

INFORME TECNICO FINAL

C97-2-A-004

**PROYECTO:**  
**IDENTIFICACION, DOMESTICACION Y**  
**PRODUCCION DE HONGOS OSTRAS**  
*(Pleurotus spp.)*

**FUNDACION PARA LA INNOVACION**  
**AGRARIA**

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACION QUILAMAPU



**INFORME TECNICO Y DE GESTION FINAL  
PROYECTO DE INNOVACION AGRARIA**

**PROYECTO:**

**IDENTIFICACION, DOMESTICACION Y  
PRODUCCION DE HONGOS OSTRAS  
(*Pleurotus* spp.)**

**FUNDACION PARA LA INNOVACION AGRARIA**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACION QUILAMAPU**

Chillán, Chile, Septiembre del 2001.

## I. ANTECEDENTES GENERALES

NOMBRE DEL PROYECTO: Identificación, domesticación y producción de hongos ostras (*Pleurotus* spp).

CÓDIGO: C97-2-A-004

REGIÓN: VIII

FECHA DE APROBACIÓN: 30 de Diciembre de 1997

FORMA DE INGRESO AL FIA: Concurso

AGENTE EJECUTOR Y ASOCIADOS: INIA-CRI Quilamapu y Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Concepción.

COORDINADOR DEL PROYECTO: Andrés France I., Ing. Agrónomo, Ph. D.

COSTO TOTAL:

APORTE DEL FIA:

PERIODO DE EJECUCIÓN: 30/12/97 al 10/07/2001

## II. RESUMEN EJECUTIVO

Durante 42 meses se desarrollo el proyecto de Identificación, domesticación y producción de hongos ostras (*Pleurotus* spp.). En dicho tiempo se lograron identificar 27 muestras de *Pleurotus ostreatus* colectadas entre la VI y IX región, confirmando la predominancia de la especie en gran parte de la zona central de Chile. Todos estos aislamientos se encuentran criopreservados dentro de INIA, para lo cual se logró desarrolla un protocolo que asegura su conservación y cualidades originales a través del tiempo. Para cada aislamiento se determinó la temperatura y pH óptimo de crecimiento, con lo cual se pudo seleccionar material apto para cultivos de verano o invierno, así como soportar pH relativamente básicos, lo cual facilita el control de contaminaciones durante el cultivo.

Los aislamientos nativos fueron evaluados con respecto a su productividad en condiciones comerciales, destacándose cuatro cepas que igualaron a la cepa importada. Estos aislamientos fueron similares en sus cualidades nutricionales, destacándose los altos niveles de proteína, fibra y carbohidratos, con un promedio de 33, 9 y 48%, respectivamente, así como el bajo nivel de lípidos (1,3%). Otro aspecto a considerar es el desecho de la producción de hongos, el cual mantiene todas las propiedades nutricionales de los carpóforos cosechados, mientras que la paja utilizada como substrato disminuye en 49% su relación de C/N original, lo cual permitiría utilizar este residuo en alimentación animal.

Los estudios de crecimiento a diferentes relaciones C/N indicaron que las pajas de cereales, como el trigo o avena, no se mejora el crecimiento de *Pleurotus* al agregar mayores cantidades de nitrógeno, por el contrario, se corre el riesgo de favorecer el desarrollo de contaminantes. Respecto a la paja de arroz, disminuciones leves de la relación C/N original, tienen un efecto significativo en el desarrollo del hongo en su etapa vegetativa.

Los tratamientos térmicos fueron efectivos en bajar la carga microbiana que porta la paja en forma normal. Temperaturas de 85 a 100°C fueron lo óptimo para disminuir las poblaciones de bacterias, levaduras y hongos, antes de realizar un cultivo comercial. El vapor no resultó del todo efectivo, comparado con el agua caliente, en la disminución de hongos y levaduras. Otro componente importante en la producción de hongos es la semilla, los estudios de dosis de semilla indicaron que el mayor rendimiento biológico se logra con dosis de 1%, en base al peso húmedo del sustrato, dosis mayores no mejoran la colonización y aumentan los costos de producción.

Cinco módulos de producción, más uno experimental fueron construidos durante el desarrollo del proyecto, estos se ubicaron en Coltauco (2), Parral, Quinchamalí, Huepil y Chillán. Los módulos fueron construidos en adobe, plástico o termopaneles, permitiendo valorar diferentes niveles de inversión, el efecto en la producción y como base para el análisis económico del proyecto.

Respecto al procesamiento de hongos, se puede concluir que la atmósfera modificada permite extender la vida de estantería, junto con mantener las cualidades de un producto fresco. Sin embargo, los hongos pierden textura en almacenaje, pero tal disminución no fue detectable organolépticamente, ya que las cargas de ruptura para este hongo son altas, presentando una buena consistencia al ser masticados. El congelado de hongos indicó que las mejores condiciones para lograr temperaturas de  $-18^{\circ}\text{C}$ , se logran con flujo de aire de 2 m/seg a temperaturas de  $-30^{\circ}\text{C}$ , en tales condiciones se alcanza en 6,1 minuto tal temperatura. Por último, el deshidratado se presenta como la mejor alternativa para procesar en forma económica los excedentes productivos, velocidades de aire de 2 m/seg a temperaturas de  $70^{\circ}\text{C}$  permiten deshidratar los hongos a 10% de humedad en un lapso de 150 minutos.

Finalmente se diseñaron planos para distintos niveles productivos, detallando los componentes para establecer plantas de 100, 500 y 1.000 Kg mensuales de hongos frescos cosechados. El análisis económico del proyecto, basado en la experiencia productiva en distintos módulos, indicaron que el óptimo económico se logró con el módulo de adobe, aunque todas las alternativas fueron rentables. La difusión de los resultados significó la realización de 21 actividades de transferencia, entre charlas técnicas, exhibiciones, demostraciones, cursos cortos y actividades de promoción. También se realizaron 9 publicaciones divulgativas relacionadas con el proyecto y 7 tesis sobre *Pleurotus ostreatus*, como requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

### III. TEXTO PRINCIPAL

#### 1. RESUMEN DE LA PROPUESTA ORIGINAL Y MODIFICACIONES

Entre las numerosas especies de hongos comestibles que existen en el mundo, hay un grupo de ellos conocidos como lignívoros y que se caracterizan por alimentarse de carbohidratos complejos como son la celulosa y lignina. Algunas de estas especies son apetecidas por su sabor y calidad, alcanzando un gran precio en el comercio mundial. Tal es el caso de las especies del género *Pleurotus*, mas conocidos como hongo ostra, las cuales son capaces de crecer y multiplicarse sobre residuos vegetales lignificados, tales como pajas y madera. Por otro lado, cientos de toneladas de pajas de cereales y aserrín de madera son desperdiciados anualmente en el país, creando muchas veces un problema ambiental al existir la tendencia de quemar dichos residuos para su eliminación. Por consiguiente, los objetivos generales de este proyecto fueron investigar, desarrollar e incentivar la producción de hongos ostras (*Pleurotus* spp.) entre pequeños agricultores ubicados entre la VI a VIII regiones del país, usando como base pajas de trigos y arroz, y madera de álamo. Además del aspecto productivo, el proyecto tenía los objetivos de definir los mejores métodos de procesado y conservación para aumentar el valor agregado de la producción de hongos.

El proyecto consistió en la prospección de *Pleurotus* nativos, que fueron comparados con especies ya domesticadas, mediante evaluación de la producción de hongos en diferentes ambientes (aire libre, invernaderos y bodegas de adobe). También, se evaluaron diferentes métodos de elaboración (deshidratado, conservas, congelado, atmósfera modificada) y conservación en fresco de los hongos, de manera de aumentar el valor agregado del producto final. Toda la etapa productiva se realizó con pequeños agricultores y en zonas deprimidas económicamente, donde las necesidades de reconversión y diversificación agrícola es mas urgente.

Al final del proyecto se esperaba tener identificado los mejores aislamientos de *Pleurotus*, para producir hongos en los diferentes ambientes, métodos de preparación de substratos para producción comercial, capacitación de agricultores asociados y los métodos de elaboración y conservación de la producción.

#### 2. CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO

Los objetivos específicos que se plantearon al inicio del proyecto y el cumplimiento de éstos fueron los siguientes:

**Objetivo específico 1.** Identificar las especies de *Pleurotus* existentes en la zona Central de Chile y seleccionar los mejores aislamientos nativos e importados para ser propagadas en cultivos comerciales.

**Grado de cumplimiento:** Las prospecciones realizadas a inicio del proyecto permitieron el aislamiento de 27 muestras de *Pleurotus*, todas las cuales

resultaron ser *P. ostreatus*. En cada aislamiento se logró determinar las condiciones óptimas de crecimiento vegetativo, tales como temperatura y pH de crecimiento, permitiendo seleccionar material apto para cultivos de verano o invierno. Los aislamientos también fueron comparados en su capacidad productiva, en condiciones controladas y bajo sistema de producción comercial, así como sus características nutricionales. Todo lo cual permitió comprobar que en Chile existen aislamiento con potencial comercial, equivalentes a cepas extranjeras.

**Objetivo específico 2.** Determinar los mejores métodos de multiplicación de semilla de hongo y del acondicionamiento de sustratos para producción comercial de hongos ostra.

**Grado de cumplimiento:** Mediante métodos indirectos de crecimiento, a través de la producción de CO<sub>2</sub> producido por el hongo en crecimiento, fue posible medir las condiciones óptimas para el crecimiento de las cepas de *Pleurotus*. Se elaboró un protocolo de producción de semilla donde se detalla los pasos a seguir para producir semilla en forma comercial. También se estableció cual era la proporción óptima de dosis de semilla para siembras comerciales. Sobre el acondicionamiento de sustratos se realizaron pruebas térmicas para disminuir la carga microbiana de los sustratos, comprobando el efecto de la temperatura y tiempo sobre las poblaciones de hongos, bacterias y levaduras.

**Objetivo específico 3.** Construir diferentes ambientes de producción de hongos para distintos niveles productivos y económicos.

**Grado de cumplimiento:** Cinco módulos productivos fueron realizados durante el proyecto, con distintos niveles de tecnología, incluyendo plástico, malla, adobe y termopaneles. Además se realizaron planos estructurales para diferentes niveles productivos, considerando el caso de producciones comerciales de 100, 500 y 1.000 Kg mensuales de hongos ostras.

**Objetivo específico 4.** Evaluar la producción y calidad de los hongos producidos en diferentes ambientes.

**Grado de cumplimiento:** Se realizaron comparaciones controladas de los diferentes aislamientos, mas la cepa importada, respecto al tiempo en entrada en producción y la producción de hongos comerciales. También, se realizaron análisis proximal de los hongos, lo que permitió constatar que las cepas chilenas poseen un buen potencial productivo y de alto nivel nutricional.

**Objetivo específico 5.** Definir los mejores métodos de procesado para aumentar el valor agregado y conservación de la producción de hongos.

**Grado de cumplimiento:** Los diferentes métodos de procesamiento permitieron establecer las condiciones necesarias para obtener un óptimo deshidratado y congelado de hongos, a través de establecer la velocidad de viento y temperatura necesaria para lograr en el menor tiempo posible ambos productos. El envasado en atmósfera modificada permitió prolongar la vida de estantería del producto fresco, manteniendo las cualidades originales de textura y carga microbiana.

**Objetivo específico 6.** Transferir el conocimiento adquirido entre los agricultores asociados al proyecto y las comunidades en las cuales se encuentran.

**Grado de cumplimiento:** La transferencia se vio reflejada en la realización de 21 actividades de transferencia, entre charlas técnicas, exhibiciones, demostraciones, cursos cortos y actividades de promoción. Además, se realizaron 9 publicaciones divulgativas relacionadas con el proyecto en medios escrito, radial y televisión.

### 3. ASPECTOS METODOLÓGICOS DEL PROYECTO

#### 3.1. Colecta de hongos e identificación.

Esta se realizó mediante salidas a terreno para detectar cuerpos frutales de *Pleurotus*. La metodología utilizada fue la observación al azar de tocones de árboles, ubicados entre la VI y IX región. Junto con coleccionar el cuerpo frutal, se anotó el lugar de colecta, hábitat o substrato de crecimiento y características del carpóforo, tales como color, forma, presencia de estipe (tallo), y cualquier otro detalle que caracterizará la aislación. Las muestras fueron guardadas en bolsas de papel, debidamente identificadas, y transportadas en cajas térmicas hasta el laboratorio.

Una vez ingresadas a laboratorio se depositaron los carpóforos sobre cartulina negra cubierta por placas de vidrio y por 24 horas, de manera de obtener la "huella" de la liberación de esporas que se produce desde el carpóforo maduro. La huella permitió conocer el color de las esporas en masa y coleccionar éstas para su almacenaje en frío. El almacenaje se realizó depositando las esporas entre dos portaobjetos de vidrio, sellado con papel engomado y almacenados a 5°C. Otra observación realizada fue la caracterización microscópica de las esporas, mediante descripción de su forma y medición del largo y ancho de 50 esporas.

Paralelamente, se realizaron cultivos de trozos del estipe o carpóforo en placas de Petri con medios artificiales de agar, papa y dextrosa (APD) y pH 7, estos cultivos fueron repicados en medios similares o enmendados con sulfato de estreptomicina y cloramfenicol para la eliminación de bacterias, hasta la obtención de un cultivo puro. Los cultivos puros fueron utilizados como base para las pruebas posteriores, además se cultivaron tres tubos de ensayos con APD y guardados en refrigeración (5°C) como contramuestras.

#### **Problemas detectados.**

La metodología no tuvo mayores problemas para su realización. Los que se produjeron, tales como contaminaciones o dificultad para realizar la aislación en cultivo puro se consideran normales en cultivo de hongos. Probablemente habría sido de interés realizar una prospección por varias temporadas, de manera de enriquecer más la colección de este hongo con cepas nativas, pero la necesidad de comparar y evaluar las cepas encontradas dentro del plazo del proyecto, no permitió prospecciones por más de una temporada. En todo caso queda abierta la

posibilidad para seguir buscando material nativo, demostrándose que nuestro país y en especial la zona Central de Chile es un buen lugar para detectar aislamientos silvestres de esta especie.

### **3.2. Criopreservación de *Pleurotus* nativos.**

Dentro de las actividades del cultivo de la colección de *Pleurotus*, se procedió a criopreservar la colección mediante incubación de un trozo pequeño de agar con el hongo (2 mm<sup>2</sup>) en medio líquido de APD dentro de criotubos de 1,5 ml por 72 horas. Una vez obtenido una colonia densa en el medio líquido, el APD líquido fue reemplazado por 1 ml de solución estéril de dimetil sulfóxido (DMSO) al 5%, los criotubos fueron tapados y sumergidos directamente en la fase líquida del nitrógeno líquido (-196 °C). Para comprobar la sobrevivencia del método, los criotubos fueron retirados del nitrógeno líquido y sumergidos de inmediato en un vaso con agua a 27 °C hasta su descongelamiento, posteriormente un trozo de micelio fue sembrado en APD e incubado a 24 °C hasta el desarrollo normal de una colonia.

#### **Problemas detectados.**

El problema principal fue ajustar el protocolo anterior, ya que pequeñas variaciones en la concentración o tiempos de incubación producen 100% de mortalidad. Sin embargo, una vez ajustada la metodología, la sobrevivencia fue de un 100% de los tratamientos.

### **3.3. Crecimiento de *Pleurotus* nativos a distintas temperaturas.**

Esta actividad se realizó mediante la observación del crecimiento vegetativo, de las diferentes aislaciones colectadas, a temperaturas de incubación de 16, 20, 24 y 28°C. Para este ensayo se depositó un trozo de 7 mm de diámetro, de cada aislamiento, en el centro de una placa Petri de 90 mm de diámetro con medio APD y pH 7, luego almacenadas en cámaras de incubación con las distintas temperaturas del ensayo y observada cada 24 horas para determinar el crecimiento diario de cuatro radios equidistantes por placa, las evaluaciones se terminaron cuando la primera repetición alcanzó el borde de la placa. El ensayo tuvo un diseño completamente al azar con tres repeticiones y los resultados fueron sometidos a análisis de regresión. Para determinar los mejores aislamientos a cada temperatura, se compararon entre ellas los parámetros de las regresiones, mediante análisis de varianza y separación de medias mediante la prueba protegida de Fisher.

#### **Problemas detectados.**

Este tipo de prueba no tubo problemas para su realización, debido a que se realiza bajo condiciones controladas. Se puede mencionar, sin embargo, que la gran cantidad de placas y observaciones que demando la evaluación de todos los aislamientos requirieron una gran cantidad de tiempo y labor, pero los resultados justifican esta inversión.

### 3.4. Crecimiento de *Pleurotus* nativos a distintos pH.

Para esta prueba se seleccionaron los aislamientos más promisorios; en cuanto a mejor crecimiento a diferentes temperaturas, y al igual que en el experimento anterior se observó el crecimiento vegetativo en medio APD con distintos pH. Se evaluaron pH de 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5 y 8,0 mediante el crecimiento radial de una colonia de *Pleurotus* incubada a 24 °C. Tanto el cultivo como las mediciones fueron realizadas como se explicó en el experimento anterior. Los resultados del crecimiento fueron sometidos a análisis de regresión, detectándose respuestas cuadráticas del crecimiento a distintos pH. Para determinar el pH óptimo de cada aislamiento, a partir de la función de respuesta se realizó la derivada de la función cuadrática cuando dicha función tiende a cero.

### Problemas detectados.

Al igual que la prueba anterior, no se presentaron problemas ya que todas estas evaluaciones se realizaron bajo condiciones controladas.

### 3.5. Relación C/N.

Para estas pruebas se realizaron análisis químico de los substratos que se evaluaron durante el desarrollo del proyecto, tales como: paja de trigo, avena, arroz y aserrín de álamo. El análisis de las muestras se realizó a partir de los tejidos secados en horno de aire forzado a 60 °C y finamente molidos (0,2 mm). Los elementos fueron determinados según las siguientes metodologías:

Carbono total por el método de difusión,

Nitrógeno total por el método Kjeldahl,

Fibra detergente ácida, celulosa y lignina mediante el método de Van Soest, y P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, Zn, y B por el método de acenización seca (dry ash).

Con los resultados se estableció la relación C/N inicial de los substratos y a partir de ella se establecieron cinco proporciones decrecientes, como tratamientos para medir el crecimiento vegetativo de *Pleurotus* a diferentes proporciones de C/N. Las mediciones de crecimiento de este experimento se realizó en forma indirecta, mediante un sistema de trampa de CO<sub>2</sub> dentro de un ambiente cerrado, el cual se produjo incubando las pajas, con sus respectivos tratamientos, en frascos de vidrio de un litro de capacidad, tipo conserveros, que en su interior contenían un tubo de ensayo de 50 ml de capacidad. Los frascos fueron esterilizados con un 45% de humedad y por dos ciclos consecutivos de 121°C, luego de estabilizar la humedad por 24 horas, se agregaron 45 ml de NaOH 4M dentro del tubo de ensayo, y se completó la diferencia de humedad de las pajas, hasta lograr un 70% p/v con soluciones de urea en agua destilada estéril en las concentraciones que permitieron establecer las cinco relaciones de C/N. Posteriormente se dejó nuevamente por 24 horas los frascos tapados para que se estabilizará la humedad dentro del substrato, antes de proceder a inocular los frascos con una colonia de área *Pleurotus* de 15 días de edad desarrollada en 23,7 cm<sup>2</sup> de APD. Todos estos

traspasos fueron realizados dentro de una cámara de flujo laminar para evitar posibles contaminaciones aéreas.

Para poder descontar el contenido inicial de CO<sub>2</sub> existente en el ambiente de los frascos, se incluyeron tratamientos blancos que contenían todos los ingredientes y pasos anteriores, incluyendo el trozo de agar pero sin micelio de *Pleurotus*.

Los ensayos fueron incubados a 24 °C y obscuridad hasta que el crecimiento miceliar llegó al fondo del primer frasco. El diseño de los experimentos fueron un completo al azar con 5 repeticiones. Las evaluaciones consistieron en la cantidad de CO<sub>2</sub> producido por frasco, medido a través de titulación de la solución de NaOH, que no fue neutralizada por el CO<sub>2</sub> liberado por el crecimiento del micelio, con solución HCl 5N. Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza y separación de medias de acuerdo a la prueba protegida de Diferencias Mínima Significativa de Fisher.

#### **Problemas detectados.**

La primera vez que se realizó esta prueba no se tenía claro cuales eran las relaciones C/N a evaluar, por lo cual se utilizaron dosis muy amplias que no permitieron detectar diferencias. Posteriormente, en un segundo ensayo se usaron dosis menores, comprobándose que el enriquecimiento con N no mejora el crecimiento de *Pleurotus* y por el contrario, se aumentan las posibilidades de contaminación con otros microorganismos ávidos de nitrógeno para su crecimiento. Los resultados de estos ensayos permitieron establecer que las pajas de cereales no necesitan aplicaciones externas de nitrógeno, situación que contrasta con las recomendaciones extranjeras, que recomiendan hasta un 20% de enmiendas ricas en nitrógeno, tales como paja de leguminosas.

#### **3.6. Tratamientos térmicos de sustratos.**

Se midió el efecto de los tratamientos térmicos sobre la carga microbiana de la paja de trigo, como sustrato para el cultivo de hongos, de manera de relacionar la colonización de *Pleurotus* según la competencia microbiana del sustrato. Los cinco tratamientos consistieron en sumergir la paja de trigo en agua y calentar a temperaturas: 70, 85, 100 °C, mas un tratamiento con vapor y un testigo sin calor. Cada tratamiento fue sometido a cinco tiempos diferentes: 30, 45, 60, 75 y 90 minutos. La unidad experimental consistió en bolsas de paja de trigo con 1 Kg de peso cada una.

