

GUÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE

HONGOS COMESTIBLES

Buenas Prácticas de Manejo y
Diseño de Espacios de Cultivo

Dr. Emanuel Grassi | Ing. Paula Álvarez | Biól. Florencia Restelli

INSTITUTO MISIONERO DE BIODIVERSIDAD

GUÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE
HONGOS COMESTIBLES

Buenas prácticas de manejo y
diseños de espacio de cultivo

Guía para la producción de hongos comestibles. Buenas prácticas de manejo y diseños de espacio de cultivo.

Elaborado por:

Instituto Misionero de Biodiversidad.
www.imibio.misiones.gob.ar

Contenidos

Dr. Emanuel M. Grassi, Ing. Paula F. Álvarez, Biól. Ma. Florencia Restelli.

Impreso en Argentina
2da Edición

Permitida la reproducción total o parcial, almacenamiento o carga de esta publicación (en cualquier formato) citando la fuente:

Instituto Misionero de Biodiversidad, 2019. Guía para la producción de hongos comestibles. Buenas prácticas de manejo y diseño de espacio de cultivo. Segunda Edición. Provincia de Misiones.

Autoridades Provinciales

Gobernador de la Provincia:

Dr. OSCAR HERRERA AHUAD

Vice Gobernador de la Provincia:

Méd. CARLOS ARCE

Presidente de la honorable Cámara de Representantes:

Ing. CARLOS EDUARDO ROVIRA

Presidente del Instituto Misionero de Biodiversidad

Mgter. Arq. VIVIANA ROVIRA

Agradecimientos:

Mgter. Arq. Viviana Rovira

Sr. Juan M. Solari

Cdor. Juan M. Roa

Ing. Germán Montalvo

Abog. Silvana Salome Cima

Dra. Ma. Victoria Vignale

Prólogo

En el contexto actual, la población mundial se encuentra en crecimiento constante y se cuestiona, basado en estudios contundentes, el efecto que tiene la agricultura extensiva sobre los suelos y la biodiversidad que lo componen. En el mismo sentido los sistemas de producción lineales, que lograron su mayor desarrollo gracias a los avances post-revolución industrial, han llevado a la humanidad a generar grandes volúmenes de basura o residuos, ya que no prevén la reutilización y/o disminución de los subproductos generados durante el procesamiento.

En contraposición a este sistema económico surgen alternativas como modelos de producción cíclicos (economía circular), sustentables y equitativos, donde se plantea un uso racional de los recursos utilizados en todos las fases de la producción y donde los subproductos (mal llamados residuos) son nuevamente utilizados en el ciclo de producción o sirven de materia prima en otro ciclo de productivo.

El cultivo de hongos comestibles surge como una alternativa prometedora en este nuevo sistema, que articula de manera óptima una producción que respeta el medio ambiente, de fácil acceso para el productor, con una amplia gama de subproductos de industrias agroforestales que pueden ser aprovechados como materia prima a la vez que genera un recurso que refuerza la riqueza de la alimentación por las propiedades nutricionales, funcionales y medicinales que poseen, como son el alto porcentaje de proteínas, de vitaminas (A, B1, B2, B6, B12, C, D2, D3, niacina, pro-vitamina D2), minerales (hierro, potasio, fósforo, cobre, selenio, calcio, magnesio, manganeso, zinc), fibra dietética, proteínas fúngicas inmunomoduladoras y muchos compuesto bioactivos como glucanos.

Si bien el cultivo de hongos ha acompañado a diversas comunidades durante la historia de la humanidad, y es de importancia económica para países como China, México y Brasil entre otros, generando operaciones comerciales actuales de alto valor agregado superiores a los 6000 millones de dólares, en Argentina y en particular en la Provincia de Misiones es una industria inexplorada de alto potencial, por la condiciones ambientales, el fácil acceso a la materia prima y donde la biodiversidad necesita de forma urgente aliados productivos que permitan su conservación.

Esta guía le dará al productor las herramientas mínimas y necesarias para poder llevar adelante una producción artesanal y/o industrial, otorgándole una versatilidad a al momento de definir equipamiento, insumos y sustratos, al mismo tiempo que pone en discusión la importancia en las condiciones de higiene y edilicias para lograr una producción segura, eficiente y rentable.

Mgter. Arq. VIVIANA ROVIRA
Presidente del Instituto Misionero de Biodiversidad.

Contenido

Prólogo.....	7
--------------	---

CULTIVO DE HONGOS COMESTIBLES

MATERIAS PRIMAS	12
Inóculo - Semilla.....	12
Sustrato.....	12

SUSTRATOS DISPONIBLES	13
Descripción de los sustratos.....	14
Subproductos obtenidos de las bambúseas.....	14
Subproductos de la producción de maíz.....	14
Subproductos de la industria azucarera.....	14
Subproducto de cafeterías.....	14
Subproductos de la industria maderera.....	14

MEZCLA DE SUSTRATOS	14
----------------------------------	----

TRATAMIENTO DEL SUSTRATO	15
Esterilización con autoclave.....	15
Pasteurización.....	15
Óxido de calcio (cal).....	16

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CULTIVO DE HONGOS	16
Siembra.....	16
Incubación o colonización.....	17
Inducción.....	17
Fructificación.....	17
Cosecha.....	17
Almacenamiento.....	17

FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN	18
Relación Temperatura - Humedad en el Cultivo de Gírgolas.....	18
Efecto de la Luz y la ventilación en el Cultivo de Gírgolas.....	18

INFRAESTRUCTURA NECESARIA PARA EL CULTIVO DE HONGOS COMESTIBLES	19
Disposición de equipos.....	20
Alternativas de equipos.....	22
Control de humedad.....	22
Control de temperatura.....	24
Control de iluminación.....	24
Control de ventilación y renovaciones de aire.....	24
Diagrama de circulación de productos.....	25

Diferenciación de zonas	25
Alternativas constructivas	26
Alternativas de materiales de construcción.....	27

CONTAMINANTES, PLAGAS Y ENFERMEDADES EN EL CULTIVO	31
Tratamiento y monitoreo para moscas y plagas.....	31

¿CÓMO PLANIFICAR UNA PRODUCCIÓN CONTINUA?	32
--	----

PROCESAMIENTO DE HONGOS COMESTIBLES

COMERCIALIZACIÓN	36
-------------------------------	----

RENDIMIENTO O PRODUCTIVIDAD	36
--	----

REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE CALIDAD PARA HONGOS FRESCOS A ENVASAR O SECAR	36
Características de los cuerpos fructíferos a considerar.....	36

HONGOS FRESCOS ENVASADOS	37
Diagrama de proceso.....	37
1 - Pre tratamiento.....	37
2 - Clasificar y empacar.....	37
3 - Almacenamiento y distribución.....	37

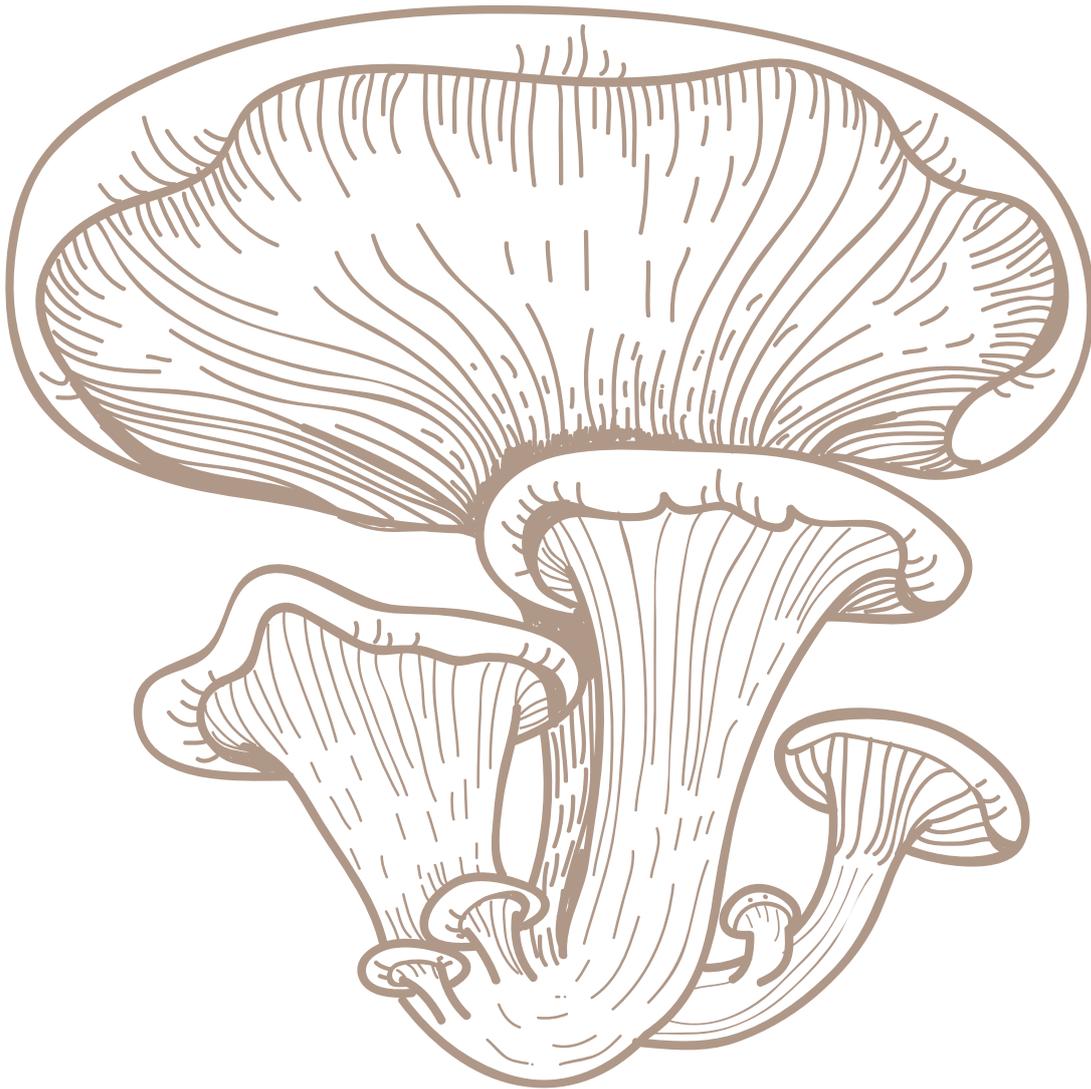
HONGOS SECOS	38
Requerimientos específicos.....	38
Presentación del producto seco.....	38
Humedad.....	38
Acondicionamiento.....	38
Almacenamiento.....	38
Rotulado.....	38
Diagrama de proceso.....	38
1 - Cosechar o recolectar.....	39
2 - Acondicionar.....	39
3 - Disponer en bandejas.....	39
4 - Secar.....	39
5 - Envasar y etiquetar.....	39
6 - Almacenar.....	39

HONGOS EN CONSERVAS	39
Esterilización de frascos.....	39
Botulismo.....	40
Diagrama de proceso.....	40
1 - Pre-tratamiento (opcional).....	41

2 - Llenar envases	41
3 - Adicionar líquido de cobertura	41
4 - Eliminar gases	41
5 - Tapar	41
6 - Tratamiento térmico: pasteurización.....	41
7 - Enfriar y Secar	41
8 - Control: “cuarentena” y análisis microbio- lógico	41

CULTIVO EN TRONCOS

SELECCIÓN DE TRONCOS.....	44
Consideraciones para la elección de troncos	44
INOCULACIÓN	45
INCUBACIÓN	46
DISPOSICIÓN FINAL DE LOS TRONCOS.....	46
INDUCCIÓN DE LA FRUCTIFICACIÓN	46
FRUCTIFICACIÓN Y COSECHA	47
RENDIMIENTO	47
Glosario	49
Bibliografía	51
Referencias de imágenes.....	53



GUÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE

HONGOS COMESTIBLES

Buenas Prácticas de Manejo y
Diseño de Espacios de Cultivo

Las descripciones de los procesos planteados en este manual están ajustadas para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Gírgolas), uno de los hongos comestibles no convencionales de mayor consumo y cultivo. De igual manera, para el cultivo de otras especies ligninolíticas (que consumen restos vegetales) es recomendable seguir los pasos y pautas de este manual, y adaptar las condiciones o requerimientos para el crecimiento de la especie deseada.

