



# MANUAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MICROTUNELES

Julio Mora<sup>1</sup>; Eduardo Miserendino<sup>2</sup>; Paulo Gea<sup>3</sup>

## PRESENTACION

Si bien el desarrollo de la técnica de construcción de microtúneles, está pensada sobre la base del cultivo de frutilla, es importante comprender que en estas estructuras es posible cultivar la mayoría de las especies hortícolas de hoja desarrolladas en nuestra zona.

Los microtúneles representan una alternativa que permiten afrontar las inclemencias climáticas; es una tecnología poco desarrollada en nuestra región pero ofrece una posibilidad cierta para muchas de las etapas de los procesos de crecimiento en los sistemas hortícolas. Existen muchos lugares de nuestra región donde es posible aplicar esta técnica, generando un cambio importante en el desarrollo de los cordones verdes de las ciudades.

## ¿POR QUE CONSTRUIR MICROTUNELES?

Como se mencionó, la mayoría de los cultivos en nuestra zona, necesariamente requieren protecciones para poder desarrollarlos. Entre las protecciones más tradicionales encontramos los invernaderos de estructura de madera y cubierta de polietileno, donde es posible instalar cualquier tipo de cultivo de hoja y/o frutas como la frutilla. Sin embargo, estas estructuras requieren de una inversión inicial que muchas veces resulta elevada, más aún cuando la actividad es incipiente. Como alternativa los microtúneles son una tecnología de baja inversión inicial, permiten la instalación de los mismos cultivos.

Para ejemplificar el beneficio del **bajo costo de inversión**, es posible

---

1 Ing. RRNN; AER Río Gallegos. EEA Santa Cruz – INTA. [jmora@correo.inta.gov.ar](mailto:jmora@correo.inta.gov.ar)

2 Ing. Agr.; EEA Esquel – INTA. [emiserendino@correo.inta.gov.ar](mailto:emiserendino@correo.inta.gov.ar)

3 Ing. Agr.; AER Río Grande. EEA Santa Cruz – INTA. [pgea@correo.inta.gov.ar](mailto:pgea@correo.inta.gov.ar)

establecer una rápida comparación con la estructura de producción más difundida en nuestra zona, que es el invernadero. En igual superficie cubierta, el costo de los microtúneles es 3 veces menor que éstos. Otro aspecto importante a considerar en este análisis, es la posibilidad que brindan los microtúneles de iniciarse en la producción fruti - hortícola con una baja inversión, factor relevante cuando se intenta incursionar en la actividad y la decisión de ingresar al sector, como un negocio, no esta totalmente firme.

Más allá de los beneficios de inversión inicial, la técnica de microtúneles, ofrece otras ventajas relacionadas directamente con la producción:

**a. Proteger el cultivo de las inclemencias climáticas:** las temperaturas extremadamente bajas, las nevadas y los fuertes vientos son los principales factores que permanentemente obligan al productor pensar en sistemas de protección. En este sentido, los microtúneles permiten mantener por la noche temperaturas no letales y durante el día temperaturas propicias para el desarrollo de las plantas, además de proteger el cultivo de los fuertes vientos primaverales.



Foto 1: Producción de hortalizas de hoja



Foto 2: Producción de plantines de frutilla

**b. Extender el periodo de producción:** los microtúneles cumplen la principal función de brindar temperaturas adecuadas para el crecimiento a un bajo costo. Este factor funciona como estrategia de mercado, de tal forma que permite obtener

---

verdura en el mes de septiembre (primicias), lo que es importante en la competencia por ser una fecha fuera de lo común, lo que al aire libre difícilmente sería posible.

Así como con las primicias, los microtuneles permiten alargar el tiempo de producción, en los meses de marzo y abril (fines de la temporada), garantizando las temperaturas adecuadas para que las plantas puedan continuar su desarrollo.

**d. Mejor calidad:** los beneficios de desarrollar las plantas bajo protección, no solo evita el efecto de factores climáticos dañinos (bajas temperaturas, viento, etc), sino también evita que la tierra se deposite sobre las hojas o frutos, ocasionando laceraciones en ellos. La utilización de mulch negro evita el contacto de las verduras con el suelo influyendo en mejorar la calidad de la producción (Foto 3).