El diseño estadístico fue un completo al azar y los resultados se analizaron a través de un arreglo factorial 4x5, que corresponden a 4 tratamientos térmicos por 5 tiempos. El testigo se uso como referencia y no formó parte del análisis factorial, al no tener sentido someter el tratamiento sin calor a cinco tiempos diferentes. Todos los tratamientos tuvieron 5 repeticiones. Las mediciones consistieron en el recuento del número de unidades formadoras de colonias de hongos, levaduras y bacterias. Para el recuento microbiológico se colectaron 20 g de muestra, que

fueron depositadas en un matraz de 250 ml y cubiertas con agua destilada estéril, posteriormente se agitaron en un agitador orbital a 200 rpm y por 30 min. De la suspensión resultante, se colectaron 0,5 ml que se distribuyeron uniformemente en placas Petri de 90 mm de diámetro con APD y luego incubadas a 24°C y oscuridad. Los recuentos de colonias se realizaron a las 24, 48 y 72 horas, marcando aquellas que fueron visibles, de manera de no repetir las en los recuentos siguientes.

#### **Problemas detectados:**

La metodología anterior tubo que ser adaptada desde ensayos preliminares, ya que se desconocía que tipo de organismos y nivel de poblaciones existen en un substrato de paja. Aunque altamente demandante en tiempo y materiales, los resultados justifican el trabajo, ya que las contaminaciones microbianas son el principal problema del cultivo de hongos.

#### **3.7. Estudio de la concentración de semilla de hongo.**

Con el objeto de determinar cual es la concentración óptima de inóculo (semilla), se estableció un ensayo de seis dosis de semilla de *Pleurotus*: 1, 2, 3, 4, 5 y 6% peso/peso en base al substrato de paja de trigo pasteurizados a 90°C. por 60 min. La unidad experimental consistió en bolsas de polietileno con aproximadamente 10 Kg de paja pasteurizada, las cuales fueron sembradas en forma homogénea con los distintos tratamientos. Las bolsas fueron amarradas en su extremo superior y luego de 24 hrs. se procedió a pinchar la base, para el drenaje del agua libre acumulada. Todas las bolsas fueron incubadas a 24°C en oscuridad y por 35 días, en el módulo de ambiente ubicado en la planta piloto del Departamento de Agroindustria de la Universidad de Concepción. Posteriormente, se trasladaron a la sala de producción donde se desembolsaron y se incubaron a 18°C y ciclos de luz y oscuridad de 12 horas.

El diseño estadístico consistió en un completo al azar con tres repeticiones. Las observaciones fueron producción total de carpóforos, producción en base al peso de inóculo y la relación entre rendimiento total y peso del inóculo.

#### **Problemas detectados:**

No existieron problemas relacionados con este tipo de ensayo, ya que las condiciones de cultivo fueron en ambiente controlado.

#### **3.8. Construcción de Módulos de producción.**

Se construyeron cinco módulos de producción ubicados en los siguientes lugares:

- Chillán, módulo de ambiente controlado, construido con termopaneles y sistema de aire acondicionado, incluido regulaciones de luz, humedad y temperatura.
- Parral, módulo productivo hecho en material de adobe.

- Huepil, módulo productivo construido con doble capa de plástico negro y forrado con zinc por fuera.
- Quinchamáli, similar al anterior pero aprovechando los cimientos de un gallinero pre-existente.
- Coltauco, establecido al aire libre y aprovechando la sombra del bosque de álamo.
- Coltauco, establecido sobre radier de cemento, techo de zinc y paredes de malla negra, permitiendo una óptima ventilación, apropiado para sectores mas calurosos.

### **Problemas detectados:**

Los módulos fueron diseñados, al comienzo del proyecto, en sitios cuyos participantes desistieron al momento en que debían realizarse las obras de construcción, tal fue el caso del módulo de Pangal del Laja, el cual cambió directiva y esta última desecho participar del proyecto. Igual situación ocurrió con Parral, quienes a pesar de la inversión que realizaron en la construcción del módulo, la nueva directiva que asumió la cooperativa, desecho la participación en el proyecto. Para solucionar los problemas anteriores, se buscaron nuevas agrupaciones interesadas en el tema y que reunieran las condiciones de los grupos salientes, incorporándose Huepil, Quinchamáli y la escuela politécnica de Coltauco.

El manejo de grupos con diversos intereses y en un tema novedoso, como es el cultivo de hongos, fue el mayor problema detectado durante el proyecto. La vulnerabilidad de las asociaciones campesinas o agrupaciones de personas de escasos recursos, resulta en proyectos difíciles de manejar y que requieren un mayor trabajo con las bases, en detrimento de las otras actividades del proyecto. Tales problemas se trataron de resolver de la mejor forma posible, pero fueron fuente de distracción constante durante el desarrollo de este trabajo.

### **3.9. Producción de semilla.**

Durante todo el proyecto se mantuvo un stock de semilla de varios aislamientos seleccionados de *Pleurotus*, los cuales fueron utilizados en los módulos de producción y para los diferentes ensayos de laboratorio. En esta etapa se evaluaron sistemas de producción de semillas que permitieran el máximo de rendimiento y en el período más corto de incubación. Los resultados de esta actividad generaron un protocolo de cultivo, que fue utilizado durante todo el proyecto y que se detalla a continuación:

## PROTOCOLO DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA

### Materiales y equipos requeridos

- Semilla de centeno o avena.
- Tarugos de álamo de 10 mm de diámetro por 3 cm de largo.
- Cultivos puros de *Pleurotus* en crecimiento activo en medio a base de agar.
- Vermiculita.
- Frascos conserveros de 1 litro o bolsas de polipropileno.
- Tela gruesa o fieltro.
- Agua destilada.
- Autoclave.
- Cámara de flujo laminar o campana estéril.
- Alcohol.
- Mechero.

### Metodología

- Se remojan los granos de cereal en agua destilada o libre de cloro (en caso de usar agua potable esta debe primero calentarse para eliminar el cloro) por 4 horas.
- Drenar los granos y mezclar homogéneamente con vermiculita, en proporción de 2 partes de granos y 1 de vermiculita.
- Llenar los frascos conserveros o bolsas PP hasta un 80% de su capacidad, tapando con un trozo de fieltro y luego con papel kraft.
- En caso de usar tarugos, se remojan como se describe en el primer paso, se drenan y luego se vacían a frascos conserveros.
- Para ambos substratos, esterilizar a 120°C por 1 hora, repitiendo el proceso tres veces.
- Dentro de una cámara de flujo o cámara estéril, agregar una colonia de *Pleurotus* por frasco, proveniente de un placa Petri de 10 cm de diámetro.
- Incubar a 24°C y oscuridad hasta que el micelio cubra por completo el substrato (aproximadamente 15 días).
- Revisar periódicamente y descartar de inmediato cualquier frasco o bolsa contaminada. Pulverizar con alcohol de 95° sobre la tapa en caso de observar crecimiento de algún contaminante.

Si la semilla no es usada de inmediato, se puede almacenar entre 0 a 5°C. Una vez descongelada se debe usar de inmediato, ya que el frío la induce a reproducirse y formar carpóforos tan pronto se den condiciones de temperatura, proceso que es irreversible aun a bajas temperaturas.

**Problemas asociados:**

Debido a que esta etapa se realizó bajo condiciones controladas, no se presentaron problemas.

**3.10. Evaluación de aislamientos seleccionados de *Pleurotus*.**

Se evaluó el rendimiento de nueve cepas nativas seleccionadas en las etapas anteriores, comparadas con una cepa importada (PL136) que se utilizó como control. La producción de semillas se realizó en granos de centeno, de acuerdo al protocolo anterior. El sustrato de siembra correspondió a paja de arroz (*Oriza sativa*), procedente de Parral, Séptima Región, la paja se picó con la chipeadora Craftsman Shredder de 9.0 H.P, hasta obtener un sustrato de 4 a 5 cm de largo. Posteriormente, la paja se pasteurizó en agua caliente a 90°C y por 90 min, para eliminar la mayoría de los microorganismos contaminantes que puedan existir en el sustrato, además de facilitar la absorción de nutrientes al micelio.

Para la siembra la paja fue enfriada hasta unos 30°C (temperatura soportada por la mano del operario). Como contenedores de siembra se utilizaron mangas de polietileno transparente de 0,8 x 1,2 m, amarradas en uno de sus extremos formando una bolsa de 11 Kg mínimo de capacidad. La dosis de semilla utilizada fue de un 5% del peso del sustrato húmedo (b.p.h.). Al momento de la siembra, la semilla se distribuyó por capas ordenadas dentro del sustrato. Finalmente, se cerraron las bolsas y se dejaron en la sala de incubación.

Las condiciones ambientales de la Incubación fueron: temperatura entre 22-24°C, humedad relativa cercana al 70%, oscuridad permanente y sin aireación. Al tercer día se realizaron orificios en las bolsas, con agujas esterilizadas con calor. Durante este período, se verificó temperatura, expansión de micelio y condiciones de sanidad. Las bolsas se cambiaron periódicamente de posición, con el objeto de revisar posibles contaminaciones. El criterio a utilizar para cambiar las bolsas a la sala de producción, fue al tener un 100% de colonización de la mayoría de las bolsas.

Luego de la incubación, las bolsas fueron inducidas con un golpe de frío (10°C por 4 días), para luego ser mantenidas a una temperatura de 12-15°C. La iluminación se mantuvo sobre 60 lux por un período de 12 horas diarias. La humedad relativa se mantuvo sobre 85% y se renovó constantemente el aire. Aproximadamente a los 7 días se comenzaron a ver los primordios de carpóforos, los cuales se dejaron crecer hasta cuando alcanzaron un diámetro ecuatorial mínimo de 7 cm o cuando el borde externo del carpóforo terminó de expandirse.

El ensayo tubo un diseño estadístico completo al azar, con cinco repeticiones. Las evaluaciones fueron el peso de los carpóforos, en relación al peso del sustrato y el tiempo entre siembra y cosecha, los resultados fueron sometidos a análisis de varianza y comparación de medias de acuerdo a la prueba de Fisher.

### 3.11. Estudio de componentes nutricionales.

Para los nueve aislamientos seleccionados se realizó un análisis proximal de los carpóforos cosechados, para determinar la calidad nutricional de los sombreros de las diferentes cepas nativas analizadas. Los componentes analizados fueron: proteína total, extracto etéreo, fibra cruda, extracto no nitrogenado, cenizas y energía no metabolizable. Para cada aislamiento se realizaron tres repeticiones y los resultados fueron sometidos a análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba protegida de Fisher.

### 3.12. Almacenamiento de hongos en ambientes modificados.

Se evaluaron diferentes concentraciones de N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, en bolsas de barrera de polietileno de film complejo, de material co-extruido en 7 capas horizontal de 80 micrones de espesor, de la empresa FreeVac. El envasado se ha realizado con la empacadora MULTIVAC, modelo A 300/16-GB-V3.2/3 y la mezcladora de gases marca WITT, modelo KM 100-3 MEM. Los tratamientos evaluados se presentan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Tratamientos de atmósfera modificada.**

Tratamientos	Concentraciones de gas (%)		
	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
T1(aire)	79	21	0,03
T2	100	0	0
T3	98	1	1
T4	90	8	2
T5	75	15	10

Las muestras procesadas se almacenaron a una temperatura de entre 0 a 5 °C, por un período de 15 días. Los parámetros a evaluar fueron aquellos que más influyen en la calidad comercial de los hongos, y que se incluyen en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Parámetros evaluados en hongos almacenados con atmósfera modificada.**

Tipo de parámetro	Parámetro	Método	Momento de evaluación	Frecuencia de evaluación
Físico	Análisis de color	Hunter.	A, D	1 sola vez
		Tabla Munsell.	E	Cada 5 días
	Peso	Balanza electrónica	A, E, D	Cada 5 días
Perceptivo	Presencia de condensado	Visual	E	Cada 5 días
	Aparición de síntomas	Visual	E	Cada 5 días
	Presencia de micelio	Visual	E	Cada 5 días
	Cambio de forma	Visual	E	Cada 5 días

Nota: A =antes del envasado, E =en almacenaje y D =después del almacenaje

El ensayo se realizó con tres repeticiones por tratamiento y la unidad experimental fueron bandejas de 200 g de carpóforos comerciales de *Pleurotus ostreatus*. El diseño estadístico fue un completo al azar, y los resultados sometidos a análisis de varianza y separación de medias mediante el test de Tuckey.

Al mejor tratamiento obtenido en el ensayo anterior, se le midió el comportamiento físico y químico en dos tipos de bolsas: el mismo tipo de barrera utilizada en la primera parte y otra del tipo respirable o de permeabilidad selectiva (PD961EZ). Como control se utilizó un empaque común, consistente en bandeja de polietileno más una película de plástico transparente clásica.

Los tratamientos fueron almacenados entre 0 y 5°C por 15 días, previos a su evaluación. El ensayo constó de cuatro repeticiones por tratamiento, y la unidad experimental correspondió a 200 g de carpóforos comerciales de *Pleurotus ostreatus*, repartidos en 2 envasados de 100 g cada uno; esto último para poder realizar las mediciones de los parámetros a investigar y que se resumen en el Cuadro 3.

**Cuadro 3. Parámetros evaluados en hongos almacenados con distintos tipos de bolsas.**

Evaluación	Parámetro a medir	Instrumento o metodología	Momento de evaluación.	Frecuencia de evaluación.
Física	Color	Colorímetro Hunter	A, D	1 vez
		Tabla Munsell		Cada 5 días
	Textura*	Maquina Universal Instron.	A, D	1 vez
	Determinación del peso	Balanza electrónica	A, D**	1 vez
Química	Humedad	Gravimetría.	A, D	1 vez
Otros	Tiempo de almacenaje	Días.	E	Cada 5 días
	Aroma	Olfativo	E	Cada 5 días
	Presencia de condensado	Visual	E	Cada 5 días
	Aparición de síntomas	Visual	E	Cada 5 días
	Presencia de micelio	Visual	E	Cada 5 días
	Cambio de forma	Visual	E	Cada 5 días

\* La textura será medida tanto con el hongo al estado natural antes y después del envasado como con una cocción de 3 minutos en agua hirviendo, simulando así su estado al momento de consumirlo.

\*\* Se pesarán los hongos sin envase antes y después del almacenaje, para percibir pérdida de humedad.

### 3.13. Congelamiento de hongos.

A partir de carpóforos comerciales de *Pleurotus ostreatus*, obtenidos de la cámara de producción de ambiente controlada, se realizaron pruebas de congelamiento mediante el uso de un equipo de congelado rápido individual (IQF) de túnel estático, ubicado en la Planta Piloto de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Concepción. Los tratamientos consistieron en someter hongos enteros de tamaño 4-7 cm de diámetros a condiciones de congelación en IQF, mediante dos velocidades de viento diferentes (1 y 2 m seg<sup>-1</sup>) y dos temperaturas

ambientales diferentes (-20 y -30 °C) dentro de un túnel de congelación. Las mediciones se realizaron mediante la máquina de Pruebas Universal INSTRON acondicionada con la celda Kramer (compresión y corte). Previamente se realizaron 5 muestras para cada tratamiento con el objeto de obtener la curva de respuesta de la fuerza (KN) y deformación (mm). A través de la Figura 1 se determinó la pendiente en la zona elástica de corte y la carga máxima de ruptura, en ella se observa una curva típica de Fuerza (KN) vs Deformación (mm) en hongos frescos, en la que se nota una fase de adaptación, seguida de una de comportamiento lineal (Zona elástica) para alcanzar un punto de carga máxima en que el material falla y se deforma irreversiblemente. Estas pruebas se realizaron en forma standarizada según norma ASAE S 368.2 para materiales biológicos

El diseño del experimento consistió en la combinación de 2 temperaturas x 2 velocidades de aire x 2 tamaños de hongos, dispuestos en un arreglo factorial de 2x2x2, de acuerdo al esquema del Cuadro 4.

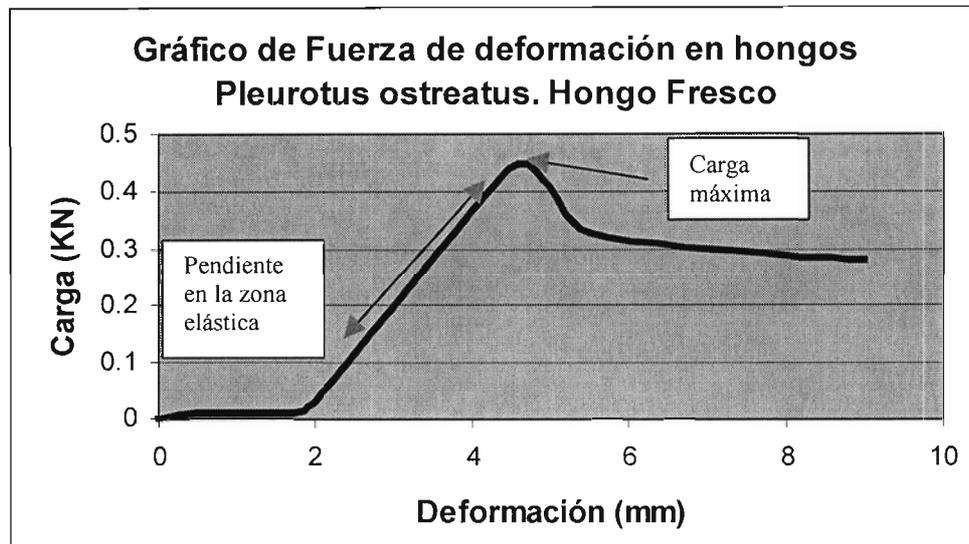


Figura 1. Gráfico de la carga necesaria para deformar y quebrar hongos ostras frescos.

Cuadro 4. Tratamientos y combinaciones de las pruebas de congelados de carpóforos de *Pleurotus ostreatus*.

Tratamiento	Tipo de carpóforo	Velocidad del viento (m/seg)	Temperatura de congelación (°C)
1	entero	1	-20
2	tiras	1	-20
3	entero	2	-20
4	tiras	2	-20
5	entero	1	-30
6	tiras	1	-30
7	entero	2	-30
8	tiras	2	-30

La velocidad del viento se controló mediante el uso de un anemómetro y la temperatura de la cámara de congelado con termocuplas permanentes.

El ensayo constó de ocho tratamientos dispuestos en arreglo factorial completo de 2x2x2, con tres repeticiones cada uno, en un diseño estadístico completo al azar. Los parámetros evaluados y los métodos respectivos se incluyen el Cuadro 5.

**Cuadro 5. Parámetros evaluados, métodos y momento de evaluación de hongos congelados.**

Parámetro	Método	Momento de evaluación
Color	Tabla Munsell	Fresco y descongelado
Textura	Prensa Krammer	Fresco y descongelado
Temperatura	Termocuplas	Durante congelación
Humedad	Método gravimétrico	Fresco y descongelado
Nutricional	Análisis proximal de Wende completo	Fresco y descongelado

Para los parámetros evaluados después de congelación, se realizará previamente un descongelado a baño María hasta su descongelación total.

### 3.14. Deshidratación de hongos.

Se realizó la calibración y determinación de la curva de deshidratación de carpóforos comerciales y de un diámetro de 10 cm. Estos fueron sometidos a un flujo de aire de 2 m/seg y temperatura de 70°C dentro de una cámara de deshidratación. Cada 5 minutos se evaluó el peso húmedo y seco de las muestras, de manera de construir la curva y función de deshidratación del hongo ostra. El experimento se terminó cuando se alcanzó una humedad del 10% del peso original.

### 3.15. Almacenamiento en atmósfera modificada.

Se valoraron tres tipos de cubiertas para modificar la atmósfera en almacenamiento de hongos ostras, cuyos efectos se evaluaron a través del contenido de humedad, color, presencia de micelios y textura de los hongos almacenados. Los tipos de cubierta fueron: bolsa barrera, bandeja común y bolsa respirable. El contenido de humedad fue evaluado de hongos embalados en bandejas de 200 g y que se mantuvieron hasta por 15 días en almacenamiento, considerado como tiempo máximo de estante. La pérdida de humedad se calculó pesando las bolsas cada 5 días (según método AOAC). El color de los hongos fue evaluado al final del tiempo de almacenaje, con tabla colorimétricas Munsell. Al final del período de almacenaje se evaluó la textura de los hongos a través de la máquina de Pruebas Universal Instron equipada con la celda Kramer. Con las mediciones se obtuvo la pendiente en la zona lineal de deformación, como índice de dureza/ blandura, y la carga en el momento de ruptura, como indicador de resistencia a la rotura. Todas estas evaluaciones fueron repetidas cuatro veces para analizar los promedios ponderados.

### 3.16. Efecto del cultivo en la relación Carbono/ Nitrógeno del sustrato.

Se determinó la relación carbono/ nitrógeno del sustrato, tomando tres muestras al azar en dos oportunidades: previo al pasteurizado y posterior a la cosecha. También se determinó el contenido de humedad del sustrato después de la pasteurización, para ello se tomaron tres muestras al azar del sustrato húmedo, las que fueron pesadas y secadas en una estufa a 60°C por 48 h hasta alcanzar peso constante, el contenido de humedad se determinó por diferencia de peso. Los resultados obtenidos de la relación carbono/nitrógeno del residuo, fueron comparados con una prueba t-Student con un nivel de significancia del 5%.

### 3.17. Diseño de módulos.

Se elaboró el diseño de tres tipos de módulos productivos, basados en la experiencia acumulada en los módulos construidos, con el fin de elaborar sistemas de producción comercial y en ambientes que cumplan los requisitos de una industria alimenticia. Los diseños consistieron en estructuras de: madera, adobe y paneles de poliestireno expandido. Además, se consideraron aspectos de flujo de producción, iluminación, aislamiento térmico, calefacción, ventilación, humedad y dependencias necesarias para establecer una planta productiva e independiente. Las dependencias, para los tres tipos de módulos, incluyeron salas de producción, incubación y siembra, además se consideraron oficina, baño, comedor, zona de pasteurización y despensa.

Algunas de las consideraciones para los respectivos módulos, fueron las siguientes:

Módulo tipo I. Diseño en madera. Esta alternativa se propone basada en la utilización de materiales de bajo costo, como es la madera, pero con un buen sistema de aislación térmica en sus paredes. Los materiales propuestos son paredes exteriores: zinc 5V, intermedio: entramado de madera de pino de 1x4" compuesto con planchas de espuma aislante de poliestireno expandido de espesor 50 mm, paredes interiores: polietileno 0,2 mm de espesor y de color negro. Techo: cerchas de madera de pino 1x5" separadas cada 1,2 m, papel fieltro como barrera de humedad y planchas de poliestireno expandido de 50 mm de espesor. Cubierta externa con planchas de zinc onda. Cielo raso de tablero OSB de 1,44x2,44 m y espesor de 15 mm. Piso: radier de cemento de espesor 70 mm, aislación de corcho y con cubierta de pintura antihongos y lavable.

