

**Cultivo  
del champiñón,  
la trufa  
y otros hongos**

Erik López Contini

**AEDOS**

el champiñón,  
generalidades

1

## LOS HONGOS

Los hongos son organismos eucariotas, es decir que sus células poseen un núcleo diferenciado en el que se localiza el material genético. En este sentido están al lado de los animales, plantas y protistas (seres nucleados unicelulares como el Paramecio) y claramente diferenciados de bacterias y cianobacterias (también llamadas algas verde-azuladas) cuyo genoma consiste en un solo cromosoma en forma de anillo localizado en el citoplasma.

Los hongos carecen del grado de organización de las plantas verdes y no poseen los órganos típicos de las mismas: raíz, tallo y hojas. Por contra, los hongos están formados por filamentos de células, tabicadas o no, llamadas hifas que se reúnen en fascículos más o menos gruesos: el micelio. Este micelio se extiende por el sustrato adecuado en busca de los nutrientes que necesita para su desarrollo. Las mismas hifas que forman el micelio, constituyen el cuerpo fructífero o carpóforo que es lo que vulgarmente se llama champiñón o seta. En este carpóforo se desarrollan las esporas capaces de propagar el hongo.

El otro factor que distingue a los hongos de las plantas verdes es la ausencia de clorofila, lo cual los convierte en heterótrofos que necesitan absorber la materia orgánica del exterior. Por la misma razón pueden crecer en ausencia de luz, aunque ciertas especies, como el *Pleurotus*, parecen agradecer la luz durante el crecimiento del cuerpo fructífero.

Los hongos absorben hidratos de carbono, proteínas y lípidos de la materia orgánica viva o muerta. Debido a esta característica, los hongos se pueden dividir en: saprófitos que se alimentan de materia orgánica muerta, como madera o estiércol, parásitos que atacan organismos vivos y finalmente simbioses que se asocian con otro organismo para su mutuo beneficio. Un ejemplo es el nízcalo o robellón que vive en los bosques de

coníferas formando un tejido apretado alrededor de las raíces del árbol, la micorriza, y penetra en la corteza favoreciendo el intercambio de sustancias entre el hongo y el árbol. El *Agaricus bisporus*, vulgarmente champiñón, que es el principal objeto de este libro, es un saprófito que se alimenta de materia vegetal muerta, como el estiércol.

## MULTIPLICACIÓN DE LOS HONGOS

Los hongos se reproducen por medio de esporas de las cuales un solo carpóforo es capaz de producir millones. Estas esporas se dispersan por medio de corrientes de aire, agua, o transportadas por animales.

Existe, en los hongos Ficomicetos, un tipo especial de esporas, las zoosporas, dotadas de cilios móviles que les permiten el desplazamiento en medio acuoso.

En general, las esporas se dividen en tres tipos:

### *Esporas asexuadas*

Son características de la mayoría de los hongos, incluso de aquéllos que forman esporas sexuadas. Los órganos donde se forman varían hasta el infinito en su forma y su color, al igual que las esporas, lo cual facilita el reconocimiento y clasificación de los hongos. Estas esporas asexuadas, llamadas conidias, se forman en el exterior de unas hifas especializadas, los conidióforos, o dentro de un órgano llamado esporangio, llamándose entonces esporangiosporas. Las esporas asexuadas se pueden asimilar a la propagación vegetativa de las plantas verdes en la cual no se consiguen individuos diferentes sino copias cuyas características genéticas son idénticas a las del parental.

### *Esporas sexuadas*

No se han observado en todos los hongos, lo cual no implica que no las posean. Son el resultado de un fenómeno de sexualidad que consiste en que dos hifas, de dos individuos diferentes o del mismo, se fusionan intercambiando material genético en lo que se llama anastomosis. Con ello se consiguen descendientes con características genéticas diferentes. En general, estas esporas sexuadas se forman en un carpóforo o cuerpo fructífero, que lleva unos órganos especiales formadores de esporas: basidios en los Basidiomicetos y ascas en los Ascomicetos. En el champiñón los basidios forman el himenio, una fina membrana que recubre unas laminillas radiales bajo el sombrero. Estas esporas también sirven para clasificar y reconocer los hongos de acuerdo con su forma y color.

### *Esporas de resistencia*

Este tipo de esporas, llamadas clamidosporas, no sirven para clasificar hongos, ya que su aspecto puede ser muy similar en diferentes especies. Se forman por el enquistamiento de una célula del micelio que se recubre con una espesa pared de color oscuro. Esta pared les permite resistir cambios de temperatura, humedad, Ph, e incluso a productos que son tóxicos para las células normales. Las esporas de resistencia se pueden dispersar por el aire a grandes distancias y germinan al caer en un sustrato adecuado.

Muchos hongos superiores, entre ellos *A. bisporus*, forman en ciertas condiciones esporas asexuadas, poco características, de forma redonda u oval y que aparecen a lo largo de las hifas o en su extremo. En el champiñón se encuentran aisladas pero suelen formar cadenas o "collares de cuentas" en otros hongos.

## CLASIFICACIÓN DE LOS HONGOS

La clasificación de los hongos es una tarea ardua y difícil, en la que no todos los autores se ponen de acuerdo. Ya dijimos anteriormente que se desconoce la forma sexual de muchos hongos, por lo cual se les incluye en el grupo de los hongos imperfectos.

### Ficomicetos

Hongos de hifas no tabicadas entre las células. Poseen esporangios con esporas asexuadas. Se reproducen por oosporas o zigosporas.

### Ascomicetos

Hongos de hifas tabicadas. Las esporas sexuales se localizan en unos órganos llamados ascas que se forman a menudo en un carpóforo. Las esporas asexuadas o conidias se forman en el exterior de los conidióforos. Las condiciones de temperatura, humedad y nutrición son responsables de la forma sexual o asexual.

### Basidiomicetos

Producen esporas sexuales, cuatro en general, en los basidios. Estos son órganos en forma de maza que, agrupados, forman el himenio. El himenio tapiza las laminillas del carpóforo, del que existen múltiples formas. El *A. bisporus* es un basidiomiceto aunque tiene la particularidad de producir solamente dos esporas por basidio.

## Hongos imperfectos

Se denominan imperfectos por desconocerse su forma sexual. Sólo se han observado esporas asexuadas o conidias. Un gran número de hongos parásitos o competidores en los cultivos de champiñón, pertenecen a esta clase: por ejemplo las moles seca y húmeda.

## EL CHAMPIÑÓN AGARICUS BISPORUS

El *Agaricus bisporus*, también llamado champiñón de París o simplemente champiñón, pertenece al grupo de los basidiomicetos cuyas características se definieron anteriormente. En general se distinguen dos variedades: *Albidus*, de color blanco, y *avellaneus*, crema o pardo más o menos oscuro. El nombre de *bisporus* le viene de que cada basidio forma solamente dos esporas cuando el número normal entre los basidiomicetos es de cuatro. Una especie afín, *Agaricus bitorquis* tiene el número normal de esporas por basidio. En el cuerpo fructífero los basidios forman el himenio que recubre las laminillas. Éstas son blancas al principio, pasando luego a rosadas y finalmente a pardas cuando las esporas han madurado.

La parte de interés comercial es el cuerpo fructífero formado por el pie y el sombrero mientras el micelio o blanco vegeta en el sustrato. El micelio debe su color blanco a dos fenómenos diferentes. Por un lado, entre las hebras de micelio quedan atrapadas burbujas de gases de tamaño microscópico que, al reflejar la luz, producen el tono blanquecino (de forma parecida a lo que ocurre en el hielo). Por otro lado, los filamentos del micelio están recubiertos de cristales de oxalato cálcico en forma de agujas. Estos cristales son el resultado de la exudación de

ácido oxálico por el micelio, ácido que se combina con el calcio presente en el sustrato formado por los cristales.

La formación de carpóforos se inicia por una pequeña bola o grano que se forma al final de un cordón de micelio. Estos granos dan lugar al champiñón que crece primero en altura con el sombrero cerrado, de forma que cuando se abra y se liberen las esporas, éstas puedan ser transportadas por el aire.

En la mayoría de los países consumidores se recolecta antes de la apertura del sombrero. Al final de su desarrollo el pie es largo y el sombrero totalmente abierto y aplanado.

## REPRODUCCIÓN

*A. bisporus* se reproduce por medio de esporas que se producen por millones en el himenio y se desprenden al madurar en un proceso que dura pocos días. Como corresponde a su enorme número, el porcentaje de germinación de las esporas es muy bajo, incluso si caen sobre el sustrato adecuado. Se ha conseguido aumentar este porcentaje efectuando la siembra sobre un medio en el cual se había desarrollado previamente el champiñón, por lo que es posible que el micelio libere factores de crecimiento desconocidos por el momento.

Cuando la espora cae sobre un medio adecuado y germina, desarrolla en primer lugar un filamento denominado tubo germinativo que se alarga y ramifica dando el micelio. Si las condiciones son adecuadas se formarán los cuerpos fructíferos.

Para obtener nuevas variedades comerciales, normalmente se utilizan cultivos provenientes de una sola espora. Para ello es preciso utilizar rigurosos métodos microbiológicos para evitar la contaminación. Los micelios se someten a ensayos para verificar su productividad, seleccionándose los mejores.

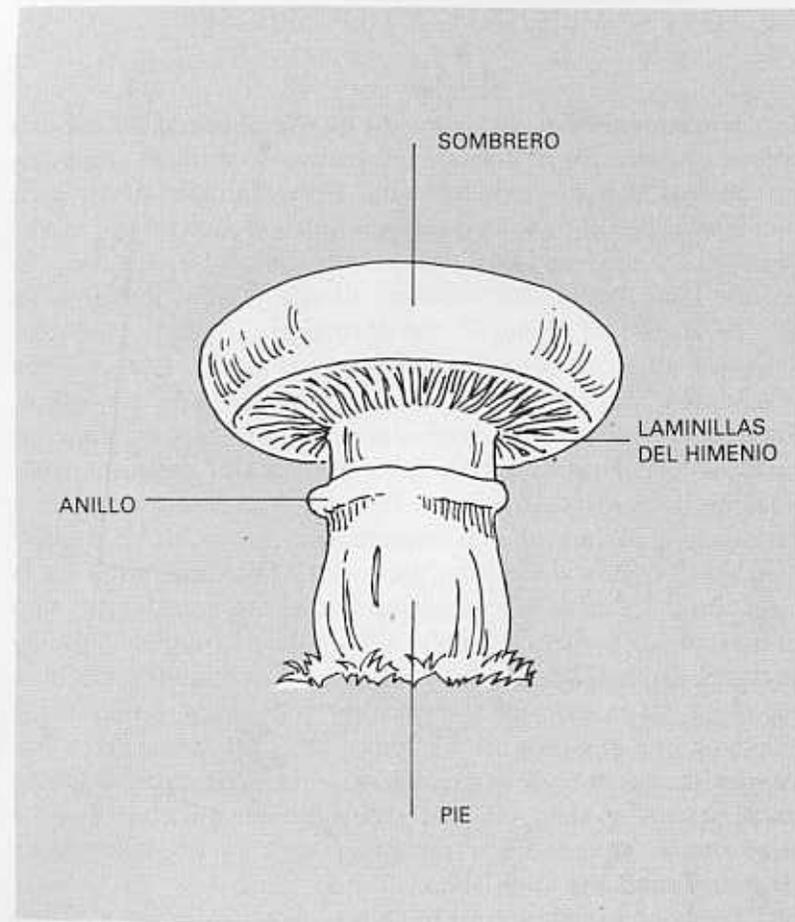


Figura 1.1 Carpóforo de *Agaricus bisporus*, mostrando sus diferentes partes.

## FACTORES AMBIENTALES Y NUTRICIÓN

El champiñón es un saprófito que se alimenta de materia vegetal muerta. En la práctica del cultivo se utilizan composts de estiércol con diversos aditivos. Estos aditivos sirven para aumentar la concentración en ciertos nutrientes o corregir el Ph. También se han ensayado sustratos totalmente artificiales, de los que hablaremos más adelante. El champiñón, debido a su falta de clorofila, no puede transformar el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en azúcares, como hacen las plantas verdes, y los absorbe el compost. Otro nutriente muy importante es el nitrógeno, constituyente de muchas moléculas orgánicas. El champiñón no puede absorber nitratos y las sales amoniacales producen toxicidad en bajas concentraciones. Por ello, una forma empírica y tradicional de comprobar la fermentación del estiércol, era oler si había desaparecido el olor amoniacal. Sólo son útiles en la nutrición del champiñón los compuestos nitrogenados del tipo aminoácido o proteína, combinados con el complejo húmico que tiene la capacidad de facilitar su asimilación por las células de la hifa. La formación de este complejo húmico es uno de los objetivos que se persiguen al fermentar el estiércol. Estos nutrientes se agotan en el sustrato por lo que la primera oleada de champiñones es siempre la más importante, mientras que las otras van menguando por el agotamiento de los hidratos de carbono fácilmente asimilables.

También es importante el calcio que neutraliza el ácido oxálico producido por el hongo. Si llegase a faltar el calcio la acidez del suelo se haría insostenible. El micelio también libera al medio alcohol etílico, acetato de etilo, etileno y otras sustancias que contribuyen al olor característico de las champiñoneras.

En cuanto al oxígeno, el hongo respira y necesita una ventilación suficiente que sirve, además, para remover el dióxido de carbono que resulta de la respiración. En efecto, el hongo vege-

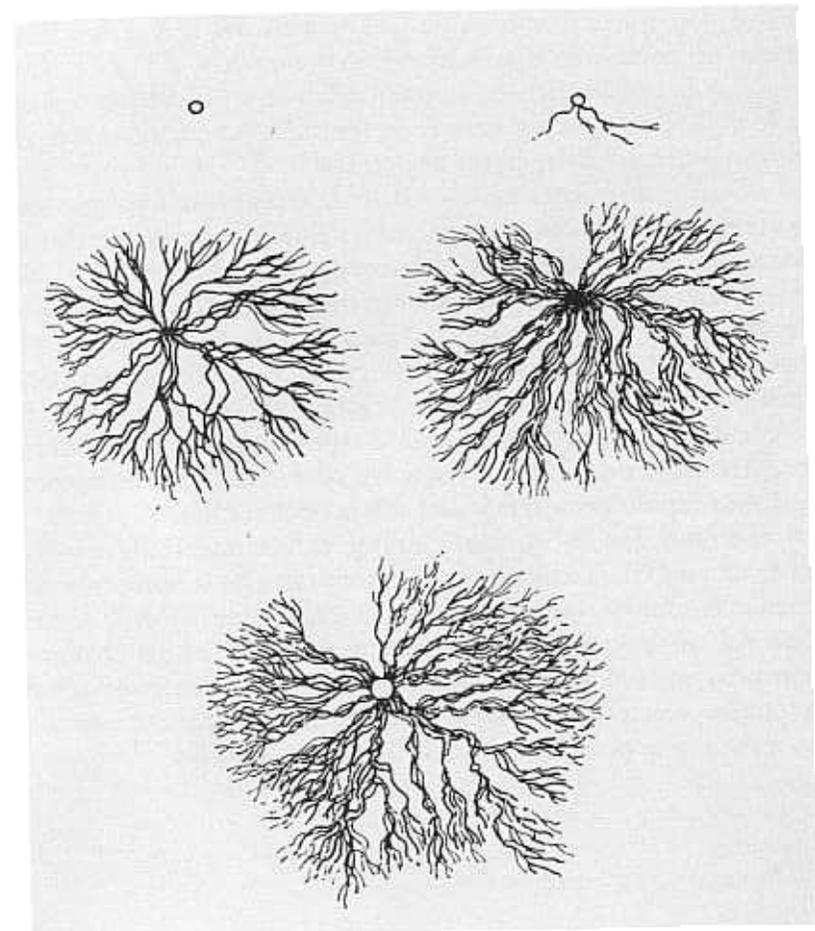


Figura 1.2 Germinación y desarrollo de la spora. Formación del grano

ta mal con concentraciones de  $\text{CO}_2$  superiores al 2-3 % y los granos se forman con concentraciones menores al 0,2 %. De aquí que la ventilación sea un tema delicado en el cultivo, sobre todo en los cultivos intensivos en los cuales se intenta sacar el mayor provecho del espacio disponible.

Otro factor importante es el de la temperatura ya que los mejores rendimientos se consiguen dentro de unos márgenes estrechos. Se considera que el intervalo entre 22 °C y 27 °C es el más adecuado para el crecimiento del micelio, con un óptimo de 25 °C. Si la temperatura supera los 35 °C se detiene el desarrollo. Para el desarrollo del grano y el crecimiento del champiñón, el intervalo favorable está entre 10 °C y 20 °C y parece depender, en primer lugar, de que las demás condiciones sean las requeridas. Si éstas son las adecuadas, el crecimiento será más rápido cuanto más alta sea la temperatura.

La humedad del sustrato durante el crecimiento debe estar entre 62 y 68 %. Tiene una gran importancia en la obtención de buenos rendimientos ya que influye directamente sobre la aireación del compost y la mayor parte de la humedad del champiñón proviene del agua que está en el sustrato. Si es insuficiente se puede parar el desarrollo y perderse la cosecha, y en caso de ser excesiva se puede producir la asfixia del micelio.

el sustrato,  
su función  
y preparación

2

En este capítulo abordamos el tema del sustrato o compost que en el cultivo del champiñón desempeña las funciones de sostén y nutrición. El micelio coloniza el sustrato en busca de las sustancias nutritivas, al igual que las raíces de las plantas en la tierra. La gran diferencia con las plantas verdes es la necesidad que tiene el champiñón de obtener la materia orgánica del sustrato; mientras que las plantas la fabrican a partir del anhídrido carbónico de la atmósfera y energía fotoquímica obtenida en la fotosíntesis. Por ello, en el caso del champiñón, el sustrato debe aportar la materia orgánica en forma asimilable así como los minerales necesarios.

Tradicionalmente, el sustrato utilizado en el cultivo del champiñón ha sido el estiércol de caballo. Este material estaba disponible en grandes cantidades por la utilización de equinos en la agricultura y los transportes, pero la creciente mecanización de ambas actividades ha hecho bajar de forma drástica las disponibilidades. Debido a esto, en nuestros días no suele ser fácil obtener un suministro suficiente de estiércol; principalmente en aquellas épocas del año en las que los caballos permanecen más tiempo en el exterior. Esta escasez de estiércol ha llevado a la obtención de composts artificiales o al uso de sistemas mixtos que emplean un cierto porcentaje de estiércol de caballo mezclado con paja y aditivos. Hablaremos aquí de la forma de obtener ambas formas de sustrato y de diferentes fórmulas adecuadas a la explotación moderna.

## LAS FUNCIONES DEL SUSTRATO

Tal como apuntamos anteriormente, el compost cumple con las funciones de sustrato sobre el que se desarrolla el hongo y de aporte de los nutrientes que necesita para su crecimiento.

Para cumplir su función de sostén, el compost debe tener una estructura que es proporcionada por la paja asociada al complejo lignico-húmico de cualidades aglutinantes. Esto permite la obtención de un material sobre el que se desarrolla el micelio del hongo en busca de los nutrientes.

Los principales elementos que debe encontrar el champiñón en el sustrato, son aquellos que constituyen la materia orgánica y en forma que sean asimilables. Como fuentes de carbono, en el estiércol encontramos la celulosa y la lignina, que son difícilmente asimilables, y azúcares más sencillos y fáciles de asimilar por parte de los microorganismos de la fermentación. En consecuencia, durante el proceso de obtención del compost desaparecen, en gran cantidad, los azúcares sencillos.

En el compost acabado casi todos los hidratos de carbono están en forma de celulosa y lignina del complejo lignico-húmico. Con ello el medio resultante es selectivo para el cultivo del champiñón que es capaz de degradar los hidratos de carbono complejos de la materia vegetal; mientras que muchos de sus posibles competidores sólo pueden utilizar azúcares sencillos.

En cuanto al nitrógeno, al principio se encuentra en gran parte en forma amoniacal, altamente tóxica para el champiñón. Al final de la fermentación está en forma de aminoácidos y péptidos de diversa complejidad, que también aportan azufre en el caso de los aminoácidos azufrados.

Muchos otros nutrientes se absorben disueltos en el agua que constituye la mayor parte del compost en el momento de la siembra (72 %) y pasa a formar parte del hongo.

También es necesario un aporte suficiente de oxígeno para la respiración. Esta presencia de oxígeno es necesaria tanto durante la fermentación como durante el cultivo, debiéndose asegurar una correcta ventilación y al mismo tiempo evitar las temperaturas perjudiciales que, por exceso o por defecto, pudieran comprometer el desarrollo del cultivo.

## OBTENCIÓN DE COMPOST A PARTIR DE ESTIÉRCOL DE CABALLO

En general, cuando las disponibilidades de estiércol son suficientes, se utiliza éste para la elaboración del compost, siendo el más adecuado aquel que se obtiene de picaderos o cuadras de caballos de carreras. Este estiércol tiene la ventaja de ser más pobre en excrementos, ya que se les cambia la paja más a menudo. Lo ideal es un estiércol con un 70 % de paja impregnada de orina y un 30 % de excremento o boñiga. Sin embargo, las partidas de estiércol no son homogéneas, ni siquiera aquellas que provienen del mismo lugar, ya que, a lo largo del año, la calidad de la paja es variable y no es igual el tiempo que pasan los caballos en la cuadra. También hay variaciones en la propia composición del excremento según la alimentación del animal.

Se considera que el estiércol ideal es el que contiene paja de trigo o centeno, que se empapan menos que la cebada o avena. Interesa que este estiércol sea lo más fresco posible y en cualquier caso que no haya sufrido la fermentación seca.

En cuanto a las cantidades necesarias, dependen mucho del estado y la composición de la materia prima utilizada. Como aproximación práctica podemos decir que a partir de una tonelada de estiércol fresco de caballo (55 a 75 % de humedad) se pueden obtener entre 1,2 y 1,5 toneladas de compost (72 % de humedad) en el momento del llenado de la sala de cultivo. Se debe tener en cuenta que durante la fermentación se producen importantes pérdidas de materia seca y humedad debido a la actividad metabólica de los microorganismos implicados. Por ello resulta de importancia capital, cuando se inicia el proceso de compostaje, tener en cuenta estas pérdidas que se producen, de forma que se proporcione al cultivo una cantidad de materia seca/m<sup>2</sup> adecuada. En efecto, la cantidad de MS/m<sup>2</sup> parece ser uno de los factores decisivos en el rendimiento teórico. En

general, las mejores explotaciones consiguen rendimientos cercanos a los 0,8 kg/kg de MS, en el momento del llenado de la sala de cultivo. Ésta es una de las razones por las cuales, en muchas explotaciones, la pasteurización se lleva a cabo en una sala aparte, con lo cual la pérdida de materia seca tiene lugar en la sala de pasteurización y en la de cultivo se puede aumentar la cantidad de materia seca por metro cuadrado.

