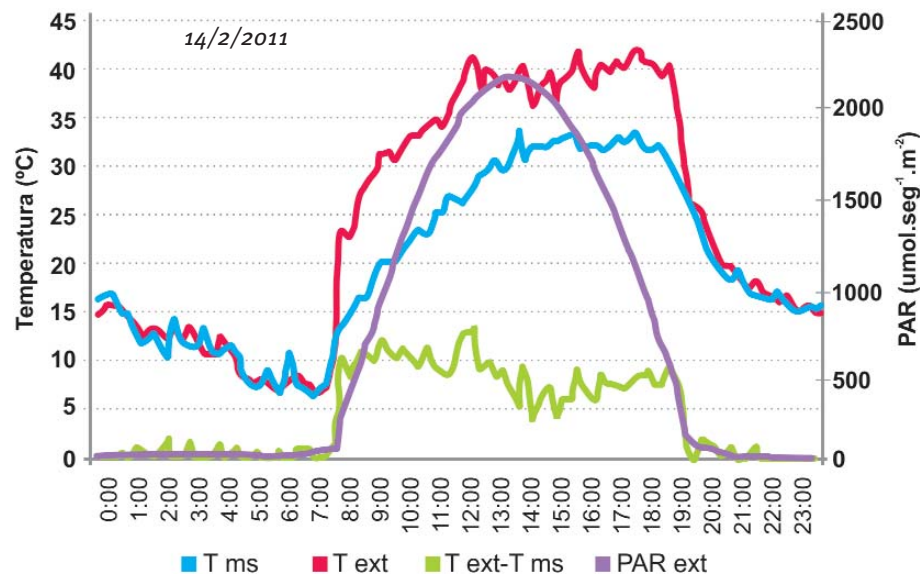


Figura 16. Registros de temperatura de aire bajo media sombra (T_{ms}), al aire libre (T_{ext}), diferencia de temperatura entre aire libre y bajo protección (T_{ext}-T_{ms}), y radiación fotosintéticamente activa externa (PAR ext)

de la media sombra se observa una reducción de la temperatura (Text-T_{ms}) entre 5-15°C.

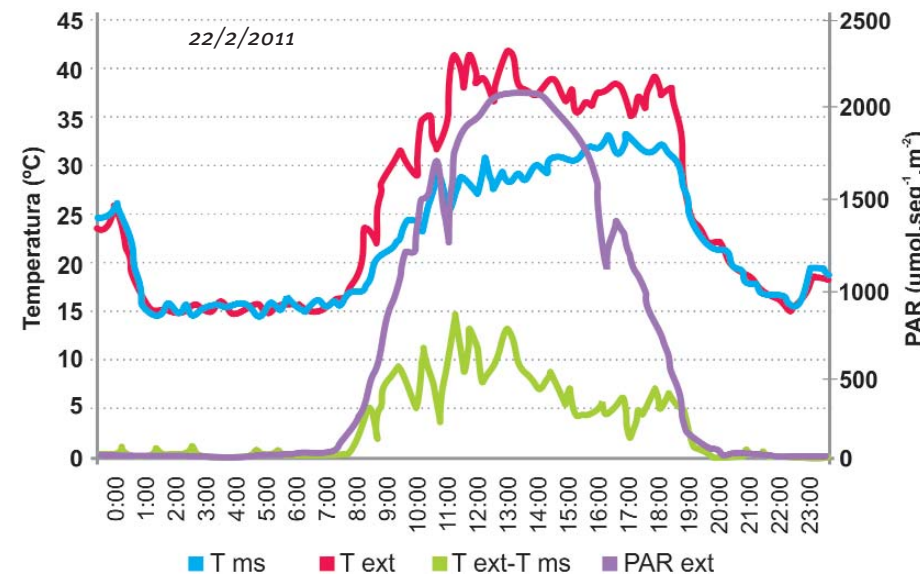
Por otra parte, al analizar los registros de temperatura máxima diaria se evidencia el efecto del sombreo sobre la temperatura bajo la cubierta (Tabla 5), con una disminución promedio de 6.07 °C. A partir de estudios similares en otro tipo de cultivo, se puede inferir que en las plantas sin protección la temperatura a nivel del fruto puede llegar a ser notoriamente superior a los registros de la temperatura de aire. Esto permite afirmar que en los cultivos sombreados se produce un efecto de mitigación del daño producido por altas temperaturas sobre el fruto.