Módulo tipo II. Diseño en adobe. Esta construcción consiste en una mezcla de tierra, agua y paja, con algunas porciones de cemento que le dan una mayor consistencia y resistencia. La construcción con adobe posee ventajas comparativas, tales como mantener las condiciones de temperatura al interior de la construcción durante todas las épocas del año, el gasto energético es menor en calentar el ambiente y por ende una disminución de los costos. Existe si la

necesidad de revestir tanto interna como externamente el local, puesto que el adobe resulta ser una construcción poco resistente a la lluvia, la que arrastra el material (tierra) y provoca peligro de derrumbes. Para evitar estos problemas se recubren las paredes con un mortero de cemento de 1,5 cm de espesor interna y externamente. Además, es necesario utilizar planchas de poliestireno expandido de 50 mm de espesor para aislar el techo. El techo y el piso se construyen con las mismas recomendaciones de aislación y características técnicas del módulo tipo I.

Módulo tipo III. Diseño en paneles de poliestireno expandido. Este diseño se contempla pensando en un local más moderno y para producir grandes volúmenes, basado en un sistema intensivo y de alta producción y que requiere altos valores de inversión inicial. Estos paneles están conformados por dos caras de 0,5 mm de espesor, con sistema de unión macho-hembra, acero base con recubrimiento de Zincoalum, prepintado al horno color blanco sobre primer epóxico (5 micras cada cara). La cara principal está compuesta de poliéster 20 micras y con núcleo de poliestireno expandido de 50 mm de espesor. Este módulo se encontrará dentro de un galpón, puesto de que los paneles utilizados no constituyen estructuras muy sólidas para resistir inclemencias climáticas, ya que son frágiles, livianas y se pueden desarmar.

Problemas asociados:

No corresponde ya que se trata de una planificación de posibles sistemas de construcción de módulos.

#### 4. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES EJECUTADAS

Las descripción de las actividades programadas y la comparación de cuando éstas fueron ejecutadas aparecen en el Cuadro 6, así como las observaciones que justifican las diferencias.

**Cuadro 6. Comparación entre actividades programadas y ejecutadas.**

Actividad		Fecha		Observaciones
Nº	Descripción	Programada	ejecutada	
1	Compra de equipos y adaptación sala de cultivo.	01-03/98	02-05/98	Sala de cultivo no tenía fecha programada originalmente.
2	Importación de <i>Pleurotus</i> .	03/98	05/98	Atraso debido al proveedor y la espera de terminar sala de cultivo.
3	Especies importadas de <i>Pleurotus</i> en cultivo.	03-04/98	07/98	Atraso debido al proveedor.
4	Compra de insumos y pajas de cereales.	01-03/98	02-04/98	Sin observaciones.
5	Aislaciones de <i>Pleurotus</i> nativos.	03-12/98	03-10/98	Las condiciones de sequía de la temporada no permitieron una colecta normal.
6	Caracterización de <i>Pleurotus</i> nativos.	03-12/98	06/98-02/99	Las razones anteriores demoraron la colecta.

7	1° Informe técnico y financiero.	06/98	30/06/98	Sin observaciones.
8	Multiplicación y temperatura de crecimiento de <i>Pleurotus</i> .	06-10/98	08/98-01/99	Atraso por la menor disponibilidad de <i>Pleurotus</i> silvestres.
9	Módulo de ambiente controlado.	01-02/99	01-03/99	Sin observación.
10	Relación óptima de C/N	09/98-03/99	06/98-04/99	Se dio inicio antes del plazo para ganar tiempo.
11	Tratamiento térmico de sustrato.	09/98-03/99	12/98-10/99	Esta actividad se demoró debido a que tuvieron que repetirse con frascos y bolsa, junto con el efecto en la carga microbiana.
12	2° Informe técnico y financiero.	30/12/98	15/01/99	Cambio solicitado al FIA por problemas contables de fin de año.
13	Construcción de módulos de producción.	01-03/99	01-07/99	La actividad se atrasó por renuncia del grupo Pangal del Laja e incorporación de Quinchamalí.
14	Estudio de concentración de semilla de hongo.	02-07/99	03-08/99	Sin observación.
15	Aislación e identificación de <i>Pleurotus</i> .	04-09/99	04-09/99	Sin observación.
16	Producción de semilla e inoculación masiva de sustrato.	02-05/99	03-10/99	La actividad se mantuvo a lo largo del año para mantener un stock de semilla fresca.
17	3° Informe técnico y financiero.	06/99	06/99	Sin observaciones.
18	Cosecha de hongos.	04-12/99	04-11/12	Los módulos sin ambiente controlado resultaron imposibles de producir en verano.
19	Evaluación de la calidad de hongos.	08-10/99	05-10/99	Se realizaron exitosas degustaciones en todos los módulos.
20	Transferencia y supervisión.	05-10/99	03-12/99	La transferencia y supervisión se mantuvo por todo el año.
21	4° Informe técnico y financiero.	12/99	01/00	Se aprobó por el FIA entregar los informes durante enero.
22	Revisión e inoculación de sustratos.	01-12/00	03-12/00	Sin observación.
23	Cosecha de hongos.	04-12/00	04-12/00	Sin observación.
24	5° Informe técnico y financiero	07/00	07/00	Sin observación.
25	Procesamiento de hongos cosechados.	05-12/00	05/00-06/01	Se procesaron hongos en conservas, deshidratados y atmósfera modificada.

26	Congelado de hongos.	05-12/00	09/00-04/00	Atraso por coordinación entre los diferentes procesamientos.
27	6° Informe técnico y financiero	12/00	01/01	Se aprobó por el FIA entregar los informes durante enero.
28	Evaluación económica del sistema productivo	01-03/01	11/00-04/01	Se inicio esta etapa mediante la planificación de módulos.

## 5. RESULTADOS DEL PROYECTO

### 5.1. Colecta de hongos e identificación.

De la prospección realizada entre la VI y IX región, se lograron detectar un total de 27 muestras de *Pleurotus* nativas, la mayoría de ellas creciendo en tocones de álamo y con algunas excepciones en troncos muertos de sauces, morera y acacio. Del total de muestras se lograron aislar en cultivo puro 19 muestras (Cuadro 7), las cuales se mantienen en frío y criopreservación. Todos estos aislamientos se utilizaron para las diferentes evaluaciones, tales como características de crecimiento y adaptación a diferentes substratos y que se detallan más adelante. El clima seco existente durante el primer año del proyecto, influyó en el bajo número de ejemplares obtenidos entre la VI y IX región, y fue la principal causa para prospeccionar lugares mas húmedos, y que no estaban contemplados en el proyecto original, tales como la IX región.

**Cuadro 7. Caracterización de muestras de *Pleurotus* spp. colectadas de campo.**

Aislación	Fecha recolección	Localidad (Región)	Características del basidiocarpio	Morfometría de basidiospora	Habitat
PL123	26.06.98	San Carlos, Km 30 Camino San Fabián (VIII).	20-30 cm de diámetro, robusto, carnoso, sésil, borde liso, color crema.	Lisas, hialinas, ovoides, 9x4 $\mu$ .	Tocón de álamo.
PL124	26.06.98	Longavi, camino La Tercera (VII).	10-15 cm de diámetro, carnoso, estipitado, borde liso, semi concavo, color café marrón.	Lisas, hialinas, ovoides, 10x5 $\mu$ .	Tocón de álamo.
PL125	26.06.98	San Javier, camino a Paine (VII).	16-20 cm de diámetro, robusto, carnoso, sésil, borde liso, color crema.	Lisas, hialinas, ovoides, 9x5 $\mu$ .	Tocón de álamo.
PL126	10.07.98	Chillán, camino a Cato (VIII).	33-40 cm diámetro, muy robusto, carnoso, sésil, borde dentado, color crema.	Lisas, hialinas, ovoides, 9x5 $\mu$ .	Tocón de álamo.
PL127	10.07.98	Chillán (VIII).	20-25 cm diámetro, carnoso, estipitado, borde liso, semi cóncavo, color café marrón.	Lisas, de color lilaceas, ovoides, 10x4 $\mu$ .	Tocón de álamo.

PL128	14.07.98	Cruce de Camarico (VII).	27-30 cm diámetro, carnosos, sésil, bordes lobulado, color crema.	Lisas, hialinas, ovoides, 9x4 $\mu$ .	Tocón de álamo.
PL129	14.07.98	Cruce de Camarico (VII).	50-55 cm diámetro, carnosos, forma acampanada, bordes lisos, sésil, color crema amarillento.	Lisas, hialinas, ovoides, 9x5 $\mu$ .	Tocón de álamo.
PL130	14.07.98	Coltauco (VI).	23-25 cm diámetro, carnosos, bordes lobulados, sésil, color crema.	Lisas, hialinas, ovoides, 9x4 $\mu$ .	Tocón de álamo.
PL131	14.07.98	Teno (VI).	14-18 cm diámetro, carnosos, bordes lisos, sésil color crema.	Lisas, hialinas, ovoides, 9x4 $\mu$ .	Tocón de acacio.
PL132	12.08.98	Chillan (VIII).	23-25 cm diámetro, carnosos, bordes lisos, sésil, color café marrón.	Lisas, hialinas, ovoides 9x5 $\mu$ .	Tocón de morera.
PL134	2.09.98	Renaico (VIII).	20-23 cm diámetro, carnosos, bordes lisos, sésil, color crema.	Lisas, hialinas, ovoides 9x5 $\mu$ .	Tocón de álamo.
PL140	22.09.98	Curacautin (IX).	8-10cm diámetro, carnosos, borde liso, estipitado, color crema.	Lisas, hialinas, ovoides, 9x4 $\mu$ .	Tocón de álamo.
PL141	22.09.98	Curacautin (IX).	8-10 cm diámetro, carnosos, borde liso, estipitado, color crema.	Lisas, hialinas, ovoides, 9x4 $\mu$ .	Tocón de álamo.
PL142	22.09.98	Lonquimay (IX).	10-12 cm diámetro, robusto, carnosos, borde liso, estipitado, color café marrón.	Lisas, hialinas, ovoides, 8x4 $\mu$ .	Sauce Argentino
PL143	22.09.98	Curacautín (IX).	15-18 cm diámetro, robusto, carnosos, borde liso estipitado, color café marrón.	Lisas, hialinas, ovoides, 8x4 $\mu$ .	Sauce Argentino
PL144	22.09.98	Victoria (IX).	8-10cm diámetro, carnosos, borde liso, estipitado, color crema.	Lisas, hialinas, ovoides 9x4 $\mu$ .	Tocón de álamo.
PL147	22.09.98	Río Laja (VIII).	10-12 cm diámetro, carnosos, borde liso, estipitado, color crema.	Lisas, hialinas, ovoides, 9x4 $\mu$ .	Tocón de álamo.
PL148	22.09.98	Curacautin (IX).	12-14 cm diámetro, carnosos, borde liso, estipitado, color crema.	Lisas, hialinas, ovoides, 9x4 $\mu$ .	Tocón de álamo.
PL149	22.09.98	Curacautín (IX).	Inmaduro, sombrero de color amarillo y laminillas café.	Sin emisión de carpóforo.	Tocón de álamo.

Cabe destacar que en esta prospección se lograron coleccionar ejemplares de gran tamaño, incluso algunos cuyo conjunto de carpóforos superaban los 50 cm de diámetro y con pesos superiores a los 5 Kg. Lo anterior confirma la amplia distribución del Género *Pleurotus* entre la VII y IX región, con ejemplares muy

bien adaptados a las condiciones de substrato y clima de nuestro país y que eventualmente pueden llegar a constituir excelentes variedades cultivadas, como se pudo comprobar a lo largo del desarrollo de este proyecto.

### **5.2. Criopreservación de *Pleurotus* nativos.**

Los resultados del protocolo de criopreservación descrito en el punto 3.2. de la Metodología, ha significado un 100% de recuperación de los cultivos. A pesar que se asume una proporción de mortalidad dentro del micelio que entra al proceso de criopreservación, el hecho de poner una cantidad apreciable de hifas dentro de la colonia en activo crecimiento, compensa la posible mortalidad que deben experimentar algunas de estas células. Hasta el momento, ninguno de los aislamientos criopreservados ha fallado su recuperación después del descongelamiento. El contar con una colección de *Pleurotus* criopreservada da garantías, para asegurar que las condiciones originales del hongo se mantendrán inalterables a través del tiempo.

### **5.3. Crecimiento de *Pleurotus* nativos a distintas temperaturas.**

Los resultados del crecimiento a diferentes temperaturas a través del tiempo indicaron, en general, una tendencia lineal hasta cubrir el área de crecimiento, confirmado por altos coeficientes de correlación. La excepción fue el desarrollo de los aislamientos a 16°C, temperatura a la cual las colonias siguieron una función cuadrática que se caracterizó por un crecimiento menor al comienzo, para posteriormente acelerar su desarrollo a medida que pasaba el tiempo. Al comparar las tasas de crecimiento para las distintas cepas, se pudo obtener los crecimientos promedios para cada temperatura (Cuadro 8), destacándose PL126 como el aislamiento con mayor crecimiento a temperaturas bajas (16°C), mientras que la menor fue PL149. El contar con una cepa como PL126 es de gran interés ya que permitirá realizar cultivos de invierno y sin requerir mayores gastos en energía, incluso esta alta tasa de crecimiento fue varias veces superior a la que presentaron las cuatro especies testigos.

A temperaturas moderadas, tales como 20 y 24°C, existen varias cepas que se destacan en su crecimiento vegetativo, como son PL124, PL126, PL127, PL129 y PL144, las cuales pueden ser buenas alternativas para cultivos de media estación, como otoño y primavera. En casos de existir condiciones de alta temperatura y donde no sea posible bajarla en forma económica, existirían aislamientos que podrían crecer en forma agresiva, destacándose PL124 y PL130. Para altas temperaturas, los *Pleurotus* chilenos no se comportan mejor que las variedades extranjeras.

La selección de cepas para bajas y altas temperaturas permite diferenciar material para distintas épocas del año, lo cual asegura una colonización óptima sin requerir modificaciones ambientales extremas, las cuales pueden ser de alto costo durante el proceso de cultivo.

**Cuadro 8. Tasa de crecimiento vegetativo de aislamientos de *Pleurotus* spp. nativos en medio APD sometidos a diferentes temperaturas.**

Aislamiento	Tasas de Crecimiento (mm/día)			
	16 °C	20 °C	24 °C	28 °C
PL 123	1,56	2,30	5,73	4,03
PL 124	4,21	5,31	7,80	8,07
PL 125	3,82	4,44	5,83	6,27
PL 126	6,18	5,29	9,90	7,85
PL 127	3,56	5,16	6,65	6,88
PL 128	3,17	4,94	5,95	5,48
PL 129	3,33	5,26	6,85	7,09
PL 130	3,96	4,87	6,18	8,31
PL 131	3,08	4,20	3,85	4,67
PL 132	2,78	5,21	6,19	7,51
PL 134	2,94	5,20	5,91	7,33
PL 140	2,31	3,84	5,72	5,42
PL 141	1,36	4,04	4,09	7,72
PL 142	3,25	5,11	5,89	7,04
PL 143	2,47	4,99	5,01	7,37
PL 144	2,81	5,48	6,49	7,97
PL 147	2,20	3,98	5,70	4,66
PL 148	2,06	3,82	3,94	6,96
PL 149	1,44	3,27	2,70	4,35
PL 136*	2,81	4,96	7,62	7,31
PL 066*	2,78	4,80	5,43	7,10
PL 135*	-	4,43	7,45	8,59
PL 139*	1,84	4,48	5,99	8,03

\* Corresponden a 4 especies de *Pleurotus* usadas como testigo.

#### 5.4. Crecimiento de *Pleurotus* nativos a distintos pH.

Al igual que los resultados del crecimiento a diferentes temperaturas, también se observó respuestas diferenciales entre los aislamientos de *Pleurotus* nativos. Las curvas de respuestas del crecimiento según el pH fueron del tipo cuadrática y, a partir de las derivadas de las funciones de respuestas, se calculó el pH óptimo para alcanzar el máximo crecimiento de cada cepa de *Pleurotus* (Cuadro 9). Las cepas que requieren menor pH para un óptimo crecimiento correspondieron a PL125, PL126, PL128 y PL129. Por el contrario, las cepas PL130 y PL143 fueron las que crecieron a mayores tasas con los pH más básicos.

Lo anterior es de utilidad para poder manejar el crecimiento indeseable de algunos organismos que normalmente contaminan los cultivos de *Pleurotus*, tales como el hongo *Trichoderma* y bacterias lácticas, los cuales no prospera a pH 7 o mayores. Quizás por este motivo es que los aislamientos testigos tengan su óptimo de crecimiento a pH alrededor de 7, con excepción de PL136, producto probablemente de selecciones que han permitido contar con cepas de rápido crecimiento a pH desfavorables para los contaminantes más comunes de *Pleurotus*. En etapas posteriores del desarrollo del proyecto y en particular durante las fases productivas, el contaminante más recurrente fue el hongo *Trichoderma* spp., el cual parasita los micelios de *Pleurotus* y disminuye significativamente la

producción. Una forma económica de control de *Trichoderma* fue manejar el pH a niveles iguales o mayor a 7, sin embargo el crecimiento de *Pleurotus* observado en los medios con distintos pH, indicaron un menor crecimiento a pH superiores a 6,5. Lo anterior fue importante en la eventualidad de decidir entre sacrificar crecimiento en favor de un cultivo limpio, cuando las calidades del substrato o la higiene del sistema no fue la óptima.

**Cuadro 9. pH óptimo para un crecimiento vegetativo máximo teórico de las aislaciones de *Pleurotus* spp. nativos.**

Aislamientos	pH óptimo
PL 123	6,27
PL 124	6,11
PL 125	5,25
PL 126	5,56
PL 127	6,46
PL 128	5,60
PL 129	5,59
PL 130	7,31
PL 131	6,84
PL 132	6,41
PL 134	6,41
PL 140	6,73
PL 141	6,30
PL 142	6,47
PL 143	8,21
PL 144	6,63
PL 147	6,42
PL 148	-
PL 149	6,08
PL 136*	5,87
PL 066*	7,01
PL 135*	7,12
PL 139*	7,48

\* Corresponden a 4 especies de *Pleurotus* usadas como testigo.

### 5.5. Relación C/N.

Las relaciones C/N de algunos substratos utilizados para el crecimiento de *Pleurotus*, indicaron altos niveles, según se indica a continuación:

- Paja de arroz: 29.
- Paja de trigo: 113.
- Paja de avena: 113.
- Aserrín de álamo: 240.

De acuerdo a estos resultados, los substratos que más se prestan para el cultivo de *Pleurotus* fueron las pajas de cereales, prefiriéndose las de arroz y trigo por la facilidad para su obtención a lo largo de la zona cubierta por este proyecto. Los

análisis proximales de estos dos sustratos se presentan en el Cuadro 10, en ellos se indican la alta proporción de carbono, con respecto a los otros elementos.

**Cuadro 10. Caracterización proximal de sustratos de cultivo de *Pleurotus*.**

Elemento	Paja de trigo	Paja de arroz
C (%)	34,00	29,00
N (%)	0,30	1,00
C/N	113,00	29,00
P (%)	0,03	0,18
K (%)	1,10	0,67
Ca (%)	0,16	0,21
Mg (%)	0,04	0,11
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	7,43	12,45
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	66,85	1.214,66
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	3,35	22,90
B (mg kg <sup>-1</sup> )	3,68	7,35

A pesar que para los fines de este proyecto solo se trabajó con pajas de trigo y arroz, no se debe descartar otros sustratos para el cultivo de hongos, dependiendo de la facilidad con que es posible encontrarlos en el lugar de cultivo.

Respecto al sistema de trampa de CO<sub>2</sub> en frasco cerrado, como método indirecto de medir el desarrollo de un organismo, permitió visualizar el crecimiento vegetativo junto con medir la actividad metabólica del hongo. Lo primero se logró al observar el crecimiento del micelio a través del vidrio y el segundo por la medición del CO<sub>2</sub> desprendido por el hongo al crecer y capturado en una trampa de hidróxido de sodio. Los resultados de la producción de CO<sub>2</sub>, indicaron que *Pleurotus* no mejora su crecimiento en paja de trigo con menores relaciones C/N a la original y, por el contrario, el crecimiento fue detrimental (Figura 2).

Con respecto a la respiración en el sustrato de paja de arroz, se obtuvieron diferencias estadísticas que indicaron que pequeñas disminuciones en la relación inicial de C/N mejoraron la respiración y por consiguiente el crecimiento (Figura 3). Sin embargo, este aumento del nitrógeno para disminuir la relación inicial de C/N y en consecuencia mejorar el crecimiento, debe ser moderado (menor al 10%), de lo contrario se puede disminuir el crecimiento.