## SUPLEMENTOS

Si bien el estiércol proporciona la mayor parte de los nutrientes necesarios, en la práctica se le añaden una serie de productos que mejoran su composición. En particular, el estiércol, es pobre en nitrógeno.

Principalmente cuando el estiércol es pobre en boñiga, la cantidad de nitrógeno resulta insuficiente. El suplemento nitrogenado más utilizado es la gallinaza, que se puede sustituir por bagazo de cervecera o turtós de semillas como el algodón. El nitrógeno se aporta también en forma de urea o de sulfato amónico, en cuyo caso se añade también carbonato de calcio para neutralizar el ácido sulfúrico que se produce. Una fórmula que da buenos resultados es aquella en la que se añaden 100 kg de yeso por tonelada de estiércol de caballo, rico en paja. El compost debe tener, en el momento de su utilización, entre un 1,8 y un 2 % de nitrógeno, con un contenido de amoníaco no superior al 0,2 %. Un factor a tener en cuenta al añadir el nitrógeno, es que éste aumenta la capacidad de fermentación y por ello se deben aportar más hidratos de carbono que servirán de alimento a los microorganismos de la fermentación. Estos hidratos de carbono se pueden aportar en forma de pulpa de remolacha, semillas de algodón, etc...

El yeso que se añade con la gallinaza, tiene como misión bajar el Ph o acidez y mejorar la estructura. Por otra parte, aporta calcio que neutraliza el ácido oxálico, secretado por el micelio, formando un precipitado de cristales de oxalato cálcico.

En cuanto al fósforo y al potasio, se encuentran en cantidad suficiente en la materia prima, por lo cual no es necesario añadir compuestos que los contengan. Tampoco parece que el aporte de soluciones de oligoelementos aumente el rendimiento.

## COMPOSTAJE

Aunque la forma de realizar el compostaje, así como la duración del proceso, no son constantes según la composición de la materia prima o la época del año, vamos a describir aquí las condiciones generales que se deben cumplir en la obtención.

En primer lugar, es necesario disponer de un local cubierto, de techo lo suficientemente alto como para permitir la ventilación, y que se pueda cerrar para aislarlo de las condiciones exteriores. En este local, donde se formarán los cordones de estiércol, se necesita una superficie proporcional al tonelaje que se desee manejar. Para hacernos una idea, podemos decir que se necesita un metro lineal por tonelada de estiércol, debiéndose reservar un espacio suficiente en los extremos para permitir el paso de carretillas o maquinaria en su caso. En este local el suelo más adecuado es el hormigón, fácilmente lavable mediante agua a presión. Deberá tener una ligera inclinación que permita la esorrentía del agua sobrante del montón. Este agua se recoge en una fosa y se vuelve a regar con ella el compost para recuperar los nutrientes disueltos.

El estiércol debe reunir las condiciones ya citadas de ser fresco y de la mejor calidad posible. Una vez recibido el estiér-

col se forma con él un montón compacto de aproximadamente un metro de altura y  $1,5 \times 1,5$  m de base, con ayuda de marcos de madera que se van elevando a medida que crece el montón. Durante la formación se apisona y riega cada capa, añadiendo 100 kg de gallinaza por tonelada y 50 kg de bagazo de cervecera o harina de semillas de algodón, repartidos uniformemente. También se añade agua, en una cantidad que depende de la humedad del estiércol (35-65 %) y que resulta estar entre 600 y 1000 l/tm. El agua que se escurre se vuelve a utilizar en el riego del montón hasta que la paja reblandecida absorba el agua deseada.

Si el estiércol no contiene suficiente nitrógeno, se puede agregar urea al agua empleada, a razón de 2-3 kg/tm. Esta fase de humidificación dura entre uno y dos días, durante los cuales se debe regar el montón a intervalos regulares y comprimirlo. Si se realiza adecuadamente, ya no será preciso añadir agua más que en pequeñas cantidades.

Tras 4 ó 5 días, este montón compacto se deshace, mezclando cuidadosamente las capas y desmenuzando los agregados. También se riega si es necesario. Con este material se forman los cordones de 1,80 m de altura por 1,80 m de ancho y la longitud de la cual se disponga. En verano puede ser necesario hacer los cordones más pequeños para mejorar la ventilación de la parte interior del montón.

En 24 horas la temperatura debe elevarse a 65-75 °C en el interior de los cordones. Si esto no ocurre, quiere decir que las bacterias no se desarrollan adecuadamente por falta de nitrógeno o de hidratos de carbono fácilmente asimilables. Sin embargo, éste no debe ser el caso si hemos añadido gallinaza y pulpa de remolacha o de semillas de algodón, ricas en nitrógeno e hidratos de carbono sencillos. Otros posibles motivos de no subir la temperatura son el viento y las corrientes, estiércol viejo, demasiado o insuficientemente apretado, demasiada o insuficiente humedad. Las bacterias atacan la pared celular de la

paja y la vuelven porosa, con lo cual ésta absorbe agua. Por otra parte, las altas temperaturas que se alcanzan en el interior del cordón, impiden el desarrollo de diversos parásitos que, como arañas, nemátodos y hongos competidores, infestarían el compost en formación.

Al tratarse de un proceso aerobio y debido a la diferente distribución de la humedad en el cordón, es necesario removerlo cada 3-4 días y volverlo a formar intercambiando las diferentes capas. En esta primera vuelta se añaden de 20 a 25 kg/tm de yeso, que se reparte sobre la superficie del cordón de forma que se distribuya uniformemente al remover las capas. La manera más adecuada de reformar los cordones hace que las capas más internas intercambien su posición con las externas. Se riegan con agua las partes más secas y se pulveriza insecticida por todo el exterior del cordón. Ya dijimos anteriormente que casi toda el agua se debe incorporar en la fase de montón compacto, ya que la pérdida de materia seca durante la fermentación hace que el nivel de humedad aumente. Ésta debe ser, al final del proceso, del 72 %. En caso de no disponerse de aparatos adecuados para la medición de la humedad, se puede emplear un procedimiento empírico que consiste en apretar fuertemente con la mano un puñado de estiércol; si escurre agua, la humedad es excesiva, sólo deben aparecer algunas gotas entre los dedos.

Después de unos tres días se voltea de nuevo, volviendo a intercambiar las capas y a espolvorear con insecticida. Dos o tres días después se voltea de nuevo por última vez. Es importante que la acción de voltear sea rápida, para evitar las pérdidas de calor y de humedad. Tras el volteo se debe reformar el cordón un poco más estrecho y bajo, ya que se ha perdido materia seca y volumen.

Dos días tras el último volteo, se deshacen los cordones para entrar en la pasteurización.

Una vez finalizada la fermentación libre, el compost debe reunir las características siguientes: Color verde-parduzco, la

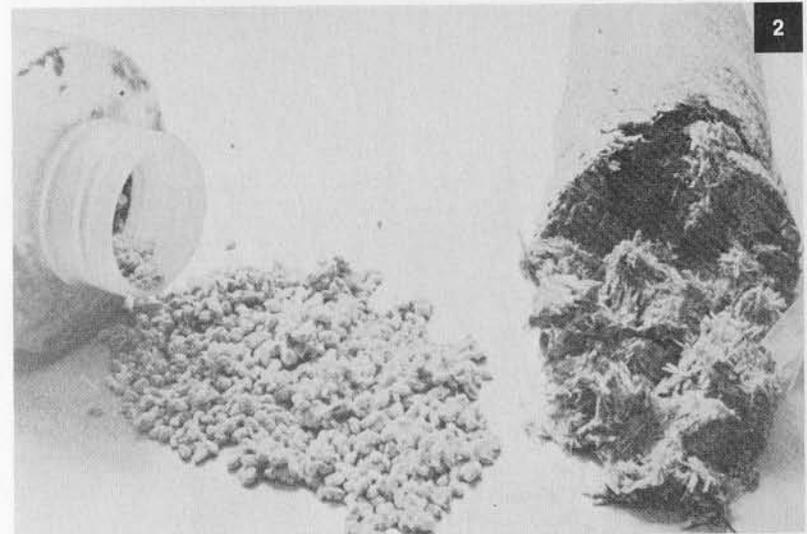
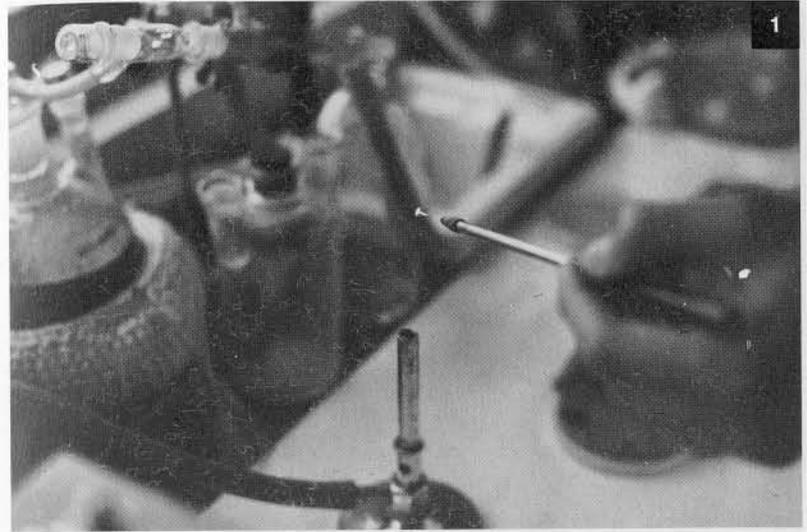
paja es resistente y húmeda, si la humedad es adecuada aparecen algunas gotas al apretar un puñado de compost con la mano y es pegajoso. Ligero olor a amoníaco (inferior al 0,45 %) y Ph igual o superior a 8. Es corriente que las partes más secas presenten manchas blancuzcas de hongos actinomicetos.

### COMPOST SIN ESTIÉRCOL DE CABALLO

La baja disponibilidad de estiércol de caballo, ha hecho que se intente sustituir esta materia prima por otros materiales disponibles en el lugar. En Europa la materia prima utilizada suele ser la paja, aunque se puede utilizar paja de arroz, como en Asia, residuos del cultivo de algodón, la caña de azúcar o del maíz. En general, se puede utilizar cualquier materia vegetal muerta, del formato y consistencia de la paja. A esta materia prima deben añadirse suplementos nitrogenados en forma orgánica o mineral e hidratos de carbono fácilmente asimilables.

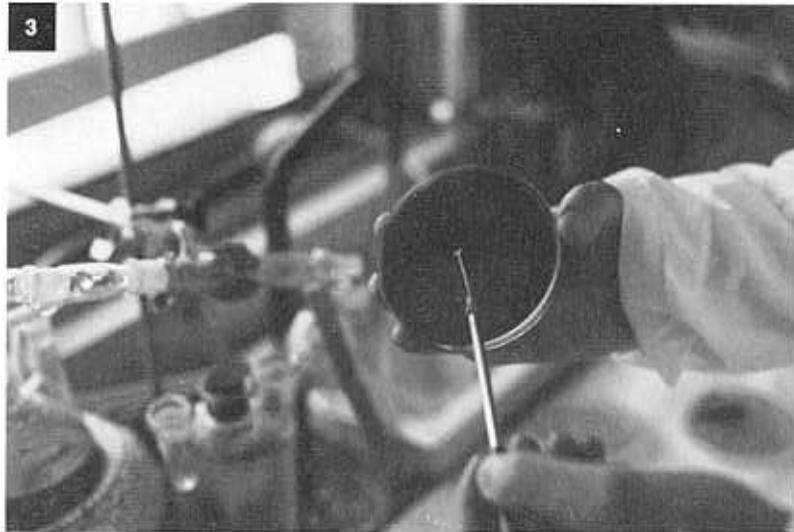
Partiendo de 1 tonelada de paja de cereal seca, de trigo o centeno es lo ideal, se pueden conseguir hasta tres toneladas de compost según los suplementos que se añadan. En un primer momento se apilan las pacas hasta una altura de dos metros y se van regando con agua, una solución de urea o purines de cerdo, dependiendo de los otros aditivos. El compost debe tener un contenido final del 1,6 % sobre materia seca en nitrógeno al final de la fermentación libre. Entre las pacas se ponen capas de 150 kg de gallinaza por tonelada, de 100 a 200 kg de materias vegetales ricas en nitrógeno, como harina de algodón, de soja, etc... También se pueden utilizar abonos minerales como el sulfato amónico, sólido o disuelto en el agua de riego. Este riego se mantiene durante 2 ó 3 días, recogiendo el agua de escorrentía que se vuelve a utilizar para evitar pérdidas.

complemento  
fotográfico

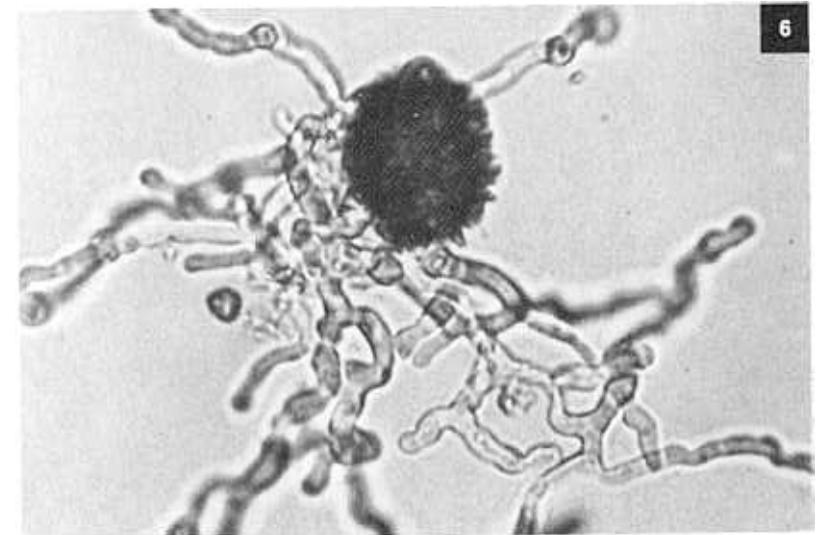
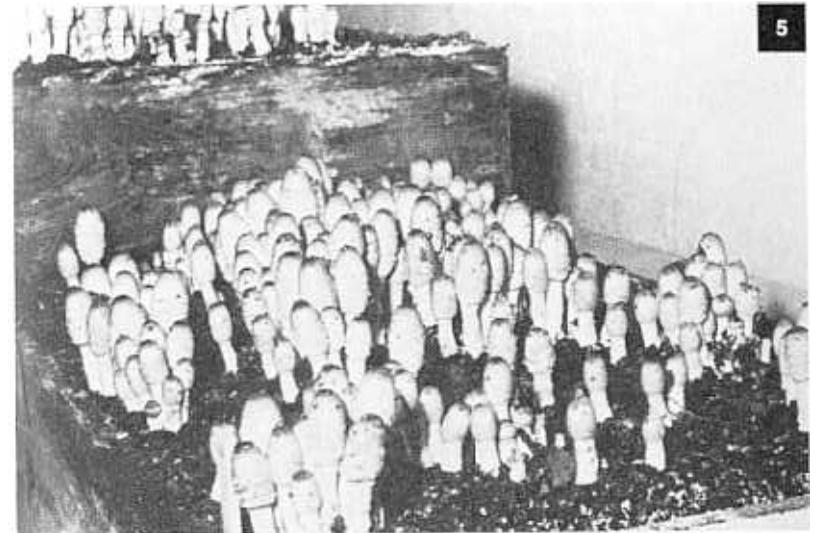


Fotografía 1 La asepsia es básica en el proceso de obtención de micelio. Los materiales deben flamearse o pasar por autoclave. (Capítulo 3)

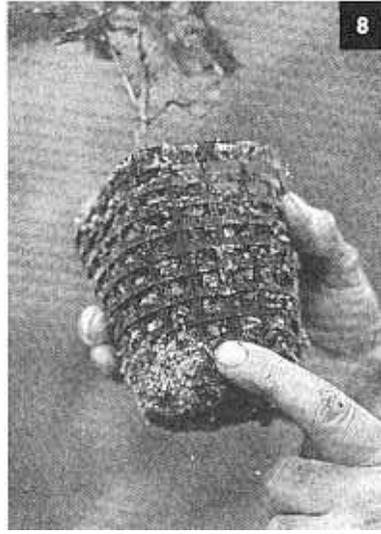
Fotografía 2 Micelio sobre granos y paja. (Capítulo 3)



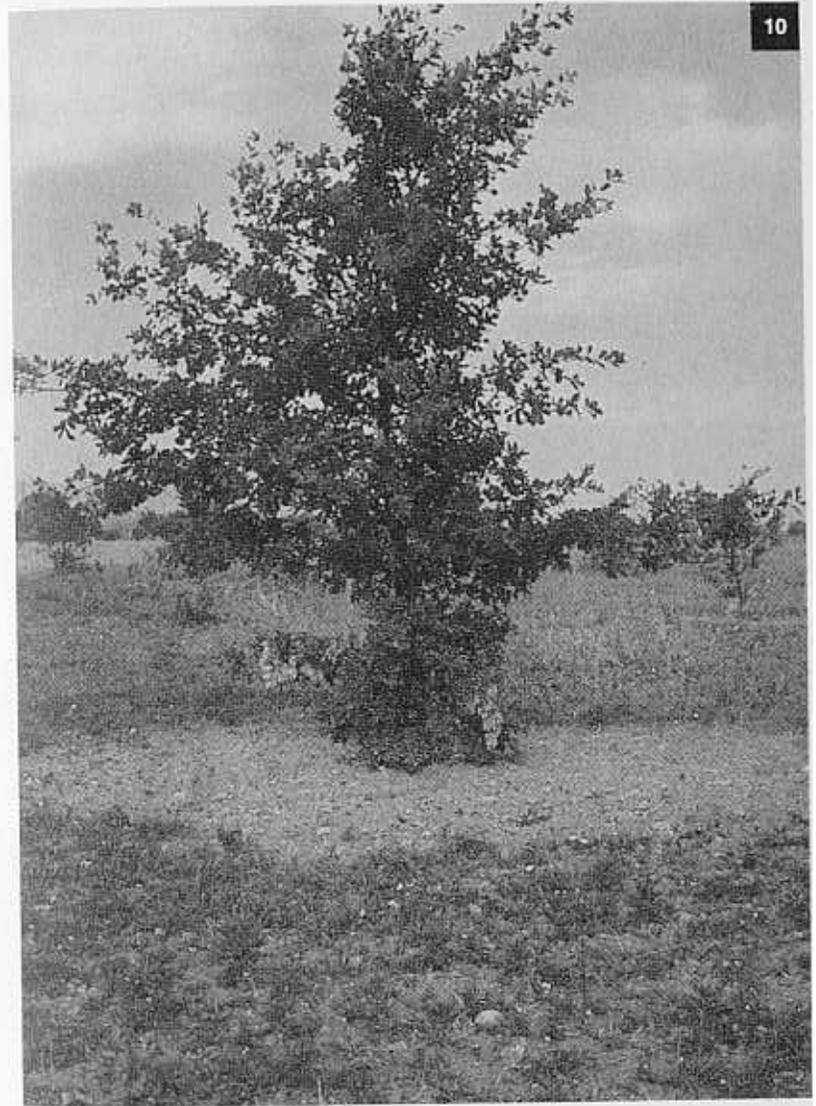
Fotografía 3 Forma de sembrar una placa de cultivo por estrías. (Capítulo 4)  
Fotografía 4 Cultivo en estantes de *A. bisporus*. (Capítulo 4)



Fotografía 5 Cultivo de coprinos en bandejas. (Capítulo 4)  
Fotografía 6 Germinación de una espora de *T. melanosporum*. (Capítulo 6)



- Fotografía 7 Micorrización hidropónica. (Capítulo 6)  
Fotografía 8 Arbolillo micorrizado listo para plantar. (Capítulo 6)  
Fotografía 9 Micorrizadas de *T. melanosporum*. (Capítulo 6)



- Fotografía 10 Rollo rodeado del quemado vegetal característico. (Capítulo 6)

el champiñón, la trufa y otros hongos

Citamos, a continuación, algunas fórmulas de obtención de compost:

*Lambert, 1929*

- 400 kg de paja de trigo o centeno.
- 4 kg de urea.
- 16 kg de sangre seca, mejor pulverizada.
- 16 kg de superfosfato de cal.
- 8 kg de cal.
- 200 kg de tierra fina.
- 40 kg de estiércol de caballo.

*Yoren y Sindén, 1953*

- 1000 kg de los desechos resultantes del desgrane del maíz.
- 12 kg de urea.
- 10 kg de cloruro potásico.
- 10 kg de nitrato amónico.
- 10 kg de yeso.
- 32 kg de bagazo de cervecería.
- 120 kg de gallinaza.

*Till*

- 120 kg de paja.
- 50 kg de turba rubia seca.
- 50 kg de carbonato cálcico.
- 15 kg de turtó de algodón.
- 15 kg de turtó de soja.
- 50 kg de harina de alfalfa.
- 700 litros de agua, hasta completar una tonelada de compost.



Fotografía 11 Una trufa en su ambiente. (Capítulo 6)  
 Fotografía 12 En busca de trufas con una cerda.  
 (Capítulo 6)

En total se deben utilizar entre 2,5 y 3,5 m<sup>3</sup> de agua por tonelada de compost. Al acabar la humidificación se dejan las pacas apiladas durante una semana, en la cual se eleva la temperatura, signo inequívoco del inicio de la fermentación.