CULTIVO DE HONGOS COMESTIBLES



MATERIAS PRIMAS

Inóculo - Semilla

La preparación de inóculo o "semilla" de hongo (imagen 1) constituye la base para el cultivo comercial de los hongos, y se refiere a la propagación o desarrollo vegetativo del mismo en granos de distintas gramíneas; se pueden emplear sorgo, trigo, centeno, cebada, avena, mijo, arroz, entre otros (Gaitán-Hernández *et al.*, 2006).

Para la producción de las semillas se necesitan condiciones muy especiales de higiene y control de temperatura y humedad, lo cual solamente se logra eficientemente en un laboratorio o un espacio diseñado y equipado para tal efecto.

La contaminación que se pueda generar en esta etapa será arrastrada durante todo el proceso de producción, afectando directamente los rendimientos esperados.

Las semillas pueden ser conservadas en heladera durante un período máximo de 30 días entre 3°C y 5°C, pasado ese período la recuperación y el tiempo de crecimiento pueden verse afectados. Se recomienda utilizar todo el contenido del envase de una sola vez para evitar contaminación del inóculo.

Sustrato

El sustrato es el material orgánico donde se siembra la "semilla" del hongo. Se pueden utilizar todos los vegetales, o partes de ellos, ricos en lignina y celulosa; tales como pajas de cereales, maderas, tocones, ramas, aserrín, subproductos de agroindustrias, pulpa o borra de café, y algunos bagazos como los de caña de azúcar.

Es recomendable hacer una combinación de sustratos en diferente proporción, para incrementar la producción de hongos. Por ejemplo: paja de trigo, aserrín de álamo y salvado de trigo.

Para seleccionar el sustrato, es fundamental saber la disponibilidad y abundancia del mismo en la región donde se realiza el cul-

tivo, los costos de adquisición y transporte, etc. El sustrato debe ser rico en contenidos de carbono y nitrógeno, característica que cumplen los sustratos lignocelulósicos derivados de la industria agroforestal, en su mayoría.

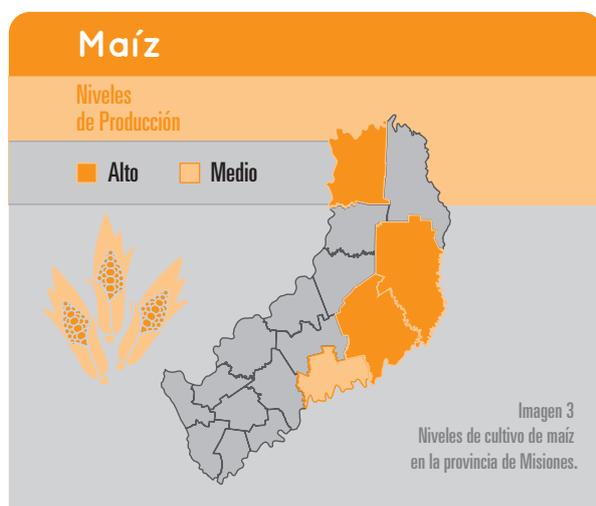
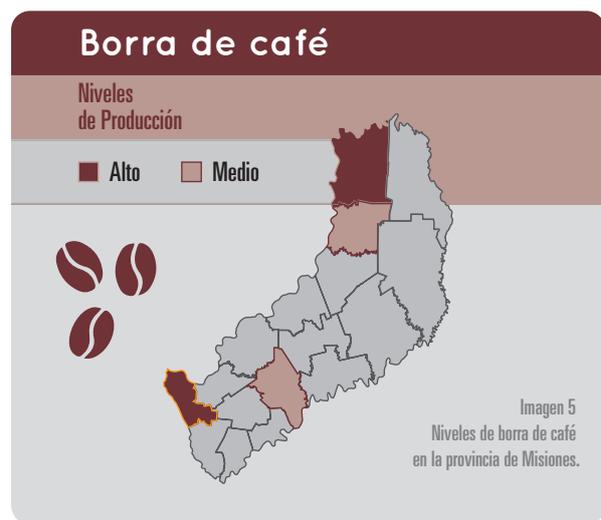
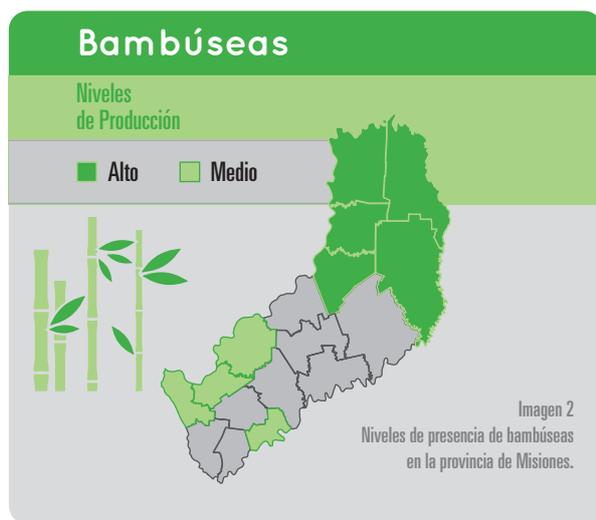
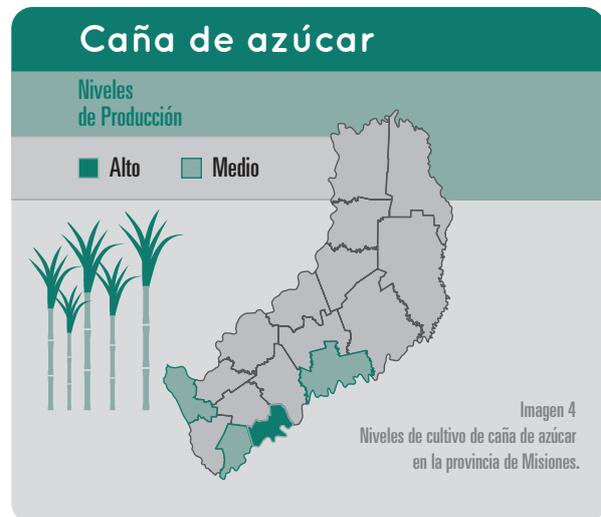


Imagen 1. "Semilla" de *Pleurotus ostreatus* elaborada en el IMiBio.

SUSTRATOS DISPONIBLES EN LA PROVINCIA DE MISIONES

- Chip / Aserrín / Viruta de pino.
- Aserrín / Viruta de eucalipto.
- Bagazo / Despunte de caña de azúcar.
- Chala / Marlo de maíz.
- Borra de café.
- Aserrín / Hojas de bambúneas.

• A continuación, se presentan los niveles de predominancia de estos sustratos en la provincia de Misiones.



Descripción de los sustratos

Las industrias locales generan toneladas de residuos y subproductos que poseen los nutrientes y minerales necesarios para el cultivo de hongos comestibles.

En las imágenes expuestas anteriormente se aprecian dos niveles de predominancia con respecto a la disponibilidad de algunos de los subproductos que existen en la provincia de Misiones y pueden ser utilizados como sustratos en la producción de hongos comestibles (Alto y Medio), a continuación se describirán brevemente cada uno.

Subproductos obtenidos de las bambúseas (Imagen 2)

Potencialmente tanto el aserrín de los tallos, como las hojas secas pueden ser utilizados como sustrato.

Subproductos de la producción de maíz (Imagen 3)

Tanto la chala como el marlo son posibles sustratos. El marlo deberá molerse en fragmentos de 1 cm aproximadamente, y la chala deberá aplastarse y cortarse en fragmentos de 2 a 3 cm. El uso de marlo y chala en combinación como sustrato para los hongos resulta en mayores valores de eficiencia biológica frente a la utilización de cada uno por separado.

Subproductos de la industria azucarera (Imagen 4)

El bagazo y el despunte de la caña de azúcar son materiales con comprobada efectividad como sustrato para el cultivo de hongos (Jaramillo, 2014). El bagazo propiamente dicho, es el residuo sólido que queda después de la extracción del jugo de la caña; mientras que el despunte o cogollo, es la parte superior del tallo (arriba del entrenudo 8 - 10 cm) y no tiene valor como materia prima para la industria azucarera, pero se emplea mucho para la alimentación de animales. El bagazo es un material de fácil acceso para el micelio de los hongos, por lo que se espera que rápidamente cubra el mismo y lo degrade.

Un sustrato de rápido crecimiento y degradación otorga baja eficiencia biológica, por lo que si lo que desea es tener mayor producción deberá ser suplementado con otro sustrato de difícil metabolismo (aserrín).

Subproducto de cafeterías (Imagen 5)

Las zonas de mayor consumo de café generan una gran cantidad de borra como residuo, este puede ser destinado como sustrato para la producción de hongos. Dicho residuo es desechado por bares, cafeterías, etc. Es un residuo de interés debido a que durante el proceso de extracción que sufre el grano de café en la cafetera, ocurre una pasteurización a presión alta que hace a ese residuo útil para el cultivo sin necesidad de esterilizar.

Subproductos de la industria maderera (Imagen 6)

Los aserraderos serán los principales proveedores de sustratos tales como chip, aserrín y viruta de pino y eucalipto. La industria maderera es una de las principales en la provincia, por lo que se pueden encontrar aserraderos distribuidos a lo largo y ancho de la misma. Si bien el subproducto de pino es muy prometedor para su uso debido a los grandes volúmenes que se generan, la resina que poseen genera un efecto inhibitorio sobre el crecimiento de algunos hongos, es por esto que si se opta por este material se recomienda trabajar con aserrín de pino seco y lavado para disminuir este efecto, en todos los casos el aserrín no debe poseer ningún tipo de preservante o pintura.

MEZCLA DE SUSTRATOS

Los sustratos pueden conformarse con un solo tipo de subproducto, o una mezcla de varios. Esto dependerá de la disponibilidad de los mismos en cada zona, y de cada productor. Las mezclas mejoran la estructura del sustrato, la disponibilidad y accesibilidad de los nutrientes y permiten obtener diferentes relaciones carbono/nitrógeno o diferentes aportes de micronutrientes.

Así, cada productor de hongos puede hacer su propia elección del mejor sustrato.

• Ejemplos de posibles mezclas de sustrato.

Aserrín	Marlo	Bagazo	Hojas de bambúseas	Borra de café
70%	-	30%	-	-
70%	-	-	30%	-
-	60%	40%	-	-
-	-	-	-	100%

Tabla 1: Proporción y posibles mezclas de sustratos.

TRATAMIENTO DEL SUSTRATO

El sustrato seleccionado deberá someterse a un tratamiento previo con el objetivo de disminuir al máximo la carga microbiana que posee. Existen diferentes métodos, siendo los tres principales y más empleados, la esterilización en autoclave, la pasteurización y el tratamiento con cal.

Se debe trabajar con sustratos que no presenten evidentes características de contaminación (hongos, levaduras, bacterias y/o plagas).

Esterilización con autoclave

El autoclave es un equipo que mantiene la temperatura por encima de los 100°C, a una presión interna superior a la atmosférica, asegurando la total esterilización del sustrato. Esta técnica es óptima para aquellos sustratos cuyas partículas son de volumen y superficie grande, como la viruta o chips.

Este método representa un costo extra de inversión ya que se necesita disponer de un autoclave o un mecanismo similar que logre alcanzar temperaturas de más de 100°C, por ello el sistema debe estar cerrado acompañado de una válvula reguladora de la presión de vapor y un barómetro de tal manera que aumente la presión y la temperatura del agua de forma controlada.

En aquellos sustratos gruesos, de difícil penetración como el aserrín, así como también

para el cultivo de algunos hongos como el Shiitake (*Lentinula edodes*) es indispensable esterilizar el sustrato de esta forma para asegurar la eficiencia del proceso.

Pasteurización

Es el método más práctico para ser utilizado. Se sumerge el sustrato en agua caliente siempre llegando a temperaturas mayores a 85 °C durante una hora. Se pueden utilizar recipientes caseros que sean alimentados por varias fuentes de combustible (Imagen 7).

En sustratos nuevos, de poco tiempo de estacionamiento, de poco volumen y que se humedecen con facilidad, es recomendable utilizar este procedimiento. Por ejemplo bagazo de caña, paja de trigo, chala y/o marlo de maíz.

• A continuación se muestran de manera esquemática dos formas de construir un sistema de pasteurización adecuado.