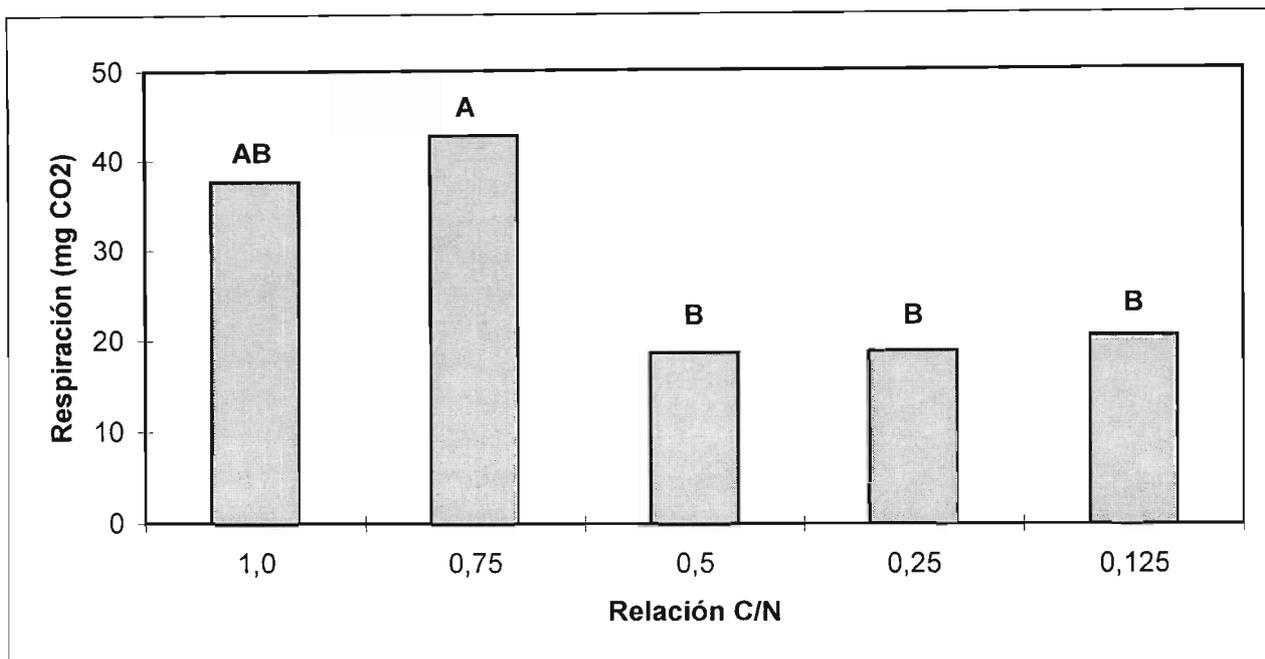


Figura 2. Crecimiento indirecto (respiración) de *Pleurotus* en paja de trigo con diferentes relaciones de C/N. Columnas con letras diferentes indican diferencias estadísticas, de acuerdo a la prueba de Fisher ( $P=0,05$ ).

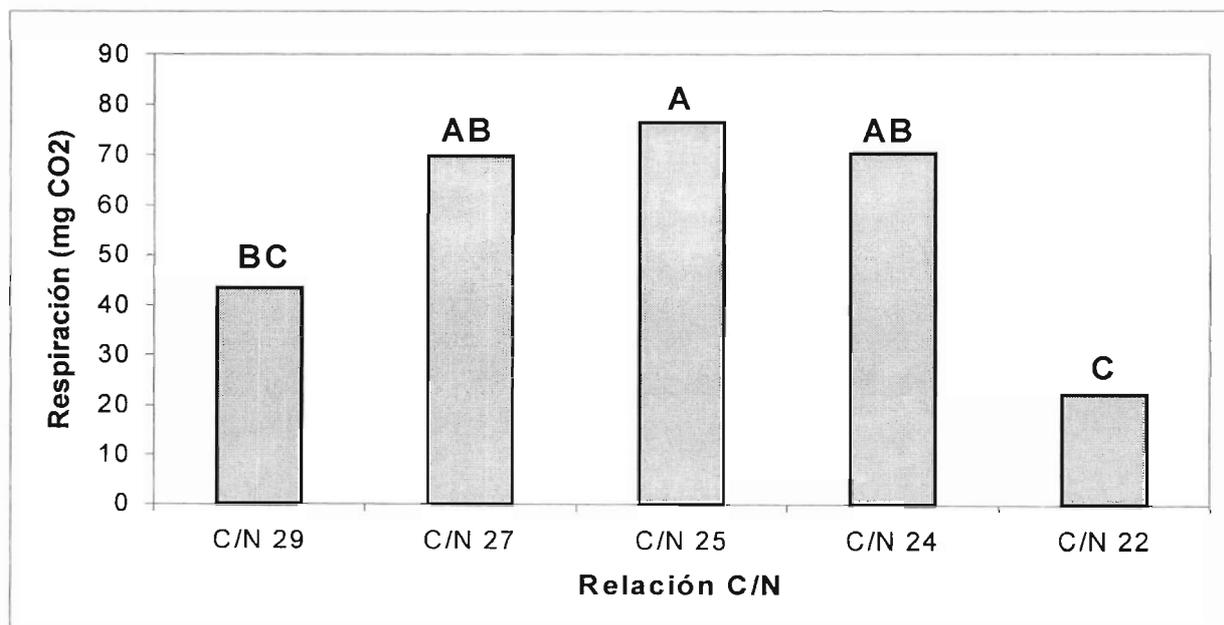


Figura 3. Crecimiento indirecto (respiración) de *Pleurotus* en paja de arroz con diferentes relaciones de C/N. Columnas con letras diferentes indican diferencias estadísticas, de acuerdo a la prueba de Fisher ( $P=0,05$ ).

De los resultados anteriores se puede desprender que el suplementar con nitrógeno los substratos, no siempre es una práctica que puede mejorar el crecimiento de *Pleurotus*, a pesar de la información que se puede encontrar en la bibliografía extranjera. Si bien es cierto que visualmente se puede observar un

mejor crecimiento inicial, posteriormente el hongo domina por igual el sustrato, lo que marcaría la ausencia de respuesta en algunos casos. Por otro lado, el aumento de nitrógeno en los sustratos facilita la colonización por otros microorganismos indeseables, lo cual puede ser disminuido si se evita esta práctica. En consecuencia, no se recomendaría la aplicación de nitrógeno para la producción de *Pleurotus*, sobretodo en condiciones de alta carga microbiana, como suele ocurrir con los sustratos de paja. Al parecer las pajas de cereales chilenos poseen suficiente nitrógeno para permitir el desarrollo de *Pleurotus*, o las cepas nativas utilizadas pueden crecer sin problemas en sustratos con alta relación de C/N.

### 5.6. Tratamientos térmicos de sustratos.

Grandes diferencias se observaron entre los tratamientos térmicos con respecto al número de microorganismos presentes en las muestras de sustratos. Con respecto a la población de bacterias, el análisis de varianza, sin considerar el tratamiento testigo sin pasteurizado, indicó diferencias estadísticas ( $P < 0,001$ ) en la temperatura, tiempo de pasteurizado e interacción entre ambos factores. Al analizar los tratamientos térmicos, para cada uno de los tiempos de pasteurización, se observó que existe una gran disminución en la población bacteriana ( $P < 0,001$ ), cuando se sube de los  $70^{\circ}\text{C}$  a temperaturas iguales o superiores a  $85^{\circ}\text{C}$ , sin observarse diferencias ( $P < 0,05$ ) entre temperaturas de  $85^{\circ}\text{C}$ ,  $100^{\circ}\text{C}$  o vapor (Figura 4), indicando que superar la barrera de  $85^{\circ}\text{C}$  es suficiente para reducir considerablemente la población bacteriana de la paja de cereales.

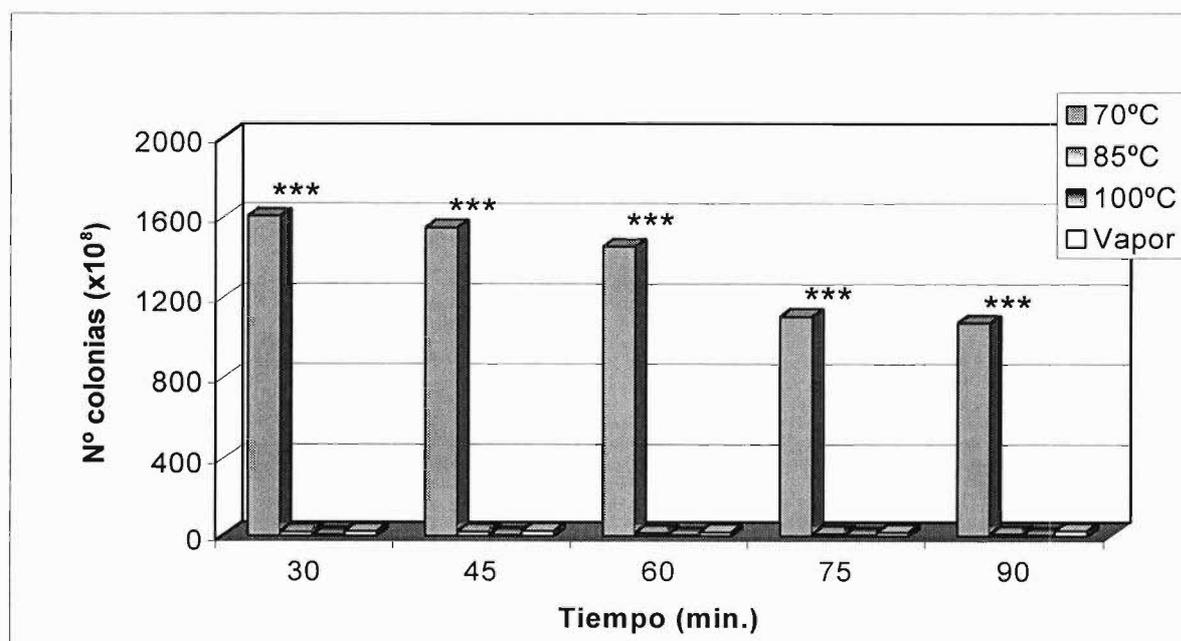


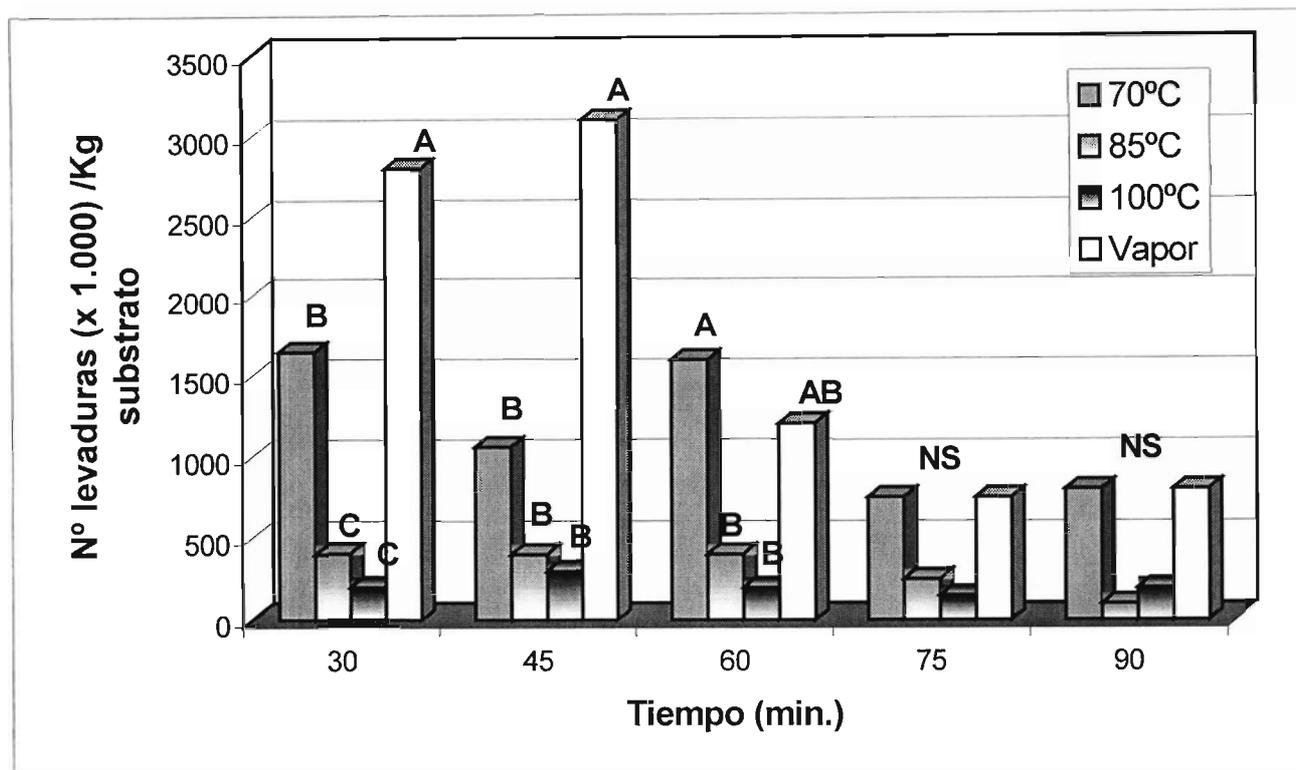
Figura 4. Recuento de unidades formadoras colonias bacterianas por Kg de paja de trigo sometidas a 4 temperaturas y 5 tiempos de calor. Los \*\*\* indican diferencias estadísticas ( $P < 0,001$ ) entre las barras para un mismo tiempo de calor.

El mayor recuento bacteriano, obtenido con 70°C y 30 minutos de pasteurización fue de  $1,6 \times 10^{11}$  bacterias/Kg de sustrato, sin embargo ese valor fue 10 veces menor que el sustrato sin pasteurizar, que en promedio alcanzó un valor de  $1,6 \times 10^{12}$  bacterias/Kg de sustrato. Esto indica que los 70°C fueron efectivos para bajar la población microbiana, aunque a niveles que no son suficientes para el cultivo de *Pleurotus*. Al analizar el efecto del tiempo de pasteurizado para cada una de las temperaturas utilizadas, se encontró que en general a mayor tiempo del tratamiento térmico, menor fue la carga microbiana del sustrato. Sin embargo, la tasa de disminución de la población de bacterias fue más rápido con 70°C que a mayores temperaturas, debido a que dicha temperatura permite una mayor sobrevivencia inicial de bacterias.

La importancia de estudiar la carga bacteriana, esta en la fuerte inhibición que producen las bacterias al crecimiento vegetativo de *Pleurotus*, cargas tan altas como las existentes en pajas sin pasteurizar o tratadas solo a 70°C, no permiten el desarrollo de *Pleurotus*, con la consiguiente pérdida de trabajo e insumos.

Otro de los organismos que fueron detectados e influyó su presencia en el crecimiento de *Pleurotus*, fueron las levaduras. Estos organismos abundantes en la naturaleza, pueden multiplicarse rápidamente cuando existen condiciones de alta humedad y disponibilidad de carbohidratos. Las condiciones de la bolsa de cultivo pueden favorecer el desarrollo de levaduras, por lo que es conveniente bajar la población de ellas antes de la siembra. Los recuentos de las pajas sin pasteurizar indicaron un promedio de  $27,7 \times 10^6$  levaduras/Kg de sustrato, valor nueve veces superior al mayor recuento obtenido con los tratamientos térmicos, el que fue vapor por 45 min. con una población de  $3,1 \times 10^6$  levaduras/Kg de sustrato.

Al comparar los tratamientos térmicos se determinó que el menos efectivo ( $P \leq 0,05$ ) en disminuir las levaduras, fue el tratamiento de vapor, seguido por agua caliente a 70°C. Sin embargo, cuando se prolongó el pasteurizado por un tiempo igual o superior a 75 min., todas las temperaturas fueron similares (Figura 5). Las temperaturas de 85 y 100°C fueron igualmente efectivas para bajar la población de levaduras, incluso con 30 min. de pasteurizado.



**Figura 5.** Recuento de levaduras por Kg de paja de trigo sometidas a 4 temperaturas y 5 tiempos de pasteurizado. Las barras con distinta letra indican diferencias estadísticas de acuerdo a la prueba protegida de Fisher ( $P \leq 0,05$ ).

Finalmente, el recuento de hongos demostró ser muy variable en el número de colonias detectadas en el substrato, esto influyó en las tendencias y diferencias estadísticas detectadas. Sin embargo, se puede indicar que el mejor tratamiento ( $P < 0,05$ ) para todos los tiempos de pasteurizado fue  $100^{\circ}\text{C}$  (Figura 6). Al igual como ocurrió con los otros organismos, la paja sin pasteurizar presentó una población promedio de  $5 \times 10^6$  colonias de hongos/ Kg de substrato, equivalente a 1.500 veces al peor tratamiento de pasteurización.

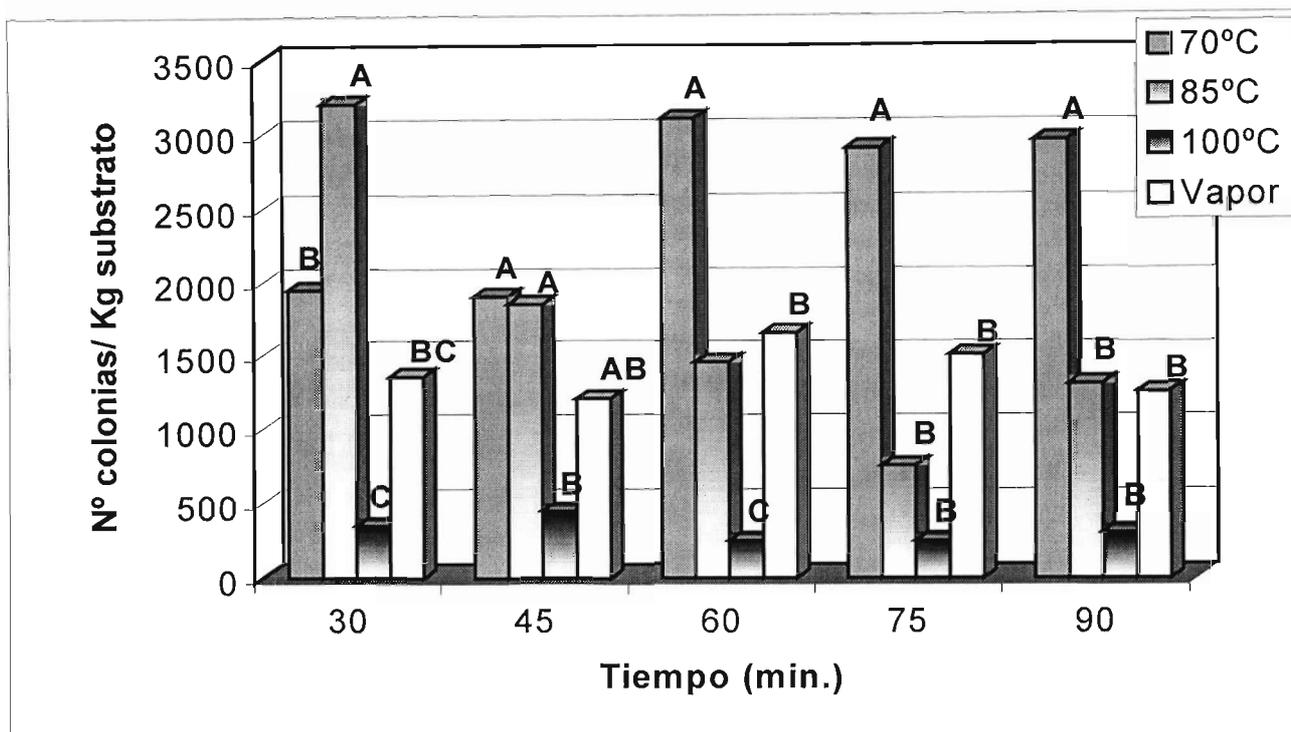
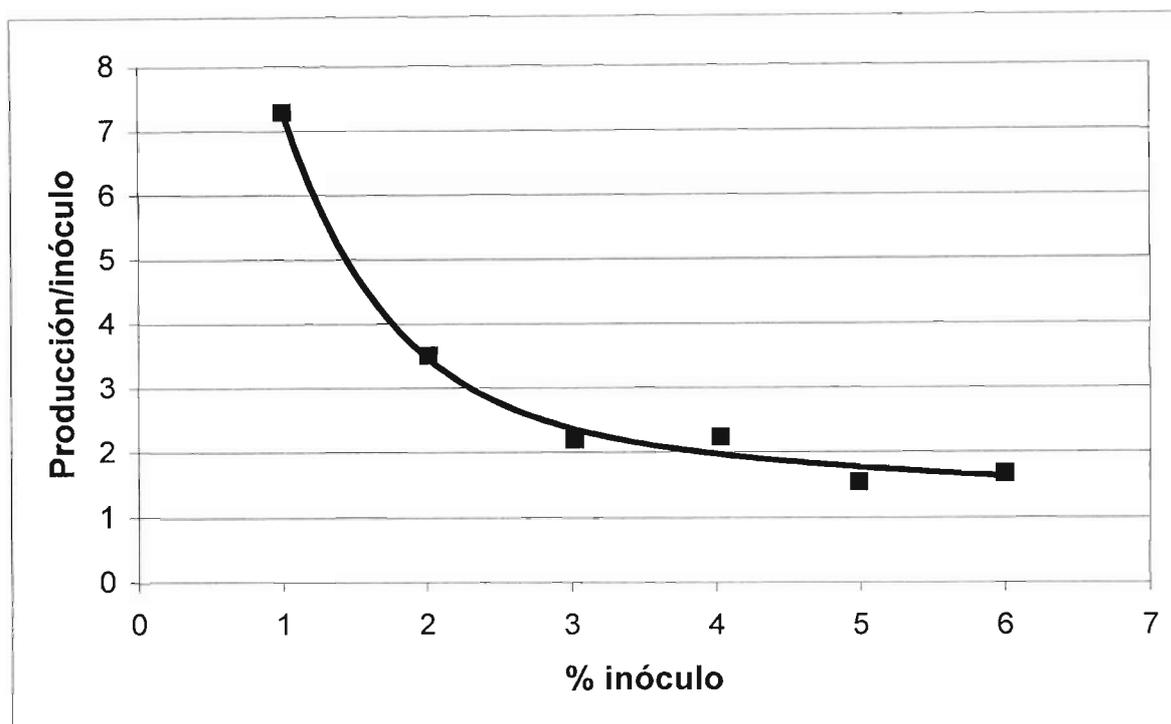


Figura 6. Recuento de colonias de hongos por Kg de paja de trigo sometidas a 4 temperaturas y 5 tiempos de pasteurizado. Las barras con distinta letra indican diferencias estadísticas de acuerdo a la prueba protegida de Fisher ( $P \leq 0,05$ ).