Foto 3: Mejora en la calidad de los frutos

**e. Aumentar los rendimientos:** esta ventaja tiene relación con los niveles ofrecidos por la producción al aire libre. En este sentido, es posible identificar un claro incremento de las producciones bajo las condiciones de un microtúnel. Como ejemplo local se puede citar un rendimiento de 5,5 kg/m<sup>2</sup> de lechuga, variedad *Grand rapid* con un densidad de 12 plantas/m<sup>2</sup> (Foto 4)



Foto 4: Aumento del rendimiento por metro cuadrado

## ¿COMO INSTALAR LOS MICROTUNELES?

La instalación de los microtúneles implica identificar las tareas en cada uno de los tres procesos básicos:

- 1- Preparación del suelo
- 2- Plantación
- 3- Armado de la estructura

Para ello es igual de importante considerar los pasos en cada acción, de tal forma que la estructura quede firme y se mantenga el cuidado con de los materiales.

### 1- Preparación del suelo

**a. Armado de camellones:** el preparado del suelo es una de las labores principales en la construcción de microtúneles porque debe permitir formar los lomos o camellones (Foto 5). La profundidad de laboreo del suelo tiene que ser adecuada, para luego poder elevarlos entre 30 a 40 cm.

El ancho de los camellones tiene que ser de 50 o 60 cm en la parte superior y 70 u 80 cm en su base. La altura del camellón es importante porque define la profundidad óptima para que el sistema radicular de las plantas pueda desarrollarse. La distancia que debe dejarse de pasillo entre camellón y camellón es de 50 cm. para poder desplazarse con facilidad y realizar las tareas de mantenimiento que demanda el cultivo como así las actividades durante la cosecha. Para lograr un camellón prolijo, se recomienda utilizar hilos y estacas como instrumentos de medición y señalización.



Foto 5: Armado del camellón. Obsérvese la ubicación de estacas y tensado de hilos que permiten mantener la línea y la altura del camellón.

**b. Colocación de cinta de goteo:** se instala una línea de goteo sobre el lomo con cinta con goteros distribuidos cada 10 cm (200 micrones) y una erogación de aproximadamente 1 litro de agua por hora. La cinta de goteo, debe disponerse en la línea central imaginaria del camellón. En el caso del cultivo de frutillas es recomendable disponer de dos cintas, de tal forma que queden a 15 cm del borde del camellón (Foto 6). Debe tenerse especial atención al instalarse los laterales de goteo ya que luego de colocarse la cobertura plástica (mulch), se hace difícil su corrección.

Posteriormente en uno de los extremos, la cinta de goteo se articulará por medio de un conector a la línea principal de distribución de agua. En el extremo opuesto se realizara un dobléz y se cerrara la misma con un aro realizado con un pequeño tramo de la misma cinta. Luego desde este mismo dobléz se pasa una faja elaborada con cámara de auto, bicicleta u otro material flexible y se ata a una estaca previamente clavada en el extremo opuesto. La faja de cámara permite que la cinta recupere su posición luego de dilatarse con el calor.

Una vez instalado el sistema de riego es muy importante dar una irrigación profunda (si se va a plantar en el momento) permitiendo que el suelo se acomode, y de ser necesario rellenar en los lugares que lo requiera. Recién luego de esta operación, se procede a colocar el mulch (Foto 7)



Foto 6: Distribución de las cintas de goteo



Foto 7: Mulch colocado, la cinta de riego queda por debajo.

**c. Colocación de Mulching (Foto 8a y 8b):** el mulching es una práctica ampliamente difundida y presenta amplias ventajas respecto de un suelo descubierto. Entre algunas podemos mencionar su acción protectora ya que evita el desarrollo de las malezas, conserva la humedad del suelo (evita la evapotranspiración), ayuda a mantener la temperatura del suelo acumulada durante el día y evita que los frutos tomen contacto con el suelo resguardándolos de tierra, humedad y enfermedades. La frutilla es un fruto para consumir sin previo lavado, con las ventajas que proporciona el uso de la técnica del mulch se obtiene producto limpio y de mejor calidad.