Tras estos días se deshacen las pacas y se pica la paja mezclándola con los aditivos. En este momento, en los sistemas mixtos que utilizan una cierta cantidad de estiércol, se mezcla la paja con los aditivos y el estiércol. Se forma un cordón como en el caso del estiércol, añadiendo como suplementos 200 kg de gallinaza o materias vegetales nitrogenadas. Se riega, si es preciso para uniformar la humedad. Al igual que con el estiércol, la temperatura debe subir hasta los 65-75 °C y a los tres o cuatro días se desmonta el cordón rápidamente y se añaden 50 kg de yeso, más el agua necesaria. El volteo se repite cada 2-4 días, dependiendo de la evolución de la temperatura. Los períodos tienen tendencia a hacerse más cortos; si bien la elevación de la temperatura suele ser rápida, el tiempo durante el cual se mantiene se va reduciendo a cada vuelta. Sólo se riegan las partes que aparecen secas. Normalmente son suficientes 4 volteos (12-15 días) para obtener un producto apto para la pasteurización, que, por cierto, tiene un aspecto parecido al compost de estiércol.

En cualquier compost sintético, las proporciones de los macronutrientes deben ser aproximadamente: N:13, P:4, K:10, y el porcentaje de nitrógeno en materia seca, antes de entrar en la pasteurización, debe estar alrededor del 1,5 %. La humedad, al igual que para el estiércol de caballo, debe ser de 72 % y el Ph igual o superior a ocho unidades. Si se respetan estas condiciones, son múltiples las posibilidades de obtener compost a bajo precio y con muy diversos materiales.

## LA PASTEURIZACIÓN

Hace ya algún tiempo que la explotación champiñonera racional no se concibe sin la pasteurización. Consiste ésta en una fermentación controlada del compost, que ya ha sufrido el proceso anteriormente descrito, en la que se eliminan la mayoría de los microorganismos responsables del compostaje. Al mismo tiempo, el tratamiento elimina los animales perjudiciales, especialmente nemátodos e insectos, siempre que se realice en las condiciones adecuadas. Una de las más importantes es el elevado grado de humedad que es necesario mantener para una pasteurización eficaz. Esto es así porque con una humedad elevada los organismos presentes en el compost se hallan en su forma activa que es fácilmente atacable mediante las altas temperaturas que se aplican en la pasteurización; si por el contrario, el compost se seca, los microorganismos activos dejan paso a sus formas de resistencia. Es importante que la humedad sea la correcta en el ambiente, tanto como en el compost, y ello se consigue aplicando vapor que es el sistema más utilizado y eficaz.

El proceso de la pasteurización comienza con el desmonte de los cordones de compost y la colocación de éste en el local de pasteurización que en muchas explotaciones modernas es también el de cultivo. Lo ideal es pasteurizar el sustrato en el mismo lugar de cultivo para evitar más traslados y trabajos antes de proceder a la siembra. Cuanto más rápida sea la entrada en la sala de pasteurización, menores serán las pérdidas de calor del compost y menor esfuerzo requerirá alcanzar las elevadas temperaturas de la pasteurización. Para conseguir el resultado deseado se mantiene una temperatura de 56-58 °C durante al menos doce horas. Temperaturas inferiores no llegan a destruir todos los microorganismos presentes y si se calienta a más de 60 °C, se inician procesos de descomposición de proteínas, con gran desprendimiento de amoníaco, que como hemos di-

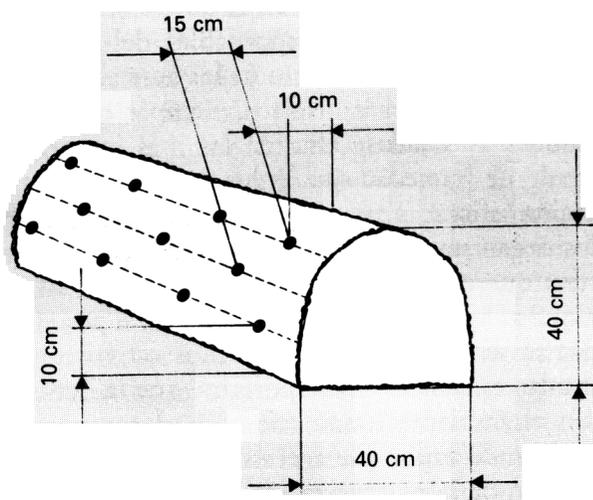


Figura 2.1 Comprobación de las temperaturas en el interior de los caballos, antes de realizar la siembra.

cho, es perjudicial para el desarrollo del champiñón. Es pues evidente que el control de temperatura debe ser estricto y no limitarse a un solo punto de vista de la sala de pasteurización; lo adecuado es un sistema que permita el control en diversos puntos del local y del compost para cerciorarse de que la temperatura deseada se obtiene en todas partes. Si las instalaciones lo permiten, puede elevarse la temperatura a 62 °C durante una hora, para acabar con los microorganismos más resistentes. Debe tenerse en cuenta que la propia actividad de los microorganismos que se quieren eliminar, contribuye al aumento de temperatura y actuar en consecuencia a partir de los datos de la temperatura interna del compost.

Una instalación que permita la circulación del aire en la sala, facilita que la temperatura sea uniforme en todas las zonas siempre que no se admita aire frío del exterior, salvo en el caso de que los termómetros nos adviertan de un aumento no deseado por encima de los 60 °C, en cuyo caso se ventila brevemente durante un cuarto de hora, reanudando posteriormente la pasteurización.

Tras la elevación inicial de la temperatura durante 12 horas, se debe bajar rápidamente hasta los 45-47 °C y dejar que la temperatura vaya descendiendo, aproximadamente un grado diario, hasta alcanzar los 36-38 °C, lo que ocurre en una semana o poco más. Entonces, si se ha controlado convenientemente la temperatura y se ha respetado el grado de humedad necesario en el compost, podremos prepararlo todo para la siembra. El compost bien pasteurizado presenta poca actividad de microorganismos y no desprende amoníaco ni malos olores. La estructura debe ser semejante a la del humus, poco denso y de color pardo oscuro, sin llegar a ser negro.

el micelio  
o “blanco”

3

## IMPORTANCIA DEL BLANCO

El compost que se obtiene tras los procesos de compostaje y pasteurización, es estéril y por lo tanto muy sensible a la contaminación por los diversos microorganismos presentes en el ambiente. Entre ellos muchos tienen una gran capacidad de invasión, superior a la del hongo que queremos cultivar, con lo cual medran rápidamente en el sustrato, hipotecando el futuro desarrollo del cultivo. Por otra parte, debido a la falta de homogeneidad del compost, la germinación de una siembra por esporas es aleatoria, ya que muchos mueren en una fase temprana de su desarrollo al no encontrar las condiciones adecuadas.

Todo ello hace que la siembra de esporas directamente sobre el compost, no sea interesante de cara a la obtención comercial de champiñones. La solución a este problema viene del empleo del micelio, desarrollado previamente sobre un sustrato manejable, que es lo que se siembra en el sustrato de cultivo. Este micelio debe provenir de un cultivo puro del hongo en ambiente estéril y controlado, con lo cual se obtiene, al igual que en otros cultivos, una uniformidad de producción y de comportamiento ante las condiciones ambientales.

## ESTERILIZACIÓN Y ASEPSIA

Como ya se ha explicado, el medio ambiente natural está permanentemente lleno de esporas de hongos y bacterias, capaces de germinar en el momento que encuentren las condiciones adecuadas. Los medios de cultivo utilizados para el *A. bisporus*, son apropiados para una gran cantidad de estos microorganismos y cada vez que se destapa el recipiente con el medio de

cultivo se puede contaminar. Es por ello que cuando se trata de obtener cultivos puros de un hongo, se hace indispensable operar en condiciones estériles. A continuación, damos un repaso de carácter general a las precauciones básicas de trabajo en un laboratorio de producción de blanco.

### *Locales*

Efectuar periódicamente desinfecciones generales, pulverizando los locales con productos desinfectantes o tratando con vapor en caso de que la instalación lo permita. Un método de gran sencillez consiste en mezclar rápidamente en un recipiente, 20 g de permanganato potásico con 20 ml de solución comercial de formol y 30 ml de agua, salir del local y cerrar las puertas. (Se debe señalar, sin embargo, que la efectividad de este método decrece rápidamente por debajo de los 15 °C ya que la evaporación del formol es menor.)

Tras la desinfección periódica se debe mantener un ambiente lo más estéril posible, utilizando puertas dobles, ventanas herméticas (o al menos permanentemente cerradas) y sistemas de ventilación provistos de filtros capaces de retener esporas y de mantener una ligera sobrepresión con respecto al ambiente exterior, con la finalidad de que el único aire que penetre en los locales esté bajo control de los sistemas ambientales. También se utilizan emisiones de radiaciones ultravioleta de alta energía que esterilizan el aire.

### *Personal*

Debe mantenerse en los locales del laboratorio una estricta higiene personal. Utilizar siempre que sea posible ropa limpia, especial para el trabajo en la zona descontaminada, utilizar guantes y no hablar encima de los medios de cultivo ni introducir objetos innecesarios y sin desinfectar en el laboratorio. Finalmente dos consejos básicos y que, sin embargo, se olvidan a menudo: ¡No fumar y no comer!

### *Materiales y medios de cultivo*

Todas las operaciones que implican el contacto de materiales estériles con el ambiente, suponen un alto riesgo de contaminación, con lo cual lo adecuado es trabajar en una cámara de flujo laminar o en una cámara hermética, con manguitos, que nos proporciona un volumen de operación aislado del ambiente.

Esterilizar todos los materiales en el horno o en el autoclave y guardarlos en bolsas herméticas de plástico o en paquetes de papel de aluminio.

Los medios de cultivo se esterilizan en el autoclave (aquellos que lo admiten), se pueden acidificar o utilizar antibióticos específicos, aunque esta estrategia resulta bastante cara.

Se pueden citar algunas precauciones rutinarias, como mantener los recipientes abiertos el menor tiempo posible, realizar las operaciones de dilución y siembra en pases rápidos y flamear el material de forma sistemática.

Y no nos hagamos ilusiones, conseguir un ambiente totalmente estéril sólo está al alcance de unas pocas instituciones. La presencia en el ambiente de esporas, sobre todo de hongos, es prácticamente imposible de evitar. Sólo podemos llegar a un compromiso con la naturaleza y manteniendo una sólida disciplina en la aplicación de todas las precauciones, trabajar en condiciones aceptables.

## TÉCNICA DE OBTENCIÓN DEL CULTIVO PURO

Para obtener un cultivo puro de un hongo, el primer requisito es conseguir esporas, a partir de una porción de laminillas del sombrero o de una esporada. Cuando queramos utilizar una esporada, colocaremos el sombrero sobre una cartulina, en un sitio seco y durante algunas horas. Tras ello se introduce la

cartulina en una bolsa de plástico cerrada, en la cual se conserva durante largo tiempo.

Una vez obtenidas las esporas debemos diluirlas, pues nuestra meta es conseguir micelio proveniente de una sola spora. Un sistema sencillo de realizar esta dilución, utilizado corrientemente en los laboratorios microbiológicos, es el siguiente:

Se llenan varios tubos de ensayo estériles con 9 ml de agua destilada, también estéril, y otro con una suspensión de las esporas que queramos diluir. De este tubo tomamos, con una pipeta estéril, 1 ml de la suspensión recién agitada que se introduce en uno de los tubos con 9 ml de agua. Con ello obtenemos una dilución 1/10 de la concentración inicial. Se agita el tubo y se repite el proceso con 1 ml, que se diluye en los 9 ml del tubo siguiente, y ello cuantas veces se juzgue necesario para obtener una suspensión de esporas de baja concentración (unas pocas esporas por ml). Para no falsear las diluciones, es importante disponer de tantas pipetas estériles como pasos se vayan a efectuar. De cada uno de los tubos utilizados en la dilución, se siembra 1 ml en tubo o en placa de Petri, método que consideramos más adecuado por ser las colonias de más fácil acceso y permitir una mejor respiración del hongo. Los medios sembrados se incuban en estufa a 25 °C, tras lo cual se observa el número y distribución de las colonias formadas. Aquel cultivo en el que haya un número pequeño de colonias bien definidas, será el que nos sirva para obtener el cultivo puro.

De una de estas colonias, de buen desarrollo, se toma una porción con un asa de platino recién flambada y se siembra, en zig-zag o en bandas para las placas, o por punción en el caso de tubos. Si se observan contaminaciones debe repetirse el proceso desde el principio. (Las colonias de *A. bisporus* se distinguen fácilmente de las de hongos conta-

minantes, que a menudo son de colores vistosos, o de bacterias, que raramente tienen aspecto filamentosos.)

Cuando se está razonablemente seguro de que todas las colonias presentes son del mismo tipo, se multiplica la cantidad de micelio realizando numerosas siembras en nuevas placas de Petri.

## MEDIOS DE CULTIVO

Para poder realizar la multiplicación del micelio con la técnica descrita en el punto anterior, se utilizan medios de cultivo desarrollados para *A. bisporus*, medios que no suelen ser específicos sino que permiten el crecimiento de otros microorganismos y hace obligatorio un trabajo cuidadoso para evitar las contaminaciones. Estos medios deben contener los elementos nutritivos necesarios que son, principalmente, una fuente de carbono y una de nitrógeno, con pequeñas cantidades de otros elementos o compuestos sobre cuya proporción exacta hay tantas versiones como investigadores. Sin embargo, existe un producto que ha demostrado su utilidad en la formulación de todo tipo de medios de cultivo, tanto líquidos como sólidos: el agar-agar. Es éste un hidrato de carbono de alto peso molecular que se obtiene de ciertas algas marinas. Este producto se presenta comercialmente bajo la fórmula de un polvo blanco que se disuelve en agua caliente en la proporción deseada. Al enfriarse la solución, el agar forma un gel transparente, más o menos consistente según la cantidad de agar empleada, sobre o en el interior del cual se desarrollan las colonias. Esta cualidad del agar lo hace útil en todos los medios de cultivo en los cuales se persiga un crecimiento localizado de las colonias.

Una vez preparados, los medios de cultivo se deben esterilizar a 120 °C durante 1 ó 2 horas. Algunos medios, sin embargo, no admiten este tratamiento, al producirse fenómenos de hidrólisis de los hidratos de carbono o desnaturalización de factores vitamínicos; en estos casos se utilizan bajas temperaturas y presión ambiental o pases repetidos por un baño de María durante media hora. Tras la esterilización, los medios se conservan bastante bien en una cámara frigorífica, siendo aconsejable guardarlos en los recipientes donde se utilizarán: Placas, tubos..., con lo cual se evitan posteriores manipulaciones, durante las cuales se podrían contaminar.

Citaremos a continuación algunos de los medios de cultivo más utilizados para el champiñón que, como expusimos anteriormente, son muy numerosos.

- 1 litro de agua destilada estéril + 15 g de glucosa + 5 g de maltosa + 500 mg de fosfato monopotásico + 500 g de superfosfato magnésico + 60 g de tiamina + 1 g de peptona (una proteína). A esta disolución se le añade 1 cm<sup>3</sup> de una solución de cloruro férrico al 1 %. Mezclar todo ello en caliente y sin que llegue a hervir.

- 1 litro de agua destilada estéril + 20 g de agar-agar + 20 g de extracto de malta (producto de composición mal definida y variable) + 20 g de dextrosa + 1 g de peptona.

- Agar de patata y glucosa: Se lavan y desinfectan 100 g de patata, cortada muy finamente. Se cuecen durante una hora en medio litro de agua destilada estéril, se filtra y se le añaden 10 g de glucosa + 12 g de agar-agar. Esterilizar en autoclave durante unos 20 minutos.

- Agar-maltosa: 1 litro de agua destilada estéril + 20 g de agar-agar + 30 g de extracto de malta + 50 mg de sulfa-

tos de magnesio, cobre y zinc + 50 mg de nitrato de cobalto y borato sódico; a esta solución se le añade 1 cm<sup>3</sup> de solución al 1 % de cloruro férrico. El medio resultante es ácido y debe rebajarse con sosa.

Como conclusión de este apartado sobre los medios de cultivo, diremos que en la actualidad pueden encontrarse medios perfectamente adaptados a la multiplicación del micelio de *A. bisporus*, preparados en forma de polvo al cual sólo se le debe añadir el agua y corregir el Ph en caso necesario. Existen diversas marcas, especializadas en medios de cultivo microbiológicos, cuyos preparados comerciales se utilizan corrientemente en los laboratorios de obtención del blanco.

## MULTIPLICACIÓN DEL MICELIO COMERCIALIZABLE

Para realizar la siembra se debe disponer de gran cantidad de blanco y en una presentación que resulte manejable y se pueda mezclar homogéneamente. Hoy en día, las presentaciones más utilizadas son granos de cereales o gránulos inertes tipo Perlita o Vermiculita, que resultan muy manejables y se pueden dividir con facilidad; sin embargo, para el cultivo artesanal puede ser más interesante utilizar panes de estiércol o de compost invadidos de micelio.

Para multiplicar el micelio sobre granos de cereal (trigo, centeno, sorgo...) se cuecen los granos en agua, durante un cuarto de hora aproximadamente, vigilando la cocción para evitar que al hincharse se rompan los granos. Una vez cocidos se dejan reposar, se escurren y airean hasta que la humedad desciende al 40-50 %. Entonces se añaden 3,5 g/kg de carbonato cálcico para disminuir la acidez, que debe estar cercana a Ph 7,5.

También es necesario añadir unos 15 g/kg de yeso, que evita que los granos se peguen unos a otros.

Sobre perlita o vermiculita el proceso es el mismo, iniciándose por humedecer el material y añadirle una cantidad ligeramente superior de salvado de trigo igualmente humedecido. Por los mismos motivos citados anteriormente se añaden carbonato cálcico y yeso.

El paso siguiente consiste en introducir los granos en bolsas de plástico, tarros o botellas resistentes al calor y en los cuales se dejará vacío el tercio superior. Estos recipientes se esterilizan y acto seguido se siembran con el cultivo puro obtenido anteriormente, pasando a incubarse en una estufa. Durante la incubación deben agitarse los recipientes cada tres o cuatro días, hasta que los granos se ven totalmente recubiertos de micelio con aspecto algodonoso. Estas preparaciones pueden conservarse en fresco (1-2 °C) durante varias semanas antes de utilizarse para la siembra.

## VARIEDADES DE AGARICUS BISPORUS

En la actualidad, existen en el mercado cerca de un centenar de variedades de *A. bisporus*, que se clasifican de acuerdo con sus diferentes características, tales como:

### *El color*

Por ser una característica muy visible y fácil de apreciar, suele ser la principal referencia a la hora de clasificar las diferentes variedades. El color del champiñón va del blanco purísimo al pardo más o menos oscuro, pasando por los cremas y rosados. Los champiñones de color suelen dar mejores resultados que los blancos en cuanto a rendimiento y son más rústicos

frente a ciertas enfermedades como la Mole. Tienen en su contra el problema de desarrollar escamas sobre el sombrero, principalmente si hay corrientes de aire, lo cual es causa frecuente de falta de aceptación del producto. Estas variedades de color reaccionan poco a los aditivos ricos en hidratos de carbono.

### *Precocidad y desarrollo de las oleadas*

Se dividen en variedades precoces, medias y tardías. En general, las variedades precoces presentan primeras oleadas muy productivas, decreciendo las siguientes rápidamente, mientras que los de color no producen tanto al principio pero mantienen una mayor regularidad.

### *Variedades de consumo en fresco o en conserva*

El auge del consumo de champiñón en conserva, ha aconsejado el desarrollo de variedades especialmente adaptadas a la conservación, con unas características propias que se pueden resumir en color lo más claro posible y firmeza suficiente para que no queden troceados durante los manejos.

Otros factores, como la adaptación climática (hoy en día esto no es problema por ser un cultivo que tiende a realizarse en condiciones totalmente controladas), resistencias a diversas enfermedades o las necesidades nutritivas, se contemplan en segundo término. La elección del champiñonista se suele basar en la demanda del mercado y éste tiene preferencias de color o de tamaño principalmente.

Como en muchos otros cultivos, se ha trabajado en la línea de la hibridación, fácil de obtener durante el crecimiento del micelio, pero los híbridos obtenidos tienen cierta tendencia a presentar escamas en el sombrero; tal vez por culpa de unas inadecuadas condiciones de cultivo.

## EL AGARICUS BITORQUIS

Como se dijo en el primer capítulo, el *Agaricus bitorquis* es una especie afín a *A. bisporus*, que casi siempre se confunde con éste a pesar de presentar ciertas diferencias. Los carpóforos o champiñones son más grandes en *A. bitorquis*, la base presenta menos micelio, con lo cual la cosecha es más fácil, el pie es más corto, tiene dos velos y las laminillas son casi siempre de tonos oscuros.

*A. bitorquis* es siempre de color blanco y sensible a las manchas si se presiona su superficie. Se desarrolla en el mismo tipo de compost que *A. bisporus* a temperaturas bastante elevadas (30 °C durante el crecimiento vegetativo y de 23 a 26 °C durante la formación y crecimiento de los carpóforos) brindando la oportunidad de alternar su cultivo con *A. bisporus* según las estaciones del año, reduciendo los costes en control ambiental, presentando además la gran ventaja de ser resistente a los virus que atacan los cultivos de champiñón. El crecimiento de *A. bitorquis* es algo más lento, los plazos entre oleadas pueden llegar a los 10 días, y presenta un inconveniente importante de cara a la conservación: la presencia de dos velos produce fragmentos en el líquido de la conserva y sus láminas mantienen un color oscuro a pesar del blanqueado.

También ocurre que frecuentemente es atacado por hongos parásitos del cultivo, no tanto por ser más sensible a ellos como por la mayor temperatura a la cual se mantiene, que facilita el desarrollo agresivo de estos enemigos potenciales.

el cultivo

4

## LA SIEMBRA

La siembra del champiñón ha evolucionado mucho desde los tiempos heroicos del cultivo empírico, en los cuales ni siquiera se conocía a ciencia cierta la biología del hongo. En esa época se sembraba el *A. bisporus* mezclando pedazos de cabañón invadidos de micelio con el compost recién preparado, e incluso regando el estiércol con agua en la que se habían lavado champiñones. Evidentemente, los resultados de estos métodos eran altamente irregulares e inviables económicamente. Sólo cuando se empezó a conocer la biología y en particular la reproducción de los hongos, se desarrollaron las técnicas que, con las variaciones aconsejadas por el estudio y la experiencia, han llegado hasta nuestros días.

Un primer paso fué conseguir un cultivo puro de *A. bisporus* en forma de micelio. Esto se consiguió a finales del pasado siglo y dió paso a la siembra de micelio desarrollado sobre panes de compost o de estiércol de caballo. Poco faltaba para que se pasara a la siembra de micelio en forma de granos, técnica que multiplica los puntos de siembra, permite un reparto cuidadoso y mejora el aprovechamiento de la superficie. Se puede afirmar que, a igualdad de condiciones, se gana una semana con el micelio en granos sobre una siembra con pedazos de compost.