A partir de estos trabajos se concluyó que el empleo de mallas media sombra sobre los cultivos de tomate (en particular los de crecimiento indeterminado), per-

mite disminuir las pérdidas de calidad de los frutos lo cual se traduce en un aumento de los rendimientos comerciales.

Tabla 5. Registros promedio de temperatura (°C)

	Media sombra	Aire libre
Temperatura media (°C)	33,78	39,85
Diferencia de temperatura máxima al aire libre y bajo media sombra (°C)	6,07	



Cubierta de suelo, acolchado o mulch

Utilizar una cubierta del suelo sobre la cual se implantan cultivos, es una técnica muy antigua que consiste en colocar materiales vegetales (paja, aserrín, cascara de arroz), papel o plástico, cubriendo el suelo, con la finalidad de proteger al cultivo y al suelo de los agentes atmosféricos, promover precocidad de las cosechas o mejorar rendimiento y calidad de los productos. La película de polietileno, fundamentalmente por su bajo costo relativo y su fácil mecanización en el proceso de instalación, es el material más utilizado en acolchado de suelos a nivel mundial. Es flexible, impermeable al agua y no se pudre ni es atacado por los microorganismos. El empleo de mulch permite:

- › Aumentar el rendimiento y la precocidad.
- › Aumentar la calidad de la producción debido a que no hay contacto de los frutos con el suelo y por lo tanto estos no se manchan o se pudren.
- › Controlar las malezas y disminuir o eliminar el empleo de herbicidas.
- › Reducir el daño mecánico producido por las herramientas de labranza del desmalezado.
- › Ahorrar agua, conservar y mejorar la distribución de humedad del suelo.
- › Mejorar el aprovechamiento de fertilizantes aplicados.
- › Desinfección de suelo, se usa para solarización.

Los beneficios antes enumerados dependen del tipo, color y composición (combinación de distintos polímeros) que confieren distintas cualidades a las películas de polietileno utilizadas. En INTA-EEA Alto Valle se han realizado numerosas experiencias de evaluación de respuesta de cultivo de lechuga y tomate al empleo de mulch (figura 17 a y b), tanto bajo cubierta como al aire libre. En lechuga se evaluaron cultivos de invierno bajo cubierta y la respuesta a distintos tipos de mulch (figura 17 b).

En la tabla 6 se presentan resultados de evaluaciones de distintos cultivares de lechuga en un cultivo de invierno en invernaderos de productores. Estos datos indican que el empleo de mulch permite lograr mejores rendimientos.

Tabla 6. Lechuga en invernadero sin calefacción. Rendimientos del cultivo con y sin mulch.

Cultivar	mulch	Kg x m ²
Carilauquen	SI	2.810
	NO	2.160
Prizemor Clara	SI	3.130
	NO	2.400
Rapidmor Clara	SI	3.020
	NO	1.830
Rapidmor Oscura	SI	3.330
	NO	2.840
Maravimor	SI	2.670
	NO	1.920

En la línea de estos trabajos se evaluó la respuesta del cultivar Maravimor a distintos tipos de cubierta plástica y los resultados indicaron que el empleo de cualquiera de los materiales plásticos evaluados permitió mejores rendimientos y menor incidencia de descarte que el suelo desnudo.

Tabla 7. Rendimiento de lechuga cv. Marvimor en invernadero sin calefacción con distintos tipos de mulch

Tipo cobertura	Kg /m ²	% descarte	(g)/matas prom.
mulch naranja	3.0729a	20.00 a	199.65 a
mulch cristal	2.6927a	18.75 a	178.52 a
mulch negro	2.6614a	13.75 a	170.42 a
sin mulch	1.1927b	41.25 b	100.60 a
cv	17.58	33.77	15.15

Números seguidos por igual letra no difieren significativamente (Duncan 0.05)



Figura 17. Lechuga con mulch en invernadero. A) cobertura total de suelo con mulch negro. B) evaluación de distintos tipos de materiales plásticos

En trabajos realizados en INTA-EEA Alto Valle (figura 18) con el objetivo de evaluar el efecto de mulch negro y bicolor sobre el desarrollo y productividad del cultivo de tomate de crecimiento indeterminado, se determinó que los rendimientos comerciales y totales en los tratamientos con cubiertas plásticas fueron significativamente superiores al tratamiento de suelo sin mulch, no registrándose diferencias significativas entre mulch de color negro y mulch bicolor (cara negra colocada contra el suelo y blanca hacia el cultivo).

En la tabla 8 se presentan los resultados de la evaluación en los cuales se observa la significativa diferencia de rendimiento lograda con el empleo de mulch. En todos los tratamientos el riego fue por goteo.