El mulch debe colocarse cuando las condiciones de temperatura son buenas, de esta manera se logrará dar una adecuada tensión, de otro modo es muy común que cuando aumente la temperatura por la energía del sol se dilata y las perforaciones donde se ubican los plantines se corren y tapan la plántula que puede llegar a morir por no tener acceso a la luz solar.

El mulch, debe enterrarse en uno de los extremos, para lo cual hay que hacer una zanja de unos 35 cm y un ancho levemente superior al del camellón, colocar el plástico con un sobrante de manera tal que luego de colocar dos o tres paladas de tierra permita doblarse sobre la tierra, para luego terminar de apisonar. Esta acción logrará una firmeza tal, que permitirá tensar desde el extremo opuesto. Cuando se tense, debe observarse en el plástico las líneas que se forman, que deben ser

paralelas entre sí y en la misma línea del camellón, de esta manera se evita que la cobertura quede cruzada sobre el lomo.



(a)



(b)

Foto 8: Tensión del mulch

## 2- Plantación

Sobre el mulch de protección se dispondrá un hilo para lograr rectitud como guía sobre la que se realizarán las marcas de plantación. Para el cultivo de frutillas, las marcas deben quedar en un esquema a tresbolillos con una distancia de 40 cm. entre plantas y 30 cm. entre hileras (Foto 9). Sobre estas marcas se hará una perforación con un lápiz de manera quede listo para la colocación del plantín. Una manera práctica es marcar uno de los laterales y luego tomarlo de referencia para las marcas de la segunda hilera.

La calidad del plantin es muy importante, ya que de ello depende la calidad de la futura planta, los frutos y el rendimiento de las tres temporadas. Los plantines son de buena calidad si son uniformes y tienen un diámetro de corona aprox. de 10 mm.

Es importante que previo al trasplante los plantines sean inmersos en una solución con fungicida como tratamiento preventivo de enfermedades. El trasplante consiste en apoyar el plantin sobre el camellón en cada una de las marcas (Foto 9) y luego se lo acompaña con el plantador hasta sentir que la corona se encuentra levemente por debajo del nivel del suelo (Foto 10).

Es importante que por ningún motivo se los exponga al sol, ni sus raíces sean recortadas, aún cuando parezcan largas.



Foto 9: Posición inicial de la escuadra, plantín y el esquema tresbolillos.



Foto 10: Observar la posición y el acompañamiento que hace la escuadra al plantín.

### 3- Armado de la estructura

#### Materiales mínimos para la construcción del micro túnel

- Hierro de construcción de 12 mm y 10 mm
- Polietileno de 2 o 2,20 m de ancho x 150 micrones LDT
- Alambre plástico de 2 mm
- Alambre galvanizado recosido N 14
- Estacas de madera
- Cinta de goteo de descarte o material para recubrir los hierros

**a. Preparación de arcos para el micro-túnel:** Cortar los hierros a 2.40 m, dado que las barras de de hierro son de 12 m. de largo, y así es posible obtener 5 tramos de 2,4 m. De esta forma se aprovecha al máximo los materiales.

Posteriormente se debe enfundar los hierros con cinta de goteo usada (Foto 11). El hierro de construcción es un material que presenta rugosidad y puede dañar el material de cobertura, por ello es necesario recubrirlo con algún material como por ejemplo cinta de goteo de rezago, la cual debe ser colocada previamente al doblado de los hierros.

Para un túnel se requiere dos tipos de hierro: los de 12 mm, para armar los arcos de los dos extremos y los hierros de 10 mm para los arcos internos.



Foto 11: Enfundado del hierro

**b. Armado del arco:** El procedimiento consiste en colocar cada barra forrada en el suelo, pararse con los dos pies en el centro de la misma y por último se toma un lateral primero y luego el segundo (Foto 12 y 13), se levanta el cuerpo y se cruzan los brazos, primero hacia un lado y luego hacia el otro.