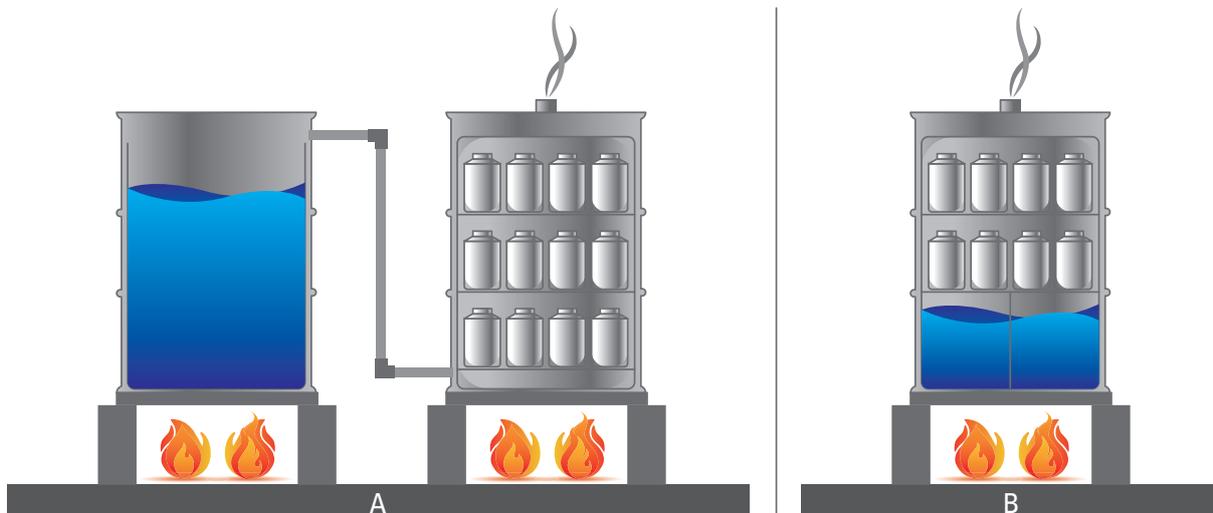


Imagen 7, a y b. Modelos de pasteurizadores caseros

Óxido de calcio (cal)

Se sumerge el sustrato en una dilución al 2% de cal en agua y permanece sumergido durante 24 hs (Imagen 8). En este período de tiempo se logra aumentar el pH del sustrato, de manera tal que se vean afectados todos los microorganismos sensibles (Ej. *Trichoderma* sp.) presentes en él. Tiene como desventaja que se genera un residuo líquido básico.



Imagen 8. Tratamiento del sustrato con cal.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CULTIVO DE HONGOS

Siembra

En bolsas transparentes y nuevas se procede a intercalar manualmente capas de sustrato y semilla, tratando de que la mezcla sea uniforme y evitando dejar áreas sin cubrir. El sustrato debe estar previamente esterilizado o pasteurizado, escurrido y a una temperatura menor a 30° C.

Es el momento de mayor riesgo de contaminación por lo que deben reforzarse las condiciones de higiene (Imagen 9).

La dosis de semillas es aproximadamente del 3 - 7 % del peso húmedo del sustrato.



Imagen 9. Condiciones de higiene durante la manipulación del sustrato.

Incubación o colonización

La incubación es el proceso en donde el micelio de los hongos va cubriendo la totalidad del sustrato.

Duración: 20 – 30 días.

Condiciones: humedad 70%, temperatura 25 – 28 °C, oscuridad total, evitar las corrientes de aire.

En esta etapa se debe prestar especial atención al color y olor de las bolsas para descartar aquellas que se encuentren en mal estado. En el caso de las Gírgolas la bolsa debe cubrirse de un micelio blanco, algodonoso. Cualquier otra coloración (verde, amarilla, rosada) indica la presencia de una contaminación y la misma debe ser rigurosamente descartada.

Inducción

La inducción ocurre una vez completado el proceso de incubación, en este punto se busca estimular la producción de las estructuras de reproducción. Para eso el micelio debe recibir cambios en las condiciones ambientales (inducción por estrés), tales como aumento en el ciclo de luz, disminución de la temperatura (15 – 18°C), variaciones en el porcentaje de gases CO₂ y O₂ (dióxido de carbono y oxígeno).

Si bien las bolsas con el sustrato inoculado pueden estar inicialmente micro perforadas para drenaje y ventilación; en la etapa de inducción se deberán realizar otras perforaciones cada 15 – 20 cm en todas las caras de la bolsa para aumentar la entrada de oxígeno y permitir la aparición de cuerpos fructíferos (Deagustini, 2004).

Fructificación

Durante este proceso se desarrollan las estructuras de reproducción o cuerpos fructíferos, que son la parte comestible y que coloquialmente llamamos “hongo”.

Duración 15 – 20 días.

Condiciones: Humedad 85 – 95%, temperatura 18 – 22 °C, ciclos alternados de 12 hs de iluminación/oscuridad, 4 a 6 renovaciones de aire por hora.

Es necesario controlar en este punto la presencia de plagas como moscas, roedores e insectos que pueden ocasionar pérdidas de producción o disminuir la calidad final del producto.

Es ideal que si las bolsas se colocan en estanterías las mismas sean cribadas para favorecer la circulación de aire, el drenaje, etc.

Cosecha

La cosecha se realiza en forma manual, cortando los Cuerpos Fructíferos (CF) lo más cerca posible de la superficie del sustrato, con cuchillos bien afilados, limpios y desinfectados. Los hongos estarán listos cuando el sombrero se observe compacto, turgente, no flácido y antes de que sus márgenes se enrollen hacia arriba (Gaitán-Hernández *et al.*, 2006).

La primer cosecha puede durar entre 1 a 3 días, dejando los hongos más pequeños para el siguiente corte que se realiza una a dos semanas después. Se pueden esperar de 3 a 4 oleadas de hongos, siendo la producción de cada una de ellas cada vez menor.

Almacenamiento

Al cosechar los hongos es ideal almacenarlos en canastas o cajas de plástico que permitan una adecuada ventilación (Imagen 10) evitando sobrecargarlas para que no se aplasten o rompan.



Imagen 10. Gírgolas frescas almacenadas a granel.

El producto que será envasado para su venta en fresco deberá pre-enfriarse en estos canastos dentro de heladeras (4 - 5 °C).

Aquellos que se destinen a conservas deberán procesarse preferentemente el mismo día de la cosecha o al día siguiente, conservándose siempre en heladera.

FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN

Relación Temperatura - Humedad en el Cultivo de Gírgolas.

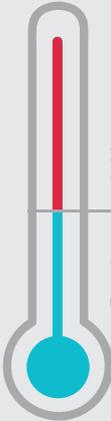
		Humedad 	
		Alta	Baja
Temperatura 	Alta	<ul style="list-style-type: none"> _ Sombreros pequeños/Pies largos. _ Sombreros más claros (gris - gris parduzco). _ Depresión en el centro. 	<ul style="list-style-type: none"> _ Margen del sombrero delgado y quebradizo. _ Sombrero con forma de paraguas. _ Color muy claro de sombrero (gris claro/blanco). _ Pie grueso.
	Baja	<ul style="list-style-type: none"> _ Color fuerte y formación de Cuerpos Fructíferos (CF) fuertes. _ Crecimiento lento y número reducido de CF. 	<ul style="list-style-type: none"> _ Color de sombrero oscuro (marrón oscuro). _ Pie hinchado en el medio (forma de barril). _ Crecimiento lento de CF con bajo rendimiento.

Tabla 2: Relación Temperatura – Humedad en el cultivo de Gírgolas (modificado de Taurachand, 2005).

Efecto de la Luz y la ventilación en el Cultivo de Gírgolas.

		Exceso	Falta
Luz 		<ul style="list-style-type: none"> _ Pie corto. _ Sombreros de color oscuro. _ Baja humedad y sustrato seco. 	<ul style="list-style-type: none"> _ Pie corto. _ Sombreros de color oscuro.
Ventilación 		<ul style="list-style-type: none"> _ Pie corto. _ Sombreros de color oscuro. _ Baja humedad y sustrato seco. 	Por la elevada [CO ₂]: <ul style="list-style-type: none"> _ Se inhibe el crecimiento. _ Pies alargados y torcidos. _ Crecimiento de sombrero pobre.

Tabla 3: Efecto de luz y ventilación en el cultivo de Gírgolas (modificado de Taurachand, 2005).

INFRAESTRUCTURA NECESARIA PARA EL CULTIVO DE HONGOS COMESTIBLES

Se proponen a continuación algunos ejemplos de diseño y disposición, tanto de las instalaciones como de los equipos y elementos necesarios.

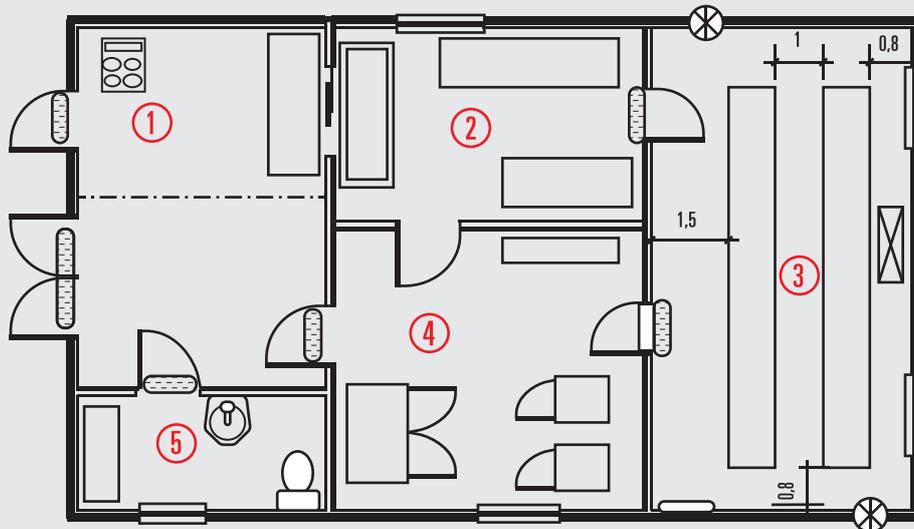
El diagrama de planta podrá variar de tamaño y organización según los niveles productivos deseados, por lo que las instalaciones siempre serán a medida de cada productor, siguiendo las características básicas que se especificarán a continuación.

En primer lugar, se describe un diseño ideal para un establecimiento productor de hongos comestibles (Esquema 1). Este diagrama de planta permite delimitar las zonas de elaboración lo que otorga un mayor poder de control sobre todo tipo de contaminación, teniendo como gran ventaja una mayor eficiencia y productividad.

El sustrato sin tratar ingresa por la zona 1 donde se realiza su pasteurización, luego el mismo pasa a la zona 2 a través de una abertura (ventana o tronera) para evitar contaminación; lo ideal es que el material de construcción sea de acero inoxidable. En la zona 2 se realizará la inoculación y separación del sustrato en bolsas que luego serán llevadas a la zona 3 (sala de cultivo).

En caso de tener una producción continua la sala de cultivo deberá separarse en, al menos, 2 sectores que puedan variar sus condiciones de humedad, temperatura y aireación para satisfacer las necesidades de cada etapa.

Una vez realizada la cosecha, los hongos frescos serán envasados y almacenados en



Referencias

- 1- Sala de recepción y pasteurización de sustrato.
- 2- Sala de inoculación.
- 3- Sala de cultivo (incubación y fructificación).
- 4- Sala de almacenamiento y envasado.
- 5- Baño y vestuario.

- +—+ Distancias mínimas (en metros).
- Alfombras sanitarias.
- Cortina sanitaria (PVC).

Esquema 1: Esquema general de planta

heladeras dispuestas en la zona 4. En la sala de almacenamiento podrá destinarse un espacio refrigerado para conservar el inóculo o semilla.

Los hongos que sean destinados a la producción de conservas podrán procesarse en la zona 2, o en la zona 4, según la conveniencia de los productores. Deberán adicionarse los equipamientos y utensilios necesarios para estas tareas (por ejemplo: cocina/anafe, ollas, desecador, frascos, etc.).

La zona de cultivo podrá o no estar dentro del establecimiento, siempre y cuando cumpla con las condiciones de higiene y seguridad.