En cuanto a cómo se realiza prácticamente la siembra, lo primero que debemos establecer es la cantidad de blanco que emplearemos de acuerdo con las siguientes consideraciones: Cuanto más micelio sembremos mayor será la velocidad de invasión y disminuirémos las oportunidades de los hongos parásitos que pudieran afectar a nuestro cultivo. Por otra parte, el blanco resulta un factor de coste que interesa optimizar y en consecuencia se debe llegar a un compromiso, y tener en cuenta que, aumentando la cantidad de blanco, llegaremos a un punto

en el que el acortamiento de los ciclos no compensará el mayor coste.

Una vez establecida la cantidad que se va a emplear, se saca el blanco de la cámara frigorífica y se lleva a la sala de cultivo donde se desmenuza. Actuando de esta manera, se da tiempo al hongo para comenzar su actividad y las hifas se reparan con rapidez. Todos estos manejos se deben realizar con aperos y materiales esterilizados, sobre todo si han aparecido parásitos en el último cultivo (en este caso, lo más aconsejable es eliminar todos los útiles que no se puedan esterilizar).

Al día siguiente, se reparte un 75-80 % de los granos sobre la superficie del compost, teniendo en cuenta que su humedad no debe ser inferior al 65 % ni superar el 68 % en la capa exterior. Si no se da esta condición, se riega con medida, vale más repetir la operación que encharcar el compost.

Tras repartir el blanco se mezcla con el compost, con máquinas en las grandes explotaciones, y se iguala la superficie, sembrando el resto de los granos sobre ella.

Hay variantes de este método que buscan una mayor velocidad de invasión, como la siembra en masa que se utiliza siempre en los cultivos en saco. La siembra en masa utiliza mayor cantidad de blanco, se gana tiempo y se obtienen unas oleadas más uniformes, limitándose las oportunidades de contaminación; sin embargo, todo ello se ve comprometido si no se dispone de un sustrato de calidad irreprochable, o si el compactado posterior no es cuidadoso ni suficiente.

La técnica de postmezclado, en la cual compost y semilla se mezclan una semana tras la siembra, es muy arriesgada debido a la facilidad de contaminaciones nocivas y sólo está al alcance de explotaciones de alto nivel técnico.

En resumen, la siembra debe facilitar una invasión rápida del compost por el micelio y además de forma regular, procurando evitar las infecciones y la falta de humedad que debe estar muy bien regulada.

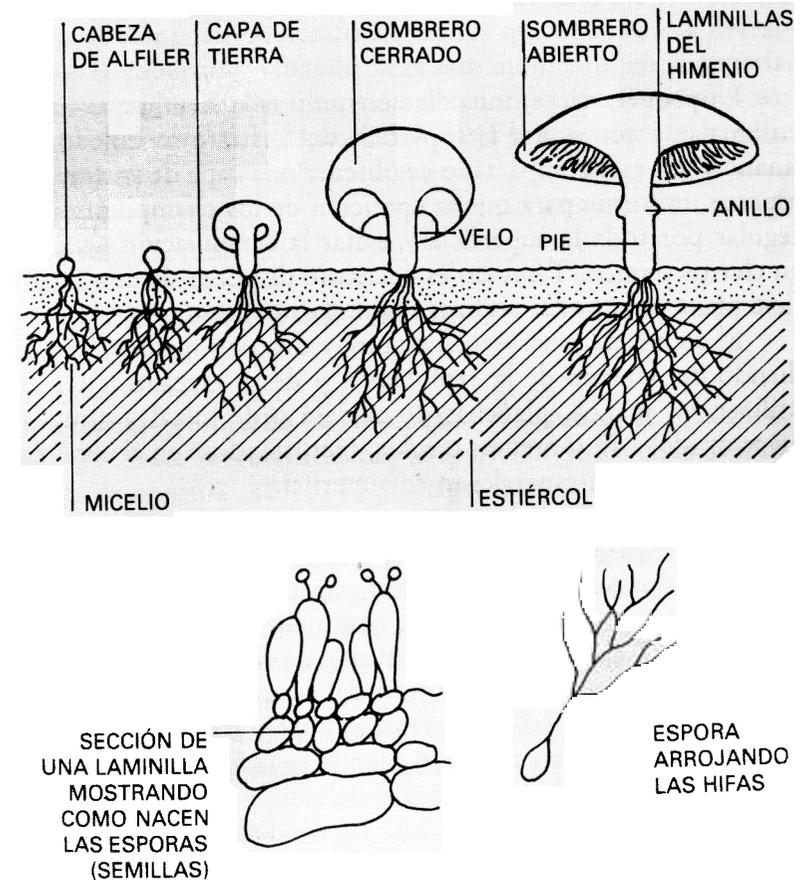


Figura 4.1 Fases del desarrollo de un champiñón.

## DESARROLLO DEL CULTIVO

La primera tarea, inmediatamente tras la siembra, consiste en igualar y compactar la superficie del sustrato inoculado. La finalidad de este compactado es obtener una capa de sustrato de espesor uniforme para que la aparición de los champiñones sea regular por toda la superficie y evitar la acumulación de gases en ciertos puntos. También es necesario disponer de una superficie plana para poder realizar una buena cobertura.

El compactado se realiza con muy diversos medios, dependiendo del tamaño de la explotación y de su mecanización. Se utilizan las manos, planchas de madera o de metal y sistemas mecanizados como prensas o rulos, incrustándose en el compost los granos que se esparcieron en superficie.

El sustrato nivelado se pulveriza con un insecticida, como el diazinón, para combatir principalmente las moscas. Acto seguido es conveniente cubrirlo con papel para mantener la humedad. Este papel se pulveriza con agua y un desinfectante, como formol, al 0,5 % y alternativamente con diazinón, evitando que el papel toque la superficie del sustrato.

Comienza un período durante el cual el micelio irá colonizando el sustrato con mayor o menor velocidad, dependiendo de las condiciones de la siembra y del cultivo. La fase de invasión dura entre 8 y 25 días, siendo las condiciones óptimas: una humedad del 90 %, temperaturas de 24-26 °C para el compost y de 20-40 °C en el aire del local de cultivo. Al principio, la actividad del micelio es muy fuerte y la temperatura del sustrato aumenta durante aproximadamente una semana, con gran producción de CO<sub>2</sub> por la fuerte respiración del hongo. Por ello es necesario ventilar suficientemente durante las horas del día más adecuadas para mantener la temperatura deseada. La humedad se debe mantener sin regar abundantemente, sino nebulizando agua y mojando paredes y suelo.

A partir del octavo día desde la siembra se comienza a vigilar el compost, buscando los signos que anuncian la necesidad de la cobertura. Cuando llega este momento, en la superficie del compost se ven unas marcas redondeadas y que sobresalen sobre el nivel del sustrato, debidas a la actividad del micelio en el interior.

## LA COBERTURA O REVOCO

Cuando el micelio ha colonizado el sustrato, es el momento de provocar la fructificación, la aparición de los champiñones objeto de nuestro cultivo. El principal factor desencadenante de esta fructificación es la variación de la relación carbono/nitrógeno en el sustrato. Efectivamente, se ha demostrado que relaciones altas C/N inducen al crecimiento vegetativo, mientras que al ir disminuyendo ésta (por el consumo que realiza el hongo de los nutrientes ricos en carbono, hidratos de carbono principalmente) se llega a un punto en el cual se desencadena la fructificación. Ahora bien, para llegar a un buen término, deben darse otras condiciones. Entre ellas parece ser que se encuentra la asociación del cultivo con ciertas bacterias, presentes en la cobertura o contaminantes, cuyos metabolitos serían coadyuvantes de la aparición de carpóforos. Por supuesto que la humedad ha de ser suficiente y la ventilación de los lechos de siembra reducida para mantener una diferencia de concentración importante del CO<sub>2</sub> entre el compost y el ambiente del local. En efecto, antes de la cobertura, el sustrato contiene unas 5 veces más CO<sub>2</sub> que el aire ambiente, y esta diferencia incluso aumenta después de la cobertura. El crecimiento del micelio se detiene cuando el CO<sub>2</sub> del sustrato alcanza concentraciones del 1-2 por ciento.

La cobertura se practica en este momento por una serie de razones. La principal es que, sin cobertura, la fructificación es escasa y poco regular. La tierra de cobertura proporciona una base de sostén a los pies de los carpóforos y debe actuar como reservorio de agua para el crecimiento (no olvidemos que el champiñón se compone de agua en un 90 % y se produce además una importante evapotranspiración). Para conseguir estas características, se mezclan elementos de dos tipos diferentes: Para retener agua, dar volumen y esponjosidad se utiliza turba o, más recientemente, materiales sintéticos esponjosos. Para dar consistencia y plasticidad se utilizan arenas, tierras, arcilla, etc... Estos dos componentes se mezclan en diversas proporciones según las preferencias locales o las disponibilidades, siendo muy corriente la mezcla al 50 por 100.

El material de cobertura debe tener un Ph neutro (6,5-7,5) y es conveniente suplementarlo con un 5-10 % de caliza, que actúa como amortiguador de los cambios de Ph.

### CÓMO SE EJECUTA LA COBERTURA

Una vez conseguido el material de cobertura, éste se debe desinfectar con solución de formol o tratando al vapor si disponemos de una instalación adecuada. Una vez disipados los vapores del formol se humedece la tierra, dejándola empapar y escurrir antes de cubrir el compost.

En este intervalo se habrá retirado el papel que cubría el cultivo. Sobre éste se depositan 3-5 cm de tierra de cobertura, bien igualada y repartida por toda la superficie. Es importante que no queden zonas con un espesor inferior, pues la fructificación no sería uniforme y se producirían problemas de cara a la recolección.

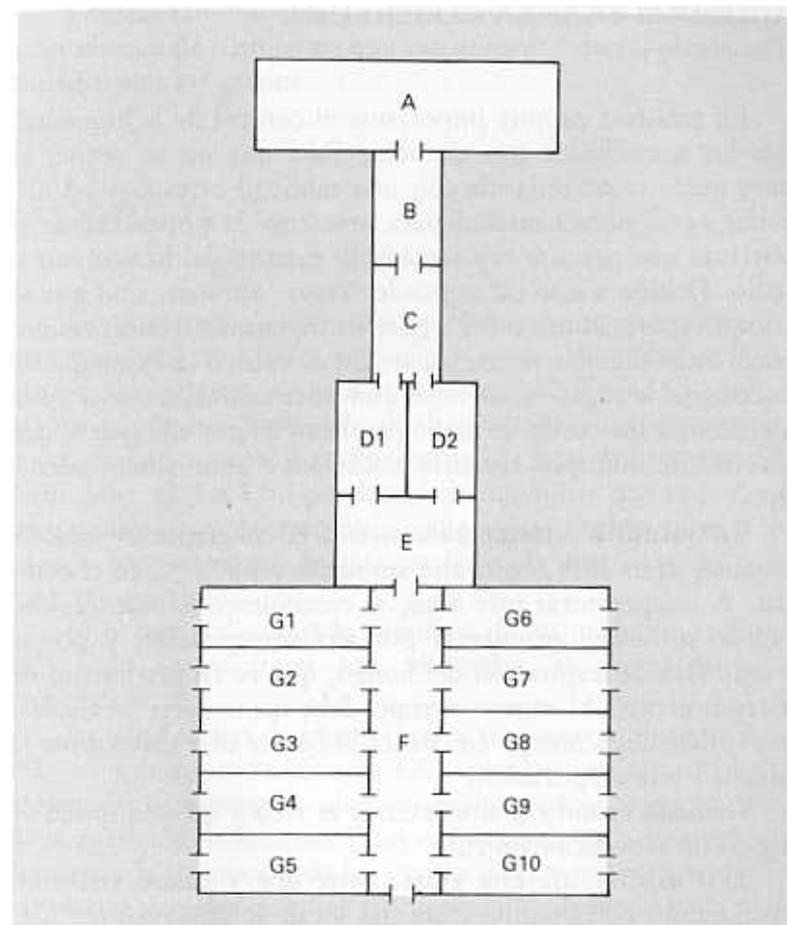


Figura 4.2  
Proyecto de una champiñonera,  
utilizando el sistema de bandejas

A, sala de compostaje; B, sala de pasteurización; C, sala de siembra; D1 y D2, salas de incubación previa; E, sala de revocado; F, pasillo; G1 a G10, salas de cultivo.

## CUIDADOS TRAS LA COBERTURA

En esta fase es muy importante el control de la humedad, pues las necesidades son elevadas. Para que no se seque, es conveniente regar cada día con una cantidad cercana a 1 l/m<sup>2</sup>. Se riega con poca cantidad para mantener la porosidad de la cobertura que permite el intercambio gaseoso del hongo con el medio. Debido a esto no se puede "regar" sin más, sino que se utilizan vaporizadores o finos goteros trabajando a baja presión, procurando siempre no emparar. En el cultivo del champiñón es aconsejable regar varias veces con poca cantidad, aun a costa de aumentar los costes de mano de obra y es por ello que se han desarrollado múltiples sistemas mecánicos o automáticos para el riego.

En cuanto a la temperatura, tras la cobertura lo ideal es mantener unos 20 °C en el aire ambiente y 24-26 °C en el compost. A temperaturas más altas, el crecimiento es más rápido, pero se producen problemas por alta transpiración y por la elevada tasa de respiración del hongo, que va en detrimento de su crecimiento. Al mismo tiempo debe mantenerse la ventilación suficiente, teniendo en cuenta lo que se dijo antes sobre la humedad y la evaporación.

Cuidado cuando el aire exterior es seco y no se dispone de sistema de acondicionamiento.

Tras esperar, de esta guisa, entre dos y cuatro semanas, dependiendo de la temperatura del local, se observan los filamentos del micelio en superficie, todo el compost y la cobertura están invadidos y va a comenzar la fructificación.

Se remueve ligeramente la cobertura con un rastrillo, lo que tiene como consecuencia un relanzamiento de la actividad del micelio, inducido por la reparación de las hifas y la aireación con su aporte de oxígeno. La ventilación se mantiene para que el nivel de CO<sub>2</sub> en la superficie no sea superior al 10 por ciento.

Comienzan entonces a verse engrosamientos formados por acumulación de filamentos que van aumentando rápidamente de tamaño: son los granos.

## LA COSECHA

Estos granos, futuros champiñones, no se deben regar al principio, pues son muy sensibles al agua. Sin embargo la humedad del ambiente se debe mantener al 85-90 %. Cuando los granos tienen un centímetro de diámetro se puede comenzar a regar, en varias veces y sin encharcar. La cantidad total de agua viene a ser de 2 a 2,5 l por kg de champiñones que se pretenda recolectar en la primera oleada, agua que se reparte entre la que pasa a formar parte de la cosecha y la que se pierde por evapotranspiración.

Muy pocos días tras la aparición de los primeros granos, 4 ó 5 si las condiciones son adecuadas, se podrá iniciar la recolección.

La producción de champiñones se mantiene durante 3 ó 4 días, con gran producción de CO<sub>2</sub> que la ventilación debe remover sin corrientes de aire, causa de excesiva transpiración y de la aparición de escamas. Tras estos días decae y cesa mientras comienza la formación de los granos de la siguiente oleada. Las oleadas se suceden con una frecuencia que depende de la variedad cultivada y de la temperatura, también es importante el tipo de cosecha que se haga: Si los champiñones se recogen abiertos, el intervalo entre oleadas se alarga uno o dos días más.

Durante el período de cosecha, la temperatura ambiental será bastante inferior a la que se mantuvo anteriormente, el intervalo de 14-18 °C es perfectamente adecuado y da bastante juego a la hora de decidir los intervalos entre oleadas. También

es interesante remarcar que este intervalo de temperaturas es menos favorable a los posibles invasores.

En íntima relación con el control de la temperatura está la ventilación. Debe procurarse combinar ambos factores de forma a ventilar con aire a la temperatura más adecuada, aprovechando las diferentes temperaturas a lo largo del día. Actuando así se pueden reducir notablemente los costes de climatización. Esta ventilación debe ser suficiente para remover la gran cantidad de  $\text{CO}_2$  que se produce durante las oleadas, si no se hace así puede incluso pararse la fructificación y crecer el micelio en superficie como un musgo blanco (esto ocurre si la concentración de  $\text{CO}_2$  supera el 0,4 %). Incluso a concentraciones más bajas se producen anomalías, como pies demasiado largos o champiñones con el pie más ancho que el sombrero. Todo lo dicho justifica que la ventilación se realice con mucho cuidado y, como ya advertimos, evitando las corrientes de aire.

En lo que se refiere al riego, con la salvedad de no regar los jóvenes granos, se debe mantener una humedad elevada, regando con poca cantidad en cada ocasión. La cantidad de agua que se debe aportar depende principalmente de la evapotranspiración. Ésta, a su vez, es función de la temperatura y la humedad relativa del aire, conociendo que se necesitará tanta agua como 1 litro por kilo de champiñones a recoger y la que se pierda por evapotranspiración. En cuanto se recoge una oleada, se riega para proveer de agua a la siguiente. A medida que se cosechan las oleadas las necesidades serán menores, al igual que la producción (del 65 al 75 % en las tres primeras oleadas) y la evaporación.

Los rendimientos que se pueden obtener siguiendo los pasos de una técnica adecuada, pueden llegar a los 35 kg de champiñón por  $\text{m}^2$ , habiendo utilizado 100 kg de compost de buena calidad por  $\text{m}^2$  y cesando el cultivo tras la tercera oleada. Evidentemente, esto sufre grandes variaciones según el momento de la cosecha, pues cuando los champiñones se cosechan

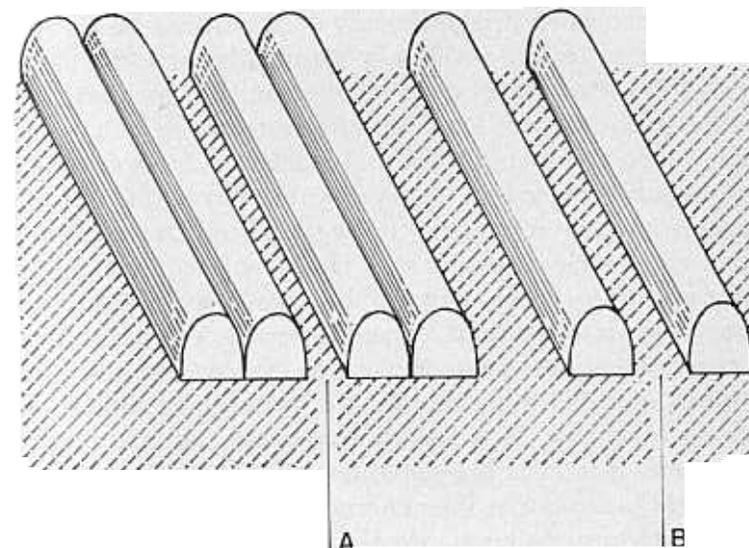


Figura 4.3 Cultivo en caballos.

abiertos el peso cosechado es mayor que cuando se recogen cerrados y más pequeños.

Conviene detenerse momentáneamente en el problema de la cosecha. Ésta representa, no sólo la culminación de nuestros esfuerzos, sino un importante factor de coste en las explotaciones modernas. Si los champiñones se recogen a mano, los rendimientos dependen principalmente de la destreza de los recolectores, de su técnica y ritmo, y secundariamente del tipo de cultivo y las condiciones de la recolección. Los mejores rendimientos se obtienen en los sistemas de estantes en los cuales, si la instalación está bien diseñada, el recolector se encuentra con gran cantidad de trabajo a mano y en varios pisos, con el consiguiente aprovechamiento de la superficie. Los sistemas de cultivo en el suelo producen más fatiga, por las posiciones incómodas que se deben adoptar. En cuanto a los cultivos en sacos o bloques de compost, el tiempo perdido en desplazamientos es muy importante en comparación con los estantes. Como en todos los cultivos, la necesidad de obtener un rendimiento económico óptimo de la inversión aportada, aconseja reducir costes y esta mano de obra empleada en la cosecha es uno de los principales gastos que se intenta minimizar. Esta voluntad, aliada con la técnica, ha permitido el desarrollo de sistemas mecánicos de cultivo del champiñón, sistemas que prácticamente encuentran su aplicación en todas las labores del cultivo.

El gran problema de la recolección mecánica es que, al realizarse toda de una vez, los champiñones que se recogen no son de tamaño uniforme. Sin embargo el ahorro es importante ya que se arrancan o cortan en una pasada y se pueden transportar también mecánicamente hasta una zona de calibrado y expedición. Prácticamente no existe mano de obra, pero el estudio económico de la amortización es un factor a tener muy en cuenta.

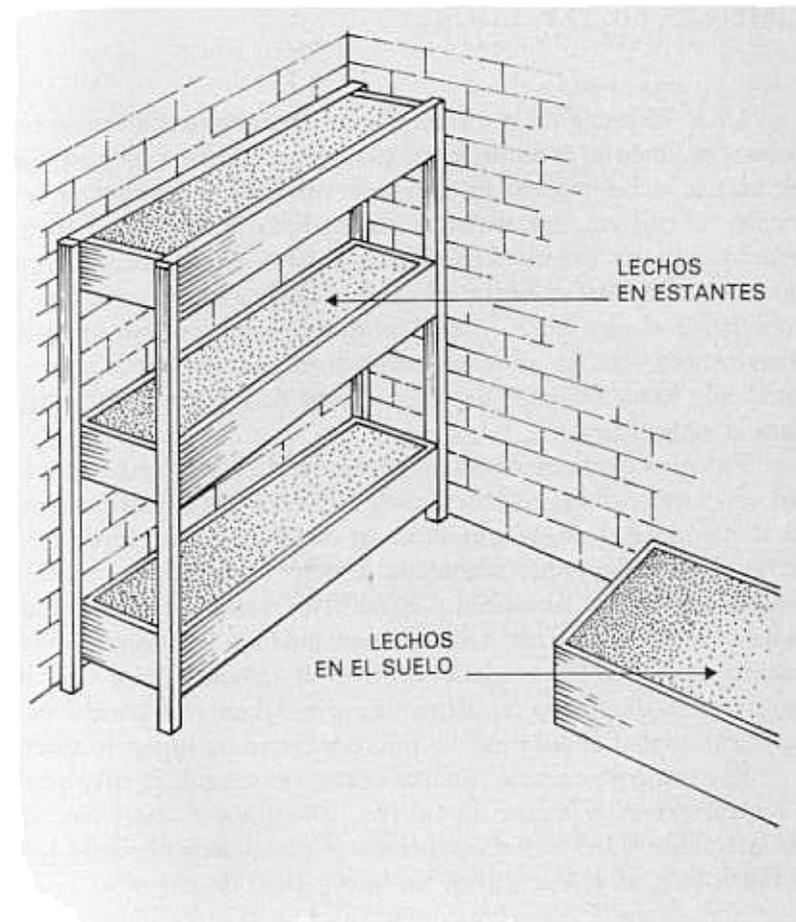


Figura 4.4 Cultivo en estantes y cultivo en bancales sobre el suelo.