Tabla 8. Rendimiento total de tomate de crecimiento indeterminado para los distintos tratamientos

	peso total (Kg \times Ha $^{-1}$)
sin mulch	41740 b
Polietilno bicolor	74435 a
Polietileno negro	80314 a
cv	21,32
promedio	65497

Números seguidos por igual letra no difieren significativamente (Duncan o.05)

El empleo de mulch plástico influye también en la precocidad del cultivo. Se pudo observar que la cubierta de polietileno permite adelantar el ciclo de cosecha ente 11 y 7 días con respecto a suelo descubierto, siendo el polietileno bicolor el que permitió mayor precocidad en los cultivares evaluados.

Además de los rendimientos, se evaluó la respuesta del cultivo de tomate al empleo de cubierta plástica de suelo en lo referido a la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) interceptada por el cultivo. Se observó que, a los 41 días después del trasplante (diciembre) se observan mayores valores en los suelos cubiertos con mulch lo cual acentúa con el cultivo más desarrollado (enero) (figura 19).

También se analizaron parámetros de crecimiento. Tanto a los 41 días como a los 71 después del trasplante, se observaron importantes diferencias de expresión vegetativa entre las plantas con cubierta de suelo y las plantas con suelo desnudo. El empleo de cubierta plástica negra y bicolor permitió un mayor crecimiento en altura de las plantas, que se mantuvo a lo largo del cultivo (figura 20).

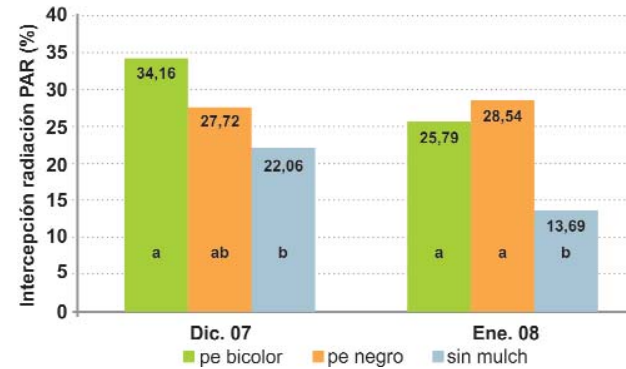


Figura 19. Intercepción radiación PAR en los distintos tipos de cobertura de suelo (valores de columnas con igual letra, dentro del mismo bloque de datos, no difieren estadísticamente. Duncan o.05)



Figura 18. Evaluación de respuesta del cultivo de tomate al empleo de mulch negro y bicolor comparado con suelo desnudo. INTA- EEA Alto Valle

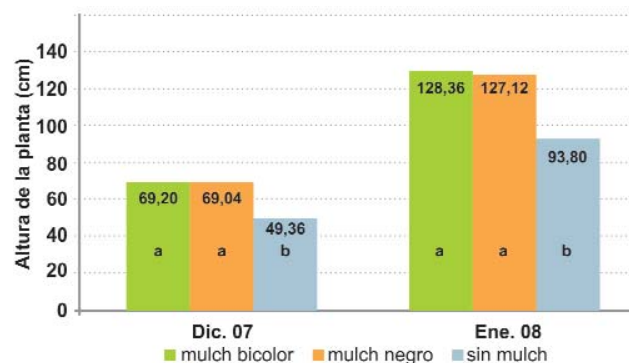


Figura 20. Crecimiento de plantas de tomate indeterminado con diferentes tipos de cubierta de suelo. (Valores de columnas con igual letra, dentro del mismo bloque de datos, no difieren estadísticamente. Duncan 0.05)

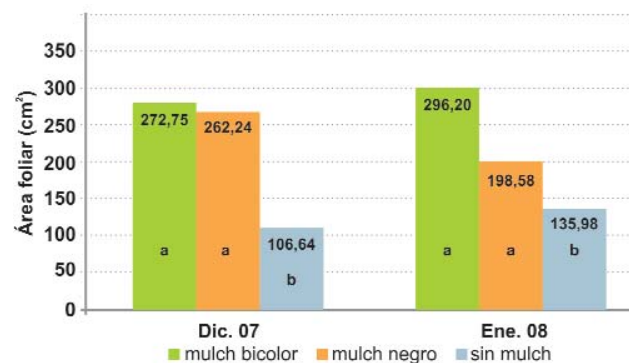


Figura 21. Área foliar de plantas de tomate en distintos tipos de cobertura de suelo. (Valores de columnas con igual letra, dentro del mismo bloque de datos, no difieren estadísticamente. Duncan 0.05)

Al estudiar el área foliar se vio que al comienzo del cultivo las hojas de las plantas cultivadas con cubierta de suelo negra o bicolor no se diferenciaron estadísticamente entre sí pero mostraron diferencias con respecto al suelo desnudo. Al crecer las plantas el polietileno bicolor permitió un mayor desarrollo foliar respecto al polietileno negro y éste respecto al suelo desnudo (figura 21).