En resumen, de los tratamientos térmicos se puede concluir que la temperatura mínima de trabajo debe ser de 85°C para lograr disminuir en forma significativa la población de microorganismos en el sustrato, tanto de hongos, levaduras y bacterias, de lo contrario la competencia que sufre *Pleurotus* no permite la colonización de las bolsas de producción.

### 5.7. Estudio de la concentración de semilla de hongo.

Los resultados indicaron que el aumento de la dosis de semilla, entre 1 y 6%, no influyó en el rendimiento de carpóforos. Por consiguiente, cuando se analiza el efecto de la dosis de semilla con respecto a la producción de carpóforos, se observa una tendencia de una curva exponencial decreciente ( $R^2 = 0,97$ ), en la cual se disminuye la proporción de carpóforos cosechados en la medida que se aumenta la dosis de semilla (Figura 7). De la curva se desprende que la mayor respuesta se obtiene con la dosis más baja de semilla, para descender bruscamente a medida que aumenta la dosis. Por consiguiente, se concluye que no es necesario aumentar la dosis de semilla para mejorar el rendimiento y, por el contrario, el óptimo rendimiento biológico se obtiene con la dosis de 1% de semilla en sustrato de paja de trigo.



**Figura 7.** Relación porcentual y curva de respuesta entre el peso de los carpóforos cosechados y el peso del inóculo.

### 5.8. Construcción de módulos de producción.

El detalle técnico de los módulos construidos fueron los siguientes:

**Parral.** Este módulo se construyó utilizando adobe para asegurar un aislamiento térmico, siguiendo los planos propuestos por el Departamento de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Concepción. Este módulo fue sentado sobre cimientos y sobrecimientos de mezcla de cemento, ripio y arena, con un radier de cemento de 10 cm de espesor. Las divisiones fueron de adobe para conservar la aislación térmica. El adobe fue revestido con estuco liso, para poder ser lavado y desinfectado. El módulo consta de espacios para almacenaje de substratos, sala de pasteurización y mezcla de substrato, salas de siembra, incubación, producción y un lugar para empacar el producto cosechado. La construcción del módulo fue financiado por la Cooperativa Buscando Desarrollo de Parral.

**Huepil.** Este módulo se complementó con uno aportado por el grupo de menores proporciones, aumentando su superficie de 24 a 48 m<sup>2</sup>. Se construyó una sala de producción y se implementaron las salas de siembra e incubación. Se mejoraron las condiciones de aislamiento, cubriendo con planchas metálicas todo el contorno del módulo, mas una cubierta de aislante de poliestireno de 50 mm, entre las paredes y techos, seguido de una cubierta interior con plástico negro; para permitir el lavado y desinfección con soluciones detergente.

**Quinchamáli.** Este módulo se diseñó a partir de una estructura ya existente de crianza de cerdos, la cual consta de radier y un pequeño muro de 80 cm de alto por todo el contorno. El objetivo de usar esta estructura, fue demostrar y probar la factibilidad técnica de adaptar estructuras que están en desuso dentro de un predio. Para este efecto, se levantó sobre los cimientos pilares de madera recubiertos con planchas de metal galvanizado modelo 5V, la aislación se logró poniendo planchas de poliestireno de 50 mm de espesor, tanto en las paredes como en el techo. Finalmente, se cubrió en el interior con plástico negro para facilitar la limpieza. El módulo se implementó con los utensilios necesarios para la siembra de los substratos, además se calefaccionó la sala de incubación mediante una estufa oleoeléctrica.

**Coltauco A.** Este módulo fue al aire libre, ya que originalmente se consideró inoculación de troncos de álamo, los cuales no requieren una estructura específica para su producción. El único requisito fue tener abundante sombra durante los meses de primavera y verano, lo cual se logra instalando los troncos inoculados bajo la sombra del bosque.

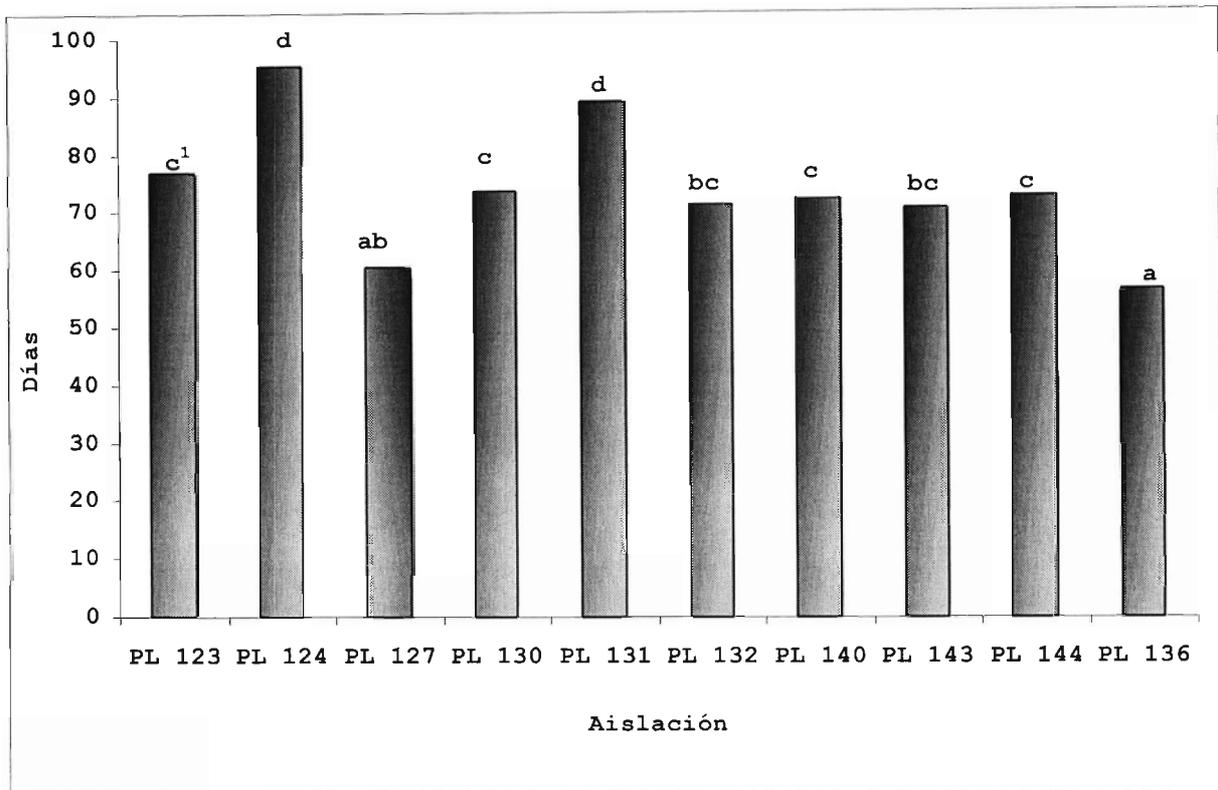
**Coltauco B.** Un segundo módulo fue establecido en la Escuela Politécnica de Coltauco, mediante la construcción de un radier de cemento de 7 cm de espesor, pilares de madera y techo de zinc. La sala de incubación fue completamente cubierta con planchas galvanizado modelo 5V, recubiertas en su interior con Para las paredes se utilizaron planchas de poliestireno de 50 mm de espesor, tanto en las paredes como en el techo, recubiertas con plástico negro para facilitar la limpieza de paredes. En la sala de producción se utilizaron como paredes malla negra tipo Rushell, con trama de 70% de densidad, de manera de obtener un sitio con sombra pero abundante aireación, para facilitar el crecimiento de hongos en un lugar caluroso como Coltauco.

### **5.9. Producción de semilla.**

El resultado de esta etapa fue el protocolo de producción de semilla, y el cual se detalló en el punto 3.9 de este informe.

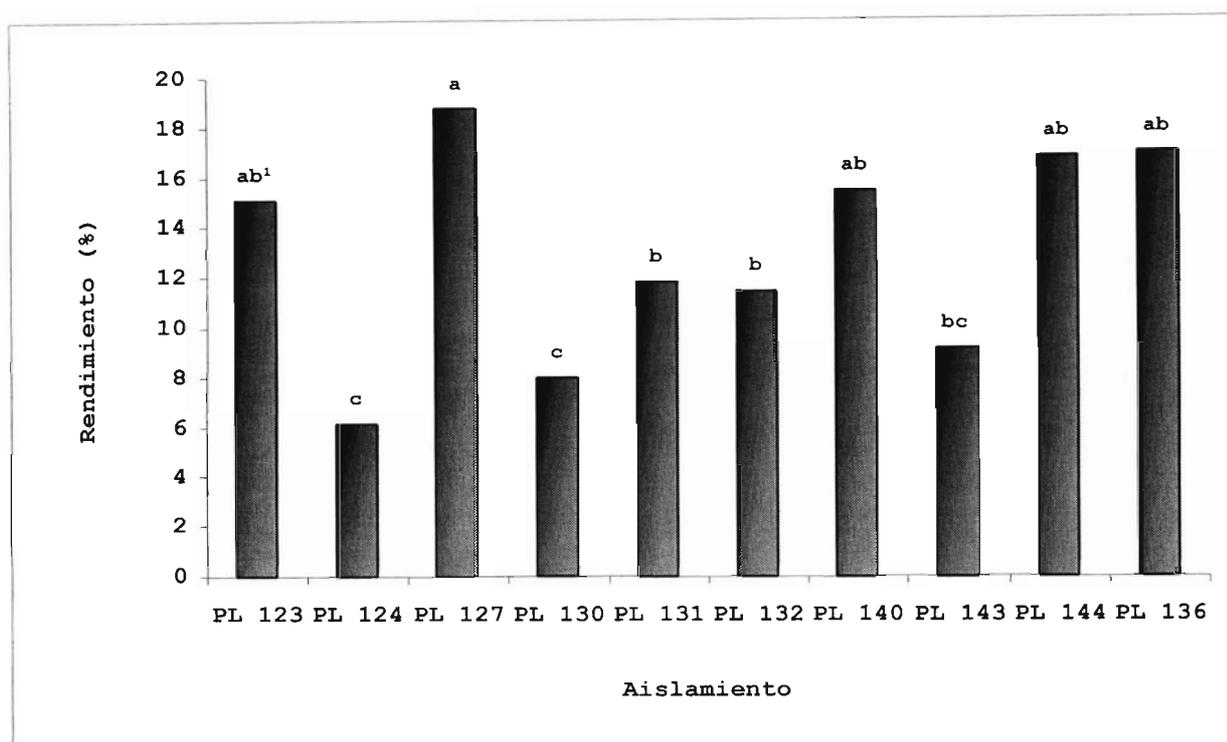
### **5.10. Evaluación de aislamientos seleccionados de *Pleurotus*.**

El análisis de los días transcurridos para el inicio de cosecha de los aislamientos seleccionados, indicó que existían diferencias estadísticas ( $P=0,001$ ) entre ellos. Los aislamientos PL136 y PL127 no presentaron diferencias entre ellos ( $P=0,05$ ) y fueron las más rápidas en producir los basidocarpos, en cambio PL124 y PL131 fueron las más lentas (Figura 8). A pesar que PL124 fue la que mostró tendencia a colonizar en menor tiempo, el tiempo en entrar en producción fue mayor que el resto, indicando que los posibles requerimientos ambientales en la etapa vegetativa y reproductiva difiere entre ellos.



**Figura 8.** Días entre siembra y cosecha para distintos aislamientos de *Pleurotus ostreatus*. Barras con letras distintas indican diferencias estadísticas según la prueba de Fisher ( $P=0,05$ ).

Respecto al rendimiento de estas cepas seleccionadas, se encontraron diferencias estadísticas ( $P=0,001$ ) entre ellas. El menor rendimiento se produjo con el aislamiento PL124 (6% del substrato húmedo) y el mayor con PL127 (19%). Los aislamientos nativos PL127, PL144, PL140 y PL123 no difirieron ( $P=0,05$ ) en rendimiento con la cepa referencial PL136 (Figura 9). Estos rendimientos concuerdan con la literatura, donde se mencionan rendimientos del orden de 10 a 20% del peso del substrato (b.p.h.). Las cepas PL143, PL130 y PL124 tuvieron rendimientos menores (6-9%) al óptimo, estos bajos rendimientos posiblemente se debieron a que los aislamientos requerían menores concentraciones de  $\text{CO}_2$  ambientales, y el hecho de incubar todas las cepas juntas pudo inhibir a estas últimas. En la literatura se señala que concentraciones menores a 1000 ppm de  $\text{CO}_2$  son óptimas para el cultivo y concentraciones menores a un 15-20% de dióxido de carbono tienen un efecto positivo en el crecimiento y desarrollo micelial. Por último, el aislamiento más lento en emitir primordios fue la cepa PL124, lo que podría explicar el menor rendimiento obtenido.



**Figura 9.** Días entre siembra y cosecha para distintos aislamientos de *Pleurotus ostreatus*. Barras con letras distintas indican diferencias estadísticas según la prueba de Fisher ( $P=0,05$ ).

### 5.11. Estudio de componentes nutricionales.

Los resultados de los análisis de componentes nutricionales, indicaron que para el contenido de proteína total (Nx6,25), extracto etéreo, fibra cruda, cenizas y humedad, no existían diferencias ( $P<0,05$ ) entre las cepas nativas y la variedad extranjera. Con respecto al extracto no nitrogenado, el análisis de varianza indicó diferencias entre tratamientos ( $P=0,016$ ) (Cuadro 11).

**Cuadro 11.** Composición proximal de cepas nativas y extranjera (PL 136) de hongos ostras (*Pleurotus ostreatus*).

islamiento	Proteína total (% b.m.s.)	Extracto etéreo (% b.m.s.)	Fibra cruda (% b.m.s.)	Extracto no nitrogenado (% b.m.s.)	Cenizas (% b.m.s.)	Humedad (%)
PL 123	32,36 ns	1,22 ns	9,20 ns	49,03 a <sup>1</sup>	8,06 ns	89,69 ns
PL 127	29,98	0,89	10,20	48,80 a	9,49	91,12
PL 131	38,40	1,95	9,95	39,46 b	10,24	91,73
PL 140	33,97	0,88	9,12	47,17 a	7,86	90,35
PL 144	34,86	1,18	9,53	45,40 a	9,02	89,44
PL 136	28,56	1,62	8,35	54,64 a	6,84	91,08
P=	0,11	0,38	0,92	0,02	0,41	0,08

<sup>1</sup>Valores seguidos con letras diferentes dentro de las columnas indican diferencias estadísticas según el test de Tuckey ( $P\leq 0,05$ ). ns: Diferencias no significativas. P= Valor de probabilidad para encontrar diferencias estadísticas en cada uno de los componentes nutricionales.

El rango en que osciló el contenido de proteína en las cepas nativas fue de 28,56 a 38,4% b.m.s., el extracto etéreo (contenido de lípidos) obtuvo un rango entre 0,88 a 1,95% b.m.s., la fibra cruda fluctuó en un rango de 9,12 a 10,2% b.m.s., el contenido de cenizas fue de 6,84 a 10,24% b.m.s. y el contenido de humedad fluctuó entre los 89,44 a 91,73%. Finalmente, en el extracto no nitrogenado el aislamiento extranjero PL136 obtuvo 54,64% b.m.s., no mostrando diferencias significativas con las aislaciones PL123, PL127, PL140, PL144, pero no así con la cepa nativa PL131 que obtuvo el menor valor (39,36%). En general, todos estos rangos están dentro de lo que la literatura señala como normal para *Pleurotus ostreatus*.

Los resultados anteriores confirman el alto nivel de proteínas, fibra, carbohidratos y minerales, y el bajo contenido de grasas. Lo cual permite afirmar que las cepas chilenas tienen un alto potencial nutricional.

### 5.12. Almacenamiento de hongos en ambientes modificados.

A pesar que en el informe anterior se preveía tener esta información terminada, lamentablemente los resultados no se encuentran finalizados, encontrándose en proceso de evaluación estadística. Sin embargo, las observaciones visuales indican que en la medida que se elimina el oxígeno y aumenta el nitrógeno, se aumenta significativamente la vida media del producto, manteniendo su aspecto de fresca y textura como cuando fue recién cosechado.

### 5.13. Congelamiento de hongos.

En el Cuadro 12 se observa que para el caso de hongos congelados, el efecto de carga máxima alcanzada es menor cuando se trabaja a  $-30^{\circ}\text{C}$  y mayor cuando se trabaja a  $-20^{\circ}\text{C}$  durante el proceso de congelación. Lo mismo sucede cuando las velocidades empleadas durante el congelado son mayores. Este comportamiento escapa al esperado, ya que con otras frutas y hortalizas el comportamiento es al revés. La explicación no es clara, pero en condiciones de evaluación sensorial se puede decir que el hongo fresco se percibe como más quebradizo que un hongo procesado, en cambio este último se percibe como más moldeable y difícil de trozar. Este comportamiento se acentúa durante el proceso de cocción.

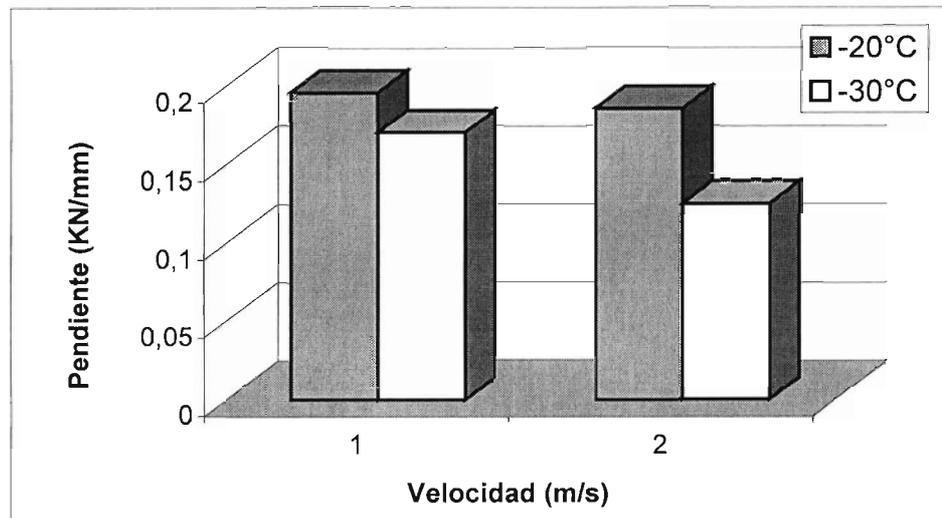
**Cuadro 12. Carga máxima (textura) de hongos ostras enteros sometidos a diferentes velocidades de viento y temperatura de congelación.**

Temp. °C	Velocidad		Promedio
	1mseg <sup>-1</sup>	2mseg <sup>-1</sup>	
-20	0,39	0,36	0,38 <sup>a</sup>
-30	0,3	0,24	0,27 <sup>b</sup>
Promedio	0,34 <sup>a</sup>	0,302 <sup>a</sup>	-

Valores seguidos con distinta letra indican diferencias estadísticas de acuerdo al test de Tuckey (P=0,05)

En la Figura 10 se observa el efecto de las condiciones de congelación sobre la

pendiente de la curva de Fuerza (KN) vs Deformación (mm), en la zona de comportamiento elástico.

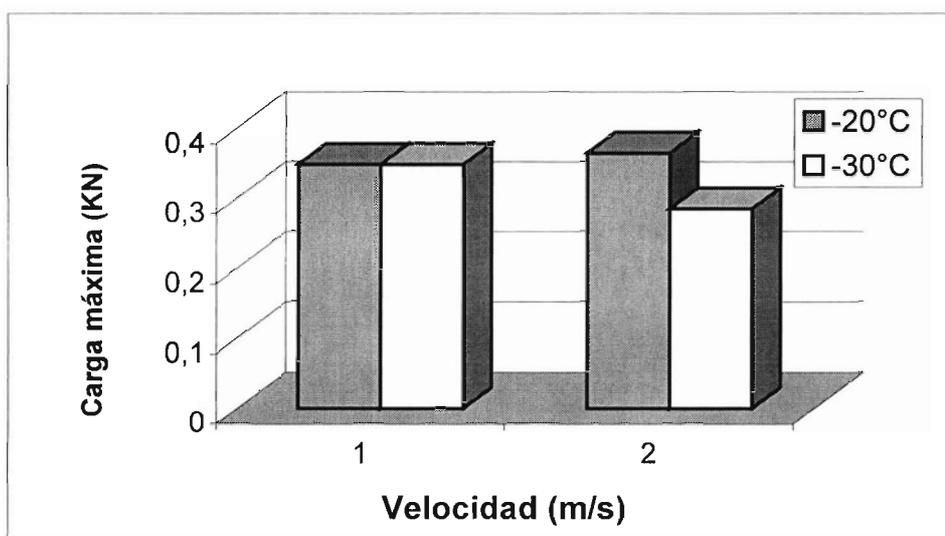


**FIGURA 10. Pendiente (textura) de hongos ostras enteros sometidos a diferentes velocidades de viento y temperatura de congelación.**

En este caso los resultados indican que no hubo diferencia estadística ( $P < 0,05$ ) para ninguno de los factores de temperatura y velocidad del aire, en las pendientes de curva de carga (KN) vs deformación (mm) para el caso de hongos enteros congelados.

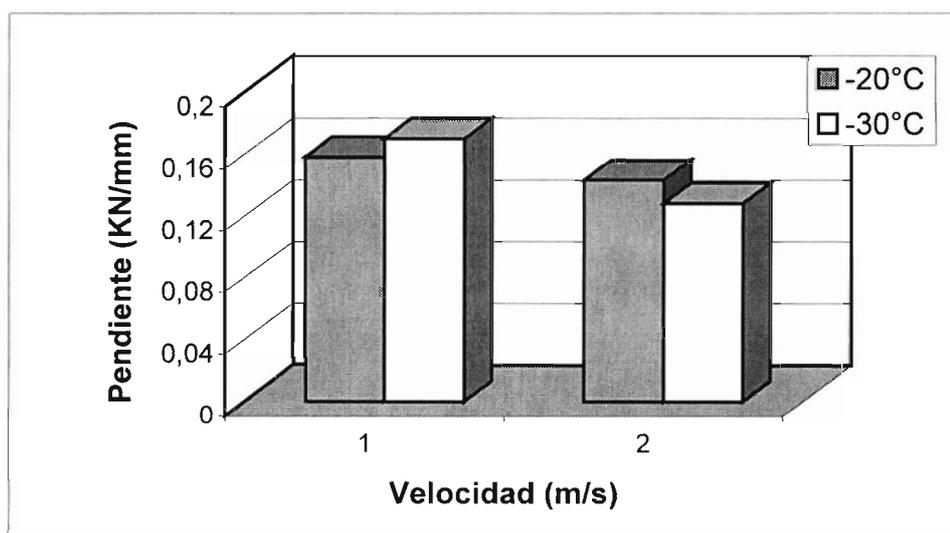
En el caso de hongos trozados se realizó un picado de los carpóforos en trozos longitudinales de 1 cm de espesor, lo que fueron posteriormente congelados en las mismas condiciones de los hongos enteros.