## LIMPIEZA DE LOS LOCALES

Una vez recogida la última oleada interesante (que suele ser la tercera, aunque la tendencia actual va hacia dos, e incluso una oleada) se debe evacuar el compost utilizado y desinfectar los locales de cultivo. Los sistemas empleados son diversos, dependiendo en parte del nivel técnico de la explotación. En muchos casos el compost se retira tal cual y se deja en el exterior, a cubierto o al aire libre, y se deja que los microorganismos lo transformen, en un proceso parecido al que se sigue con el estiércol, hasta obtener un abono orgánico de buena calidad para la agricultura.

En otras explotaciones, mejor equipadas, los locales se tratan con vapor, todas las entradas de aire cerradas herméticamente, debiéndose alcanzar temperaturas de 68-70 °C durante 12-15 horas. Este tratamiento acaba con la mayor parte de los enemigos del cultivo en las camas y el edificio, aunque siempre quedan zonas sin esterilizar. Una vez terminado el tratamiento y en cuanto sea posible, se debe ventilar al máximo para que la temperatura descienda rápidamente; un enfriamiento lento favorece la actividad de los posibles microorganismos supervivientes.

El compost se retira, muchas veces con máquinas adaptadas a los diferentes sistemas de cultivo, y se trata el local con un desinfectante. Una vez transcurrido el plazo recomendado por el fabricante, se puede iniciar un nuevo ciclo de cultivo.

enfermedades  
y enemigos  
del champiñón

5

Como todos los cultivos, el del champiñón tiene sus enemigos, que tienen una incidencia negativa sobre el rendimiento. Con el agravante, en este caso, de que el champiñón se cultiva sobre un medio muy rico en materia orgánica, ideal para que medren diversos microorganismos y plagas, y en un ambiente cargado de humedad, necesaria para todos ellos. Por ello, aunque se apliquen todas las precauciones que se han ido indicando en capítulos anteriores, el champiñón debe enfrentarse a muchos enemigos potenciales.

En este capítulo, repasaremos someramente las principales enfermedades y plagas, así como los métodos más usuales de lucha, tratando por este orden: las enfermedades debidas a factores ambientales, las víricas, bacterianas, fúngicas y las plagas.

## ENFERMEDADES POR FACTORES AMBIENTALES

### Escamas

También llamadas piel de cocodrilo. Ya hablamos de ellas en el capítulo dedicado al cultivo. Las provocan las corrientes de aire demasiado fuertes y secas y algunos productos fitosanitarios. Los daños, escamas sobre los sombreros, suelen estar localizados en el lugar del problema. La estrategia de lucha se basa en eliminar las causas.

### Gota húmeda

Es una afección de origen mal definido, pues no se puede asegurar sea debida al exceso de humedad, a un compost defi-

ciente o de ataques bacterianos o víricos. Los síntomas son champiñones aislados que supuran gotas de un líquido claro, a menudo acompañado de ligeras manchas pardas. Los champiñones atacados se conservan peor aunque no se producen más daños.

#### Ausencia de velo

Ciertas variedades están más expuestas a esta anomalía que se desencadena con los cambios bruscos de temperatura o humedad. Al faltar el velo, los carpóforos se presentan abiertos.

#### Pies abiertos o "Calcetines caídos"

Los champiñones presentan unos pies abiertos por grandes grietas y deformados como calcetines caídos, de ahí su nombre. Parece ser una afección de origen genético pero favorecida por la falta de humedad y las temperaturas elevadas.

#### Falta de fructificación, micelio sobre el revoco

Este problema viene causado principalmente por la falta de ventilación que provoca el acúmulo de CO<sub>2</sub> en la superficie del cultivo. Superada una cierta concentración, cesa la fructificación y el micelio se desarrolla en la superficie en forma de musgo blanco o de placas tupidas. Además de la deficiente ventilación, favorecen esta anomalía las temperaturas altas y el exceso de humedad, consecuencia a menudo de la mala ventilación.

## ENFERMEDADES VÍRICAS

Sólo se describe un ejemplo de enfermedad vírica: la marchitez, conocida por otros nombres como Dieback o Lafrance, y en los cultivos enfermos se han identificado no menos de tres tipos diferentes de virus, por lo que tal vez sea más adecuado hablar de manifestaciones asociadas a la presencia de un complejo vírico. Los champiñones afectados aparecen con los pies largos y débiles, viscosos y de color sucio y mate. Se presentan áreas sin fructificación en las que suelen medrar hongos oportunistas. Es una enfermedad que provoca pérdidas importantes y por tanto se debe cuidar mucho su control, es bien conocida la naturaleza epidémica de muchas enfermedades víricas que pueden afectar de forma explosiva a extensas regiones.

Las medidas de lucha contra esta enfermedad ya se han descrito y consisten fundamentalmente en evitar la contaminación utilizando un sustrato libre de virus, una semilla de confianza y evitando la llegada de esporas filtrando el aire y cubriendo el cultivo con papel antes de la cobertura.

## ENFERMEDADES BACTERIANAS

### Manchas bacterianas

Sobre el sombrero de los champiñones atacados aparecen unas manchas parduzcas que, si bien son claras al principio, se van oscureciendo y extendiendo hasta formar una sola gran mancha sobre el sombrero. Estas manchas superficiales están causadas por una bacteria del género pseudomonas que se ve favorecida por la humedad y las temperaturas suaves. Estas

bacterias se encuentran en la tierra de cobertura y penetran en los filamentos del hongo, principalmente si su entrada se ve facilitada por la presencia de heridas.

La lucha contra esta enfermedad bacteriana se basa en las mismas premisas que en el caso de los virus, mantener los locales limpios, así como sus alrededores, utilizar materiales y herramientas desinfectados. Otras precauciones a adoptar y más específicas de la lucha antibacteriana son: regar con agua clorada (2 litros de solución comercial por m<sup>3</sup> de agua) o con riegos de solución de formol muy diluida en la cobertura y entre las oleadas. Es importante recordar lo que ya se ha dicho acerca de la ventilación suficiente y el secado de los champiñones tras el riego.

### Momificación

Esta enfermedad también la causa una bacteria del género *pseudomonas* y los síntomas más aparentes son una base desproporcionadamente gruesa al principio, que deja un anillo profundamente enraizado en el compost, del cual sale un pie largo, a menudo torcido. Pero se puede advertir la presencia de esta enfermedad desde antes de la primera oleada: la emergencia de los carpóforos es irregular, en las zonas afectadas salen más tarde y con las deformaciones indicadas. Los champiñones afectados son de baja calidad, de carne correosa y un color céreo poco apetitoso.

Esta enfermedad se propaga rápidamente (2-3 m/semana) y el principal medio de lucha, que se debe aplicar desde la aparición de los primeros síntomas, consiste en aislar la zona afectada, eliminándola si es posible y si no abriendo una zanja, y matar las bacterias con formol vulgar o sal de cocina. El tratamiento se completa cubriendo con papel o plástico para evitar la propagación de esporas.

## ENFERMEDADES FÚNGICAS

Los hongos que atacan el cultivo del champiñón son numerosos, y su exposición exhaustiva está fuera de nuestras intenciones, por razón de la propia estructura de esbozo divulgativo de este libro.

En esta línea, nos limitaremos a descubrir los más perjudiciales.

### Hongos amarillos

Para detectar precozmente esta enfermedad, se debe observar regularmente el límite entre la cobertura y el compost en busca de las características manchas amarillentas en la superficie del compost, éstas son típicas de hongos del género *Myceliophthora* y no suelen sobrepasar los 2 cm de diámetro; a veces se le llama confeti.

Otros hongos, del género *Sepedonium*, producen manchas mayores, de color amarillo que va pasando a verdoso, localizadas igualmente en la superficie del compost.

Sobre el cultivo mueren muchos champiñones al principio de su crecimiento y los que sobreviven casi no se sostienen sobre una base muy delgada.

Todo ello afecta considerablemente a la producción por ser invendibles los champiñones atacados.

En cuanto a los medios de lucha, se debe comenzar por eliminar las causas de la infección realizando una buena pasteurización (que alcance los 58 °C durante, por lo menos, 12 horas) de un compost bien fermentado, sin excesos de humedad. Los productos antifúngicos que se pueden emplear son el omnipresente formol y el clorofenato de sodio al 2 % para tratar materiales y locales entre los ciclos de cultivo.

### La Tela

Causada por el *Dactylium dendroides*, es una enfermedad de desarrollo fulgurante que puede invadir toda la champiñonera en pocos días, atacando los champiñones vivos tras haberse desarrollado sobre los granos y restos muertos, con el aspecto de una tela de araña que cubre los champiñones y la cobertura. Esta tela cambia más tarde a un color rojizo y a amarillento.

La Tela, favorecida por las temperaturas elevadas, ataca principalmente en verano y conviene controlar la temperatura y no dejar que se acumule la humedad. Las partes afectadas se pueden regar con formol o espolvorear con sal y es conveniente eliminar todos los restos muertos, aunque se comprende que a partir de un cierto tamaño de explotación, esto es prácticamente imposible.

Como preventivo y desde cobertura, se pueden aplicar productos comerciales fungicidas, en las dosis recomendadas por los fabricantes para el champiñón, como el Mancozeb. Los fungicidas deben aplicarse una vez por semana.

### Las Moles

Existen dos tipos de Mole bien diferenciadas y causadas por hongos diferentes. Tratamos primero de la "Mole húmeda".

Esta enfermedad la causa el hongo *Mycogone perniciosa* y sus efectos son desastrosos para el cultivo. Los granos recién formados adoptan formas raras y todos los champiñones afectados aparecen rodeados de micelio del parásito. Cuando comienza su fructificación cambia a pardo debido a las esporas. Más tarde, las masas en putrefacción segregan gotas pegajosas de color pardo, producidas por las bacterias asociadas a la putrefacción. Toda el área afectada queda inservible y muere; si el ataque es importante puede ser necesario levantar el cultivo.

De forma parecida a la Tela, se debe cuidar la ausencia de residuos tras la contaminación y espolvorear con fungicidas, eliminando cualquier parte atacada. También se puede clorar el agua de riego y si la invasión es localizada, se puede intentar mantener temperaturas bajas con la esperanza de frenar la propagación.

Frente a la "Mole húmeda", la "seca" es provocada por hongos del género *Verticillium*, también se producen deformaciones como pies curvos y astillados, pero los champiñones afectados quedan secos y no se pudren aunque no se pueden utilizar.

La lucha se lleva a cabo igual que para la "Mole húmeda" y utilizando las mismas precauciones generales especificadas para con los demás hongos.

### Sporendonema púrpura

Debe su nombre al micelio aterciopelado que se observa en la tierra de cobertura y que al principio es blanco, pero va coloreándose hasta adquirir un bonito color púrpura. Este hongo debe su peligrosidad a que inicia su desarrollo en el compost, oculto a la vista del champiñonista, y cuando se aprecia el micelio sobre la cobertura, la merma de producción ya es importante.

Para evitar esta enfermedad, se emplean las mismas técnicas generales que para los demás hongos y se evita el exceso de nitrógeno en el compost añadiendo fuentes de carbono, como pulpa de remolacha, si es necesario para conseguir una relación carbono/nitrógeno más alta.

Para finalizar este repaso a los principales hongos enemigos del champiñón, citaremos a los diversos hongos verdes y la *Botrytis*, que si bien son muy comunes, no suelen provocar

graves daños pues el champiñón vence a menudo en la lucha por el espacio.

## LAS PLAGAS

### Los nemátodos

Estos animales son unos gusanos muy diminutos, invisibles a simple vista y que constituyen tal vez la fuente de pérdidas más importante, a la vez que más generalizada, en el cultivo del *A. bisporus*. Se diferencian dos grupos de nemátodos, que producen sus daños de forma distinta: Los nemátodos chupadores, que perforan directamente las hifas del micelio y absorben su contenido al mismo tiempo que facilitan la invasión de bacterias y virus. En este grupo se clasifican los nemátodos *Aphelenchoides composticola* y *Ditylenchus myceliophagus*.

Otro grupo lo constituyen los nemátodos que se alimentan del compost al mismo tiempo que de las hifas del champiñón, siendo también vectores de bacterias y virus.

Los nemátodos son prácticamente omnipresentes en la tierra y en el estiércol utilizados para el cultivo y disponen de formas de resistencia que permiten su supervivencia tras pasteurizaciones y desinfecciones poco cuidadosas y su transporte por el personal y utensilios. La mayoría de las especies se desarrollan bien entre 18 y 25 °C y con humedad elevada; si no se dan estas condiciones, desarrollan diversas formas de resistencia con las que esperan un nuevo cambio favorable.

Como ya hemos citado, su diminuto tamaño los hace invisibles a simple vista, por lo que la plaga se detecta por sus síntomas. Por desgracia, cuando la invasión no es muy intensa, los síntomas son poco claros: la producción decae rápidamente

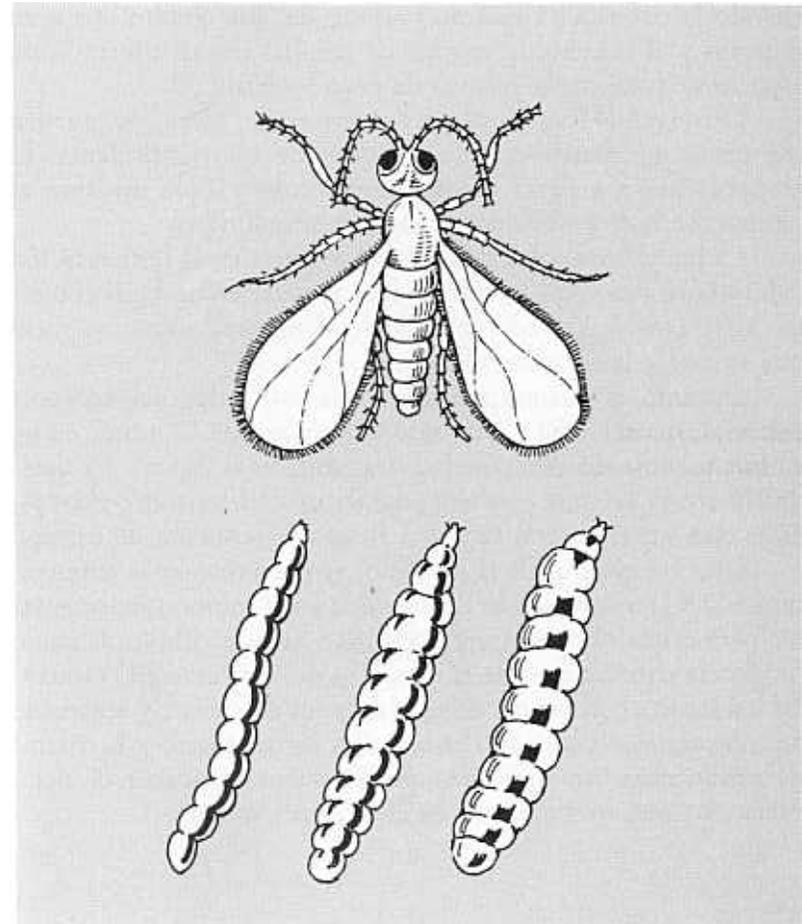


Figura 5.1 Las larvas son depredadores dañinos del cultivo del champiñón.  
Mosca cécida con sus larvas (ampliadas)

cuando la cosecha ya está muy avanzada. Los granos aparecen muertos y el micelio desaparece de amplias zonas, tomando un aspecto de filamentos gruesos de poca longitud.

Observando con lupa una porción de tierra, se pueden identificar agrupaciones de nemátodos de aspecto brillante. El compost huele a tierra y está ennegrecido y si la invasión es intensa, se vuelve pesado con olor a podredumbre.

La lucha contra los nemátodos se inicia en la fermentación del montón de estiércol, que se debe realizar en un local cubierto, a ser posible cerrado, y aislando el montón sobre un suelo que se pueda lavar y desinfectar.

Durante la pasteurización, todas las zonas del compost deben alcanzar los 58 °C durante un mínimo de 12 horas, en un ambiente saturado de humedad (tratamiento al vapor). La tierra de cobertura se trata con nematicidas utilizables sobre champiñón, con vapor, o con el típico riego con solución de formol.

Una vez producida la invasión, se debe rebajar la temperatura a 12 °C, manteniendo la humedad en el mínimo indispensable para evitar su propagación a otras zonas de cultivo. Cuando finaliza la cosecha se evita la infección del siguiente ciclo tratando los locales con vapor, antes y después de vaciar, y aplicando desinfectantes. A menudo la invasión es tan fuerte y la merma de producción tan marcada, que lo mejor es acabar el ciclo, vaciar, y tener más cuidado en el siguiente intento.

### Ácaros

Los ácaros son arácnidos de pequeño tamaño, en muchos casos microscópicos, presentes en todos los ambientes, sobre todo desde que la masiva utilización de insecticidas en la agricultura ha hecho disminuir el número de sus competidores. Los ácaros que atacan los cultivos de *A. bisporus* son comedores de micelio y actúan allí donde se encuentra, ya sea en el compost,

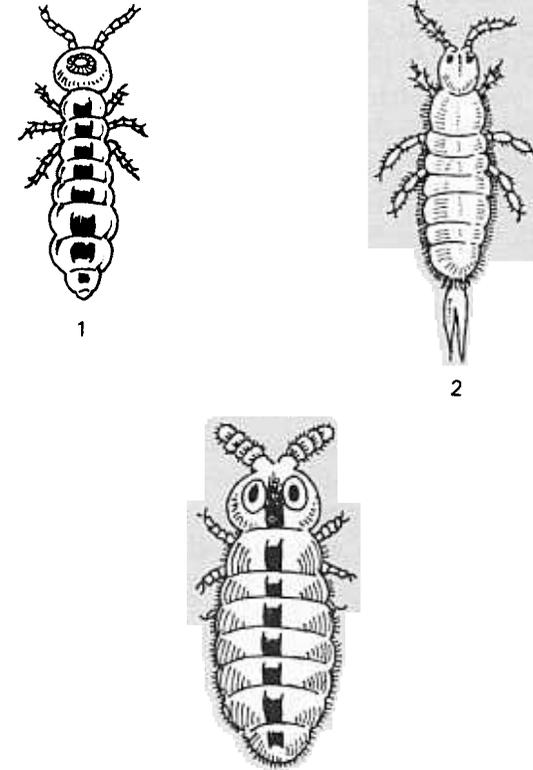


Figura 5.2  
Diversas Celémbolas  
que atacan al cultivo

1, *Isotoma* (huevas); 2, *Lepydectyrus cyaneus* (cola de pinza plateada); 3, *Achorutes armatus* (cola de pinza gris).

la cobertura o los propios carpóforos. Cuando atacan los carpóforos, el pie está prácticamente cortado y el sombrero se colorea de pardo en las zonas atacadas.

Muchos de estos parásitos dejan una finísima tela donde se desarrollan y se pueden observar con una lupa, aunque a veces es difícil distinguirlos del fondo.

Los ácaros que atacan el champiñón son básicamente de dos tipos: Claros y casi invisibles, *Tyrophagus dimidiatus* (Ácaro del heno), *Caloglyphus mycophagus* (Ácaro blanco del champiñón); el primero, sobre todo, es omnipresente en el campo y difícil de combatir. Más peligrosos son los del género *Tarsonemus*, atacan los carpóforos y se distinguen de los anteriores por su color oscuro.

La primera medida contra esta plaga es evitar la contaminación, pasteurizando adecuadamente el compost, desinfectando la tierra de cobertura y utilizando productos acaricidas desde los primeros síntomas (keltane o diazinón). En general y como siempre, desinfectar tras el cultivo alejando los restos de los locales.

### Insectos

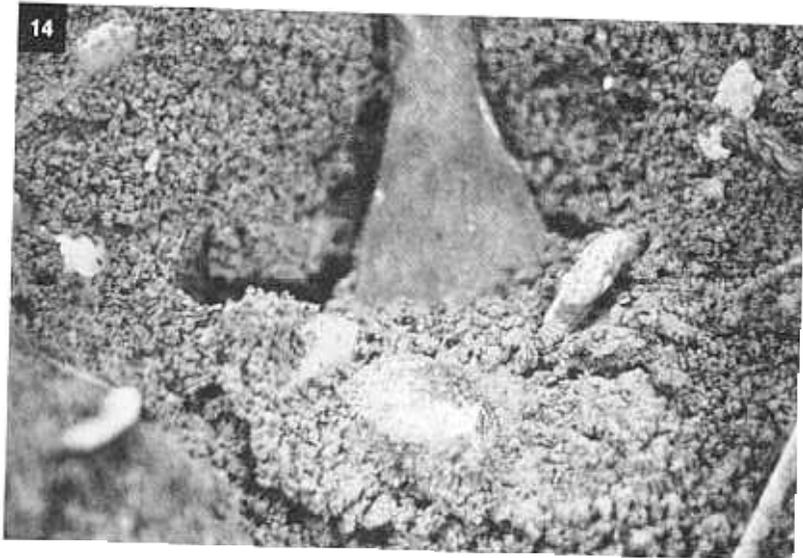
Los más dañinos para el champiñón son moscas y mosquitos, cuyas larvas devoran el micelio y los carpóforos, de los géneros *Sciara*, *Megalesia* y *Mycophila*. Los insectos realizan sus puestas sobre el estiércol, el compost, la cobertura, etc... y las larvas, dotadas de una gran voracidad, se comen el micelio y excavan características galerías en los carpóforos, y como cada hembra pone varios cientos de huevos, los daños pueden llegar a ser muy graves.