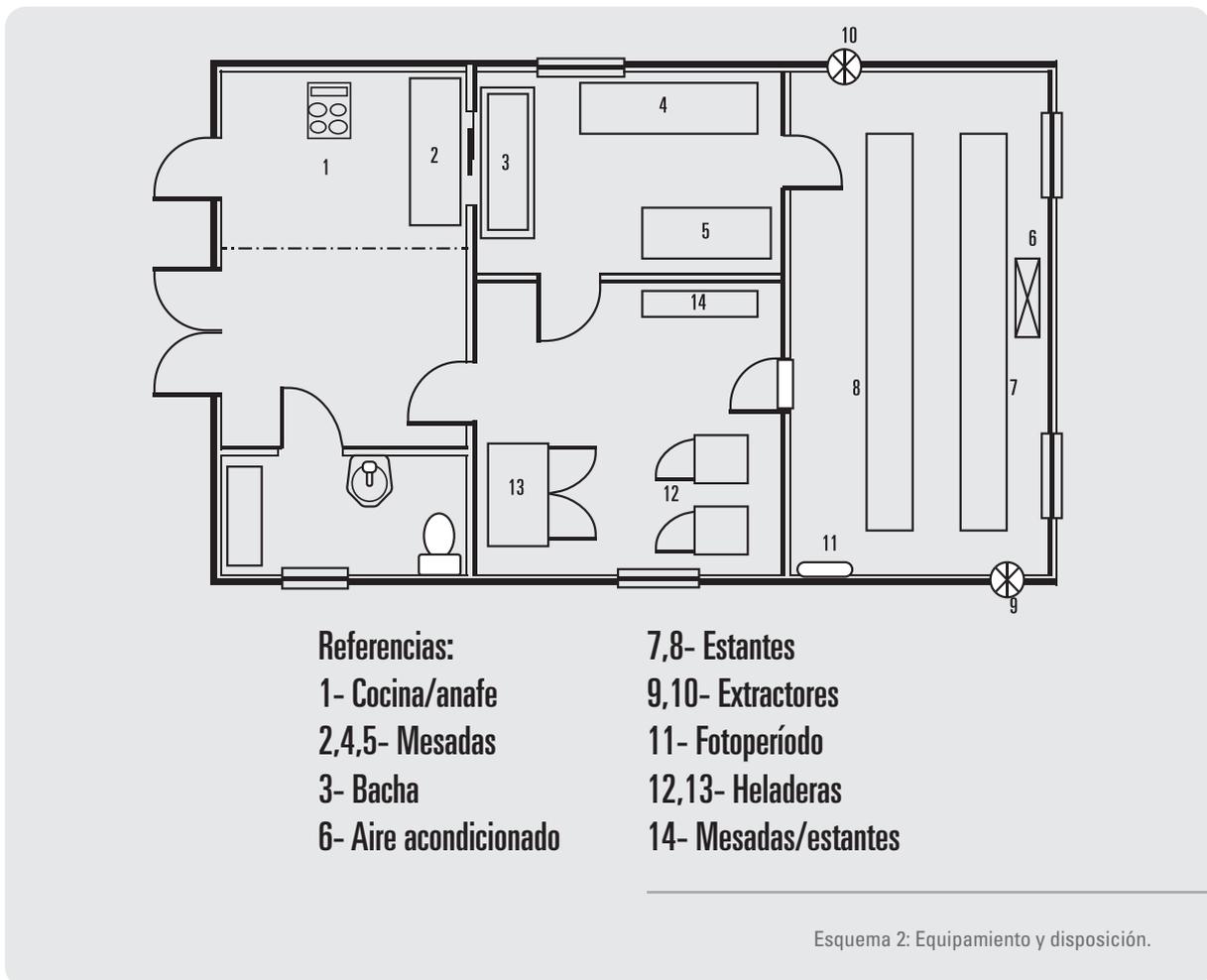
Es importante mantener las distintas zonas en forma separada para evitar problemas de calidad por contaminación del sustrato, del inóculo y/o del producto terminado.

Disposición de equipos

A continuación se muestran los equipos necesarios y su disposición dentro de la planta elaboradora.

Como se puede ver en el Esquema 2, el equipamiento es sencillo. Lo ideal es contar con mesadas, bachas y utensilios de acero inoxidable.

Los estantes de la sala de cultivo podrán contar con hasta 5 pisos para su correcto control y manejo, y el material de construcción puede ser de plástico, metal o madera, siendo éste el orden de conveniencia (Imagen 11). El tipo de estantería, largo y ancho deberá prever el peso deseado a soportar para evitar inconvenientes futuros en la estabilidad de la misma.



Aclaración: Las siguientes figuras no están realizadas a escala, son ilustraciones cuyo fin es orientar al productor a la hora de diseñar su propia sala de elaboración.



Imagen 11. Tipos de estanterías: de plástico (a), de metal (b) y de madera (c).

• *Los estantes podrán reemplazarse por sistemas de bolsas colgadas.*



Imagen 12. Sistema encadenado para bolsas chicas independientes.



Imagen 13. Sistema pendiente para bolsas de gran porte.



Imagen 14. Cultivo en baldes reciclados.

En algunos casos las bolsas pueden ser reemplazadas por otros tipos de contenedores, como por ejemplo por baldes plásticos (Imagen 14).

Las heladeras podrán ser reemplazadas por cámaras frigoríficas cuyo tamaño va a depender del nivel de producción del establecimiento.

Son importantes los extractores de aire para asegurar una correcta ventilación en las etapas que así lo requieran.

Otra consideración importante es que todas las aberturas deberán estar cubiertas con tela mosquitera para evitar el ingreso de plagas. Además, si la sala de cultivo tiene ventanas, las mismas deberán ser tapadas durante el período de incubación para poder garantizar que la sala se encuentre en oscuridad.

Alternativas de equipos

Elementos como el humidificador o los aspersores automáticos, el aire acondicionado y el fotoperíodo son los ideales para poder tener control de los parámetros que más influyen en la productividad, pero no son requisitos indispensables.

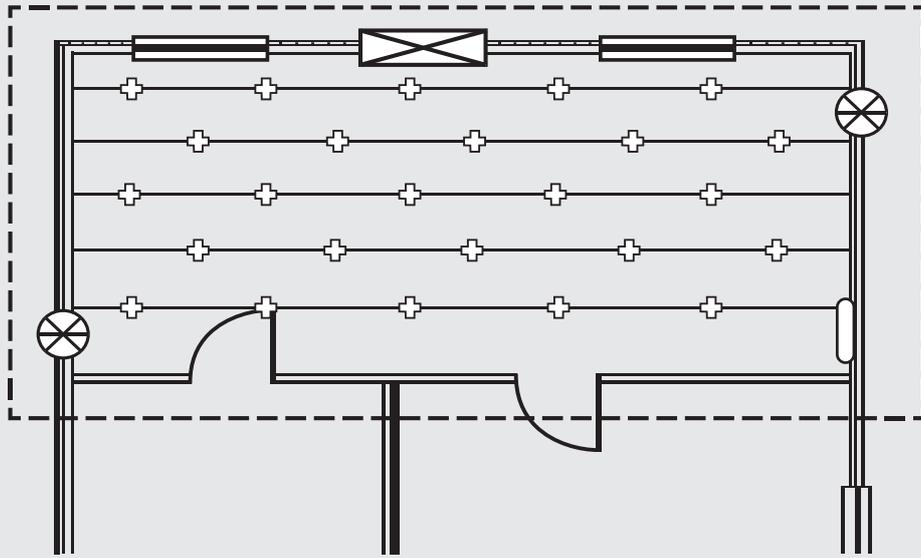
Control de humedad

El sistema automático de riego (Esquema 3) puede ser reemplazado por aspersores manuales; para ello un operario deberá humedecer la sala las veces que sea necesario para mantener las condiciones, esto trae desventajas como ser: riesgos de contaminación, disponibilidad de personal y tiempo, olvidos, riego en forma despareja, riesgos por goteo directo hacia las bolsas, entre otros.

También es recomendable mojar el piso de la sala para que la humedad no decaiga con la ventilación. Sobre todo en la etapa de fructificación donde la humedad es un factor crítico.



Imagen 15. Sistema de bomba para aspersores automáticos.



Sistema automatizado de riego

Esquema 3: Sistema automatizado de riego dentro de la sala de cultivo.



Imagen 16. Sistema de aspersores automáticos.

Control de temperatura

La temperatura es un factor que debe ser controlado si se quiere tener una producción continua y no estacional, ya que para inducir la fructificación es necesario un descenso de temperatura importante, la mejor opción es la instalación de un aire acondicionado frío/calor (Imagen 17).

Además, el control de temperatura es necesario para que no se sobrepasen los límites máximos y mínimos que afectan directamente al desarrollo de los hongos. En caso de no contar con sistemas de refrigeración se deberán reforzar las aislaciones térmicas en paredes y techos, optando por planchas de poliestireno expandido (telgopor), coberturas plásticas, etc. Es probable que se tengan diferencias en la productividad según la estación.



Imagen 17. Interior de una sala de cultivo. Nótese la ubicación de estanterías, aire acondicionado, luminaria y aspersores.

Control de iluminación

La iluminación mediante fotoperíodo garantiza ciclos programados de luz/ oscuridad, por ejemplo: 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad; también puede considerarse la iluminación de la sala mediante lámparas, cubiertas y resistentes a la humedad. Como consideración importante se debe tener en cuenta una iluminación pareja de la sala y de los estantes para que las condiciones sean homogéneas para todas las bolsas.

En el caso de optar por iluminación natural, las principales desventajas son las condiciones climáticas, la iluminación despareja y los períodos variables de luz-oscuridad dependiente de la estación.

Control de ventilación y renovaciones de aire

La ventilación de la sala de cultivo es fundamental ya que se deben mantener controlados los niveles de CO₂ y además, durante el período en el que los hongos esporulan, debe haber suficiente recambio de aire para evitar que las esporas se acumulen en la sala ya que podrían provocar riesgos en las vías respiratorias y en la visión de los operarios que ingresen a la sala.

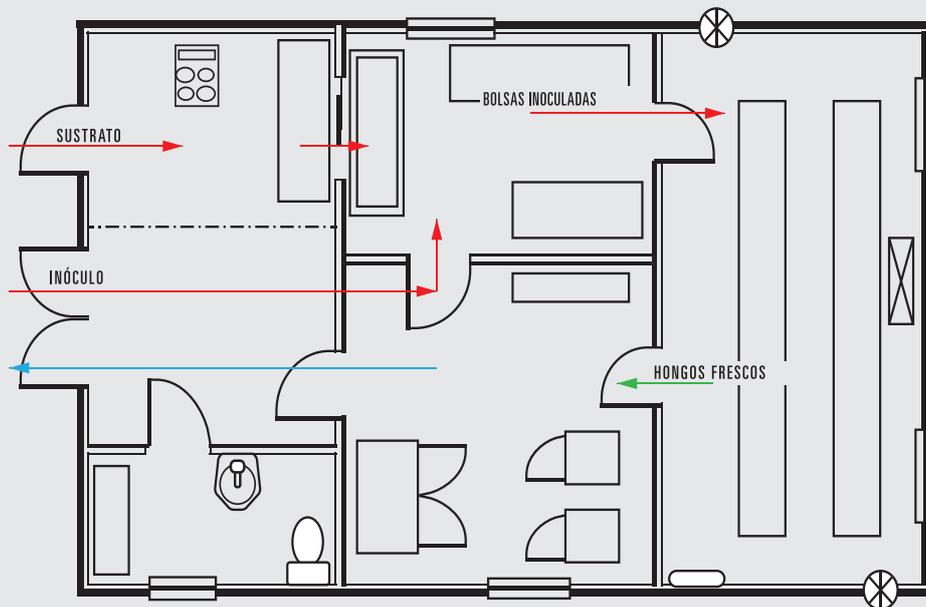
Cálculo del caudal del extractor:

1. Calcular el volumen de la sala (alto x ancho x largo).
2. Ver número de renovaciones por hora (4 - 6).
3. Caudal (m³/hs) = Volumen sala x n° renovaciones

Diagrama de circulación de productos

Es importante que la circulación de materia prima, producto intermedio y producto terminado sea lo más ordenada posible, evitando entrecruzamientos innecesarios que pongan en peligro la calidad final del producto (Esquema 4).

El momento de mayor riesgo microbiológico se produce durante la etapa de inoculación, por ello las condiciones de higiene deben extremarse en esta etapa.



Referencias

- Materia prima (MP)
- Producto intermedio (PI)
- Producto terminado (PT)

Esquema 4: Circulación de MP, PI y PT.

Diferenciación de zonas

Como se observa en el Esquema 5, el establecimiento deberá diferenciarse en tres zonas (sucia, intermedia y limpia). Estas delimitaciones, ayudarán a mantener la calidad del producto, evitando al máximo el contacto sobre todo entre la zona sucia y las zonas limpias.

Como se puede ver la zona limpia se mantiene casi aislada de las demás. Las entradas deberán contar con alfombras sanitarias que pueden consistir simplemente en trapos de piso embebidos en una solución desinfectante (ej. lavandina), que debe ser renovada al menos 3 veces al día.