En la Figura 11 se observa que no hay mayor diferencia en el comportamiento de los hongos trozados, para los efectos de temperatura de congelación y velocidad del aire. Cabe mencionar que la carga máxima observada en hongos frescos fue de 0,403 KN, por lo que se puede concluir que la reducción de los tratamientos empleados tiene el mismo efecto sobre la carga máxima de hongo procesado. Se puede observar también la tendencia a tener menores valores en el caso de emplear velocidades más altas, esto puede deberse a la porosidad del hongo, lo cual permite que éste se levante fácilmente y choque con otros, produciéndose fracturas que repercute en su comportamiento después del descongelado.



**FIGURA 11.** Carga máxima de hongos ostras trozados sometidos a diferentes velocidades de viento y temperatura de congelación.

Los resultados de la textura de los hongos trozados se presentan en la Figura 12, este caso se puede observar que las pendientes de las curvas de Fuerza (KN) Deformación (mm) no presentan diferencia significativa entre los tratamientos, es decir todos ellos, tienen un efecto similar. Esto es explicable, por el hecho que el tamaño de trozos incide en que los efectos de las temperaturas de congelación no tengan una gran diferenciación, como ocurre en los productos de tamaños mayores.



**FIGURA 12.** Textura de hongos ostras trozados sometidos a diferentes velocidades de viento y temperatura de congelación.

Otros parámetros medidos fueron el peso neto después de descongelado. El Cuadro 13 resume que el mayor peso neto se alcanza al realizar la congelación a

temperaturas inferiores. Este efecto es conocido pero no siempre es adecuadamente cuantificado, ya que incide directamente en el rendimiento de producto al momento de consumo. Esto se explica por el hecho que la congelación rápida produce cristales de hielo tanto intra como extracelular, éstos a su vez son numerosos y de pequeño tamaño, lo se traduce en reducción de la ruptura de pared celular y que al momento de descongelar se muestra como mayor pérdida de jugo (% Drip o jugosidad). En este caso el efecto es de un 17 % de diferencia en peso a favor del método que emplea menor temperatura (-30°C).

**Cuadro 13. Peso de descongelado de hongos ostras enteros sometidos a diferentes velocidades de viento y temperatura de congelación.**

Temp. °C	Velocidad		Promedio
	1 m seg <sup>-1</sup>	2 m seg <sup>-1</sup>	
-20	179,76	190,90	185,33 <b>b</b>
-30	200,24	233,69	216,97 <b>a</b>
Promedio	190,00 <b>a</b>	212,30 <b>a</b>	

Para el caso de hongos trozados, se repite lo explicado para hongos enteros congelados, pero aparece el efecto de la velocidad del aire con efecto estadístico significativo (Cuadro 14). En este caso el porcentaje de 19% es a favor del empleo de temperaturas inferiores y de 16 % a favor del empleo de velocidades de 2 ms<sup>-1</sup>.

**Cuadro 14. Peso de descongelado de hongos ostras trozados sometidos a diferentes velocidades de viento y temperatura de congelación.**

Temp °C	Velocidad		Promedio
	1 m seg <sup>-1</sup>	2 m seg <sup>-1</sup>	
-20	168,48	188,94	178,71 <b>b</b>
-30	193,62	230,81	212,21 <b>a</b>
Promedio	181,06 <b>b</b>	209,88 <b>a</b>	

Respecto al tiempo de congelación (Cuadro 15) se muestra el efecto de temperatura y velocidad del aire para alcanzar -18°C (temperatura de referencia para alimentos congelados). Se puede observar que el tiempo es de 8,6 min cuando se emplea -30°C y 2 m s<sup>-1</sup> y aumenta a 53,9 min cuando se emplea -20°C y 1 m s<sup>-1</sup>. Esto incide en la calidad del producto final y en el rendimiento de producción, por lo que indica las ventajas evidentes de congelar a menor temperatura y mayor velocidad del aire.

**Cuadro 15. Tiempo de congelado (min.) de hongos ostras enteros sometidos a diferentes velocidades de viento y temperatura de congelación.**

Temp. °C	Velocidad		Promedio
	1 m seg <sup>-1</sup>	2 m seg <sup>-1</sup>	
-20	53,87	31,74	42,81 <b>b</b>
-30	14,76	8,59	11,68 <b>a</b>
Promedio	34,32 <b>b</b>	20,17 <b>a</b>	

Respecto a los hongos trozados, se repite la tendencia observada para los hongos enteros, con tiempos menores cuando se aumenta la velocidad del aire y temperaturas más bajas (Cuadro 16).

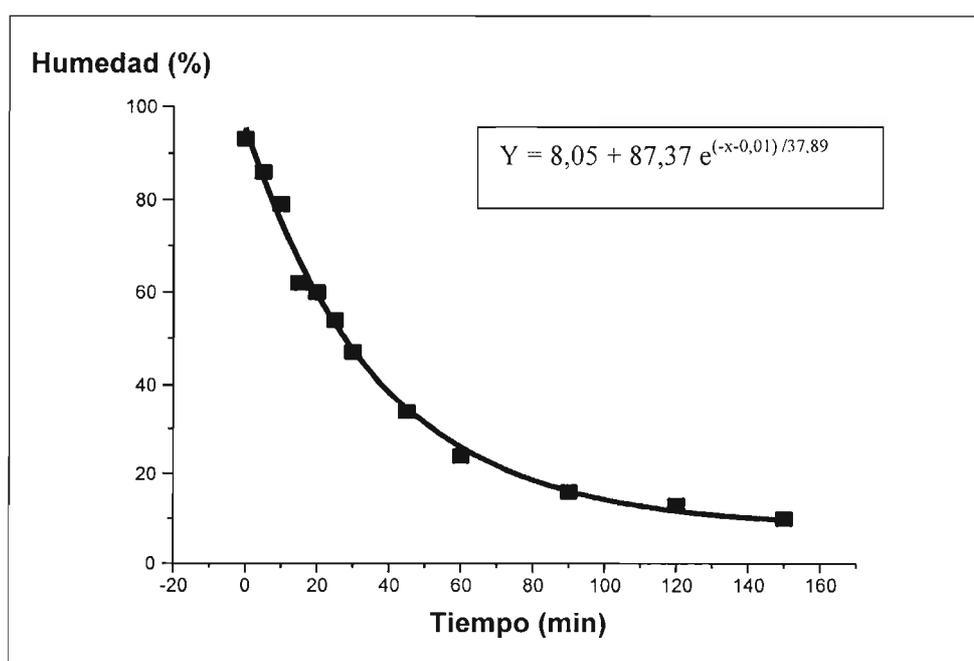
**Cuadro 16. Tiempo de congelado (min.) de hongos ostras trozados sometidos a diferentes velocidades de viento y temperatura de congelación.**

Temp °C	Velocidad		Promedio
	1 m seg <sup>-1</sup>	2 m seg <sup>-1</sup>	
-20	37,2	17,98	27,59 b
-30	7,53	6,14	6,84 a
Promedio	22,37 b	12,06 a	

Como conclusión se puede indicar que las temperaturas de  $-30^{\circ}\text{C}$  y  $2\text{ m s}^{-1}$  permiten tiempos de congelación entre 7 a 12 minutos, para alcanzar  $-18^{\circ}\text{C}$ . Esto es posible de alcanzar en congeladores industriales, pero no siempre se logra en túneles estáticos, donde se puede prolongar el tiempo hasta cercano a 1 hora.

#### 5.14. Deshidratación de hongos.

La curva de deshidratación (Figura 13) fue el equivalente a una exponencial decreciente, que alcanzó al cabo de 150 minutos una humedad de 10%, considerada óptima para fines de conservación. Cabe destacar que el color alcanzado por los hongos deshidratados fue de un tono amarillo pálido muy atractivo, el cual se presta para ser envasado en bolsas transparentes para favorecer su comercialización.



**FIGURA 13. Curva de deshidratación de *Pleurotus ostreatus* a  $70^{\circ}\text{C}$  y  $2\text{ m/s}$  de velocidad de aire.**

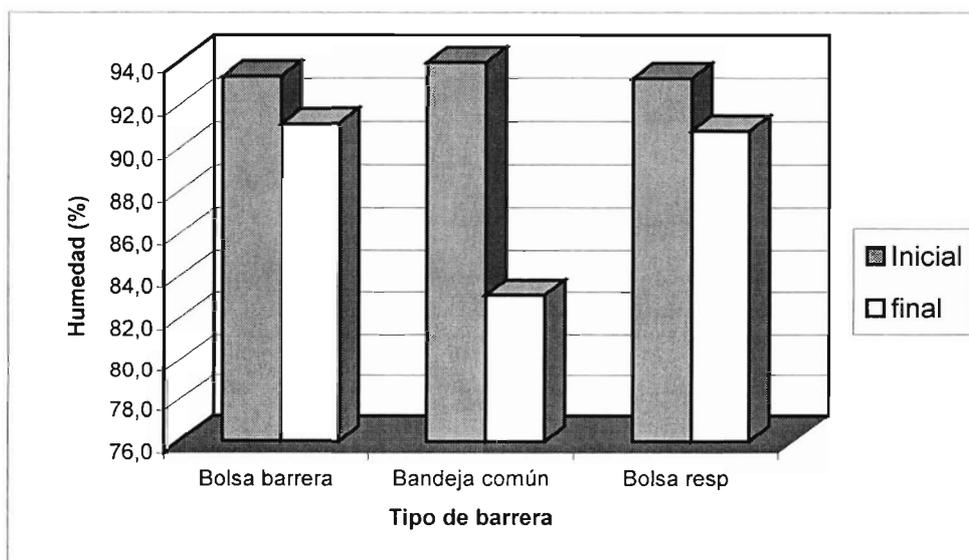
### 5.15. Almacenamiento en atmósfera modificada.

La pérdida de peso de las muestras procesadas en diferentes tipos de atmósferas se presentan en el Cuadro 17. Los resultados indicaron que tanto la bolsa Barrera como la bolsa Respirable mantienen el peso inicial, con reducciones mínimas después de 15 días de almacenaje a temperatura ambiente. En cambio la bandeja común tuvo una reducción significativa del peso de hongos, disminuyendo en 12% con respecto al peso inicial, lo cual puede resultar importante en la comercialización de este producto.

**Cuadro 17. Efecto del tipo de barrera en la pérdida de peso (g) de hongos ostras envasados.**

Barrera	Tiempo (días)			
	0	5	10	15
Bolsa barrera	199,28	194,65	195,14	194,53
Bandeja común	200,99	193,35	184,75	176,79
Bolsa respirable	200,45	196,87	196,56	196,31

La pérdida de peso se debe, principalmente, a la diferencia de humedad entre el producto al inicio y término del periodo de evaluación. En la Figura 14 se observa la comparación entre humedad inicial y final, en porcentaje de base húmeda, destacándose la bandeja común por ser la que más perdió humedad dentro del tiempo de ensayo. En consecuencia, las bolsas tipo barrera o respirable son las más adecuadas para disminuir la pérdida de humedad y peso en almacenaje de hongos.



**Figura 14. Humedad inicial y final de hongo ostra envasados con diferentes tipos de barrera.**

Respecto a las pérdidas de color, se puede indicar que la bolsa barrera fue la que mostró mayor cambio de color, desde un color 2.5 Y 8/2, que fue común para toda la materia prima evaluada, hasta un color final de 5Y 8/2. Mientras que los otros tipos de envases mantuvieron su color original. El Cuadro 18 indica por tratamiento y repetición las variaciones de color observadas después de 15 días de almacenaje.

**Cuadro 18. Efecto del tiempo de almacenaje y tipo de cubierta sobre el color de hongos envasados.**

Tratamiento	Tiempo (días)			
	t0	t5	t10	t15
Bolsa barrera R1	10YR7/2	2.5Y8/2	2.5Y8/2	5Y8.5/4
Bolsa barrera R2	2.5Y8/2	10YR7/2	2.5Y8.5/2	5Y9/2
Bolsa barrera R3	2.5Y7/2	2.5Y8/2	2.5Y9/2	5Y8/2
Bolsa barrera R4	2.5Y7/2	10YR7/2	2.5Y8.5/2	5Y8/2
Promedio	2.5Y8/2	2.5Y8/2	2.5Y8/2	5Y8/2
Bandeja común R1	2.5Y7/2	2.5Y8/2	2.5Y7/4	2.5Y8/4
Bandeja común R2	2.5Y7/2	2.5Y8/2	2.5Y7/4	2.5Y7/6
Bandeja común R3	10YR7/2	2.5Y8/2	2.5Y8/2	2.5Y8/4
Bandeja común R4	2.5Y7/2	2.5Y7/3	2.5Y7/4	2.5Y7/4
Promedio	2.5Y8/2	2.5Y8/2	2.5Y8/2	2.5Y8/2
Bolsa Respirable R1	2.5Y7/2	2.5Y8/2	2.5Y8/2	2.5Y7/2
Bolsa Respirable R2	10YR6/2	2.5Y8/2	2.5Y8/2	2.5Y8/2
Bolsa Respirable R3	2.5Y8/2	2.5Y8/2	2.5Y8/4	2.5Y8/2
Bolsa Respirable R4	10YR7/2	2.5Y7/2	2.5Y8/2	2.5Y8/2
Promedio	2.5Y8/2	10YR6/2	2.5Y8/2	2.5Y8/2

R: repeticiones.

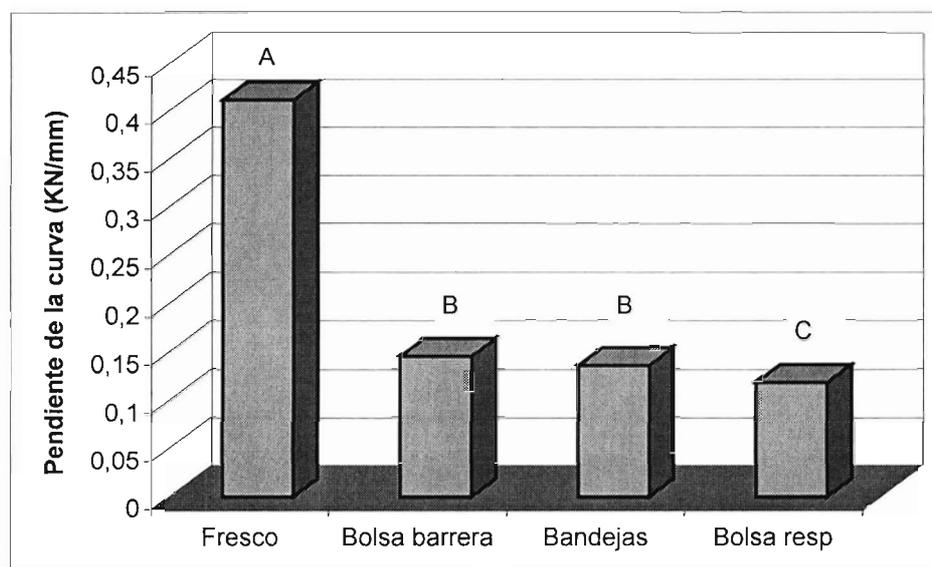
Sobre la textura de los hongos envasados, se obtuvieron los valores a partir de las curvas de fuerza de deformación entregadas por la celda Kramer. El Cuadro 19 indica los promedios y desviación estandar (n= 8) obtenidas de las gráficas de estas curvas.

**Cuadro 19. Promedio de curvas de deformación y desviación estandar (D.S.) de hongos ostras almacenados en distintas atmósferas.**

Tratamiento	Curva de deformación	
	Promedio	D. S. ( $\alpha = 0,05$ )
Fresco	0,412	-
Bolsa barrera	0,146	0,020
Bandeja común	0,137	0,014
Bolsa respirable	0,119	0,010

Los resultados del Cuadro 19 se pueden observar en forma gráfica en la Figura 15, indicando que el almacenaje disminuye significativamente en un 67,5% la

fuerza de deformación, es decir, los hongos almacenados se tornan más blando, comparados con aquellos que se encuentran fresco. Dentro de los tres tipos de envases, la bolsa respirable fue la menor en cuanto a textura.



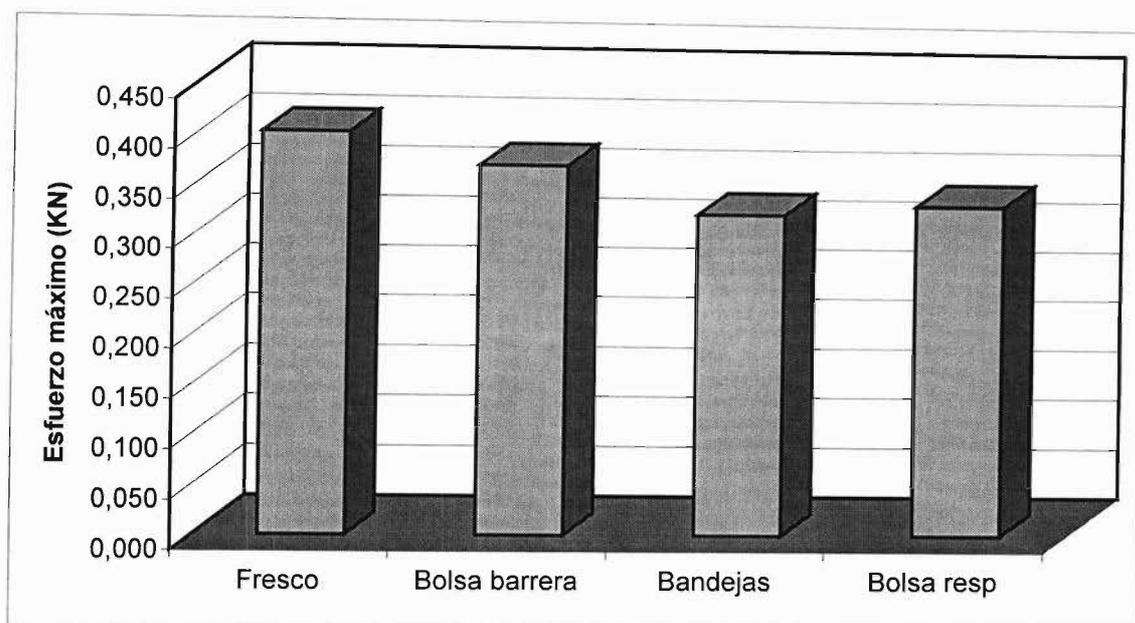
**Figura 15. Efecto del tipo de almacenaje en la textura de hongos ostras.**

Asociado a lo anterior, están los resultados de cargas máximas (KN) o de ruptura de hongos ostras después de 15 días de almacenamiento en tres tipos de empaque. A pesar que los hongos almacenados disminuyeron la fuerza de ruptura, comparado con el hongo fresco, esta disminución no fue significativa ( $P < 0,05$ ) para la bolsa barrera, pero sí para bandeja común y bolsa respirable.

**Cuadro 20. Promedio de cargas máximas y desviación estandar (D.S.) de ruptura de hongos ostras almacenados en distintas atmósferas.**

Tratamiento	Cargas máximas (KN)	
	Promedio	D. S. ( $\alpha = 0,05$ )
Fresco	0,403	-
Bolsa barrera	0,371	0,095
Bandeja común	0,323	0,037
Bolsa respirable	0,333	0,042

En la Figura 16 se observa que las cargas máximas de ruptura fueron menores en todos los casos ensayados. También, la que menos fue afectada es la bolsa barrera, la que se acerca bastante al comportamiento del hongo fresco. Las otras dos tipos de bolsas tienen comportamiento similar.

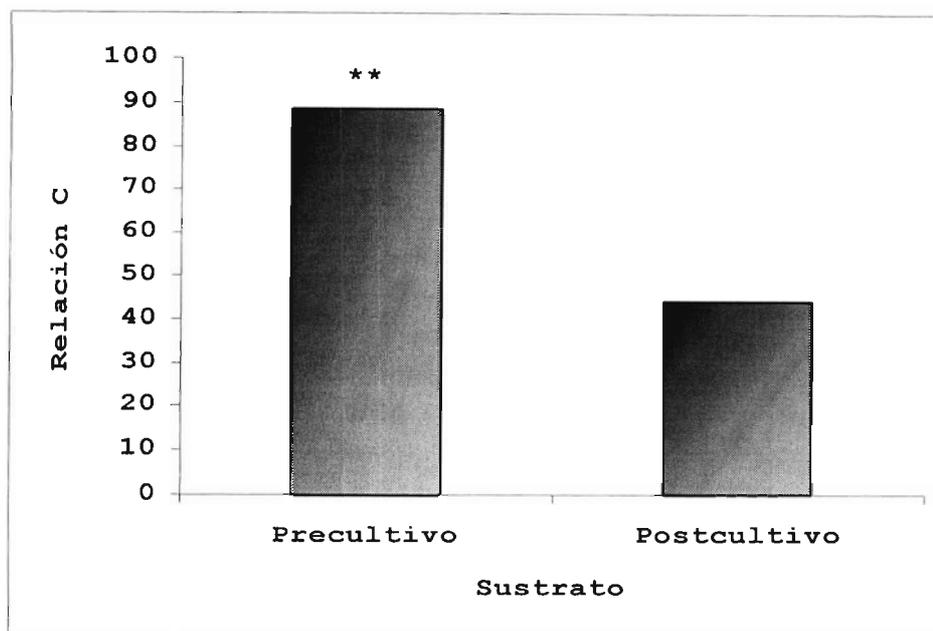


**Figura 16. Efecto del tipo de almacenaje en la carga de ruptura de hongos ostras.**

A partir de los dos gráficos anteriores se puede indicar que, aunque los hongos se comportan instrumentalmente como blandos (Figura 15), las cargas de ruptura son altas (Figura 16), por lo que la percepción es que se debe hacer bastante esfuerzo en la mordida para romper un trozo de los hongos almacenados. Esta característica se presenta en todos los hongos comestibles, que tienden a presentar una buena consistencia al ser masticados, comportándose como papilla en la compresión pero oponiendo una alta fuerza de ruptura en el corte.