Las altas temperaturas acortan el ciclo de estos insectos, mientras que las bajas pueden matarlos, por lo que la época más propicia para su aparición es el verano.

complemento  
fotográfico



otografi    **Cómo**    **extrae**    **trufas**    'Capítulo

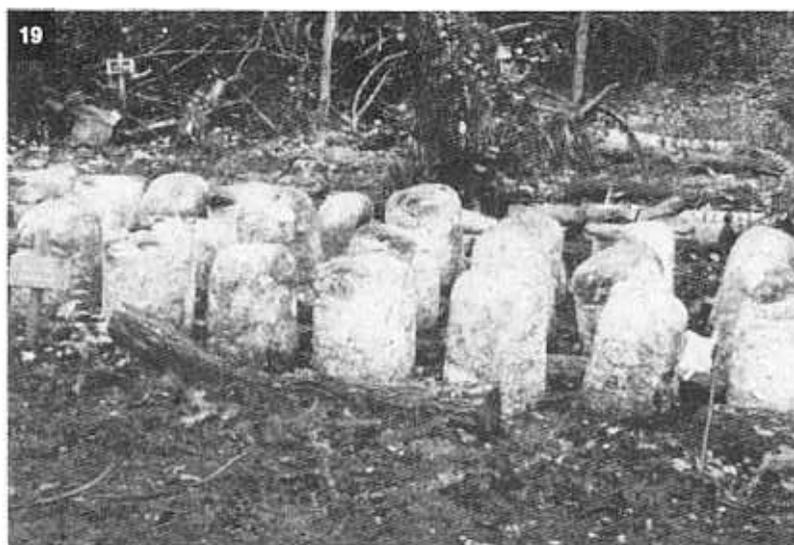


Fotografía 14 Cómo se extrae la trufa. (Capítulo 6)  
Fotografía 15 Cultivo de pleurotus sobre bloques de paja. (Capítulo 7)



Fotografía 16 Fructificación de pleurotus sobre un tronco. (Capítulo 7)  
Fotografía 17 Incubación de los troncos. (Capítulo 7)





Fotografía 18 El cultivo preparado para la posterior fructificación. (Capítulo 7)

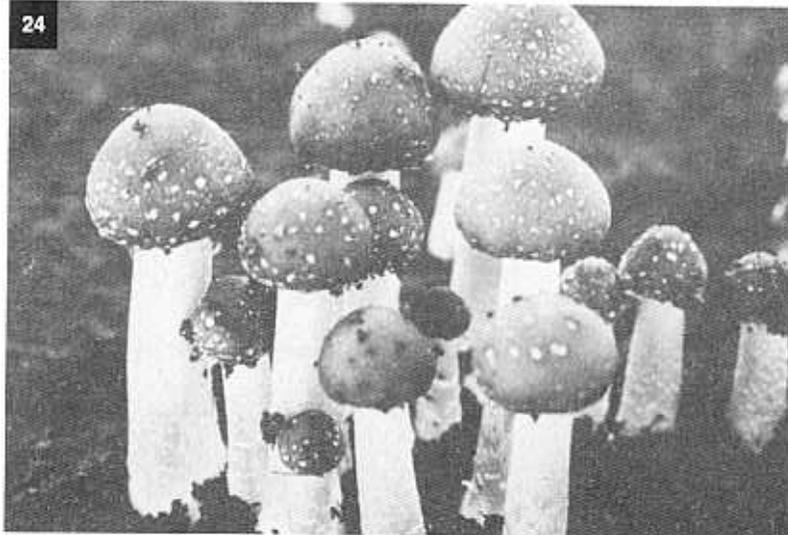
Fotografía 19 Cultivo de pleurotus en sacos, se puede apreciar el color blanquecino debido al micelio. (Capítulo 7)



Fotografía 20 *Stropharia* sobre paja. (Capítulo 7)

Fotografía 21 *Stropharia azulado silvestre*. (Capítulo 7)

Fotografía 22 *Shii-Take* sobre troncos. (Capítulo 7)



Fotografía 23 Cultivo de stropharia sobre paja y revoco. (Capítulo 7)

Fotografía 24 Jóvenes stropharia sobre la tierra de cobertura. (Capítulo 7)

Además de evitar la contaminación en las fases iniciales del cultivo, se deben eliminar todos los ejemplares que se puedan presentar durante el mismo, fumigando con insecticida. Afortunadamente, los daños y las larvas son bastante aparentes, lo que permite actuar con presteza.

Con esto terminamos el resumen de los principales enemigos del cultivo, no sin recordar que se puede hallar información especializada sobre las plagas y los métodos de lucha en los servicios técnicos de las casas comerciales.

la trufa

6

La trufa se conoce como alimento desde la más remota antigüedad, aun sin saber cual era su origen. En aquellos tiempos, se creía que era un misterioso fruto de la tierra o que se originaba tras las tormentas (Teofrasto 372-287 a. de JC) y era vegetal. No fue hasta finales del siglo pasado, que Chatin estableció que la trufa es un hongo.

## CLASIFICACIÓN

La trufa es un hongo ascomiceto, hipogeo (crece bajo tierra), familia *Tuberacea*, género *Tuber*, del que se conocen unas treinta especies, útiles o no.

La clasificación de estas especies es objeto de controversias, pues la sistemática de los hongos tropieza con dificultades de todo tipo, y se basa en las características del peridio, que es la parte externa o piel, y de las esporas. Estas esporas se encuentran en unas estructuras llamadas ascas, que dan su nombre a los ascomicetos; pueden ser alveoladas o dotadas de pinchos.

También se diferencian las trufas por las características de la carne interior, llamada gleba.

Algunos autores separan las trufas en comestibles y no comestibles, pero ésta es una clasificación sin fundamento científico, útil sólo en gastronomía.

La trufa más apreciada, y principal objeto de este apartado, es la trufa negra, *Tuber melanosporum*, de esporas dotadas de pinchos, peridio negro de facetas poligonales. La otra trufa importante es de peridio blanco y esporas alveoladas, es la *Tuber magnatum*, trufa blanca o trufa del Piamonte, que se recoge en Italia y es de gran calidad.

Existen otras especies, comestibles o no, que se escapan del ámbito de este estudio, si bien algunas de las comestibles se

recolectan en sus regiones de origen y también daremos su distribución geográfica.

### DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

*T. melanosporum*: trufa negra o del Perigord. Se encuentra en Francia, Italia, Yugoslavia, Bulgaria, Portugal y España, donde se halla en las provincias de Huesca, Guadalajara, Granada, Sevilla, Soria, Álava, Cuenca, Zaragoza, y en Catalunya. Generalizando, se puede decir que se da, en las condiciones adecuadas, entre los 40 y los 47 ° de latitud norte.

*T. magnatum*: trufa blanca o del Piamonte. Se encuentra en Italia, señaladamente en el Piamonte. Es muy apreciada por su intenso aroma.

*T. brumale*: se da en Francia e Italia, siendo rara en España.

*T. bituminatum*: Italia.

*T. aestivum*: trufa de verano. Se da poco en Francia y algo más en Italia, donde es más apreciada.

*T. uncinatum*: trufa de Borgoña. Se puede encontrar en Alemania y Francia, donde antiguamente se le dedicaban algunas trufas. Es muy apreciada.

### CONDICIONES DE LA PRODUCCIÓN

Cada una de las especies citadas tiene unas condiciones propias de desarrollo, si bien aquí nos ocupamos principalmente del cultivo de *T. melanosporum*, que es la única especie cultivada corrientemente.

Como la mayoría de los organismos, la trufa requiere condiciones diferentes en distintas fases de su ciclo vital. Así, se dan requisitos diferentes para el desarrollo vegetativo del micelio, para la entrada en fructificación o para la maduración de los carpóforos. En estado silvestre, estas condiciones no siempre se dan en la secuencia y con la duración necesarias, por lo que no se puede hablar de cultivo si no se cumple el ciclo completo en condiciones favorables. Se trata, pues, de encauzar el ciclo natural de las estaciones, suavizando en lo posible los extremos y utilizando las técnicas de cultivo adecuadas. En el caso de la trufa, la fructificación necesita de la variación climática y del consiguiente cambio en las condiciones del suelo donde vive.

### Clima

La alternancia de las estaciones es necesaria para que se sucedan las diferentes partes del ciclo. Ahora bien, no deben haber extremos térmicos ni hídricos, que se dan en los climas muy típicos. En general el mejor es un clima continental suave y manteniendo una orientación favorable.

En verano, la trufa negra aguanta bien el calor del aire, pero no así el del suelo, por lo que interesa un cierto sombreado del mismo. En cuanto al frío, como en invierno el hongo está en reposo, puede soportar temperaturas inferiores a 0 °C, siempre que no lleguen a helarse las micorrizas o el propio micelio en el suelo. Las heladas primaverales son más peligrosas, pues aparecen cuando el árbol huésped y el hongo salen de su letargo y son sensibles al frío.

La pluviometría necesaria es de unos 600-900 mm y repartida en los momentos adecuados como son: en primavera, cuando la trufa y el huésped salen de su letargo; en verano, cuando se inicia la fructificación, y en otoño durante la maduración de los carpóforos. En invierno basta con que sea suficiente para

evitar la desecación del hongo y del árbol; si es excesiva el hongo puede morir asfixiado o atacado por la podredumbre. Generalmente, la humedad debe mantenerse entre el 35 y el 70 % de la capacidad de campo, que es la cantidad de agua que queda en el suelo tras haber drenado el terreno.

### El suelo

El suelo dedicado a la producción de trufas debe reunir una serie de características esenciales para el buen desarrollo del hongo.

Se trata de suelos calizos, ricos en calcio y poco profundos (10-15 cm), puesto que en un suelo profundo se dan pocas raíces superficiales, que son aquellas donde se produce la simbiosis. Estos suelos deben tener un Ph de 7,5-8 y una buena capacidad de drenaje que impida el estancamiento del agua de lluvia o riego. Por la misma razón, los suelos truferos suelen ser pedregosos, facilitando la escorrentía y la aireación. La estructura grumosa es la más adecuada y es importante la presencia de una cierta cantidad de materia orgánica (2-8 %) y una relación C/N cercana a 10. Esta materia orgánica va cambiando su composición y su presencia según la edad y estado evolutivo de la trufera.

En cuanto a su composición mineral, no se conocen exactamente los valores adecuados para cada elemento. Sin embargo, se pueden deducir aproximadamente de la composición de la trufa: ésta es rica en nitrógeno (4-6 %), fósforo (0,8-1,5 %), potasio (2-4 %), calcio (0,3-0,5 %), todo ello sobre materia seca; en consecuencia, las parcelas para instalar las trufas se deben escoger sin carencias de ningún elemento y equilibradas. En la caracterización de un suelo se dan unos ratios determinados que, en ningún caso, deben tener valores extremos; los más comunes son: P/Ca, P/K, K/Mg. En cuanto a los minerales y metales de menor concentración, como los metales pesados, no

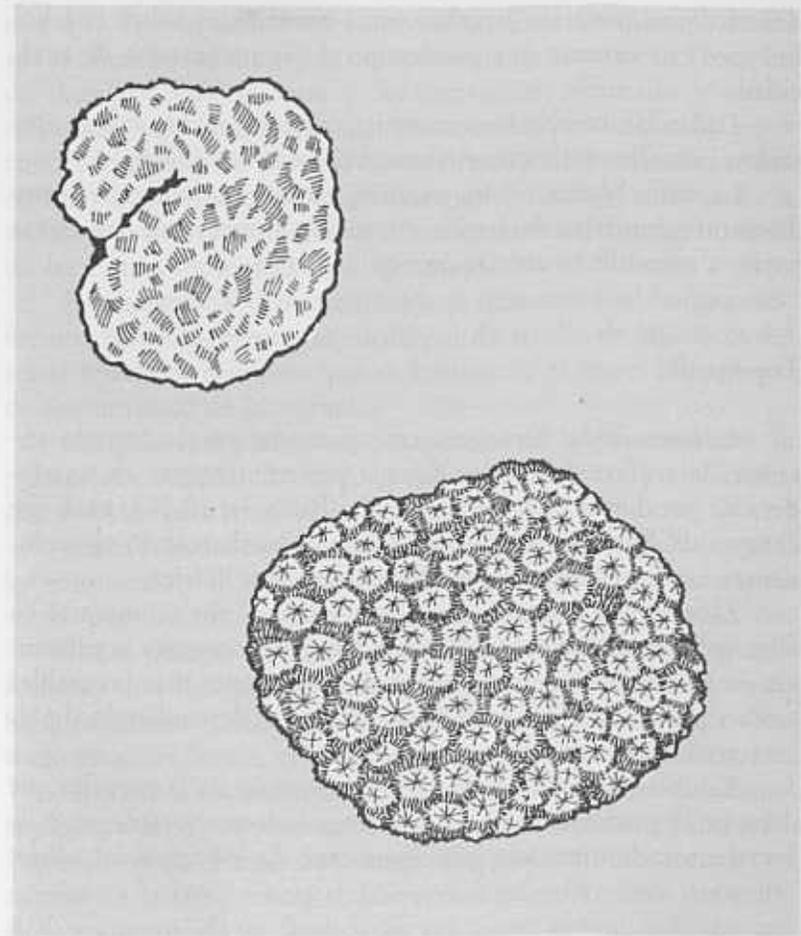


Figura 6.1 Arriba, aspecto de su interior.  
Trufa negra Abajo, imagen exterior.  
(*Tuber melanosporum*)

deben darse carencias (muchas veces apreciables sobre el árbol huésped) ni excesos que pueden producir fenómenos de toxicidad.

Todas las condiciones enunciadas excluyen los suelos aluviales, cristalinos o metamórficos, así como los ácidos.

La trufa blanca, *T. magnatum*, requiere condiciones muy diferentes, pues se desarrolla en suelos aluviales de las zonas bajas, a menudo en asociación con el álamo.

### Topografía

Además de las características apuntadas en el apartado anterior, la trufera debe estar situada preferentemente en una ladera de pendiente poco pronunciada (hasta del 10 %), para que el agua de lluvia o riego no se estanque encharcando el suelo, sin ser tan fuerte que se provoque la erosión hídrica.

El fondo de los valles no es conveniente, por acumularse en ellos la humedad y los aluviones, poco propicios para la existencia de trufas *T. melanosporum*. Las condiciones más favorables se dan por debajo de los 1000 m de altura, dependiendo de las características locales.

También depende de éstas la orientación de la parcela, que debe estar protegida de las fuertes insolaciones veraniegas y de los vientos dominantes, principalmente de los fríos del norte.

### Vegetación, la quemada

Cuando el suelo está invadido por el micelio de la trufa y las micorrizas son numerosas y activas, se produce un fenómeno de destrucción de la vegetación adventicia en un cierto radio alrededor del árbol huésped. Esto recibe el nombre de "quemada" y es característico de *T. melanosporum* y *T. brumale*, mien-

tras que *T. magnatum* no lo presenta. Esta eliminación de las adventicias se produce por competencia de éstas con el micelio del hongo sobre el agua y los nutrientes minerales y se ve reforzada por fenómenos de fitotoxicidad y antibiosis, poco conocidos, pero no por ello menos reales. Este tema se intenta estudiar hoy en día en condiciones controladas y cultivando la trufa sobre sustratos inertes o de composición definida, buscando las causas biológicas de la quemada.

Esta quemada va aumentando su diámetro si el hongo evoluciona favorablemente, siguiendo el desarrollo de las raíces del árbol huésped, mientras que si desaparece es signo inequívoco de agotamiento de la trufera.

Las primeras plantas en desaparecer de la quemada son: la grama, el cárdamo silvestre, el galio, el ray-grass y el llantén, por citar las más conocidas.

Otras resisten mejor o no se ven afectadas, como la festuca, los ranúnculos, el bromo o el trébol, cuya presencia en la quemada puede indicar una inminente entrada en producción.

Otras plantas aparecen asociadas a los suelos con aptitud trufera y son indicadores de la presencia de condiciones favorables: *Juniperus comunis*, *J. oxycedrus*, el *Prunus mahaleb* o ciruelo de santa Lucía, el arce campestre o la artemisia.

Cuando la trufera está en pleno desarrollo, pueden desecarse algunos arbustos jóvenes al igual que las hierbas indicadoras. También se da el caso de plantas que son perjudiciales para el cultivo de la trufa como el *Hieracium pilosella*, cuya desaparición en favor de la festuca es un signo inequívoco de una intensa actividad del hongo y las micorrizas. Las plantas que resisten la actividad de la trufa, a menudo se desarrollan fuera de las épocas de mayor actividad del micelio, cuando crece o se inicia la fructificación; otra estrategia de resistencia es la acumulación de agua por parte de los tejidos de la planta.

También se producen antagonismos y asociaciones con la microflora del suelo: así se da la presencia de hongos del género

*Penicillium*, *Mortierella* o *Humicola*, también se ven en la quemada setas que aparentemente no se ven afectadas (boletus, morchellas...). El *Boletus felleus*, en cambio, es inhibido en la quemada. Algunos de los hongos presentes resultan perjudiciales para la trufa, por competir con ella en la absorción de los nutrientes, caso de *Caerococcum graniforme* o de ciertos *Sclerodermes*, que compiten con la trufa en el establecimiento de las micorrizas en las raíces de los árboles huésped.

Todo este tema de los antagonismos y asociaciones se estudia intensamente para conocer las exigencias biológicas de los competidores y los modos de actuación de los organismos que le son favorables. Se investiga, en particular, la asociación con ciertas bacterias que parecen estimular diversas fases del ciclo vital.

### La fauna

La más importante es la del suelo, formada por insectos y gusanos que mantienen la aireación y la estructura del suelo al mismo tiempo que contribuyen a la dispersión de las esporas de la trufa. Otros son perjudiciales por devorar el hongo o atacar el huésped: son comunes la mosca de la trufa (*Suillia tuberivora*), que es utilizada como indicadora del emplazamiento del carpóforo, o el *Liodes cinnamonea*, pequeño coleóptero de color rojo que también se alimenta del carpóforo.

En cuanto a los animales superiores, pueden causar graves daños los jabalíes, roedores, conejos y liebres, ciervos y corzos, y otros muchos.

La lucha contra estos enemigos de la trufa se trata en el capítulo correspondiente.

### CICLO BIOLÓGICO

El ciclo biológico de *T. melanosporum* se inicia con la espора liberada por el asca. Esta ascospора, ovalada, de  $3-4 \cdot 10^{-2}$  mm por  $2-3 \cdot 10^{-2}$  mm, de color oscuro cuando alcanza la madurez y recubierta de pequeñas espinas, da lugar, cuando germina, al micelio del hongo que se presenta como finos filamentos de micelio (0,005 mm de diámetro), que se desarrollan en el suelo y forman numerosas anastomosis con las hifas nacidas de otras esporas. Esta fase de creación de numerosas anastomosis, es indispensable para que el siguiente paso del ciclo se lleve a término.

Tras unos fenómenos que no se conocen bien, salvo por la necesidad de que se den las anastomosis, el micelio adquiere la capacidad de formar un nuevo órgano en simbiosis con un árbol: la micorriza.

La micorriza es un órgano de intercambio, entre el suelo, el hongo y el huésped de éste, donde la trufa aporta capacidad de absorción de agua y sales minerales (por el aumento de volumen útil con respecto a las raíces desnudas del árbol) y, en contrapartida, el árbol proporciona productos carbonados, principalmente azúcares, que es capaz de sintetizar mediante la fotosíntesis. La micorriza también actúa como órgano de reserva de nutrientes, jugando un papel importante durante la fase invernal de reposo.

El aspecto de la micorriza es el de un fieltro ligero que recubre la parte activa de las raíces, el ápice, del huésped. El ápice es el lugar por donde crece la raíz en su continua búsqueda de nutrientes por el suelo; también es, con las zonas adyacentes, la parte de la raíz con mayor capacidad de absorción y por tanto de intercambio.

Las micorrizas se van multiplicando por las raíces del árbol, al mismo tiempo que el micelio se desarrolla en el suelo, la

quemada superficial aparece y en consecuencia va aumentando de diámetro. Tras cierto tiempo ocupado exclusivamente por este crecimiento vegetativo (entre seis y doce años, algo menos si se utiliza avellano como huésped) y si se dan las condiciones necesarias, comenzará la fructificación del hongo, la producción de las trufas que se pretende recoger.

Cuando en junio-julio se produce un aumento de la temperatura, acompañado de una mayor sequedad del aire, el hongo, como respondiendo a estas condiciones desfavorables, comienza el proceso de su fructificación. De forma parecida a lo que veíamos en el *Agaricus bisporus*, la fructificación comienza con agrupaciones de hifas, en forma de pequeños botones que van creciendo y adquiriendo el aspecto de carpóforos, recibiendo su alimento del micelio al que permanece unido. El carpóforo o trufa se produce a poca profundidad (entre 5 a 40 cm), según a que nivel encuentre las condiciones de suelo y según el clima reinante. Recién extraída del suelo, la trufa tiene el aspecto de un tubérculo sucio, de tamaño y peso muy variables, pues se dan trufas desde los 20 g hasta los 300 g, habiéndose citado ejemplares superiores a 1 kg. Esta gran variabilidad del tamaño no es privativa de la trufa pues muchos de los hongos que producen carpóforos presentan el mismo fenómeno.

Al principio, la trufa tiene una piel, o peridio, rojiza y cubierta de resaltes de forma poligonal, como pequeñas pirámides. Cuando la trufa madura, el peridio adquiere un característico color negro y un olor potente y muy característico, que es una medida de su calidad. En la parte interior encontramos la gleba, formada por dos tipos de tejido bien diferenciados: Una parte oscura, donde se producen las ascas, que contienen de cuatro a seis ascosporas que se liberarán al degenerar el carpóforo y serán dispersadas por la fauna del suelo. En el interior de este tejido se ve una red de filamentos blancos, parecidos a venas, constituidos por hifas estériles que aportan los nutrientes necesarios a la formación de las esporas.

Una vez liberada, la espora queda en reposo hasta que se dan las condiciones favorables a la germinación y el micelio queda listo para la fase de anastomosis. Otros microorganismos del suelo pueden impedir la formación de la simbiosis con el huésped por la competencia que representan; en estos casos, la perpetuación del hongo se lleva a cabo por otros mecanismos que no implican la formación del carpóforo.