Los productores deberán cambiarse la ropa y calzados en el baño/vestidor y lavarse apropiadamente las manos antes de ingresar a la zona limpia. Es ideal el uso de

cofias, barbijos y guantes sobre todo a la hora de inocular el sustrato.



Esquema 5: Delimitación de zonas.

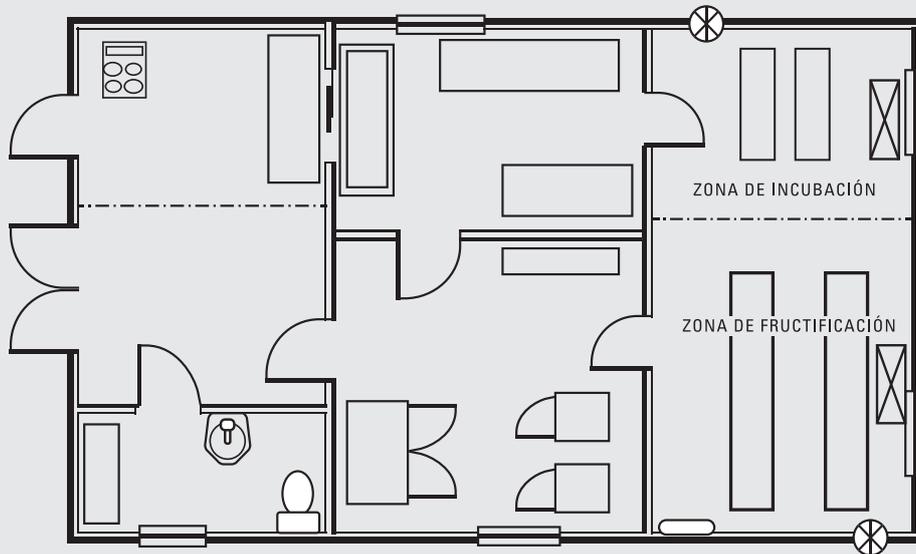
Alternativas constructivas (para pequeñas producciones)

El esquema de planta propuesto es ideal para el caso de productores que posean el capital inicial necesario, o también para la asociación de productores que decidan conformar cooperativas de trabajo.

Para las pequeñas producciones, sobre todo a escala de consumo familiar y para un primer contacto con el mundo del cultivo y producción de hongos comestibles, se tienen otras alternativas edilicias y las mismas implican por lo general el uso de espacios pre-existentes, siempre y cuando las condiciones

de higiene sean las adecuadas. Ejemplo de esto pueden ser, galpones o habitaciones en desuso.

Las etapas de incubación y fructificación podrán realizarse en una misma sala al mismo tiempo (Esquema 6), destinando una parte de la sala para colocar las bolsas en fase de incubación, la sala podrá dividirse con, por ejemplo, una cortina sanitaria de plástico. Este tipo de instalación tiene como desventaja que el control de los parámetros para cada fase puede no ser tan efectivo.



Esquema 6: Zonas de incubación y fructificación.

Alternativas de materiales de construcción

Existen numerosas formas de construir salas de cultivo de hongos comestibles. La regla general es construir con los materiales que se tengan disponibles asegurando la higiene

y pudiendo mantener controlados la mayor cantidad posible de factores ambientales.

• *A continuación se muestran algunos ejemplos.*



Imagen 18: Sala de producción hecha de material (a); sala de cultivo con estructura de madera, techos y paredes de media sombra (b).



Imagen 19: Sala de cultivo con piso de material, estructura de madera (tacuaras), paredes y techos de media sombra.



Imagen 20: Sala de cultivo construida con bloques de hormigón y piso alisado (a), paredes y techo cubierto con plástico (b).



Imagen 21: Proceso de construcción de sala de cultivo. Estructura de troncos y bambú. Techo cubierto con media sombra y paredes de plástico.



Imagen 22. Sala de cultivo tipo "carpa" con estructura de caños de metal o plástico y cubierta con lona.



Imagen 23: Proceso de construcción de sala de cultivo. Estructura de madera y piso con una capa de piedra. Techo de media sombra y paredes de plástico.

Otros ejemplos

- Estructuras de caña de bambú y paredes de plástico o paja cubiertas con plástico.
- Estructuras de madera tratada con impermeabilizantes y cubierta con materiales aislantes, por ejemplo nylon.
- Estructuras metálicas con paneles estructurales aislantes.
- Pisos de tierra (se regula la humedad mojando el piso).

CONTAMINANTES, PLAGAS Y ENFERMEDADES EN EL CULTIVO

La forma más efectiva de control sobre estos factores es la prevención, esto se logra con adecuadas medidas de higiene de las salas,

de los utensilios y del personal, además de aplicar barreras (físicas y/o químicas).

Tipo de control preventivo	Acciones
Exclusión	<ul style="list-style-type: none"> _ Asegurar aberturas con mallas mosquiteras. _ Acceso controlado del personal. _ Mantenimiento de las salas (techos, paredes, juntas, drenajes). _ Higiene del personal (vestimenta). _ Materiales de construcción no porosos, o cubrir la sala con plástico.
Adecuada elección del lugar	<ul style="list-style-type: none"> _ Evitar que las salas estén cerca de granjas o corrales. _ Evitar la cercanía de plantas de tratamiento de residuos o cloacales.
Tratamiento del sustrato	<ul style="list-style-type: none"> _ Adecuado tratamiento térmico del sustrato para evitar presencia de organismos competidores.
Control en la siembra	<ul style="list-style-type: none"> _ La etapa de siembra es un punto crítico en el que deben extremarse los cuidados para evitar contaminar el sustrato o las semillas.

Tabla 4: Tipo de control y acciones para prevenir plagas y enfermedades en el cultivo.

Tratamiento y monitoreo para moscas y plagas

Agua + vinagre + azúcar: puede prepararse en botellas de plástico cortadas a la mitad y colocarse en lugares próximos a las aberturas como trampa para las moscas.

Trampas pegajosas: se colocan en los marcos de posibles entradas como ventanas, puertas o drenajes. Como refuerzo de las mallas metálicas.

Pinturas con aceite color amarillo: actúa de manera similar a las trampas pegajosas.

Lámparas UV: atraen y atrapan diferentes tipos de insectos, quedando adheridos a placas adhesivas.

Aceites esenciales de lemongrass o citronella: por aspersión, utilizado para control de mosquitas. Nunca directamente sobre el sustrato o los hongos.

Insecticidas: Deben evitarse. En caso de extrema necesidad deberán aplicarse únicamente cuando la totalidad de las salas no se encuentren en etapas productivas. Se deben seguir las instrucciones de uso y considerar el efecto de acción residual de los mismos. Por lo general se contrata un servicio tercerizado y autorizado para manejo y control integral de plagas.

¿CÓMO PLANIFICAR UNA PRODUCCIÓN CONTINUA?

La decisión de producir en forma continua conlleva saber la capacidad edilicia, la demanda de mercado, y la posibilidad de control de los factores ambientales que afectan al cultivo.

Una manera de estimar la cantidad de bolsas que deben sembrarse en un tiempo determinado es la propuesta por Deagustini (2004):

1. Saber la cantidad de bolsas que entran en la sala de fructificación.
2. Dividir la cantidad total de bolsas que entran en la sala de fructificación por la cantidad de semanas que estarán allí (aproximadamente 4 semanas para 2 oleadas, 6 semanas para 3 oleadas).
3. Obtener la cantidad de bolsas que debería sembrar por semana.

Ejemplo:

Nº total de bolsas en sala de fructificación= 40

Nº de oleadas= 2;
entonces: Nº de semanas en sala= 4

Nº de bolsas a sembrar por semana= $40/4$

Nº de bolsas a sembrar por semana= 10

Nº de bolsas a sembrar $c/15$ días= 20

En la siguiente tabla se ejemplifica lo que sucedería en una instalación que cuenta con una sala subdividida en áreas de incubación (capacidad total de 40 bolsas), inducción/fructificación (capacidad total de 40 bolsas), donde hay producción continua con siembra de 20 bolsas cada 15 días.

Referencias

S	sembrado
I	inducción
F	fructificación
Siembra	cada 15 días
Oleadas	1era y 2da
Lotes	A, B, C, D, ...

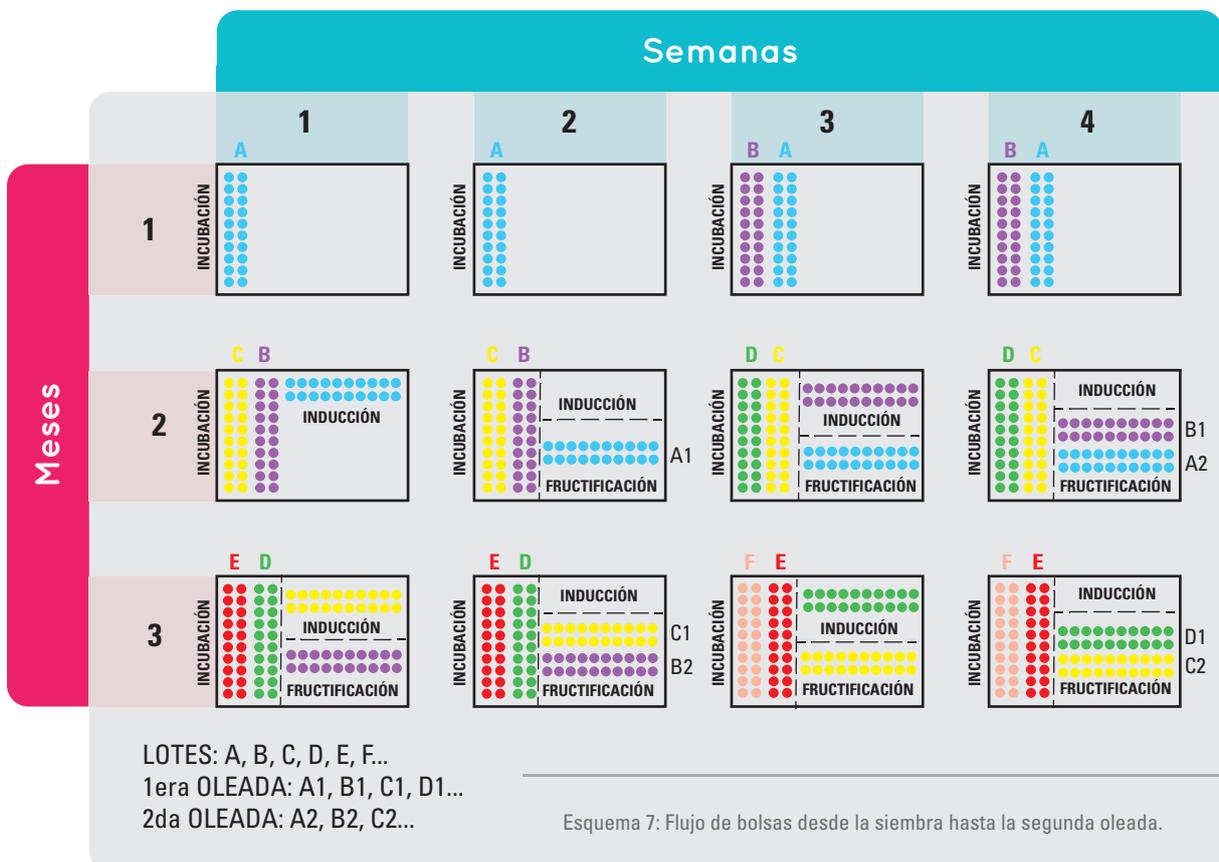
Tabla 5: Referencias.

		Semanas			
Mes		1	2	3	4
1		Lote A S		Lote B S	
		Lote C S		Lote D S	
2		Lote A I	Lote A 1er F	Lote B I	Lote A 2da F
					Lote B 1er F
3		Lote E S		Lote F S	
		Lote C I	Lote B 2da F	Lote D I	
			Lote C 1er F		Lote C 2da F
					Lote D 1er F

Tabla 6: Secuencia de siembra, inducción y fructificación (en lotes) en sala de cultivo.

Semana	Bolsas incubación (lotes)	Número de bolsas en la sala (ej: 20 bolsas c/ 15 días)	Bolsas inducción/ fructificación (lotes)	Número de bolsas en la sala (ej: 20 bolsas c/ 15 días)
1, 2	A	20	0	0
3, 4	A + B	40	0	0
5, 6	B + C	40	A	20
7, 8	C + D	40	A + B	40
9, 10	D + E	40	B + C	40
11, 12	E + F	40	C + D	40
...