#### **5.16. Efecto del cultivo en la relación Carbono/ Nitrógeno del sustrato.**

El sustrato antes de la siembra del hongo presentó niveles de nitrógeno de 0,48% y carbono de 42,60%, lográndose una relación carbono/nitrógeno (C/N) de 88,76. La humedad del sustrato antes de la siembra fue de 75%. Una vez agotado el sustrato y terminada la cosecha, se determinó porcentajes de nitrógeno de 0,62% y carbono de 27,17%, lo que resulta en una relación C/N de 43,83. Al someter los resultados del análisis del sustrato antes y después del cultivo, a una prueba de t-Student, se obtuvo que estadísticamente la relación C/N disminuyó en un 49,4% ( $P=0,018$ ) (Figura 14).



**FIGURA 17.** Relación carbono/nitrógeno (C/N) del sustrato antes y después del cultivo de *Pleurotus ostreatus*. \*\* Indica diferencias estadísticas (P=0,018) de acuerdo a la prueba t-student.

La disminución del porcentaje de carbono se explica por la presencia de la enzima fenoloxidasa producida por *Pleurotus*, la cual es la encargada de metabolizar la lignina presente en el sustrato, convirtiendo al residuo en una probable alternativa de valor biológico y de bajo costo, pues al disminuir la relación C/N aumenta la velocidad de descomposición y aporte nutricional, pudiendo ser utilizado como biofertilizantes o en alimentación animal.

### 5.17. Diseño de módulos.

A pesar de los múltiples diseños que se pueden establecer para la construcción de módulos, se diseñaron éstos considerando la experiencia acumulada por el proyecto y las necesidades de espacio para la producción y actividades relacionadas, como un primer paso para valorar el lugar de producción y permitir un estudio económico posterior, de la producción de hongos ostras. El Cuadro 17 muestra las dimensiones del galpón utilizado por la planta, considerando tres niveles productivos: de 100, 500 y 1.000 Kg de hongos ostras comerciales cada 3 meses.

**Cuadro 21.** Dimensiones del galpón según el nivel de producción de hongos ostras.

Tipo de módulo	Dimensiones en metros (largo × ancho)		
	100 Kg	500 Kg	1.000 Kg
Tipo I	13 x 10	13 x 10	15 x 10
Tipo II	13 x 10	13 x 10	15 x 10
Tipo III	18 x 10	21 x 10	25 x 10

La altura es de 4,0 m para todos los módulos.

Los módulos tipo I y II, se encuentran diseñados fuera del galpón, ya que están capacitados para soportar las inclemencias del tiempo. El módulo tipo III está dentro del galpón, lo que permite proteger el módulo del clima, lo cual explica las mayores dimensiones. Las dimensiones que se estimaron para las distintas salas que requiere un módulo de producción, se indican en el Cuadro 18.

**Cuadro 22. Dimensiones de las salas para tres niveles de producción de hongos ostras.**

Tipo de sala	Nivel de producción		
	100 Kg.	500 Kg.	1000 Kg.
<i>Sala siembra</i>	A = 3,6 m L = 4,4 m h = 2,5 m Area total = 16 m <sup>2</sup>	A = 3,2 m L = 4,4 m h = 3,0 m Area total = 15 m <sup>2</sup>	A = 4,0 m L = 5,2 m h = 3,0 m Area total = 21 m <sup>2</sup>
<i>Sala incubación</i>	A = 3,6 m L = 3,6 m h = 2,5 m Area total = 13 m <sup>2</sup>	A = 4,0 m L = 4,4 m h = 3,0 m Area total = 18 m <sup>2</sup>	A = 4,8 m L = 5,2 m h = 3,0 m Area total = 25 m <sup>2</sup>
<i>Sala producción</i>	A = 3,6 m L = 8,0 m h = 2,5 m Area total = 29 m <sup>2</sup>	A = 6,4 m L = 7,2 m h = 3,0 m Area total = 46 m <sup>2</sup>	A = 8,0 m L = 8,8 m h = 3,0 m Area total = 70 m <sup>2</sup>
<i>Sala de despensa</i>	A = 1,5 m. L = 2,0 m. h = 2,0 m Area total = 3,0 m <sup>2</sup>	A = 1,5 m L = 3,0 m h = 2,0 m Area total = 4,5 m <sup>2</sup>	A = 1,5 m L = 4,0 m h = 2,0 m Area total = 6,0 m <sup>2</sup>
<i>Oficina</i>	A = 2,0 m L = 4,0 m h = 2,5 m Area total = 8 m <sup>2</sup>	A = 2,0 m L = 4,0 m h = 2,5 m Area total = 8 m <sup>2</sup>	A = 2,0 m L = 4,0 m h = 2,5 m Area total = 8 m <sup>2</sup>
<i>Baño</i>	A = 2,0 m L = 2,0 m h = 2,5 m Area total = 4 m <sup>2</sup>	A = 2,0 m L = 2,0 m h = 2,5 m Area total = 4 m <sup>2</sup>	A = 2,0 m L = 2,0 m h = 2,5 m Area total = 4 m <sup>2</sup>
<i>Comedor</i>	A = 2,0 m L = 3,0 m h = 2,5 m Area total = 6 m <sup>2</sup>	A = 2,0 m L = 3,0 m h = 2,5 m Area total = 6 m <sup>2</sup>	A = 2,0 m L = 3,0 m h = 2,5 m Area total = 6 m <sup>2</sup>

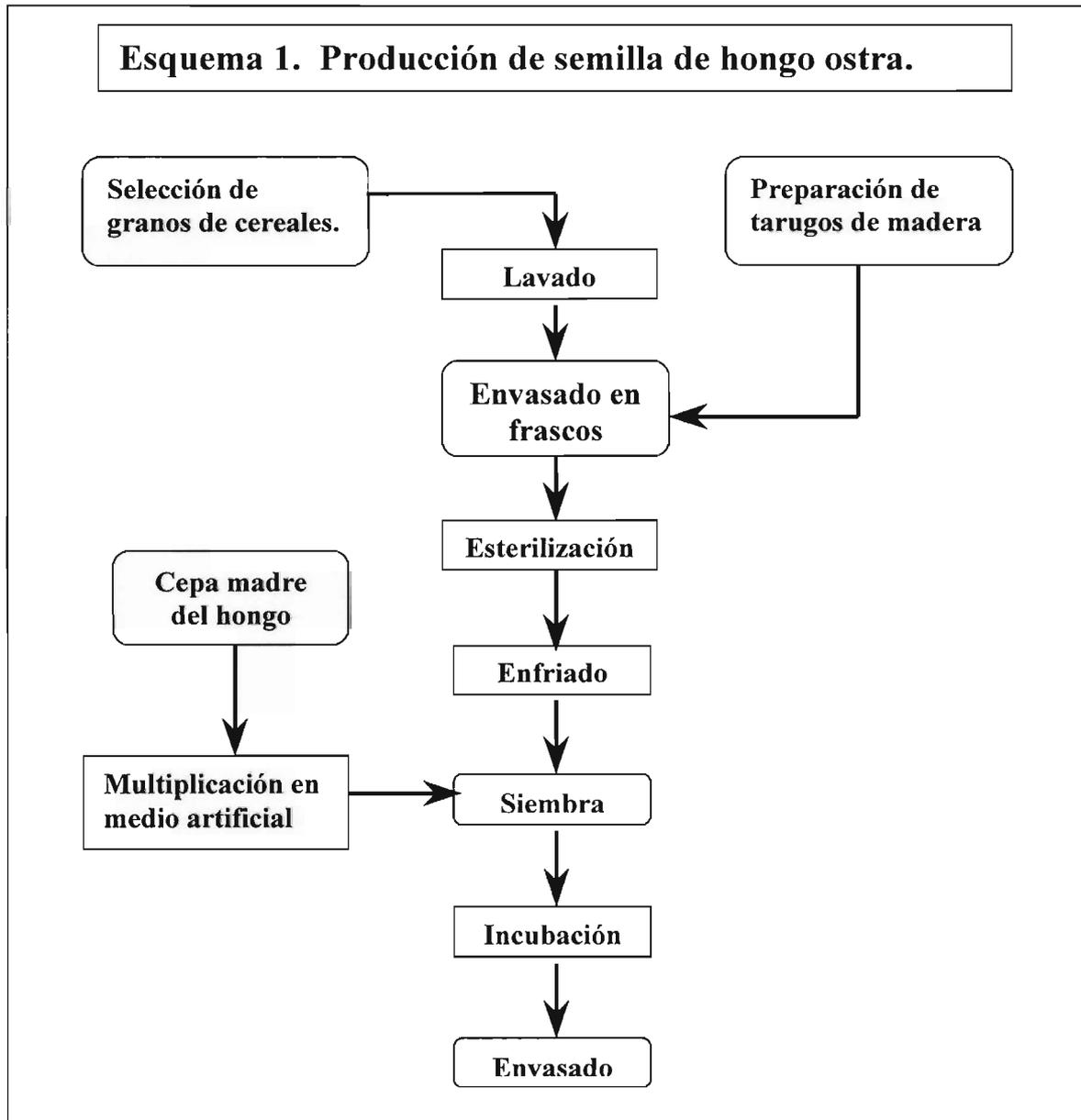
A =ancho, L =largo y h =alto.

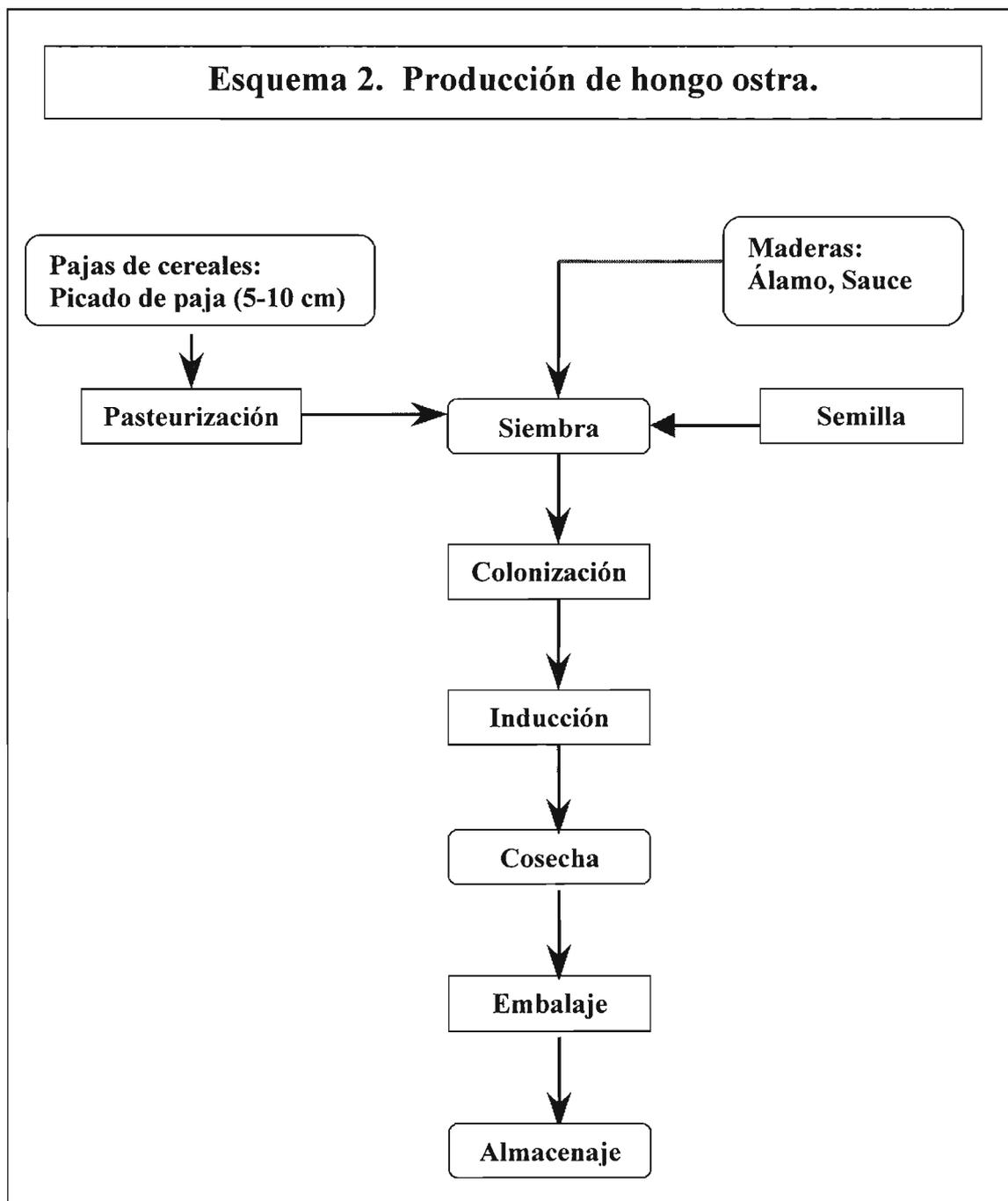
La distribución propuestas para los tres niveles productivos se entregan en el Anexo A, así como los requerimientos de materiales para diferentes tipos de módulos se adjuntan en el Anexo B.

## 6. FICHAS TÉCNICAS Y ANÁLISIS ECONÓMICO

### 6.1. Fichas técnicas.

Se incluyen dos esquemas de producción de semilla (Esquema 1) y de hongos comerciales (Esquema 2), cuyos detalles están explicados dentro de este informe y con mayor detalle en el Boletín INIA N°23 de Producción de Hongos Ostras.





## 6.2. Evaluación económica.

La evaluación económica de este proyecto determinó la factibilidad del sistema de producción propuesto, definiendo a través de un estudio comparativo, entre el valor de los beneficios logrados con respecto a la inversión, de manera de conocer si la propuesta productiva es económicamente rentable. La evaluación económica se realizó en el marco de una Tesis para Ingeniero Agrónomo de la Universidad de Concepción denominado "Análisis Económico de la producción de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*)".

Para estos efectos, se evaluó económicamente tres sistemas de producción de *Pleurotus ostreatus*, los cuales fueron:

- Plástico.
- Adobe.
- Ambiente controlado.

Para llevar a cabo la evaluación se determinó la unidad mínima productiva, a la cual se asoció su inversión, costos de producción e ingreso.

En los Cuadros 23, 24, 25 y 26 se presentan los costos de producción, ingresos, e ingresos sensibilizados por precio y margen, para una temporada en cada uno de los módulos propuestos. En los Cuadros 27 y 28 se presentan los indicadores económicos, Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR), para flujos de caja de 6 años.

Cuadro 23. Costos de Producción (\$).

SIEMBRA	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor total	PLÁSTICO (7 ciclos)	ADOBE (10 ciclos)	AMBIENTE CONTROLADO (12 ciclos)
<b>Pasteurización</b>							
Paja picada	Kg.	40			147.000,0	210.000,0	252.000,0
Agua	L	220			6.185,6	3.993,1	7.415,1
Leña	mt. Ruma	0,5			208.000,0	292.000,0	364.000,0
<b>Subtotal</b>					<b>361.185,6</b>	<b>505.993,1</b>	<b>623.415,1</b>
<b>Siembra</b>							
Semilla	Kg.	1,367			330.398,4	463.828,6	578.197,3
Mangas	unidad	17,8			76.824,8	107.850,2	134.443,4
Pita	Kg.	0,0168			1.504,3	2.111,9	2.632,6
Alcohol	L	0,5			17.056,0	23.944,0	29.848,0
Algodón	Kg.	0,004			750,5	1.053,5	1.313,3
Bolsas pies	unidad	2			641,7	900,8	1.122,9
Pecheras	unidad	2			7.675,2	10.774,8	13.431,6
Gorros	unidad	2			9.380,8	13.169,2	16.416,4
Mascarillas	unidad	2			820,0	11.972,0	14.924,0
Guantes quirúrgicos	unidad	2			8.528,0	11.972,0	14.924,0
Lápiz permanente	unidad	2			1.510,0	1.510,0	1.510,0
Cuchillo cartonero	unidad	2			476,0	476,0	476,0
<b>Subtotal</b>					<b>455.565,7</b>	<b>649.563,0</b>	<b>809.239,5</b>
<b>Limpieza</b>							
Cloro	L	0,7			9.245,6	12.979,4	23.114,0
Agua	L	200			5.623,3	6.654,9	4.311,1
Escobas	unidad	2			2.374,0	2.374,0	2.374,0
Paños	unidad	6			2.970,0	2.970,0	2.970,0
<b>Subtotal</b>					<b>20.212,9</b>	<b>24.978,3</b>	<b>32.769,1</b>

PRODUCCION	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor total	PLÁSTICO (7 ciclos)	ADOBE (10 ciclos)	AMBIENTE CONTROLADO (12 ciclos)
<b>Desinfección</b>							
Sal	Kg.	0,1					
Agua	L	1,6					
Jeringa	unidad	5					
Aguja	unidad	4					
Alcohol	L	1					
Alcohol de quemar	L	0,1					
Algodón	Kg.	0,0513					
Mecha para mechero	m	0,01					
Subtotal							
<b>Otros</b>							
Humificación	L	120					
Electricidad	Kw	68,5					
Subtotal							
<b>Mano de obra</b>							
Operarios							
TOTAL							

### Cuadro 24. Ingresos (\$).

	PLÁSTICO (7 ciclos)	ADOBE (10 ciclos)	AMBIENTE CONTROLADO (12 ciclos)
Producción (Gr)	840,0	1.200,0	1.440,0
Precio/1000gr			
Ingreso			

### Cuadro 25. Sensibilización de precios (Ingresos \$).

	PLÁSTICO	ADOBE	AMBIENTE CONTROLADO
Ingreso ( precio incrementado en 20%)			

Ingreso ( precio incrementado en 10%)			
Ingreso ( precio disminuido en 10%)			
Ingreso ( precio disminuido en 20%)			

### Cuadro 26. Márgenes sensibilizados por precio (\$).

	PLÁSTICO	ADOBE	AMBIENTE CONTROLADO
Margen ( precio incrementado en 20%)			
Margen ( precio incrementado en 10%)			
Margen ( precio \$3500/Kg.)			
Margen ( precio disminuido en 10%)			
Margen ( precio disminuido en 20%)			

### Cuadro 27. Determinación de Valor Actual Neto (\$) y su sensibilización en función del precio (Flujo de Caja de 6 años).

	PLÁSTICO	ADOBE	AMBIENTE CONTROLADO
VAN (12%) ( precio incrementado en 10%)			
VAN (12%) ( precio \$3500/Kg.)			
VAN (12%) ( precio disminuido en 10%)			

### Cuadro 28. Determinación de Tasa Interna de Retorno y su sensibilización en función del precio (Flujo de Caja de 6 años).

	PLÁSTICO	ADOBE	AMBIENTE CONTROLADO
TIR ( precio incrementado en 10%)	41%	82%	15%
TIR ( precio \$3500/Kg.)	26%	63%	-2%
TIR ( precio disminuido en 10%)	9%	42%	-24%

Tras la evaluación económica de los sistemas propuestos para dos años de producción, se puede concluir que los sistemas son económicamente rentables. Sin embargo, la mayor productividad del módulo de adobe permite generar un mayor ingreso y por consiguiente mayor rentabilidad. En el caso del módulo de ambiente controlado sus ingresos son mayores que el módulo plástico y adobe, sin embargo, requiere una mayor inversión inicial, justificable en ambientes extremos que dificulten el manejo de temperatura y luminosidad.

## 7. PROBLEMAS ENFRENTADOS

Al comienzo del proyecto el principal problema enfrentado fue las temporadas secas, producto de la corriente del Niño, lo cual no permitió coleccionar suficiente material de *Pleurotus* nativo. Las condiciones excepcionalmente seca de esta temporada significó además un atraso en la colecta, pérdida de tiempo en viajes de colecta en los cuales no se encontró material, pérdida de tiempo en el laboratorio tratando de rescatar material deshidratado de campo y atraso en las pruebas sucesivas a realizar. Aunque en el proyecto inicial se incluyó la posibilidad de una temporada seca y con bajo número de ejemplares silvestres, el atraso en colecta de muestra significó extender la prospección a lugares no previstos inicialmente, tales como la IX región, como una forma para compensar el menor número de ejemplares detectados en la zona central.

En el segundo año de trabajo se produjo la renuncia del grupo de Pangal del Laja, motivado por conflictos internos de la cooperativa y que derivaron en un cambio de la directiva. La nueva directiva y los cooperados remanentes optaron por no continuar con el proyecto, ya que no había interés del grupo. Por este motivo se buscó una alternativa semejante a Pangal del Laja, pero dando preferencia a un grupo más complementado entre ellos y sin conflictos internos evidentes. La búsqueda permitió contactar a la Agroquín, ubicadas en la localidad de Quinchamalí, el grupo poseedor de una pequeña planta para producir y comercializar mermeladas caseras, esta es compuesta exclusivamente por mujeres y una alta disposición a realizar nuevas alternativas de innovación tecnológica. El compromiso de participar en el proyecto fue firmado por todas las integrantes e informado oportunamente al FIA.