Como la importancia de la micorriza es muy grande, tanto en la reproducción como en el desarrollo del hongo, vamos a extendernos un poco más sobre este órgano y sus características: La micorriza es una estructura mixta formada al mismo tiempo por las raíces del huésped y por tejidos del hongo que penetra entre las células de la parte externa de la raíz, sin llegar a penetrar en la célula, recubriendo la punta como un guante o una pequeña maza de color dorado. La micorriza, que sólo se da en la parte más extrema de la raíz, mide de 1 a 2 mm de largo y recubre el ápice con una capa de 0,5 a 1 mm de espesor. Por debajo de la micorriza la raíz sigue creciendo, seguida en su desplazamiento por la micorriza que se mantiene así en la zona más favorable al intercambio.

En cuanto a las funciones que desarrolla la micorriza son básicamente dos: la de órgano de reserva y la de intercambiador de sustancias entre los dos organismos implicados y el medio. Como órgano de intercambio, la micorriza aumenta el volumen ocupado por las raíces, permitiendo una mayor absorción de agua y nutrientes (en fósforo, por ejemplo, las raíces micorrizadas son mucho más ricas que las que están libres de hongo). El árbol huésped, por su parte, entrega al hongo sustancias que ha sintetizado y que la trufa no es capaz de producir por sí misma, como hidratos de carbono, diversos ácidos orgánicos o aminoácidos necesarios en la formación de proteínas.

De cara a la producción de trufas es importante la cantidad de micorrizas que se hayan formado, pues de ellas depende el aporte energético y metabólico indispensable para la iniciación

y crecimiento del carpóforo hasta alcanzar su madurez. El número de trufas obtenidas en la temporada parece depender, en gran medida, de la concentración de las micorrizas en el sistema radicular del árbol; cada paquete de micorrizas puede dar una o más trufas.

Una tercera función de la micorriza es la perpetuación del hongo durante el período invernal: como la simbiosis está establecida, el árbol y el hongo se ven reforzados en su capacidad de resistir a las condiciones adversas reinantes y el hongo puede sobrevivir, aunque las esporas de este año no lleguen a germinar o no formen micorrizas.

Por si todo esto no fuera suficiente, la micorriza adquiere una gran importancia en las técnicas modernas de cultivo, puesto que hoy en día se pretende conseguir plántulas de los árboles huésped, micorrizadas y libres de posibles competidores o enemigos, plantándolas después en la parcela elegida con la seguridad de que los árboles están efectivamente colonizados por la trufa.

## ELECCIÓN DE LOS ÁRBOLES HUÉSPED

Hablamos aquí de los árboles con los cuales se asocia la trufa negra.

Los principales árboles huésped, que han sido los más utilizados tradicionalmente, son los del género *Quercus*, las encinas y robles. Entre ellos *Q. pubescens*, *Q. pedunculata*, *Q. ilex*, *Q. coccifera*. En todos se desarrolla bien la trufa y se eligen de acuerdo con las condiciones climáticas y edafológicas reinantes en cada explotación.

El avellano (*Corylus avellana*), se puede utilizar igualmente para el cultivo de la trufa, con el atractivo añadido de propor-

cionar avellanas como segundo producto. El sistema radicular del avellano es superficial y abundante, lo que lo convierte en un buen huésped. Su crecimiento y la entrada en producción de trufas son más rápidos. Sin embargo, exige unos cuidados más esmerados que el *Quercus* y es sensible a la invasión de competidores de *T. melanospora*.

Otros árboles que se encuentran asociados con la trufa negra en la naturaleza, y no se emplean en el cultivo, son: tilo, castaño, cerezo silvestre, haya, abedul... También ciertas especies de coníferas, en concreto pinos, que se rodean abundantemente de micelio, pero vuelven al suelo ácido por la descomposición de sus hojas, con lo que la fructificación no es buena... Y los que las han degustado, afirman que estas trufas tienen un cierto sabor a resina que las hace poco agradables.

En cuanto a la *T. magnatum*, trufa blanca del Piamonte, se da en asociación con: chopo (*Populus nigra*), sauce (*Salix alba*), nogal (*Juglana regia*) y olmo (*Ulmus minor*) principalmente.

## CULTIVO DE LA TRUFA NEGRA

El principal problema en el cultivo de la trufa ha sido, durante mucho tiempo, el desconocimiento y las ideas erróneas que se tenían sobre este hongo. Antiguamente el buen fin del cultivo era consecuencia más bien de la suerte que de las técnicas empleadas. A medida que se ha ido desentrañando la biología de las trufas, se ha visto que el punto más delicado es la obtención de una trufera a partir de un terreno que no las produce: la siembra.

El cultivador debe actuar en tres frentes: el hongo debe colonizar el suelo, el árbol huésped debe arraigar y, lo más importante, es necesario que se forme la micorriza. Esta inicia-

ción de la simbiosis era el menos conocido de estos pasos y el más difícil de conseguir a voluntad.

Los primeros intentos de siembra, algunos de los cuales dieron resultado permitiendo que se continuara la investigación, se basaban en enterrar fragmentos de trufas, bellotas de árboles truferos e incluso hojas de estos mismos árboles. Una vez conseguido el crecimiento del micelio en laboratorio, se intentó sembrar con él de forma parecida a como se hace para el champiñón, llegándose finalmente a la técnica más reciente que consiste en plantar arbolillos micorrizados previamente en laboratorio, según ciertas técnicas desarrolladas por el INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) francés.

De momento estas técnicas sólo se aplican al cultivo de *T. melanospora*, pero se tiene la esperanza de poderlas aplicar al cultivo de la otra gran trufa: la *T. magnatum*. Al mismo tiempo, se estudian las condiciones que permitirán un mayor control sobre la producción, de manera que se puedan efectuar previsiones y planificaciones en las cuales basarse a la hora de diseñar una explotación trufera, entendida como industria agrícola propiamente dicha.

El cultivo de la trufa negra tiene tres posibles puntos de partida:

La trufera natural: es aquella que se da en un claro del bosque o bajo un árbol aislado. Se descubre por la quemada que tiene a su alrededor y se puede cuidar para mantener su producción o aumentarla.

La trufera inducida: se consigue aclarando el bosque de árboles huésped en las lindes de una trufera en producción, por ejemplo. Tras aclarar la parcela se debe limpiar de sotobosque para permitir la circulación del aire y la llegada de los rayos solares. Si las condiciones y el cuidado son adecuados, las quemadas aparecerán y comenzará la producción de trufas.

La plantación de árboles micorrizados: es el método que permite crear una trufera en condiciones escogidas y el único que da resultados satisfactorios en la obtención de la simbiosis y la fructificación. Seguidamente se exponen los principales pasos a seguir para la obtención de una trufera productiva según este método.

### Elección del terreno

Es la primera decisión que debe tomarse, eliminando todas las regiones que no reúnan las condiciones climáticas necesarias. Acto seguido escoger un terreno cuyo suelo sea adecuado. Para ello, lo ideal es hacerlo analizar por un laboratorio especializado en análisis de suelos, que deberá analizar la textura, composición mineral y presencia de materia orgánica. También se determina el Ph y todo ello debe responder a las características apuntadas en el apartado dedicado al suelo. El cultivador puede verificar por sí mismo que la textura del suelo sea grumosa y con piedras, la profundidad del suelo y el drenaje. Se debe tener presente la pendiente, singularmente si se pretende trabajar con máquinas (en este caso, la pendiente no debe ser superior al 15 %), y la orientación que resguarde la trufera de los vientos del norte. Si la región ya da trufas, silvestres o cultivadas, nuestra elección tendrá grandes posibilidades de ser acertada.

### Preparación del terreno

Previamente a la implantación de los árboles micorrizados (cuanto más tiempo pase hasta la siembra mejor) se prepara el terreno mediante un removido superficial de la tierra (de 10 a 20 cm) con algún apero ligero. No se debe destruir la estructura de los horizontes del suelo y, sobre todo, no se debe subir la

tierra del interior a la superficie. Esta tarea se puede llevar a cabo mediante un motocultor o rejas ligeras, siempre que no se profundice excesivamente en el terreno.

### Los árboles

Como hemos dicho, lo más seguro es recurrir a arbolillos previamente micorrizados en condiciones controladas, inoculados únicamente con *T. melanosporum*. Deben ser de la especie y variedad adecuadas a la región del cultivo, eligiendo preferentemente el género *Quercus*, por su gran número de especies robustas y adaptadas a climas muy diversos, o el avellano, que se puede cultivar en algunas regiones españolas. Las otras especies asociadas, también se pueden utilizar en las zonas adecuadas, aunque desaconsejamos las coníferas por las dificultades que encuentra la fructificación.

Un aspecto complementario, pero muy interesante en la elección de las plántulas, es la uniformidad. En efecto, todos los cultivos tienden a mejorarse y para ello se eliminan los ejemplares malos o mediocres mientras se pretende mejorar a los buenos. La consecuencia de este afán es que los ejemplares cultivados en un campo de maíz, trigo u otro cultivo, son descendientes de unos pocos parentales, a veces uno solo, son razas puras o clones obtenidos por multiplicación vegetativa. Así se consigue que todos los ejemplares tengan una respuesta uniforme al medio y que todos posean las características que puedan ser interesantes, como la resistencia a alguna enfermedad.

También se intenta esta estrategia en los árboles huésped de la trufa, primero utilizando semillas de un solo árbol de gran aptitud para la producción de trufas. En la actualidad se trabaja con clones obtenidos por estacas y se intenta la multiplicación in vitro de tejidos germinales, de un ejemplar adecuado, para obtener la máxima uniformidad y control.

Las plántulas micorrizadas en condiciones controladas de esterilidad y asepsia, posibilitan una rápida invasión del suelo a partir de la siembra y cuando el arbolillo se planta bien micorrizado no hay problemas de competidores y la fructificación sólo depende de que se den las condiciones climáticas adecuadas. Los arbolillos micorrizados con las raíces desnudas en hidroponía, que se han obtenido en el INRA francés, permiten esperar que se acorte el proceso, obteniendo los arbolillos micorrizados y vigorosos en poco tiempo.

Los árboles se pueden plantar directamente a la distancia definitiva o se efectúa una plantación densa que se irá aclarando, lo cual permite cubrir las pérdidas que se puedan producir.

### Mantenimiento del cultivo

Los cuidados de mantenimiento de la trufera, comienzan en el mismo año de plantación: entre octubre y marzo, época de reposo del árbol, se trabaja superficialmente el suelo; esto se repite cada año hasta la aparición de la quemada. La mejor época es en marzo, que con el inicio de la primavera comienza la entrada en actividad del micelio y del árbol. Es importante recordar que no se debe remover el suelo en profundidad (máximo 15 cm) para no destruir las raíces superficiales o el micelio. Al mismo tiempo es preciso actuar contra las plantas adventicias en forma a limitar su número, principalmente en el caso de aquellas cuyo sistema radicular se encuentra a la misma profundidad que las micorrizas. En los veranos secos se puede practicar una siega, dejando las pajas sobre el terreno (mulching), creando una capa mullida que proporciona sombra y reduce la evaporación, aunque puede ser un buen refugio para diversas plagas, por lo que se ha de actuar con cuidado y vigilar la parcela.

A los 4-6 años tras la plantación aparece la quemada, primero débilmente y luego extendiéndose a medida que lo hace el

sistema radicular del huésped. En esta zona, el único trabajo admisible es un removido muy superficial de la tierra (2-5 cm), que se debe hacer a mano con un rastrillo. La tierra de la quemada no se debe acumular en el borde, sino que se debe extender por fuera de él, contribuyendo a su crecimiento.

Una vez que se inicia la producción de trufas, se debe trabajar superficialmente el terreno a la entrada de la primavera y la quemada se rastrilla para favorecer la aireación, la penetración del agua y eliminar las brozas que pudiera contener.

El trabajo del suelo debe hacerse con el terreno bien drenado, pues si lo trabajamos demasiado mojado, se destruye su estructura y el trabajo es muy dificultoso. En cuanto a la maquinaria, se pueden utilizar rejas ligeras, llevadas por un tractor, o motocultores dotados de fresas de trabajo superficial. Se puede afirmar que pocas truferas se cultivan con tractores pesados, ya que las necesidades de potencia para el trabajo superficial son escasas y las truferas suelen tener superficies pequeñas o medianas. Como además la carga de trabajo no es muy elevada, en general se puede recomendar el uso del motocultor.

Los arbolillos deben protegerse de sus enemigos potenciales, como roedores o jabalíes, por algún tipo de estructura defensiva, y de los insectos y ácaros con los tratamientos fitosanitarios adecuados. En efecto, las plagas que atacan al huésped afectan al hongo de forma indirecta y la producción puede verse comprometida.

### El riego

En las regiones de pluviometría adecuada, el riego sólo es necesario en caso de un verano especialmente seco, pues la sequía estival se puede combatir con "mulching" de paja. Cuando el verano es lluvioso esto no es recomendable, ya que es posible que se acumule una excesiva humedad, amén de los

problemas de plagas ya comentados. De todos modos siempre es necesaria una cierta sequía estival que entra dentro de la normalidad de la sucesión de las estaciones.

Cuando el riego es necesario, la técnica a emplear depende sobre todo de las características del suelo: cantidad de agua que contiene para una disponibilidad dada, su porosidad, su estructura y de su capacidad de drenaje. Conocidos estos datos y de acuerdo con las condiciones climáticas (su consecuencia más directa es la evapotranspiración) se decidirá el método de riego y el volumen de agua que se debe aportar. Los métodos mejor adaptados al cultivo de la trufa son la aspersion y el goteo, que permiten controlar de forma precisa la cantidad de agua, mientras que los riegos por inundación se deben desaconsejar formalmente, no sólo porque prácticamente no existe control, sino porque se puede asfixiar el hongo. Recientemente acaba de aparecer una nueva técnica que parece especialmente bien adaptada al riego de las truferas: se trata de tuberías porosas, de material plástico, que se entierran a la profundidad deseada y van filtrando la humedad a medida que el suelo la necesita, se aprovecha un máximo del agua aportada y no se corre el riesgo de asfixiar al hongo.

Los sistemas descritos permiten realizar un riego localizado en la zona de las micorrizas, que se corresponde con el área de goteo del árbol (aproximadamente debajo del perímetro exterior de la copa, allí donde se halla la mayor densidad de raíces superficiales), donde es más necesario y efectivo.

Es necesario que se siga investigando para conocer los óptimos de humedad en el suelo que requiere la trufa en simbiosis con el huésped.

Una vez que se conocieran estos datos, y combinándolos con los de características del suelo y evapotranspiración, se podrían conocer las exactas cantidades de agua que se deben aportar en cada momento, tal y como se hace en el riego racional de todos los cultivos.

## La poda

La poda de los árboles truferos persigue la obtención de una forma que permita una buena vegetación del árbol, acompañe y estimule su desarrollo y proteja el suelo trufero de la insolación directa en las épocas más calurosas. Al mismo tiempo, debe ser abierta por la parte inferior para permitir que lleguen los rayos oblicuos y de una densidad que permita el goteo del agua de lluvia sobre el suelo, incluso en las lluvias más ligeras.

Para obtener estas características se debe dejar un tronco, desnudo de ramas, de aproximadamente un metro de alto, el follaje sufrirá un aclarado periódico por el sistema de eliminar un cierto número de ramas. Las ramas verticales, muy vigorosas, se deben eliminar pues "tiran" del desarrollo del árbol desequilibrándolo. Las formas generales que se pretende obtener son las de un cono invertido o de un óvalo. Es la llamada poda de formación.

Unos dos años tras la aparición de la quemada, se puede iniciar la recolección de las trufas y la poda de formación debe estar terminada o a punto de estarlo. A partir de aquí sólo se realiza poda de mantenimiento, que consiste en el aclareo, la eliminación de madera muerta, de las ramas verticales y de los rebrotes que pudieran surgir de la base del árbol (estos rebrotes se pueden dejar en el suelo hasta que produzcan raíces propias y utilizarlos luego para extender la trufera). La época adecuada para realizar ambas podas es la de reposo del árbol, en invierno. La poda de verano o en verde sólo se practica excepcionalmente.

El avellano, como huésped de la trufa, se diferencia de los demás en que no es propiamente un árbol sino un arbusto, no tiene tronco diferenciado de forma natural y se mantiene con 3 ó 4 ramas principales que adquieren naturalmente la forma del cono invertido. Los rebrotes de la base son muy vigorosos y se eliminan.

## LA COSECHA

La producción de una trufera se inicia a los 7-9 años si se partió de semillas inoculadas y unos 4-6 años si se comenzó con arbolillos micorrizados.

El carpóforo de *P. melanosporum* se inicia en verano con la formación de un engrosamiento del micelio, en forma de botón parecido al *A. bisporus*, que crece y alcanza su madurez en unos cuantos meses, extendiéndose la fructificación desde el otoño al inicio de la primavera.

El carpóforo se desarrolla superficialmente, de 5 a 15 cm, y al principio el peridio es rojizo, mientras que la carne aparece lechosa. Cuando la trufa está madura, lista para su recolección, el peridio es negro, marcado por pequeñas pirámides, y la carne oscura, de rojo vino o negra, con un olor característico de gran intensidad que hace todo el encanto de la trufa, según los entendidos.

Sin embargo esta trufa, madura y fragante, se oculta a la vista. El principal problema de la cosecha es, pues, descubrir el apreciado objeto de nuestros esfuerzos. El sistema más sencillo, pero también el más destructivo, es el escarbado sistemático de las zonas prometedoras; con ello se destruyen numerosas micorrizas y raíces y en realidad, sólo lo practican los ladrones de trufas, dedicados al saqueo de propiedades ajenas. Este sistema tiene aún otro inconveniente y es que al escalonarse la cosecha entre varios meses, si se escarba todo, se recogen trufas en todos los estados de desarrollo, con la consiguiente pérdida de valor.

También se puede descubrir la trufa por ciertos signos que indican su emplazamiento. Las primeras trufas de la temporada suelen ser muy superficiales y a menudo señalan su presencia unas grietas en la superficie del suelo que aparece reseca. Las moscas truferas, como la *Suillia tuberivora*, tienen la costumbre de volar sobre la vertical de las trufas, a las cuales detectan

gracias a su olfato, y un buen observador puede descubrir las trufas vigilando el vuelo de estas moscas. El fallo del método de las moscas es que, a menudo, cuando los insectos vuelan por encima de una trufa, las larvas ya han hecho su trabajo destructor y se extrae un carpóforo agusanado.

Ninguno de los procedimientos descritos es compatible con el cultivo racional de una trufera y de momento sólo el empleo de un animal dotado de un buen olfato permite la recolección de las trufas en su emplazamiento y en el momento de su madurez.

Tradicionalmente, en Francia, este animal era el cerdo, la cerda para ser más exactos, que es atraída irresistiblemente por una sustancia volátil segregada por la trufa, idéntica a una feromona del jabalí macho. Cuando la cerda detecta la trufa, gruñe de forma característica y comienza a hozar para desenterrarla. En este momento se la distrae con un ligero golpe, o se la "engaña" con un puñado de bellotas, extrayéndose la trufa.

Hoy en día, la utilización de la cerda ha caído en desuso en favor del perro, mucho más obediente y de humor más constante, si bien ciertos tratadistas sostienen que la cerda es más resistente, ya que su interés "sexual" por la trufa le confiere una aptitud natural insuperable. El perro trufero se puede elegir de cualquier raza o mezcla de ellas, mientras reúna las características siguientes: buen olfato, de aprendizaje fácil, obediente y dotado de una buena resistencia física. El perro aprende a buscar trufas si se mezclan trozos de carpóforo maduro en su comida. Pronto asociará el aroma de la trufa con su sustento y con nuestra aprobación si recibe alguna golosina o unas caricias.

En la actualidad, se está investigando en la detección de la trufa madura mediante el empleo de detectores extremadamente sensibles, capaces de descubrir las sustancias volátiles liberadas por la trufa madura en el aire. Esperemos que el desarrollo de estos ingenios no provoque una plaga de cazadores de trufas que patrullen los bosques esquilmando las trufas.

Tras encontrar la trufa por cualquiera de los medios descritos, la extraemos a mano o con una pequeña azada, teniendo cuidado de no remover el suelo. Le quitamos la tierra y la guardamos en un cesto o en un recipiente aireado. Más tarde la limpiaremos cuidadosamente con un cepillo suave y agua, dejándola lista para la venta o el consumo.

Las producciones que se obtienen de una trufera son extremadamente variables, pues dependen de factores tan diversos como: la edad de la trufera, si es natural o artificial, de la densidad de plantación de los árboles y del porcentaje de éstos que están micorrizados. Como orientación nos puede servir el intervalo de 45-90 kilos de trufas por temporada, en una hectárea plantada de encinas, y se tiene noticia de producciones muy superiores, hasta 120 kg, en años excepcionales.

En el mundo se cosechan unas 300-400 toneladas anuales de *T. melanosporum*, de las cuales España aporta aproximadamente 70. La producción, ha decrecido durante años, hasta el punto de que en Francia, el país trufero por excelencia, se ha dividido por 10. Sin embargo, la fuerte demanda y las nuevas técnicas de producción, están dando un nuevo impulso a este cultivo. Pero cuidado, los altos precios que alcanza la trufa en el mercado, son consecuencia únicamente del desequilibrio entre la oferta y la demanda; si la producción aumenta mucho, se pueden producir caídas de los precios. No olvidemos que en los tiempos antiguos, los campesinos del Perigord francés cenaban a menudo sopas y otros platos de trufa que hoy se ofrecen a precios prohibitivos en las mejores mesas de Francia.

En cuanto a la *T. magnatum* o trufa blanca, las nuevas técnicas de inoculación en aeroponía parecen abrir interesantes perspectivas para su cultivo, al igual que para otros hongos simbioses, y se ha conseguido su cultivo en los Estados Unidos.

## COMPOSICIÓN DE LA TRUFA

La trufa negra es, como todos los hongos, rica en proteínas y sales minerales. Sus proteínas son de buena calidad dietética y, hasta cierto punto, puede sustituir a la carne como fuente de aminoácidos. Es ligera y digestible pues contiene un 77 % de agua y pocas grasas. También aporta vitamina C.

A continuación, damos un resumen con los valores medios de diversos componentes de la trufa negra.

Proteínas	25
Lípidos	2
Hidratos de carbono	2,5
Nitrógeno total	5,2
Fósforo	1,1
Potasio	3
Calcio	0,35
Magnesio	0,08
Hierro	0,015

Como conclusión a este capítulo sobre la trufa, diremos que a su alrededor existe una aureola de misterio, de "asunto para iniciados", consecuencia de la vida subterránea del hongo y del desconocimiento que durante mucho tiempo se tuvo de su biología. A esto se añade la fama de manjar afrodisíaco que se le da a menudo y que le proporciona un cierto encanto de cosa prohibida. Desde luego no deja de ser irónico que la libido del hombre y la de la humilde cerda converjan en la trufa.