Tabla 7: Planificación de producción continua según capacidad de la sala.



PROCESAMIENTO DE HONGOS COMESTIBLES



COMERCIALIZACIÓN

El primer paso para planificar la producción es investigar las alternativas y presentación de los productos que serán requeridos por los potenciales clientes (restaurantes, ferias, verdulerías, consumo propio, etc.). Así se podrá estimar la mejor forma de presentación, las cantidades y los tiempos de entrega.

Las ventajas que tiene la venta de productos desde el cultivo propio es poder controlar la demanda, conocer el gusto del consumidor, cumplir con los plazos y tiempos de entrega, ajustar la calidad y cantidad producida y tener un mayor control de precios.

RENDIMIENTO O PRODUCTIVIDAD

Dos de los parámetros más importantes para considerar la productividad, son la eficiencia biológica y la tasa de producción.

La eficiencia biológica se determina expresando en porcentaje la relación entre peso fresco de los hongos producidos y el peso seco del sustrato (peso de hongos frescos/ peso del sustrato x 100). La tasa de producción se determina mediante la relación de la eficiencia biológica entre el número total de días de evaluación, a partir del día de inoculación [eficiencia biológica (%)/días de evaluación] (Gaitán-Hernández *et al.*, 2006).

Ejemplo:

Se obtuvo una eficiencia biológica del 90% con una mezcla de sustrato (70% bagazo de caña + 30% despunte de caña) (Jaramillo, 2014)

$$\frac{0,9 \text{ kg de hongos (frescos)}}{1 \text{ kg sustrato (seco)}} * 100 = 90\%$$

REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE CALIDAD PARA HONGOS FRESCOS A ENVASAR O SECAR

(Dirección Nacional de Procesos y Tecnologías de la SAGyP. 2013).

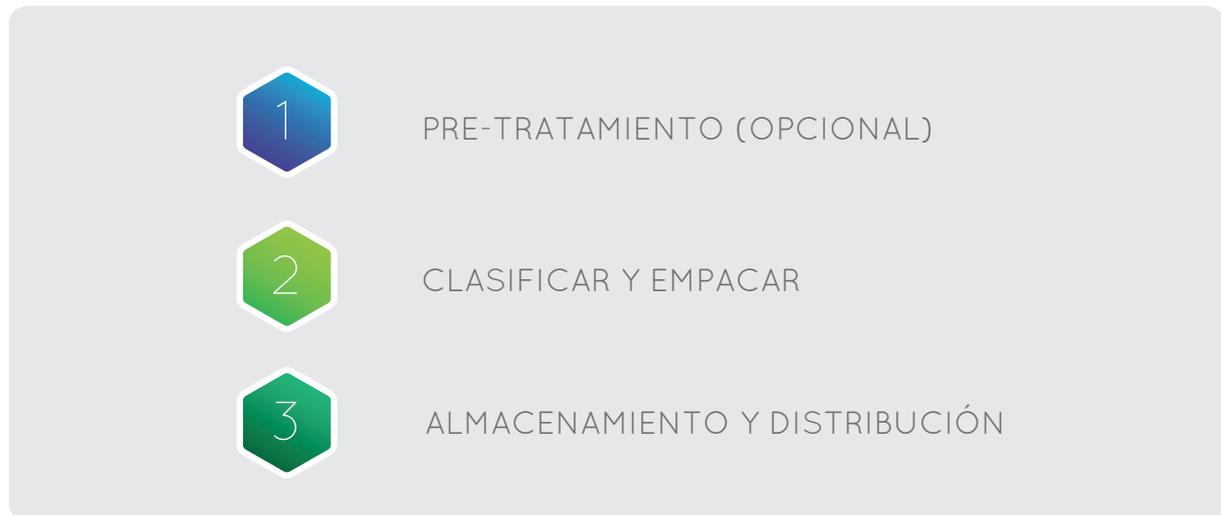
Estos requisitos se aplican a los hongos frescos recién cosechados (hasta 12 horas después de su cosecha) y almacenados en frío entre 2 y 4 °C para su posterior procesamiento.

Características de los cuerpos fructíferos a considerar

- Responder al cultivar declarado.
- Forma, sabor, color y olor característicos del cultivar.
- Firmes.
- Humedad, 75 a 90%, sin agua libre en superficie.
- Buen desarrollo, el diámetro mayor de los hongos producidos podrá variar entre 5 y 18 cm.
- Limpios, sin manifestaciones visibles de contaminaciones físicas como restos de vegetales, tierra u otro tipo de contaminantes.
- Sanos, CF con pequeños signos de rotura o mínima acción biológica.
- Libres de insectos, gusanos o larvas.
- Bajo nivel de daños causados por agentes físicos, químicos o causados por plagas, insectos y enfermedades.
- Libres de cualquier aroma y sabor extraño ejemplo: olor a coco (característico de contaminación por *Trichoderma* sp.).
- Madurez de cosecha, los CF pueden tener su borde completamente extendido pero no debe estar volteado hacia arriba.

HONGOS FRESCOS ENVASADOS

Diagrama de proceso



1 - Pre tratamiento

- Opcional.
- Objetivo: evitar pardeamientos y el desarrollo de microorganismos en la superficie de los hongos.
- Ventaja: aumenta la vida útil del producto.

Sorbato de potasio y ácido cítrico: Se prepara una solución que contenga 2 gramos de sorbato de potasio y 3 gramos de ácido cítrico por litro de agua. Se aplica sobre la superficie del hongo mediante una pulverización de gotas finas, observando que toda la superficie del hongo se moje. El operador deberá protegerse con mascarillas y guantes adecuados para evitar la ingestión del producto para el tratamiento (De Michelis y Rajchenberg, 2006).



Imagen 24. Hongos frescos envasados en bandejas.

2 - Clasificar y empacar

La clasificación y selección manual se realiza para descartar aquellos hongos defectuosos o en mal estado.

El empaque deberá realizarse siempre con elementos aptos para alimentos. Algunas opciones pueden ser bandejas plásticas o de telgopor cubiertas con film (Imagen 24). Idealmente se deben utilizar películas transparentes microperforadas que permiten el intercambio gaseoso.

3 - Almacenamiento y distribución

El almacenamiento debe ser refrigerado. Para hongos sin pre tratamientos la vida útil es de entre 3-6 días, y para hongos pre tratados la duración se extiende hasta unos 12 - 15 días (De Michelis y Rajchenberg, 2006).

Para la distribución a largas distancias los hongos deberán transportarse dentro de vehículos con refrigeración o dentro de contenedores con refrigerantes, evitando el contacto directo entre el producto y dichos refrigerantes.

HONGOS SECOS

Requerimientos específicos para hongos secos.

Presentación del producto seco

Los envases podrán tener hongos de una sola especie o mezclas.

Presentarán el sabor y aroma propios de la especie o especies contenidas. En todos los casos, se utilizarán envases con cierre hermético e impermeables a la humedad.

Enteros: el producto deshidratado mantiene la integridad de sus partes, a la que se le podrá acortar el pie.

Trozados: los trozos son de forma y tamaño razonablemente uniformes.

Envase: hermético e impermeable. Los materiales de los envases deben ser de polietileno, polipropileno o polietilentereftalato (PET), e incluso una combinación de ellos.

Humedad

Se admitirá hasta un 6% de humedad para los obtenidos por liofilización y un máximo de 12% para los obtenidos por otros sistemas. No deben denotar humedad al apretarlos, no deben romperse, deben mantener algo de plasticidad pero no doblarse.

Diagrama de proceso



Dirección Nacional de Procesos y Tecnologías de la SAGyP. 2013

Acondicionamiento

Limpieza: esta etapa tiene por objetivo la eliminación de cualquier sustancia extraña que se encuentre adherida en la superficie del CF. Para extraer tales sustancias debe utilizarse un cuchillo o herramienta lisa que no dañe la superficie al realizar el desluzamiento. En esta etapa no deben lavarse los hongos.

Selección: durante este proceso los hongos se seleccionan y clasifican de acuerdo a su forma, tamaño y color.

Almacenamiento

Deberán guardarse en un envase primario del tipo polipropileno o polietileno, termosellado, que aisle el contenido del envase del exterior. No deberán apilarse las bolsas para evitar roturas.

Humedad relativa ambiental: máximo del 50%.

Temperatura: a temperatura ambiente (se recomienda un máximo de 25 °C), sin exposición al sol.

Vida útil: 2 años.

Rotulado

Se realizará sobre el envase primario y/o secundario según corresponda.

1 - Cosechar o recolectar

Seleccionar la materia prima de mayor calidad, considerando tamaño y uniformidad regular.

2 - Acondicionar

Se recomienda no lavar; si es necesario, hacerlo con abundante agua potable.

Pelar, cortar, etc. con cuchillo de acero inoxidable limpio y desinfectado, en el sentido longitudinal si son hongos de sombrero, en fetas de 0,5 a 1 cm de espesor.

Sumergir las fetas en solución ácida (solución de ácido cítrico al 3%), durante 5 minutos.

Ecurrir convenientemente y guardar en bandejas limpias y tapadas con papel film, en heladera (4 -5°C), para proceder a la etapa de secado, como máximo esperar al día siguiente para comenzar con el secado.

3 - Disponer en bandejas

Se dispone la materia prima cubriendo la superficie de manera uniforme.

El lecho de producto debe facilitar el flujo de aire a través del mismo, por lo que es preferible cargar una bandeja en defecto que sobrecargarla.

4 - Secar

Debe realizarse hasta llegar al peso y humedad final deseados.

Punto final de secado: Se coloca en cada bandeja un pequeño recipiente con una muestra del mismo producto que se está deshidratando. Luego, mediante un proceso de pesada secuencial (en intervalos de 15-20 min) se controla la pérdida de peso.

Una vez que el producto ya no disminuye su peso, se puede decir que ha alcanzado el punto final de secado.

Opciones de equipos para secado

- Secadero solar.
- Secadero a biomasa (a leña, etc).
- Secaderos combinados (solar/biomasa).
- Calefactores artificiales (cocinas, calefactores a leña o combustible, pequeños secaderos eléctricos).
- Salas de secado (estáticas - portátiles, continuas - discontinuas, a gas - combustibles líquidos - leña, etc).

5 - Envasar y etiquetar

Pesar y colocar el producto seco en las bolsas correspondientes, luego sellarlas térmicamente y etiquetar.

6 - Almacenar

Disponer las bolsas sin encimarlas, en lugar cálido y seco.

HONGOS EN CONSERVAS

Esterilización de frascos

Este procedimiento se debe hacer en el mismo momento que se prepara la conserva, no horas ni días antes. Los frascos deben mantenerse calientes para evitar que algún microorganismo quede dentro del frasco.

En una cacerola amplia, colocar un paño limpio que cubra el fondo, luego colocar los frascos poniendo paños limpios entre unos y otros a fin de evitar que se golpeen cuando el agua entre en ebullición.

Poner los frascos en la olla con agua con la condición de que el agua los tape completamente y luego hervir el agua durante 10 minutos.

Recomendación: agregar un par de cucharadas de vinagre al agua para que el vidrio del frasco no quede manchado.

Retirar los frascos con una pinza metálica (limpia y desinfectada) y colocarlos boca abajo en una fuente para horno (limpia y desinfectada), llevarlo al horno para que se sequen por 10 minutos.

Dejar los frascos en el horno hasta el momento de utilizar.

Antes de utilizar rociar las tapas con alcohol etílico al 70% y conservarlas boca abajo hasta el momento del sellado.

Botulismo

Es una enfermedad muy grave, potencialmente mortal, consecuencia de una toxina producida en determinadas condiciones por la bacteria *Clostridium botulinum*. Esta bac-

teria se encuentra en todos los ambientes y mientras esté en presencia de oxígeno no puede producir la toxina. Pero en ausencia de él, como ocurre en las conservas, y a pH superiores a 4,4 siempre existe la posibilidad de que la produzca (De Michelis y Rajchenberg, 2006).

Entonces no es recomendable que a pequeña escala se elaboren conservas poco ácidas, ya que deberán realizarse controles muy estrictos.

Diagrama de proceso



Según De Michelis y Rajchenberg, 2006.

1 - Pre-tratamiento (opcional)

Solución: 30 gr de metabisulfito de sodio por litro de agua + 1,5 gr de ácido cítrico.

Sumergir las fetas de hongos durante 15 min y escurrir.