Foto 12: Posición del cuerpo para realizar el doblado del hierro



Foto 13: Arco doblado

**c. Ojales:** utilizando el alambre galvanizado blando se hace un ojal que se colocará a 20 cm. de cada extremo del arco. Este permitirá posteriormente pasar el alambre plástico para la sujeción del plástico de la cobertura. El ojal, debe ser de no más de 1 cm. de diámetro y tiene que quedar paralelo a la línea del arco a 10 cm de

cada punta (Foto 14), esto permitirá que al ser enterrado quede a ras del suelo (Foto 15).



Foto 14: Ojal de alambre



Foto 15: Profundidad a la que queda el ojal

#### ***d. Ensamble de la estructura del microtúnel***

##### **1. Clavado de los arcos**

Lo primero que se debe hacer para iniciar el ensamble de la estructura, es colocar los dos arcos de los extremos realizados con el hierro de 12 mm. Luego se distribuyen los arcos intermedios distanciados a 2,10 m. Es necesario recordar que los arcos de los extremos permitirán darle la altura correcta a los centrales, aunque también podemos utilizar como guía un hilo superior (Foto 16).

Para realizar el clavado se toma el arco con las manos de las dos “patas”, se lo presenta suavemente en su posición. Luego uno debe apoyarse y realizar la fuerza sin deformar el arco hasta que los ojales de alambre queden a nivel del suelo y las puntas del arco clavadas a cada lado del camellón, prestar mucho cuidado con no romper más de lo necesario el mulch (Foto 17).



Foto 16: Clavado de los arcos.



Foto 17: Posición del alambre plástico del extremo.

## 2. Colocación de la cobertura plástica

Clavar en ambos extremos del microtúnel una estaca de 60 cm. con un orificio en la parte superior que permita pasar una doble hebra de alambre plástico. La estaca debe quedar aproximadamente a una distancia de 1,2 m. de los arcos de los extremos.

Realizar un ojal inicial utilizando alambre plástico de 2 mm. Se debe tomar el polietileno desde ambos laterales y se lleva hacia el centro y luego se realiza la atadura dejando el ojal formado por el mismo plástico (Foto 18). Por ese ojal y por la estaca pasara el alambre plástico (Foto 19) formando un aro grande de unos 50 cm. Luego se hace una atadura sencilla para realizar un reajuste posterior.



Foto 18: Ojal de polietileno



Foto 19: Atadura inicial del polietileno a la estaca

Extender el rollo de polietileno desde el extremo fijo hacia el otro extremo. Para facilitar la tarea del tendido colocarle al rollo de polietileno un eje de un largo que nos permita caminar a ambos lados del camellón (Foto 20). Luego se levanta el rollo y se extiende desde el extremo fijo hacia el otro extremo. La línea central del polietileno debe mantenerse en el centro de los arcos (Foto 21).



Foto 20: Extendido del rollo de polietileno



Foto 21: Posición del polietileno sobre los arcos

Cortar el polietileno dejando un sobrante de 1 m. aproximadamente, estirar a mano y formar el mismo ojal y el aro del alambre plástico que se hizo en el otro extremo.

Para el estirado final se ajustan los aros de alambre plástico de ambos extremos hasta lograr una tensión adecuada del polietileno (Foto 22). Una vez estirado se puede observar que el polietileno no se “pancea” entre los arcos.

Se utiliza los ojales de alambre colocados en la base de cada arco para realizar las ataduras finales. En cada uno de los arcos se pondrá una hebra de alambre plástico que pasará primero por uno de los ojales y luego por el ojal del lado opuesto (Foto 23), se debe ejercer una pequeña tensión para ajustar en cada punto a lo largo del microtúnel.



Foto 22: Ajuste final del polietileno



Foto 23: Alambre plástico para ajuste en cada arco

**Importante:** el polietileno debe colocarse preferentemente en un día de temperatura alta y en lo posible sin viento para lograr una adecuada tensión.