En realidad, lo que le da a este hongo su carácter excepcional es su capacidad de aromatizar gracias a la potencia de su olor. Es el olor, penetrante, persistente, inconfundible, lo que eleva a la trufa por encima de los demás hongos comestibles.

## ENEMIGOS

Los enemigos de la trufa son mal conocidos debido a su peculiar modo de vida. En efecto, el crecimiento del hongo se desarrolla oculto a la vista y, cuando sufre alguna enfermedad o plaga, los daños no se descubren hasta el momento de la cosecha. A veces el carpóforo no llega a desarrollarse y otras queda dañado más o menos gravemente. La trufa puede llegar a desaparecer por destrucción del micelio, o verse afectada por enemigos del árbol huésped que, sin atacarla directamente, comprometen el normal cumplimiento de su ciclo.

Puesto que el medio en que crece no es estéril, la trufa se ve afectada por multitud de microorganismos presentes en el suelo. Desgraciadamente, cuando se extrae el carpóforo, éste presenta gran cantidad de síntomas provocados por hongos y bacterias sin que podamos saber cual fue el origen de la enfermedad. El conocimiento de estos enemigos será difícil de alcanzar si no se consigue el cultivo de la trufa, durante todo su ciclo, en condiciones controladas o, al menos, en unas condiciones que permitan la observación.

Se conocen mejor ciertos hongos competidores que viven parasitando las raíces de los árboles huéspedes como el "blanco del roble" (*Microspheera alphitoides*) y diversos hongos agresivos que atacan las células acabando con el huésped.

Entre los insectos se encuentran la mosca de la trufa (*Suilla tuberivora*), diversas larvas de lepidópteros específicos y el coleóptero rojo de la trufa (*Liodes cinnamonea*), cuyas larvas o adultos se alimentan del carpóforo. Lógicamente, las plagas de insectos o ácaros que atacan al huésped afectan indirectamente a la trufa, como puede ser el caso de la procesionaria del pino o los insectos minadores de la madera.

Los nemátodos, al igual que en el champiñón, son muy peligrosos, con el agravante de que en el suelo son prácticamen-

te omnipresentes. Los hay que atacan directamente a la trufa alimentándose de su micelio, succionando sus líquidos internos, o del carpóforo; otros afectan al huésped actuando a nivel de las raíces.

Para finalizar, debemos recordar que muchos animales superiores, que consumen hongos como uno de los componentes de su dieta alimenticia, pueden desenterrarla y comerla, incluso algunos como el jabalí, la buscan sistemáticamente y una piara puede acabar en poco tiempo con la cosecha, dañando gravemente el cultivo con sus excavaciones.

el cultivo  
de otros hongos  
comestibles

7

El lector se preguntará porqué no se cultivan, como el champiñón y la trufa, otros hongos comestibles y muy apreciados, como muchos boletus o el níscolo o robellón. La razón es que no se conoce suficientemente su modo de vida o su biología no permite la adaptación a una explotación racional. En muchos casos se supone que el hongo vive en simbiosis con plantas, al igual que la trufa. Para algunas especies se ha conseguido el cultivo en laboratorio en medio de cultivos artificiales, pero sin conseguir la fructificación que es de interés comercial.

Sin embargo, la curiosidad humana aplicada a la investigación, ha permitido el desarrollo de técnicas prácticas de cultivo de diversos hongos comestibles.

## EL PLEUROTUS OSTREATUS

Este hongo se encuentra en los bosques europeos entre el final del otoño y la primavera. Tiene el aspecto de una gran seta en forma de concha, con la superficie oscura y las láminas y pie blancos o crema. Crece en grupos numerosos sobre tocones, troncos enfermos o desecados. En principio se trata de un hongo de la descomposición, pues no se ha demostrado que ataque las células vivas de los árboles y diversos intentos de implantación sobre árboles de hoja caduca han fracasado.

El tamaño del sombrero es de unos 5-20 cm, de color gris, azulado o amarillento, siendo los jóvenes de color más oscuro que los adultos. Al principio del desarrollo, el borde del sombrero está curvado hacia el pie, mientras que al final apunta hacia arriba. Otra característica es la curvatura del pie, ya que el hongo no suele crecer sobre superficies planas, el pie debe curvarse para que el sombrero acabe quedando en horizontal, con el pie descentrado.

La carne de este hongo es muy dura en su estado natural, inconveniente que se ha suavizado con el cultivo, de color blanco o crema y muy aromática. El pie, al ser más duro, debe cocerse un poco más para consumirlo en buenas condiciones.

En cuanto a las esporas, nacen en las láminas blancas que se ven debajo del sombrero y descienden por la parte superior del pie de forma característica. Y son ovaladas, de color pardo o blancas, dependiendo de la variedad.

## CULTIVO DE PLEUROTUS

El cultivo de este hongo está conociendo un auge extraordinario en nuestro país, donde hasta hace poco era prácticamente desconocido. Hoy en día ya se cultivan diversas especies de pleurotus *P. ostreatus*, *P. eryngii*, *P. cornucopiae* o *P. florida*, especialmente adaptada a las altas temperaturas del verano. Todas estas especies se distinguen fácilmente entre sí, gracias a los diferentes colores de sus sombreros y, al consumirlos, por las diferentes consistencias de sus carnes.

Algunas especies se adaptan bien al cultivo en exterior, suelen ser las que crecen naturalmente en el lugar, mientras otras, como la citada *P. florida*, necesitan temperaturas superiores a los 20 °C de media para su buen desarrollo y deben cultivarse en verano o en condiciones controladas.

El pleurotus es un hongo lignívoro y puede cultivarse sobre sustratos preparados o sobre madera muerta natural de diversas especies arbóreas de hoja caduca (robles, encinas, hayas, nogales, sauces, castaños, abedúles y álamos). Todos ellos dan buen resultado y se eligen en función de dos factores básicos: la rapidez de fructificación y la duración del cultivo. En efecto, los de madera blanda, como el sauce o el álamo, son

colonizados rápidamente por el hongo y la fructificación aparece más temprano. Sin embargo, la madera es menos densa y se descompone rápidamente. La primera cosecha se puede obtener en el primer año de cultivo en exterior y se pueden obtener rendimientos interesantes durante tres o cuatro años. Con madera dura es muy raro obtener cosecha en el primer año, pero esta madera puede mantener el cultivo durante 5 ó 6 años.

El cultivo sobre troncos tiene la gran ventaja de su asequible puesta en marcha en prácticamente cualquier lugar y es lo que vamos a exponer aquí. Los cultivos comerciales más modernos suelen utilizar sustratos preparados y el cultivo en local cerrado con control de los factores ambientales.

El primer paso en un cultivo de aficionado, sobre troncos, es proveerse de la madera necesaria que será lo más fresca posible (menos de 5 meses). Si se utiliza madera vieja se corre el riesgo de que esté contaminada por hongos competidores o parásitos, con los consiguientes problemas. Esta madera debe tener un grado de humedad suficiente para el crecimiento del hongo, pero sin que llegue a llenar todos los poros de la madera, asfixiando el micelio. Un modo empírico de apreciar la humedad de la madera consiste en serrar una porción de tronco y apretar el serrín con la mano; si queda apretado por un instante, la humedad es la adecuada. Si la madera está seca, humedecerla sumergiéndola en agua durante un par de días y si está demasiado húmeda, secarla al sol hasta obtener su punto óptimo.

El diámetro de los troncos será de 25 cm o más, de un largo de 1-1,5 m durante el almacenamiento, y se cortarán en trozos de 30-40 cm para el cultivo. El período más favorable para la siembra son los meses de verano, pues las temperaturas elevadas favorecen el desarrollo rápido del micelio en el tronco. La semilla se consigue en el comercio sobre granos de cereal, avena, centeno o mijo, y se elige según la época del año en que queramos sembrar, las preferencias del mercado o el tipo de

carne que se pretenda obtener ya que las variedades de invierno tienen una consistencia más fina. Como para el *Agaricus bitorquis*, conviene que la semilla sea fresca, comprada poco antes de la siembra y conservada en el frigorífico hasta la víspera de la operación.

La inoculación puede practicarse de diversas maneras, como son agujereando profundamente la madera en varios puntos o sembrando en hendiduras practicadas con una sierra. Agujeros o hendiduras se rellenan de semilla bien desgranada y se tapan con plástico para proteger el lugar de la inoculación. Si la semilla y la madera se encuentran en las condiciones requeridas, el crecimiento del hongo comienza inmediatamente, el micelio va invadiendo el tronco en todas direcciones. Las condiciones óptimas de este crecimiento son: una temperatura de 20-24 °C y una humedad del 85 %.

Los troncos inoculados se almacenan, cubiertos por una lona, sobre el suelo o apilados en una zanja, sin sobrepasar los cuatro pisos de troncos, en cuyo caso corremos el riesgo de que se produzcan peligrosos aumentos de temperatura. Tras 4-5 meses y dependiendo de las temperaturas, la madera está suficientemente invadida por el micelio y se puede deshacer el montón de troncos. Cada tronco se coloca verticalmente en un agujero del suelo, de 10 cm de profundidad, desechando aquellos que aparezcan contaminados por otros hongos. Al estar en contacto con el suelo, el pleurotus puede aprovechar la humedad y los nutrientes disueltos en ella, aunque no estén claros los mecanismos de esta absorción. Los troncos inoculados se colocarán separados un mínimo de 30 cm, para permitir el paso de una persona. Si se quiere perfeccionar el cultivo se puede recurrir a la construcción de un murete que rodee el cultivo, con un simple techado de tablonos o una lona plástica, sistema con el cual se aumentan notablemente los resultados, gracias a la suavización de las temperaturas y a la disminución de la evaporación.

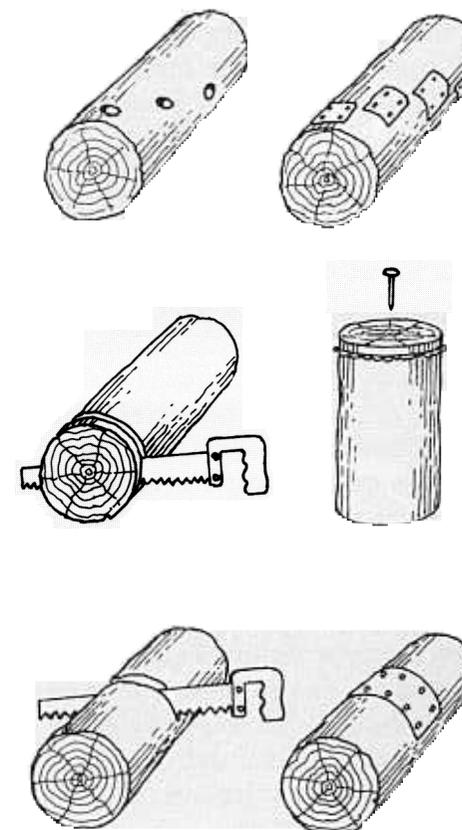


Figura Formas de inocular los troncos.

Durante la fase de espera, antes de la cosecha, el único cuidado que se debe aportar al cultivo es el riego. Normalmente es suficiente con regar ligeramente una vez por semana, utilizando chorros de baja presión como los que se obtienen con una regadera o un aspersor adecuado, mientras que las mangueras no son aconsejables. En cuanto se inicie la fructificación y marcadamente en verano, se debe regar cada día para garantizar un rápido desarrollo de las setas, también se deben dejar penetrar el aire fresco y la luz si se tenía el cultivo tapado. Los carpóforos aparecen en forma de granos blancos que se desarrollan en 10-20 días, dependiendo de las temperaturas y del aporte de agua, llegando a su madurez aproximadamente cuando el borde del sombrero va a quedar horizontal. El problema que se presenta es que los carpóforos que crecen unidos en una mata tienen tamaños y grados de madurez diferentes, siendo delicado el decidir el momento de la cosecha. Se llega a un compromiso buscando el momento en que esté maduro un mayor número de carpóforos. Entonces se corta la mata entera a ras del tronco y luego se separa cada seta con su pie correspondiente.

Las oleadas se producen durante 3-4 años con producciones interesantes y decrecen muy rápidamente a partir de entonces. Los rendimientos que se pueden obtener dependen de la habilidad del cultivador y de la especie elegida, los pleurotus de verano suelen ser más productivos. Una cifra indicativa es que se alcanzan rendimientos equivalentes al 20 % del peso de la madera en hongos.

Los pleurotus tienen pocos enemigos cuando se cultivan especies autóctonas; salvo los gusanos, larvas de diferentes moscas y lepidópteros comedores de hongos, que atacan preferentemente a los carpóforos demasiado maduros. La mejor medida preventiva es evitar que estas setas queden sobre el cultivo, retirando los pleurotus en el momento óptimo.

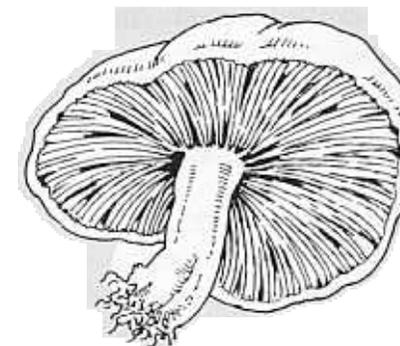
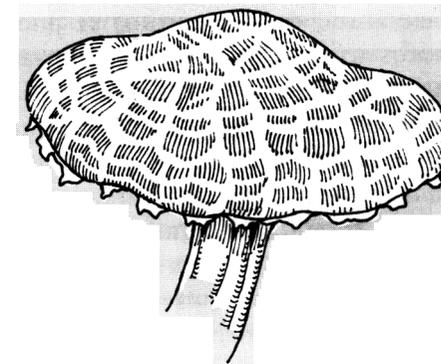


Figura 7.2 Hongo muy apreciado en Asia y que empieza a ser considerado y a cultivarse en Europa.

### Cultivo sobre sustrato de paja

Como hemos dicho, el pleurotus se puede cultivar sobre diversos sustratos artificiales a base de celulosa. El más utilizado es la paja, que se debe cortar en trozos de 1-3 cm y humedecer hasta obtener un 80 % de humedad. Acto seguido, si se quiere cultivar el hongo con fines comerciales y buenos rendimientos, se esterilizará la paja que se sembrará una vez enfriada y se pondrá en sacos o se utilizará para formar bloques.

Durante toda la fase de desarrollo del micelio se debe controlar cuidadosamente que no aumente demasiado la temperatura, lo cual entrañaría fenómenos de toxicidad para el cultivo. Cuando se llega al momento de la fructificación, se abren los sacos y se actúa igual que en el cultivo sobre madera, con la posibilidad de controlar las condiciones ambientales si disponemos de instalación.

### EL SHII-TAKE

El Shii-take (*Lentinus edodes*) es el champiñón más cultivado del mundo con el *A. bitorquis*, a pesar de que es desconocido en nuestro país.

Se trata de un hongo asiático del cual Japón, gran consumidor de champiñones, produce unas 150 000 tm anuales.

El Shii-take crece sobre el árbol Shii, aunque podemos utilizar perfectamente troncos de roble o abedul, y se presenta como unas setas pardas de forma acampanada al principio, con un diámetro de 6-15 cm y laminillas blancas que van pasando al crema y al pardo al aparecer las esporas. El pie es de tipo corto y robusto (4-5 cm). El Shii-take es una seta de sabor delicioso y un aroma inconfundible, cuya carne es blanca y consistente.

El cultivo se realiza de forma muy parecida al del pleurotus, utilizando troncos que se inoculan con viruta cubierta de micelio, o sobre sustrato de paja. Los primeros champiñones aparecerán al año siguiente y se podrán obtener buenas cosechas durante 4-5 años. Las fructificaciones aparecen cuando las temperaturas son de 15-20 °C, en primavera u otoño, desarrollándose en unos quince días.

Este cultivo ya se está investigando en Alemania y en Francia y es conveniente que se empiece a pensar en su introducción en España, antes de que estos países estén en disposición de comercializar sus producciones.

### LOS STROPHARIA

A diferencia de los pleurotus y del Shii-take, los Stropharia necesitan para su desarrollo sustratos elaborados con una cierta preparación previa.

Las setas del género Stropharia no son abundantes en la naturaleza, pues tienen diversos competidores que limitan su número. Tienen un cierto parecido con los boletus, con sombreros de 5-18 cm que empiezan siendo acampanados y se ensanchan al final del desarrollo. El color del sombrero varía del amarillo al pardo oscuro y se va aclarando durante el crecimiento, por debajo de él las laminillas son grises, pasando a púrpura oscuro cuando maduran las esporas. El pie es más bien espeso, de 6 a 10 cm de alto. Es éste un hongo de carne especialmente blanca y de buena textura, con un gusto muy agradable que lo hace apto para diversos platos.

El interés de esta seta llevó al desarrollo de su cultivo en la RDA de los años sesenta, con muy buenos resultados que han favorecido su expansión en este país y en otros del bloque del

Este, donde las proteínas, relativamente baratas de los hongos, son muy apreciadas.

Para cultivar los *Stropharia* se emplean sustratos de paja elaborados a partir de paja fresca, lo más limpia posible, que se pica y humedece hasta alcanzar una humedad del 70-75 %. No es necesario fermentarla ni pasteurizarla por lo que el proceso es sencillo. La paja, que se habrá dispuesto sobre el suelo o permanecerá en pacas, se inocula con semilla comercial iniciándose el desarrollo del micelio durante el cual se debe controlar la temperatura, de 22-25 °C durante esta fase, y la humedad. Cuando el sustrato está bien colonizado, se revoca con una capa de tierra humedecida y el cultivo se recubre con material plástico o papel de periódico, sin que éste llegue a entrar en contacto con la superficie. Si el cultivo es sobre balas de paja no se necesita la cobertura, pero el control de la humedad debe ser estricto. Durante la fructificación la temperatura debe disminuir, idealmente por debajo de 20 °C y sin bajar de los 12 °C. Al igual que en *A. bisporus* la concentración de CO<sub>2</sub> es muy importante para que la fructificación tenga lugar, no debiendo bajar del 0,05 %, en caso contrario, aparecen deformaciones de los carpóforos o, en casos más graves, se interrumpe la fructificación. Ésta tiene lugar en dos oleadas diferenciadas, la primera en primavera (mayo-junio) y la segunda en agosto-septiembre si los cultivos se llevan a cabo al aire libre. En locales cerrados la fructificación se puede provocar proporcionando las condiciones necesarias.

## OTROS

Para finalizar, citaremos tres especies que se cultivan en la actualidad en pocas cantidades, al menos en Europa, pero que

tienen un indudable interés por las posibilidades de diversificación de la producción y de abrir nuevas vías de menor competencia para la empresa agrícola.

*Flammulina velutipes* es muy cultivado en Japón, donde su cultivo casero en botellas y tarros es una institución. Su gran atractivo radica en que se trata de un hongo que fructifica en invierno, dando su producción en una época en la que escasean otros hongos y las verduras aumentan sus precios. El inconveniente de cara a su consumo en los países europeos, es un marcado olor a pescado que muchos pueden encontrar desagradable. El cultivo se realiza sobre troncos, al igual que para el *pleurotus*, incubándose de abril a septiembre. Si las temperaturas han sido suficientes se pueden recolectar los primeros hongos en este primer año.

*Kuehneromyces mutabilis* es una seta pequeña que en la naturaleza crece sobre los prados o en los setos, y se cultiva sobre troncos de árboles de hoja caduca. Fructifica varias veces al año, de abril a noviembre, con temperaturas de 20-25 °C para el crecimiento del micelio y de 15-18 °C durante la fructificación. El manejo del cultivo es igual que para *Pleurotus*, pudiéndose recoger las primeras fructificaciones unos 12 meses tras la siembra. El pie de este hongo es coriáceo y no tiene utilidad, por lo que se separa y se consume únicamente el sombrero.

El *Coprinus*, principalmente el *C. comatus*, está conociendo un gran auge en los países del este europeo, por las mismas razones que los *Stropharia*; en general se cultiva en las mismas instalaciones que *A. bisporus*, del cual ha sido considerado durante largo tiempo competidor. En efecto, este hongo aparece a menudo en sustratos mal fermentados o poco húmedos, que se utilizan para *A. bisporus*. La forma de esta seta es curiosa, pues tiene aspecto de maza, presentando la particularidad, ciertamen-

te negativa, de destruirse por un proceso de autólisis fulminante al final de su desarrollo. Por ello no se puede conservar más de 2 días y a 2-3 °C de temperatura, con los consiguientes problemas en la comercialización. El cultivo se realiza igual que para *A. bisporus*, utilizando también la tierra de cobertura y disminuyendo la temperatura a 18 °C durante la fructificación.

bibliografía

8

- Bonnier, G; De Layens, G. 1982. *Flore complète portative de la France, de la Suisse et de la Belgique*. Librairie Générale de l'Enseignement. Paris
- Bonnier, G. *Flore complète illustrée en couleurs, de France, de la Suisse et de la Belgique*. Librairie Générale de l'Enseignement. Paris.
- Collins, C.H.; Lyne, P.M. 1976. *Microbiological methods*. Butterworths, London-Boston.
- Constantin, M.J.; Dufour, M.L. *Nouvelle flore des champignons*. Librairie Générale de l'Enseignement. Paris.
- Delmas, J. 1973. *La truffe, son écologie*. Agriculture 82-86.
- Delmas, J. 1978. *La culture des champignons supérieurs*. La Recherche, n° 90. 560-69.
- Delmas, J. 1983. *La truffe, et sa culture*. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). Paris.
- Elley, J. 1982. *Pilze aus dem eigenen garten: Anbau, Ernte, Wer Wen Dung*. Walter Kitter. München.
- Sancho, J; Guinea, J; Parés, G. *Microbiología analítica básica. Monografías prácticas de biología, farmacia y química*. 1ª ed. Ed. Jims. 1980. Barcelona.
- Rigau, A. 1955. *Cultivo de champiñón y trufas*. Ed. Sintes. Barcelona.
- Sasa, N. 1973. *La trufa*. Boletín de la Estación General de Ecología. Vol. 2, n° 3. Madrid.

el champiñón, la trufa y otros hongos

Singer, R. 1961. *Mushrooms and truffles*. Leonard Hill. London.

Vedder, P.J.C. 1986. *Cultivo moderno del champiñón*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

índice  
de ilustraciones

9