2 - Llenar envases

El llenado (mezcla sólido-líquido) debe ser uniforme. Se debe llenar el frasco hasta el tope, de forma tal que no quede espacio entre el líquido de cobertura y la tapa o cabezal del frasco de vidrio.

3 - Adicionar líquido de cobertura

- Solución de ácido acético: 1 a 5 % de ácido acético. Se puede adicionar, además, sal de mesa (2 - 5%) que ayuda a mejorar la textura.
- Soluciones de ácido cítrico: 1 a 5 gramos de ácido cítrico por litro de agua.
- Salmueras diluidas (“hongos al natural”): soluciones de sal de mesa de entre el 2 y el 4 %.
- Aceite comestible: se utiliza aceite sin ningún agregado, o se mezcla con vinagre.

Con estas dos últimas opciones no se garantiza un pH inferior a 4,4.

4 - Eliminar gases

Esta operación se puede llevar a cabo mediante calentamiento en baño de agua o por eliminación mecánica.

Agregar líquido de cobertura

Una vez que se eliminó el aire es probable que se deba adicionar más líquido de cobertura. Este debe estar bien caliente tratando de evitar la inclusión de aire.

5 - Tapar

Inmediatamente después de la operación anterior se procede al tapado.

6 - Tratamiento térmico: pasteurización

A temperaturas menores de 100 °C y por tiempos variables; según envase, producto, temperatura, etc.

Ejemplo: Para hongos en soluciones ácidas (pH menor que 4,5) en envases de 1/2 kg, las temperaturas pueden ser desde 65 a 95 °C y los tiempos desde los 50 a 25 minutos.

7 - Enfriar y Secar

Sacar los frascos y retocar suavemente la tapa. Enfriarlos utilizando una lluvia muy fina de agua fría. Una vez fríos los frascos se colocan boca abajo sobre papel durante 48 horas para verificar su estanqueidad.

Los frascos que no pierden líquido se almacenan en lugar fresco y oscuro; y los que si, se pueden consumir en el término de una semana guardados en heladera. No volverlos a pasteurizar.

8 - Control: “cuarentena” y análisis microbiológico

Las conservas de pH igual o mayor que 4,5 deben ser sometidas a una etapa de cuarentena, ya que exigen una serie de controles microbiológicos para disminuir el riesgo de intoxicación.

CULTIVO EN TRONCOS



El cultivo de hongos usando troncos como sustrato es una técnica que implica una baja inversión económica pero un trabajo inicial mayor a las producciones en salas de cultivo. Sin embargo, la obtención de cuerpos fructíferos puede ser de 3 a 4 años, sin necesidad de volver a inocular nuevos troncos todos los años.

Es una producción de tipo estacional, los hongos se producen de forma natural en primavera y otoño, cuando las condiciones climáticas son favorables. A medida que pasan los años, la producción va decreciendo.

Se debe disponer de un lugar con sombra, ya sea un bosque o media-sombra, así como una adecuada provisión de troncos, agua para riego y mano de obra.

SELECCIÓN DE TRONCOS

Los troncos deben ser de madera blanda, sin taninos y no resinosos; como por ejemplo álamo, sauce, eucalipto, paraíso y siempre verde, evitando las coníferas (pinos) porque sus resinas dificultan el crecimiento de las Gírgolas.

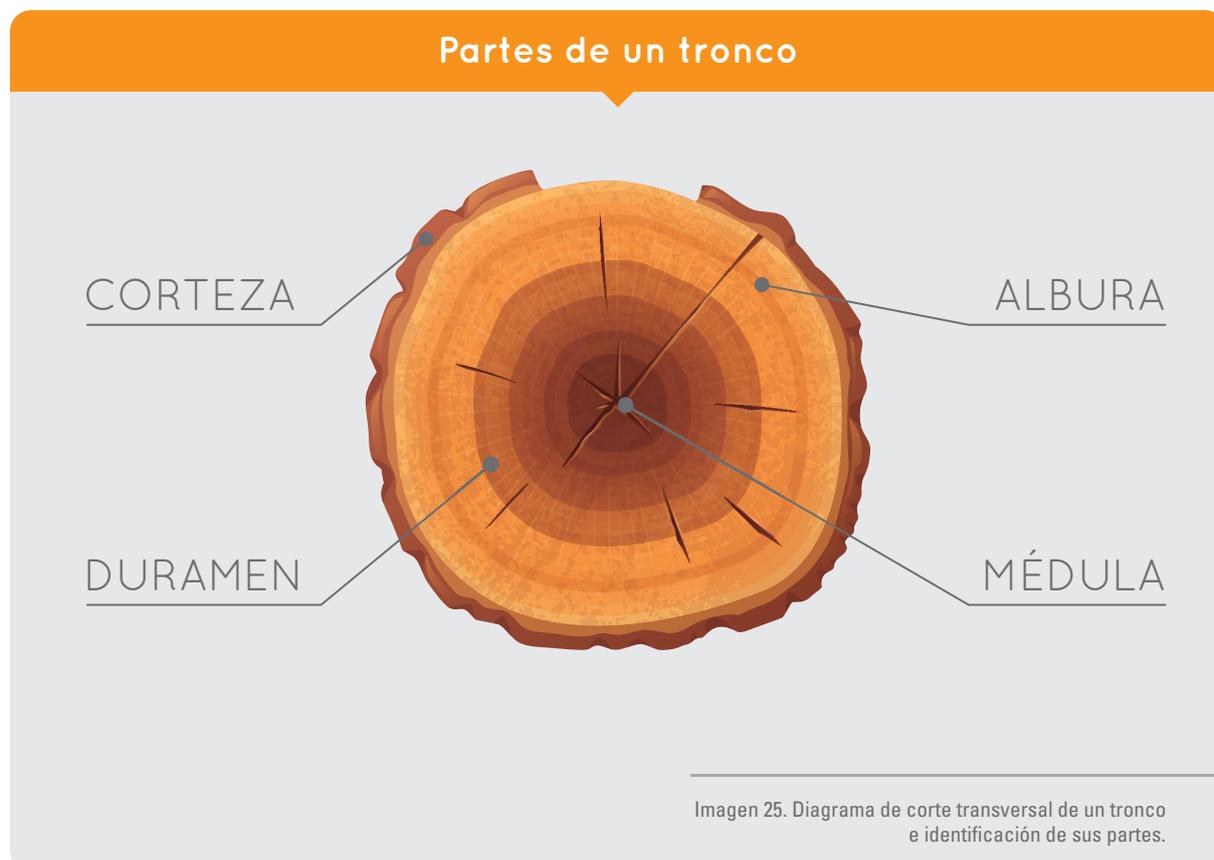
Consideraciones para la elección de troncos

Los hongos se alimentan principalmente de la albura, parte externa y más blanda, por ende es mejor elegir maderas con gran cantidad de la misma.

No se deben emplear troncos invadidos por otros hongos o por larvas de insectos, así como también no deben utilizarse troncos quemados.

La madera destinada para tal fin debe ser cortada durante el invierno, ya que habrá almacenado la mayor cantidad de energía para rebrotar en primavera. Una vez cortados, y previamente a la siembra, se deben dejar los tocones bajo sombra por unos días, ya que estarán presentes sustancias que inhibirán el crecimiento micelial.

Pueden usarse árboles cortados con hasta 2 meses de antelación. Para evitar la contaminación desde la tierra, los árboles cortados no deben estar en contacto con la misma durante el almacenamiento, por ejemplo pueden disponerse sobre pallets.



Los troncos seleccionados deben:

- Ser rectos.
- Ser homogéneos en medida (20 cm).
- Provenir de árboles sanos.
- Tener 50 - 70% de humedad (esto se puede saber observando que los troncos tengan una grieta en la corteza donde se pueda introducir una moneda).

INOCULACIÓN

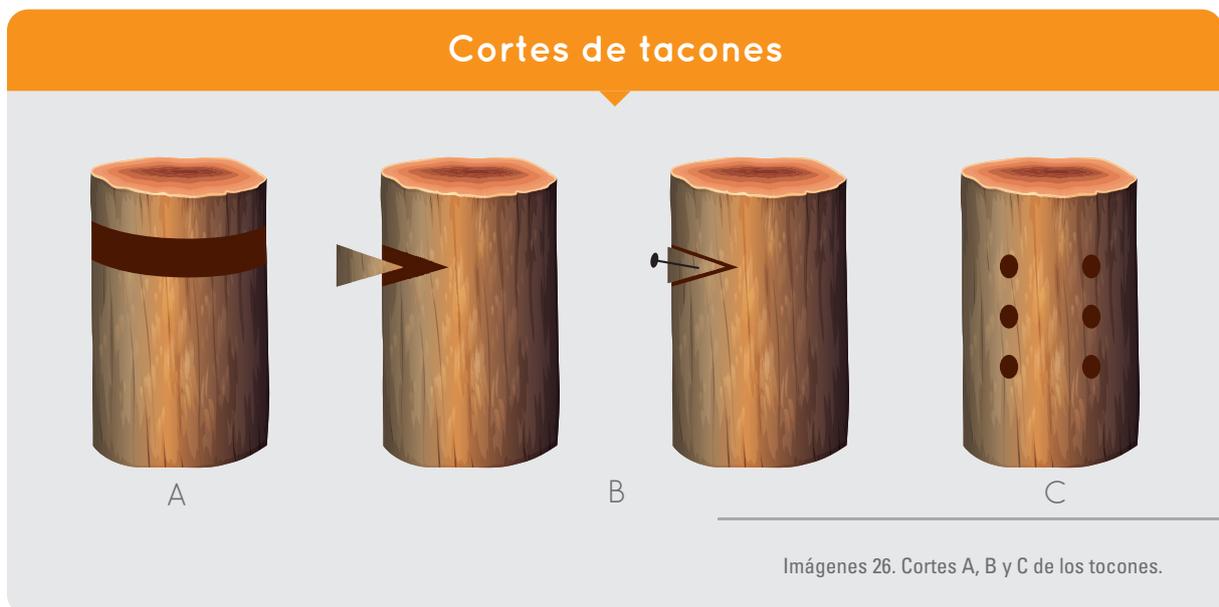
La estación de inoculación empieza cuando la temperatura ambiente ronda los 20-25°C.

Las tres formas más comunes de inocular son (Matute, 2018):

A. Cortando los extremos en forma de rodajas, esparciendo la semilla en cada extremo y fijando las rodajas con clavos o grampos de tal modo que la semilla quede en contacto con la madera (Imagen 26 a).

B. Cortando cuñas a los costados de los troncos, inocular, tapar con las cuñas clavadas (Imagen 26 b).

C. Agujereando los troncos con ayuda de un taladro en distintos puntos, separados por 10-15 cm entre sí. Horizontalmente, se perforan 2 orificios de 2 cm de ancho por 5 de profundidad; luego, dar un tercio de vuelta al tronco, hacer 2 orificios más. Repetir el giro y la operación, evitando que los agujeros se conecten entre sí (Imagen 26 c).



Imágenes 26. Cortes A, B y C de los tacones.

Se necesitan 1,5 kg de semilla cada 100 kg de madera, aproximadamente.

Se debe mantener un ambiente higiénico, lavarse las manos periódicamente, y desinfectar manos y utensilios con alcohol al 70% cada vez que se inocula. Si se manipula el sustrato y se siembra en un lugar no higiénico, los hongos contaminantes tendrán una ventaja a la hora de colonizar los troncos.

Si los troncos se encuentran muy secos, se los deberá remojar en agua unos días antes de la inoculación.



Imagen 27. Cultivo en troncos.

INCUBACIÓN

Los troncos inoculados deben ser cubiertos con plástico para no perder humedad y colocarlos en un lugar sombrío y húmedo, ya sea en una fosa cavada particularmente para este fin, dispuestos en forma vertical o apilados de manera horizontal, en todos los casos cubiertos con plástico.

Las condiciones óptimas para el crecimiento del micelio son 25-28°C y 90-100% de humedad. El tiempo varía dependiendo de las condiciones climáticas y del tipo de tronco que se haya usado, pero tras 3-4 meses debería estar totalmente colonizado, teniendo un aspecto blanquecino (Imagen 28).



Imagen 28: Tocón cubierto con micelio.



Imagen 29: Primordios en corteza.

DISPOSICIÓN FINAL DE LOS TRONCOS

Después de la incubación, los troncos colonizados se llevan al lugar donde permanecerán los próximos 4 años. Allí serán dispuestos o “plantados” de forma vertical, 2/3 de su longitud, y con la parte más colonizada (más blanca) hacia arriba. También pueden ser clavados de forma inclinada, formando una A.