Analizado el peso seco (PS) y peso específico (PE) de las hojas, se observan valores más altos en las plantas cultivadas con cubierta plástica con respecto a las plantas cultivadas en suelo desnudo (Figura 22), esto se tradujo en mayor productividad en el cultivo realizado con protección de suelo.

De los resultados se puede inferir que las plantas de tomate cultivadas con cubierta plástica muestran mayor desarrollo vegetativo y mejor intercepción de la radiación PAR lo que se permite mayor producción y acumulación de fotosintetizados que se traducen en mayor producción. Por otro lado, hay otros factores (variaciones de humedad en el suelo, evapotranspiración, ajustes en cantidad y frecuencia de riego, disponibilidad de nutrientes, etc), optimizados con el uso de cubiertas de suelo, que influyen favorablemente sobre el cultivo y permiten mejorar su productividad con respecto a suelos desnudos.

En esta línea de trabajo también se ha evaluado el empleo de materiales degradables los cuales aparecen como una interesante alternativa ya que a los cuarenta días desde el trasplante, cuando el cultivo ya ocupa casi totalmente el espacio de suelo y las

malezas no encuentran condiciones de luz y competencia por agua para desarrollarse, el material presenta un alto grado de degradación y desaparece hacia el final del ciclo de cultivo (figura 23).

En la tabla 9 se muestran los rendimientos logrados, y se puede observar que no se registraron diferencias de rendimientos aunque el polietileno haya degradado antes de los dos meses de colocado. Ese tiempo de protección fue suficiente como para que el cultivo se estableciera en óptimas condiciones.

Las experiencias realizadas en INTA Alto Valle permiten concluir lo siguiente:

- › El empleo de cubiertas plásticas de suelo, y sobre todo si se implementa un sistema de riego por goteo por debajo de la cubierta, aumenta los rendimientos y disminuye la incidencia de descarte.
- › En cultivo de lechuga se observó mejores rendimientos con plásticos de color naranja pero esta diferencia no se traduce en una rentabilidad efectiva en términos económicos.
- › Las cubiertas de plásticos degradables son una alternativa interesante en cuanto a impacto medioambiental ya que, en un ciclo de tomate a campo, a los 40 días de su colocación (diciembre) el mismo comienza a degradarse y no quedan trazas al final del cultivo (marzo).
- › No se evidenciaron diferencias de rendimiento en tomate (determinado e indeterminado), entre polietileno negro y blanco/negro (blanco hacia arriba).
- › Con el empleo de mulch se logra mayor precocidad en el inicio de cosecha.

Tabla 9. Rendimientos (kg/ha) de tomate de crecimiento indeterminado con distintos tipos de mulch y riego por goteo

Tratamiento	Comercial	Descarte	Total
pe Bio degradable	75229	44171	119401
pe Negro	73272	36565	109838
pe bicolor	71121	38371	109492
cv	19.47	32.07	14.40
	ns	ns	ns
promedio	73207	39702	112910

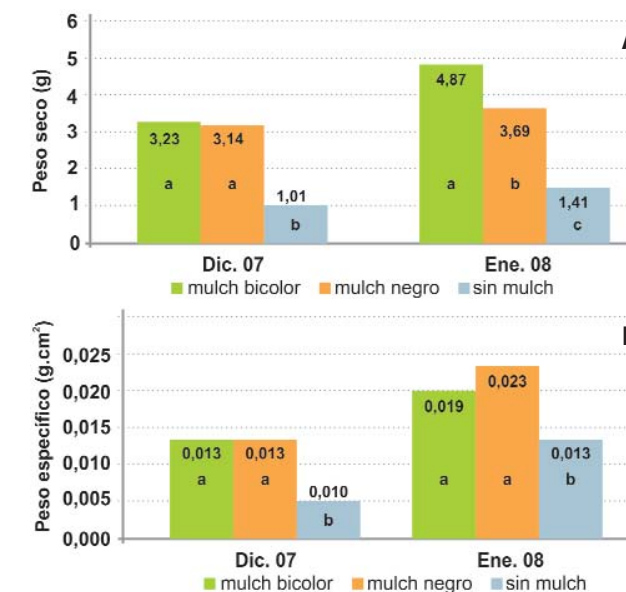


Figura 22. Peso seco (A) y peso específico (B) de hojas de tomate en distintos tipos de cobertura de suelo. (Valores de columnas con igual letra, dentro del mismo bloque de datos, no difieren estadísticamente. Duncan 0.05)