**2.1 Ventilación:** En este sistema de cobertura es muy importante para evitar el desarrollo de las enfermedades fúngicas (hongos) y excesos de temperatura. Por otro lado debe considerarse que ventilar en exceso es perjudicial, porque provoca la brusca disminución de las temperaturas en el interior. La ventilación puede ser completa: se abren totalmente los dos laterales (Foto 24); o parcial: se abre solo un lateral del microtúnel y puede ser usada en los días de viento (Foto 25). En los casos de tener que ventilar los días de viento se debe abrir el lateral opuesto a las corrientes.



Foto 24: ventilación completa



Foto 25: ventilación parcial

## POSIBLES CULTIVOS EN MICROTUNELES

Como ya se mencionó, en las estructuras de microtúneles es posible el desarrollo de la mayoría de las producciones hortícolas de hoja. Como el curso está diseñado sobre la base del cultivo de frutilla, podemos afirmar entonces que es posible la producción de excelentes frutos de frutilla.



Tipos de cultivo a realizar en microtúneles: a) Frutillas para consumo en fresco, b) Plantines de frutillas para enviar a los centros de producción del norte del país, c) Hortalizas de hoja.

## COSTOS GENERALES

### Costo de la estructuras de microtúneles para distintas longitudes

Concepto	\$ Unidad de Mercado	\$ Unitario	Túnel 10 m	Túnel 20 m	Túnel 30 m
hierros del 10 intermedios	\$ 19,90	\$ 3,98	\$ 15,92	\$ 35,82	\$ 55,72
hierros del 12 para extremos	\$ 29,20	\$ 5,84	\$ 11,68	\$ 11,68	\$ 11,68
Funda hierro (cinta de goteo usada)	\$ 0,50	\$ 0,50	\$ 3,00	\$ 5,50	\$ 8,00
Poliétileno x 2,20 x 150 x 100	\$ 286,77	\$ 2,87	\$ 34,41	\$ 63,09	\$ 91,77
Alambre plástico 2mm x 1000	\$ 240,00	\$ 0,24	\$ 9,60	\$ 19,20	\$ 28,80
Alambre 17/15mr para ojal	\$ 251,20	\$ 0,25	\$ 0,50	\$ 1,00	\$ 1,51
Estacas de fijación de polietileno	\$ 2,00	\$ 2,00	\$ 4,00	\$ 4,00	\$ 4,00
Mano de Obra (Valor del Jornal)	\$ 35,00	\$ 35,00	\$ 8,75	\$ 17,50	\$ 26,25
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 87,86</b>	<b>\$157,79</b>	<b>\$ 227,72</b>
		Costo / m	<b>\$ 8,79</b>	<b>\$ 7,89</b>	<b>\$ 7,59</b>

	Costo / metro	Costo Total	Costo por m <sup>2</sup> cubierto
<b>Túnel 10 m</b>	\$ 8,79	\$ 87,86	\$ 9,76
<b>Túnel 20 m</b>	\$ 7,89	\$157,79	\$ 8,77
<b>Túnel 30 m</b>	\$ 7,59	\$ 227,72	\$ 8,43

Como se puede observar, el costo por metro cuadrado cubierto disminuye a medida que aumenta la longitud del microtúnel. Existen elementos como: las estacas, la fijación del polietileno y los conectores iniciales del sistema de riego, que son los mismos independientemente del diseño de una estructura de 10, 20 o 30 metros de estructura.

Otra ventaja que presenta el microtúnel al compararlo con un invernadero es la facilidad con la que puede ser construido y la flexibilidad de poder ser desarmado al final de la temporada, en los casos que se desarrolla hortalizas de hoja.

Es importante que se tome en cuenta que estos diseños son sistemas económicos y como tal tienen sus desventajas asociadas. Requieren mayor mano de obra para su funcionamiento al compararlo con un invernadero (hay que manejar la ventilación todos los días si la temperatura supera la requerida por el cultivo), los operarios deben trabajar a la intemperie (por las condiciones de nuestro clima, es un factor importante a considerar a la hora de tomar la decisión) y además la longitud del microtúnel no puede ser mayor a los 30 metros, ya que a longitudes superiores se corre el riesgo de ser afectados seriamente por los vientos.