Cada tronco debe espaciarse 10-15 cm de los otros, formando hileras de 1 m de ancho, dejando un surco de 50 cm en medio para el movimiento de agua, en caso de que se riegue por surco.

Para el plantado se debe seleccionar un lugar con semi sombra, no expuesto al viento. Para ello se construye una carpa cubierta en todo su perímetro con una media-sombra negra de 80% (reforzada).

Se debe tener especial cuidado con el mantenimiento de malezas y el ingreso de roedores.

INDUCCIÓN DE LA FRUCTIFICACIÓN

Una vez que los troncos se encuentran en su disposición final y la temperatura ambiental ronda los 18 - 20 °C, los troncos son regados con abundante agua fría para darles un “shock térmico” que induzca la formación de primordios de cuerpos fructíferos. Otra forma puede ser la exposición a la luz o la aireación del espacio.



Imagen 30: Primordios en corteza.

Aproximadamente 10 días después empezarán a formarse los primordios entre la albura y la corteza (Imágenes 29 y 30).

FRUCTIFICACIÓN Y COSECHA

Unos 6-8 días después de la aparición de los primordios, los cuerpos fructíferos estarán lo suficientemente maduros para ser cosechados (CF de 5 cm de largo).

Para una mejor producción los troncos deben ser regados constantemente, esto mantiene una humedad relativa de entre 80 - 90%. Se debe suspender el riego 2 días antes de la cosecha.

Cuando termina la primera cosecha u oleada, se deben retirar los restos de hongos y mantener los troncos húmedos ya que, aproximadamente 15 días después suele aparecer la segunda oleada, luego una tercera y a veces hasta una cuarta.

Durante el invierno, se deben cubrir con plástico para proteger los troncos de las heladas.

RENDIMIENTO

Generalmente de 3 - 4 oleadas por año. Las cosechas principales son en temporadas bien marcadas:

- Primavera - Otoño (región pampeana)
- Oleadas próximas al invierno (climas más cálidos)
- Oleadas próximas al verano (climas más fríos)

Puede ocurrir que los troncos no fructifiquen al mismo tiempo si no son homogéneos.

Luego de la cosecha, los troncos deben ser puestos en condiciones de incubación hasta la primavera siguiente.

Glosario

Alcohol etílico al 70%: diluir aproximadamente 75 ml de alcohol (al 96%) con 25 ml de agua.

Bagazo: El bagazo es el residuo de materia que queda luego de que a la caña de azúcar se le extrae el jugo azucarado.

Borra: Sedimento que deja el café en un filtro una vez que ha sido preparado y colado.

Carga microbiana: Número y tipo de microorganismos que contaminan un objeto.

Cuerpo fructífero (CF): Parte del cuerpo del hongo donde porta las esporas sexuales y que comúnmente es la que se utiliza como alimento.

Entrenudo: Trozo de un tallo de caña comprendido entre dos nudos.

Eficiencia biológica: Medida estimada de producción. La capacidad de los hongos de convertir un sustrato en cuerpos fructíferos.

Esporular: Proceso de dispersión por el cual los hongos liberan en gran cantidad sus esporas (célula reproductora sexual).

Estanterías cribadas: Estanterías que cuentan con perforaciones.

Esterilización: Eliminación de los microorganismos que infectan o que pueden provocar una infección o contaminación en un cuerpo o un lugar.

Estanco: Que está completamente cerrado o no tiene comunicación con otras cosas.

Estanqueidad: Calidad de estanco.

Fotoperíodo: Equipo que permite regular de manera automática ciclos de luz/oscuridad.

Fructificación: Etapa del desarrollo de los hongos en la cual se forma el esporoma o cuerpo fructífero.

Gramíneas: Familia de plantas monocotiledóneas de tallo cilíndrico, nudoso y general-

mente hueco, hojas alternas que abrazan el tallo, flores agrupadas en espigas o en panojas y grano seco cubierto por las escamas de la flor. Ejemplos: trigo, maíz y centeno.

Hongo ligninolítico: denominados hongos de pudrición blanca de la madera, comprenden un grupo de organismos cuya característica es su capacidad para mineralizar eficientemente la lignina.

Humidificador: aparato que sirve para aumentar de manera controlada la humedad del ambiente en una habitación.

Inóculo: Suspensión de microorganismos que se transfieren a un ser vivo o a un medio de cultivo a través de la inoculación.

Lignina: Polímero aromático de una estructura compleja que se encuentra entrecruzada entre los otros materiales de la pared celular en la célula vegetal y constituye una barrera que dificulta el ataque de los organismos.

Lote: cantidad determinada de un alimento o producto elaborado en condiciones esencialmente iguales.

Materia prima: Sustancia natural o artificial que se transforma industrialmente para crear un producto. Cosa que potencialmente sirve para crear algo.

Micelio: Aparato vegetativo de los hongos que le sirve para nutrirse y está constituido por hifas.

Pardeamiento: es el proceso por el cual los alimentos toman un color marrón debido a ciertas reacciones químicas especiales.

pH: Coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa.

Primordio: etapas tempranas de desarrollo del cuerpo fructífero, estado joven o inmaduro.

Producto intermedio: Un producto que no es utilizado para el consumo final, pero es utilizado en la fabricación de otro producto.

Producto terminado: objeto destinado al consumidor final. Se trata de un producto, por lo tanto, que no requiere de modificaciones o preparaciones para ser comercializado.

Resina: sustancia sólida o de consistencia pastosa, insoluble en el agua, soluble en el alcohol y en los aceites esenciales, y capaz de solidificar en contacto con el aire, obtenida naturalmente como producto que fluye de varias plantas.

Sombrero: Parte del hongo donde se alojan las esporas. Los sombreros pueden ser de varias formas, y estas pueden cambiar a lo largo del desarrollo y crecimiento.

Taninos: sustancia orgánica que se encuentra presente en la corteza de algunos árboles y en el interior de diversos frutos. Los taninos son metabolitos secundarios de algunos vegetales, que resultan solubles en el agua y son astringentes.

Vida útil: duración estimada que un objeto puede tener, cumpliendo correctamente con la función para el cual ha sido creado. La vida útil de un alimento es el periodo de tiempo que transcurre entre la producción o envasado del producto alimenticio y el punto en el cual el alimento pierde sus cualidades físico-químicas y organolépticas.

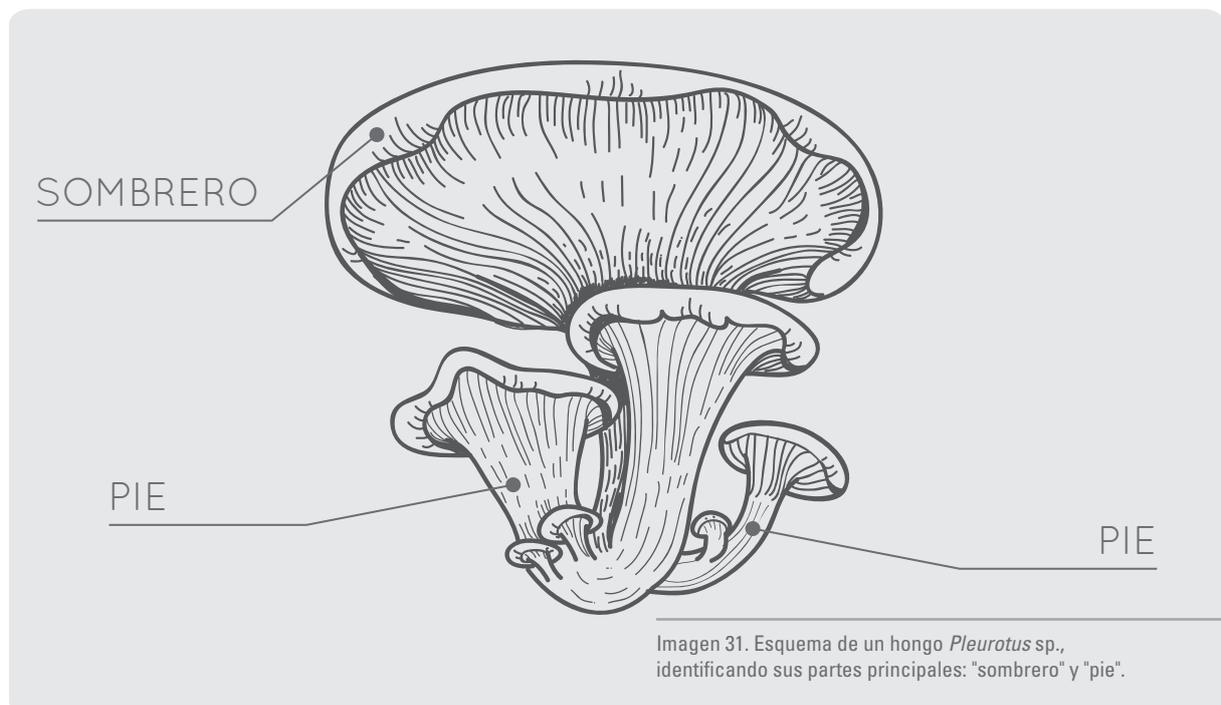


Imagen 31. Esquema de un hongo *Pleurotus* sp., identificando sus partes principales: "sombrero" y "pie".

Bibliografía

Albertó E., Matute R., Jaramillo S. 2018. "VI Taller de Productores de Hongos Comestibles. Curso: Cultivo y producción de hongos comestibles y medicinales, Teórico y Práctico". Buenos Aires, Argentina.

Deagustini H. 2004. Aspectos principales sobre producción y comercialización de hongos Gírgolas.

De Michelis A., Rajchenberg M. 2006. Hongos comestibles: teoría y práctica para la recolección, elaboración y conservación. INTA EEA Bariloche.

Dirección Nacional de Proceso y Tecnologías de la SAGyP. 2013. Protocolo de calidad para hongos comestibles cultivados en troncos (Género *Pleurotus*).

Gaitán-Hernández, R., Salmones, D., Pérez-Merlo, R., Mata, G. 2006. Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción. Instituto de Ecología, AC, Xalapa, México

Infante, D., Martínez, B., González, N., Reyes, Y. (2009). Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. Revista de protección vegetal, 24(1), 14-21.

Jaramillo S. 2014. Estandarización y desarrollo de tecnologías de bajo costo para la producción de hongos del género *Pleurotus* (Basidiomycota). Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de General San Martín.

Taurachand D. 2005. "Manual del cultivador de hongos. Cultivo del hongo ostra." Mushroomworld. Corea.

Imágenes gentileza de:

- Centro de Producción de Hongos Esquel (CEPROH) – Dr. Gonzalo Romano.
- César Chimey. Sitio web: [web.facebook.com/cesarchimey?epa=SEARCH_BOX](https://www.facebook.com/cesarchimey?epa=SEARCH_BOX)
- FungiLab Comitán. Sitio web: [web.facebook.com/fungilab.comitan](https://www.facebook.com/fungilab.comitan)
- Hongos de Argentina. Sitio web: www.hongosdeargentina.org
- Hongos Ndexi. Sitio web: [web.facebook.com/hongos.ndexi](https://www.facebook.com/hongos.ndexi)

Referencias de imágenes

Imágenes 1 – 7: Facundo Luque (IMiBio)

Imagen 8: Gentileza César Chimey

Imágenes 9 – 10: Gentileza de FungiLab Comitán

Imagen 11 (a): Gentileza CEPROH

Imagen 11 (b y c): Gentileza de FungiLab Comitán

Imagen 12 (a y b): Gentileza de FungiLab Comitán

Imagen 13 (a y b): Gentileza de César Chimey

Imagen 14: Gentileza de FungiLab Comitán

Imagen 15: Gentileza Hongos Ndexi

Imágenes 16 y 17: Gentileza CEPROH

Imagen 18 (a y b): Gentileza de César Chimey

Imagen 19: Gentileza de César Chimey

Imagen 20 (a y b): Gentileza de FungiLab Comitán

Imagen 21: Gentileza de Fundación Hongos de Argentina

Imagen 22: Gentileza Hongos Ndexi

Imagen 23: Gentileza de FungiLab Comitán

Imagen 24: Gentileza de FungiLab Comitán

Imágenes 25 y 26: Facundo Luque (IMiBio)

Imágenes 27 - 31: Dr. Emanuel Grassi

Esquemas 1- 7: Elaboración propia (IMiBio)



Misiones
PROVINCIA



CONSEJO FEDERAL
DE INVERSIONES



IMiBio
INSTITUTO MISIONERO
DE BIODIVERSIDAD