Figura 23. Experiencia en INTA-EEA Alto Valle de evaluación de mulch degradable (izquierda), mulch negro (centro) y mulch bicolor blanco/negro, en cultivo de tomate. A) segunda quincena de diciembre y B) resto de materiales plásticos después de eliminado el cultivo.

Tabla 10. Cuadro comparativo de las características de los distintos sistemas de protección

Tipo de protección	Ventajas	Desventajas	Tipos de cultivo	Nivel tecnológico requerido (*)
Invernadero	<ul style="list-style-type: none"> -Aumenta la posibilidad de cultivar en condiciones climáticas adversas. -Mejora la calidad de la producción. -Se obtienen mayores rendimientos de los cultivos que a campo. -Control de condiciones climáticas dentro del recinto -Comodidad para realizar labores de cultivo dentro de la estructura. -Se pueden controlar los cambios bruscos de temperatura. 	<ul style="list-style-type: none"> -Requiere un diseño adecuado a la producción. -Requiere conocimiento de manejo de clima en función de los cultivos. -Requiere significativa inversión inicial. (Se recomienda analizar todas las variables económicas del proyecto). 	Todos	Medio a alto
Macrotúnel	<ul style="list-style-type: none"> -Ideal para producciones familiares. -Aumenta la posibilidad de cultivar en condiciones climáticas adversas. -Se obtienen mayores rendimientos de los cultivos que a campo. -Rápida construcción. -Las labores culturales se realizan dentro de la estructura. 	<ul style="list-style-type: none"> -Reducido espacio interior que limita el normal crecimiento de algunas especies (ej. tomate de crecimiento indeterminado). -Limitadas posibilidades de manejo adecuado del clima. -El control climático es limitado con respecto a la estructura de invernadero. -Inadecuada relación sup. cubierta/sup. suelo y volumen/sup.suelo. -Presenta dificultades para una correcta ventilación. -Menor inercia térmica que los invernaderos. 	Todos pero con limitantes.	Medio
Micro túnel	<ul style="list-style-type: none"> -Forma de protección de bajos costos y rápida instalación. -Permite adelantar la cosecha. -Aumenta la calidad del producto. 	<ul style="list-style-type: none"> -Es una protección parcial que no permite evitar las bajas temperaturas del invierno. -Se requiere mano de obra y tiempo para abrir y cerrar laterales. -Las labores de cultivo deben ser realizadas desde el exterior. 	Bajos. Lechuga, zapallitos de tronco	Bajo a medio
Media sombra	<ul style="list-style-type: none"> -Fácil de instalar. -Mejora la calidad de los productos. -Permite proteger a los cultivos de la radiación y granizo. -Dura varios años. -Permite la rotación de cultivos. -Permite realizar las labores mecánicas y manejo de cultivo en forma habitual. 	<ul style="list-style-type: none"> -Requiere de una estructura de sostén resistente a los vientos. 	Todos	Bajo a medio
Cubierta de suelo o Mulch	<ul style="list-style-type: none"> -Permite controlar malezas. -Favorece las condiciones de humedad del suelo. -Contribuye a aumentar calidad del producto. -Permite obtener cosecha precoz. -Disminuye el requerimiento de riego y fertilización. 	<ul style="list-style-type: none"> -Costo del material si se utiliza cubierta plástica. -El plástico no se puede reutilizar. 	Todos	Bajo

(*) se entiende como "nivel tecnológico" la necesidad de contar con un asesoramiento técnico específico que permita optimizar el aprovechamiento de la tecnología en aspectos de construcción y manejo del clima.

ISBN 978-987-521-535-1

PRODUCCIÓN VEGETAL



Ministerio de
Agricultura, Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Centro Regional Patagonia Norte
Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle
Ruta Nacional 22, km 1190, Allen, Río Negro, Argentina.
Casilla de Correo 782 (8332) General Roca, Río Negro, Argentina.
Tel. +54-298-4439000 / Fax. +54-298-4439063
eeaaltovalle@inta.gob.ar
www.inta.gob.ar/altovalle