Uno de los problemas detectados durante los cultivos en los módulos, y que no fueron previstos, resultando de gran importancia para la producción de hongos, fueron la aparición de moscas micófagas, las cuales son atraídas por el olor del hongo y colocan sus huevos en el sustrato de producción. Las larvas al eclosionar se alimentan del micelio o los carpóforos, afectando la producción y calidad. Dos tipos de moscas fueron detectadas: una perteneciente a la familia Fungivoridae (*Sciara* sp.) y otra a la familia Mycetophilidae. La primera causa destrucción de micelio y su mayor daño ocurre al alimentarse de la base del carpóforo, lo cual produce la caída del sombrero antes de terminar de madurar. Con la segunda especie, las larvas son de mayor tamaño y se alimentan de las laminillas del hongo, por lo que su daño es más directo. Ambos problemas entomológicos fueron de importancia y se

solucionaron mejorando los sistemas de ventilación y cubriendo con mallas antiáfidos las ventanas y puertas; las mallas tipo mosquiteros comunes no son suficiente para atajar este insecto pequeño.

Otros problemas de importancia durante el cultivo fueron la contaminación por paja vieja. Todos aquellos cultivos que fueron realizados con pajas de la temporada anterior, aunque éstas fueron debidamente almacenadas, terminaron por contaminarse con hongos ajenos al cultivo. Lo anterior refuerza la idea que la producción de este hongo debe hacerse con pajas frescas y debidamente almacenadas, realizar lo contrario provoca serios problemas de contaminación.

Atraso en siembra en el módulo de Quinchamalí. El grupo de mujeres que participaba de este módulo, tenía como principal actividad la elaboración de mermeladas caseras. La mayor producción y elaboración de éstas se concentra en los meses de otoño, por lo cual dejaron de lado la producción de hongos. El cultivo de hongos fue siempre visto como una actividad secundaria a su elaboración de mermeladas, debido a que no recibían ingresos de importancia por su producción.

Falta de comprador en Huepil. El módulo de Huepil fue siempre el más avanzado, en cuanto a producción y conocimiento, que el resto de los módulos. Sus integrantes estuvieron capacitadas para producir en grandes volúmenes y en forma continua, sin embargo, el principal problema para implementar una faena productiva permanente fue la falta de gestión que exhibió el grupo, manifestado por una nula oferta y búsqueda por parte de las integrantes de una fuente de compra, incluso a pesar de los esfuerzos desarrollados por FIA. El bajo nivel de negociación, educacional y falta de personalidad fueron, probablemente, las principales causas que se visualizan en las integrantes para poder revertir este problema.

Incorporación del módulo de Coltauco B. El módulo de Coltauco al aire libre no dio los resultados esperados, los troncos que fueron inoculados sufrieron de inundaciones y la falta de un lugar aislado del tránsito de personal y polvo del ambiente. Para solucionar lo anterior se construyó un módulo debidamente aislado del resto de las faenas agrícolas y en el cual se puedan realizar tanto inoculaciones en bolsas con pajas como en troncos de álamos. Este módulo se realizó dentro de las dependencias de la Escuela Politécnica de Coltauco, lo que permitió tener un efecto multiplicador entre los alumnos. Como una forma de incentivar a los profesores encargados de esta actividad, éstos fueron invitados a conocer los módulos de la Universidad de Concepción y Huepil, de manera de conocer en persona el tipo de producto que pueden obtener.

Cambio de directivas cooperativa Parral. El módulo de Parral, a pesar del buen comienzo que tubo, dejó por completo la actividad de producción de hongos. La Cooperativa participante, y por motivos de orden económico, tubo un cambio interno que incluyó el reemplazo del Gerente y directivas, los cuales habían apoyado desde un comienzo la producción de hongos. La nueva directiva descartó el proyecto hongo e incluso utilizó el módulo de producción como oficinas. El nuevo Gerente se

comprometió a enviar a FIA una carta donde señalará el abandono del proyecto y las razones que justifican tal decisión.

Problema de comercialización de la producción, a pesar que los productos obtenidos fueron siempre vendidos, no existió una cadena de comercialización establecida que hubiera facilitado las mayores producciones de hongos logradas. Al respecto, es importante mencionar que la contratación por parte del FIA de un agente de comercialización, el Sr. Julio Guajardo, quien intentó crear una cartera de clientes, mejorando las posibilidades de comercialización. Sin embargo, por la baja capacidad de gestión de los grupos, no resulta fácil implementar una cadena de ventas.

## 8. CALENDARIO DE EJECUCIÓN Y RESUMEN DE COSTOS

### 8.1. Calendario de ejecución.

Los resultados programados en el Plan Operativo original y los efectivamente realizados durante todo el proyecto se resumen en el Cuadro 29.

**Cuadro 29. Calendario de ejecución y comparación entre resultados programadas y logrados.**

N°	Actividad	Indicador	Meta	
			Programada	Real
1 y 2	Compra de equipos e importación de <i>Pleurotus</i> .	N/A	01-03/98	05/98
3	Especies importadas de <i>Pleurotus</i> en cultivo.	4	03-04/98	07/98
4	Compra de insumos y pajas de cereales.	N/A	01-03/98	04/98
5 y 6	Aislaciones caracterizadas de <i>Pleurotus</i> nativos.	6	03-12/98	04/99
7	1° Informe técnico y financiero	1	06/98	06/98
8	Método de multiplicación y temperatura de crecimiento.	1 protocolo	06-10/98	01/99
9	Módulo de ambiente controlado	1	01-02/99	02/99
10 y 11	Relación óptima de C/N y tratamiento térmico de sustrato	1 método	09/98-03/99	07/99
12	2° Informe técnico y financiero	1	12/98	01/99
13	Construcción de módulos de producción.	6	01-03/99	06/99
14	Concentración de semilla del hongo	1 método	02-07/99	07/99
15	Aislaciones e identificaciones de <i>Pleurotus</i>	26	04-09/99	09/99
16	Cantidad de sustrato inoculado	2.500 Kg	02-05/99	05/99
17	3° Informe técnico y financiero	1 informe	06/99	06/99

18	Cantidad de hongo ostra cosechado	250 Kg	04-12/99	12/99
19	Evaluación de la calidad de los hongos	100 Kg	08-10/99	12/99
20	Transferencia y supervisión	282 horas	05-10/99	10/99
21	4° Informe técnico y financiero	1 informe	12/99	01/00
22	Revisión e inoculación de substratos	10.000 Kg substrato	01-12/00	12/00
23	Cantidad de hongos cosechados	2.000 Kg	04-12/00	12/00
24	5° Informe técnico y financiero	1 informe	06/00	06/00
25 y 26	Procesamiento y congelado de hongos	1.000 Kg	05-12/00	06/01
27	6° Informe técnico y financiero	1 informe	12/00	01/01
28	Evaluación económica del sistema productivo	1 descripción	01-03/01	03/01
29	Transferencia y supervisión	502 horas	02-04/01	04/01
30	Publicaciones científicas y divulgativas	4	02-06/01	07/01
31	Informe final	1 informe	06/01	07/01

## 9. DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Durante el segundo semestre del proyecto se realizó el primer curso del proyecto sobre el cultivo del hongo ostra, para la “Asociación de Madres Solteras de Huepil”. Posteriormente le siguieron actividades para dar a conocer el sistema de cultivo del hongo ostra en los módulos participantes, incluyendo charlas sobre reconocimiento y características del hongo, secuencia de producción y cuidados sanitarios. Estas charlas fueron dadas en cada uno de los grupos desde inicio del año 1999, incluido Pangal del Laja, cuando aun formaba parte del proyecto. También se realizaron charlas sobre la construcción del módulo y los cuidados a considerar. Una de las actividades que llamó más la atención fueron las de degustación, como culminación del proceso de aprendizaje del cultivo, en cada uno de los módulos se enseñaron las técnicas de cosecha y diferentes formas de cocinar este hongo.

Durante el mes de enero de 1999 se participó en la exposición de proyectos durante el aniversario del FIA, oportunidad en que se incluyeron muestras de distintos aislamientos de *Pleurotus* producidas en frascos, bandejas y bolsas. En el segundo semestre de 1999 se realizaron charlas de producción y cosecha de hongos en Parral, Huepil y Quinchamalí. Además, hubo solicitudes de charlas en el Instituto Agrícola Adolfo Mattei de Osorno. Otra actividad durante dicho período fue la visita de un grupo de campesinos de Lolol, a través del INDAP, quienes visitaron los módulos y se interesaron en poder desarrollar una iniciativa similar en su localidad. Dos reportajes periodísticos se realizaron durante el periodo 1999, uno del diario La Discusión: “Producción de hongos en Quinchamalí”, el cual apareció en el Suplemento El Rural del diario La Discusión de octubre de 1999. El otro reportaje periodístico fue realizado por el canal de TV La Red (Actualidad agrícola), el que consistió en una entrevista y visita al módulo de la U. de Concepción, realizada el 11 de Enero del 2000.

El proyecto fue presentado durante el día mundial de la alimentación, evento organizado por el FIA en la localidad de San Carlos, el 28 de Octubre de 1999. Para la ocasión se elaboró un poster que describe el proyecto y sus logros parciales, además se presentaron bolsas en producción y hongos embalados.

Desde el Prorural de las comunas de Litueche, Lolol, Pichilemu y Paredones, se realizaron visitas al módulo de ambiente controlado, ubicado en el Departamento de Agroindustria de la Facultad de Ingeniería Agrícola, en esta actividad se le entregó, mediante una charla, los avances del proyecto financiado por el FIA. Otra actividad fue una jornada de extensión en la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Concepción, en la cual participaron integrantes del Taller Productivo de Hongos "Chiharu" de la Calera y profesores de la Escuela Politécnica "Berta Zamorano" de Coltauco, durante esta jornada se realizó una visita al módulo productivo de Huepil, en donde se cosechó y empacó producto fresco. Además, se realizó una actividad de degustación e información sobre el proyecto, organizado por FIA, en el Restaurante El Huerto, Orrego Luco 054, Santiago, con fecha 10 de Agosto del 2000. Para dicha oportunidad se contó con invitados de otros organismos del agro, periodistas gastronómicos, productoras de los módulos, personal del FIA y del proyecto.

A solicitud del Director de la Escuela Agrícola de Coltauco, se realizó el 29 de Septiembre del 2000 una charla técnica sobre "Producción de hongos ostras", dirigida a los directores de Escuelas Agrícolas de la VI región, quienes se reunieron en el módulo de Coltauco.

El resumen de las actividades anteriores aparece en el Cuadro 31.

**Cuadro 31. Calendario de actividades de transferencia del proyecto.**

Fecha	Lugar	Tipo de Actividad
Julio 1998	Huepil	Curso sobre el cultivo de hongo ostra.
Enero-Mayo 1999	Huepil, Coltauco, Parral Quinchamalí, Pangal del Laja	- Curso reconocimiento y características del hongo, secuencia de producción y cuidado sanitario - Construcción y manejo de módulo
Enero 1999	Santiago	Exposición de proyectos aniversario del FIA
Julio-Dic. 1999	Parral, Huepil, Quinchamalí	Charla de producción y cosecha de hongo.
Agosto 1999	Osorno	Charla metodología de Producción, Instituto Agrícola Adolfo Mattei
Septiembre 1999	Chillán	Visita a módulos de campesinos sector Lolol.
Octubre 1999	San Carlos	Poster del proyecto en actividad del día mundial de la alimentación.
Abril 1999	Chillán	Visita al módulo de ambiente controlado de campesinos de las comunas de Litueche, Lolol, Pichilemu y Paredones.
Mayo 2000	La Calera	Charla producción a Taller "Chiharu" de La Calera.
Junio 2000	Chillán y Huepil	Visita del Taller productivo "Chiharu" de La Calera.

Junio 2000	Chillán y Huepil	Visita Escuela Politécnica "Berta Zomorano" de Coltauco.
Agosto 2000	Santiago	Degustación e información sobre el proyecto en el Restaurante "El Huerto Orgánico"
Septiembre 2000	Coltauco	Charla a Directores de Escuelas Agrícolas de VI región: "Producción de hongos ostras".

Respecto a las publicaciones divulgativas que se realizaron sobre el proyecto, se pueden mencionar un Boletín de Extensión en el que se detalla todas las etapas de producción, desde la obtención de las semillas hasta cosecha de producto y cuya cita es:

France, Andrés; Cañumir, Juan Antonio y Cortez, Mónica. 2000. Producción de Hongos Ostras. Boletín INIA N° 23. Instituto de Investigación Agropecuarias, Chillán, Chile. 32 p.

Los siguientes reportajes sobre el proyecto, cultivo y usos del hongo ostra fueron realizados durante el período:

- Entrevista radial a encargado de proyecto y productoras de los módulos, sobre objetivos, logros y perspectivas del proyecto de producción de hongos ostras. Programa Hechos y Opiniones de Radio USACH, 13 de Agosto del 2000.
- "Exitosa es la experiencia en cultivos de hongo ostra". La Discusión 18 de Agosto del 2000. Pp. 8.
- "Hongo ostra: Buena alternativa para pequeños agricultores". La Discusión Rural Agosto del 2000. 4(49):9
- "Hongos ostra: Setas made in Chile". Sección Sociedad de El Mercurio. 18 de Octubre del 2000. Pp. A8.
- "Setas. La ostra de los champiñones". Zapping gastronómico de El Metropolitano, N° 37. 22 al 28 Octubre del 2000. Pp. 22.
- "Lavandín y Hongo Ostra: dos promesas rentables". Revista del Campo, Edición N°1.268, El Mercurio. 30 de Octubre del 2000. Pp. A8-A10.

El resumen de las publicaciones aparece en el Cuadro 32.

**Cuadro 32. Publicaciones divulgativas realizadas sobre el proyecto.**

Medio	Fecha	Título
La Discusión (suplemento El Rural)	Octubre 1999	"Producción de hongos en Quinchamali "
TV La Red	Enero 2000	Reportaje al módulo de la U. Concepción
Boletín INIA N° 23	Mayo 2000	"Producción de hongos ostras"
Radio USACH	Agosto 2000	Entrevista sobre logros y perspectivas del proyecto
La Discusión	Agosto 2000	"Exitosa es la experiencia en cultivo de hongo ostra"
La Discusión Rural	Agosto 2000	"Hongo ostra: buena alternativa para pequeños agricultores"
El Mercurio	Octubre 2000	"Hongo ostra: setas made in Chile"
El Metropolitano	Octubre 2000	"Setas. La ostra de los champiñones"
El Mercurio, Revista del Campo	Octubre 2000	"Lavandín y hongo ostra: dos promesas rentables"

## 10. IMPACTOS DEL PROYECTO

El desarrollo del proyecto significó varios impactos de orden científico, social, económico y ambiental. Del punto de vista científico, se logró demostrar la amplia distribución de la especie *Pleurotus ostreatus* en Chile, además de comprobar que estos aislamientos tienen potencial para competir con cepas extranjeras en cuanto a productividad y calidad nutricional, lo cual permite disponer de materiales locales que no requieren el pago de patentes extranjeras. Además, que estos antecedentes pueden servir para futuras colectas de cepas comerciales con mayores ventajas a las mencionadas en este trabajo. El proyecto también generó técnicas y habilidades que no se conocían al momento de iniciar el proyecto, lo cual deja un equipo científico entrenado para futuros proyectos en el área de hongos comestibles.

Del punto de vista económico, se generaron las bases y metodologías para una actividad comercial que puede tener grandes perspectivas en el futuro, la que mediante métodos simples demostró que es posible producir en forma comercial hongos comestibles y con una baja inversión. A parte de los módulos implementados y el efecto multiplicador que pueda tener el módulo de Coltauco, a través del trabajo de un Liceo Agrícola y los estudiantes que en el se formen, en forme paralela se generaron módulos productivos que se nutrieron con parte de la información generada por este proyecto y que actualmente están dedicados a la producción de hongos comestibles. La experiencia aprendida con el cultivo de *Pleurotus* sienta las bases para dedicarse al cultivo de otros hongos más complicados, pero más rentables.

Actualmente la producción de hongos ostras se vende de preferencia en forma local y por canales informales de comercialización, aunque tal forma genera ingresos, éstos no son del potencial que podría alcanzar si se establece una industria con mayor dedicación y producción. Sin embargo, tal progreso se puede notar por el interés que han mostrado terceros y que actualmente están produciendo hongos para mercados locales, tales como Talca, Concepción y Parral.

El uso de substratos de bajo valor, como son las pajas de cereales, permite darle un destino más productivo a un residuo que hoy en día se quema o subutiliza, creando un problema ambiental que podría evitarse, en la medida que se busquen alternativas como el cultivo de hongos.

El trabajo con las personas en los módulos también generó información sobre como mejorar aspecto de relaciones humanas y metodología para enseñar este tipo de actividad. También, se lograron transmitir aspectos de higiene, flujos de producción, procesamiento, envasado, culinaria, entre otros, mejorando en cierta forma el nivel educacional de los participantes.

El desarrollo de una empresa productora de hongos, necesariamente pasa por la organización de los productores, aprendizaje y planificación de manera de permitir un flujo constante y de grandes cantidades de substratos de producción, organización

de las labores de cosecha, manejo y embalaje de la producción. En efecto, a través de este proyecto se establecieron las bases dentro de las agrupaciones participantes, para asumir el desafío de innovar en una actividad relativamente nueva dentro de la agricultura nacional.

## 11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El proyecto permitió identificar, domesticar y manejar técnicamente el cultivo del hongo ostra con aislamientos nativos, bajo condiciones artificiales y de bajo costo. Además se le dio un valor agregado a la producción, mediante la modificación del producto en procesos agroindustriales tales como deshidratado, congelado y atmósfera modificada.

Prácticamente se cumplieron todas las etapas de investigación y difusión programadas inicialmente en el proyecto, incluidas los análisis económicos y planificación de diferentes tipos de módulos de producción.

Sin embargo, el aspecto mas débil fue la comercialización del producto, a pesar que todo lo que se ha producido se ha vendido, esto no se puede considerar suficiente, ya que los niveles de venta han sido relativamente pequeños, en la medida que la producción aumenta, es fundamental un canal expedito de promoción y compra de producto. Probablemente sea este aspecto el que deba seguirse reforzando en el futuro. En todo caso, en la actualidad los módulos están capacitados para producir en condiciones comerciales y existe un canal de un productor intermediario (Hongos Mágicos de Pelarco), cuya demanda supera su propia producción. A pesar que este no es el mejor método de comercialización, al tener que depender de un intermediario, al menos permite una salida de producto hasta el momento en que se decidan a sacar resolución sanitaria e inicio de giro.

Respecto al módulo de Coltauco, quedo establecido un lugar demostrativo dentro de una Escuela Politécnica, en la cual existe un efecto multiplicador de la tecnología de cultivo, a través de los alumnos. Esta actividad ha sido vista con gran potencial para desarrollar en otras Escuelas Agrícolas de la VI región, actividad en la cual se debiera seguir dando algún tipo de apoyo, por los efectos de difusión que tendría en la formación de Técnicos Agrícolas con experiencia en cultivo de hongos comestibles.

## 12. OTROS ASPECTOS DE INTERÉS

Durante el segundo semestre de 1998, el coordinador principal y alterno del proyecto fueron invitados a participar de un curso teórico práctico sobre el cultivo del hongo ostra, para la "Asociación de Madres Solteras de Huepil". Este curso fue organizado por la Municipalidad de Huepil a solicitud de las propias involucradas, quienes tenían la idea de cultivo de hongos ostras debido a un programa de televisión. Varias razones motivaron la colaboración a este grupo, entre las cuales se pueden citar: la

cercanía de uno de los lugares de evaluación del proyecto, Pangal del Laja, la necesidad de capacitación y aprendizaje en temas nuevos por el grupo de mujeres, su condición de extrema pobreza, la falta de oportunidades de trabajo para mujeres; el área solo provee trabajo masculino en faenas y plantas madereras, y maternidad en condiciones de soltería, lo cual no deja de ser relevante en un pueblo pequeño.

La colaboración consistió en los siguientes tópicos :

- Clases teóricas sobre le cultivo del hongo ostra.
- Asesoría en la construcción de un módulo de producción de 6x3 m.
- Entrega de semilla de *Pleurotus*.
- Siembra y manejo del cultivo.
- Cosecha y cuidados de postcosecha.
- Culinaria.

Aunque el seguimiento no fue todo lo dedicado que se debía, ya que fue una actividad fuera de programa, se logró completar el ciclo, cosechar en diferentes sistemas de cultivo y demostrar distintas formas de cocinar este producto. También, esta colaboración ayudó a redefinir el módulo de producción, métodos para facilitar el pasterizado de substratos, manejo del cultivo y método mas apropiado de enseñanza. La obtención de los objetivos planteados al comienzo y la satisfacción de haber colaborado con un grupo tan particular y con tantas necesidades, motivaron el solicitar al FIA la inclusión de este grupo como parte del proyecto, el cual se incorporó en forma activa hasta el termino del proyecto.

Con parte de la información generada por el proyecto, se realizó una presentación oral en el 50° Congreso Agronómico, organizado por la Sociedad Agronómica de Chile en Pucón, entre el 8-12 noviembre de 1999. El título de la presentación fue el siguiente: Palma, M. C. y A. France. 1999. Caracterización de *Pleurotus* nativos colectados en la zona centro sur de Chile. Pp. 794, *in*: Resúmenes 50° Congreso Agronómico de la Sociedad Agronómica de Chile. Universidad de la Frontera, Pucón. 835 p.

Como parte de una tesis de una alumna de agronomía, sobre evaluación económica de la producción de hongos ostras, durante el mes de Junio del 2000 se consultaron precios y disponibilidad de hongos ostras en diferentes establecimientos en Santiago. Los resultados parciales de esta consulta se muestran en el Cuadro 33.

**Cuadro 33. Precio y disponibilidad de Hongos Ostras en establecimientos de Santiago durante el mes de Junio del 2000.**

Establecimiento	Unidad	Precio (\$)	Disponibilidad
Lider	200g		Ocasionalmente
Unimarc	200g		Ocasionalmente
Jumbo	200g		Ocasionalmente
Ekono	300g		Ocasionalmente
Lo Valledor	200g		No Disponible
Hongos Chile	1 Kg		Disponible a pedido

Se terminaron tres tesis de Ingeniero Agrónomos y existen otras cuatro en sus fases finales de escritura, en todas ellas se tocaron algunos aspectos de la producción de hongos ostras. Los títulos de dichos trabajos se indican en el Cuadro 34.

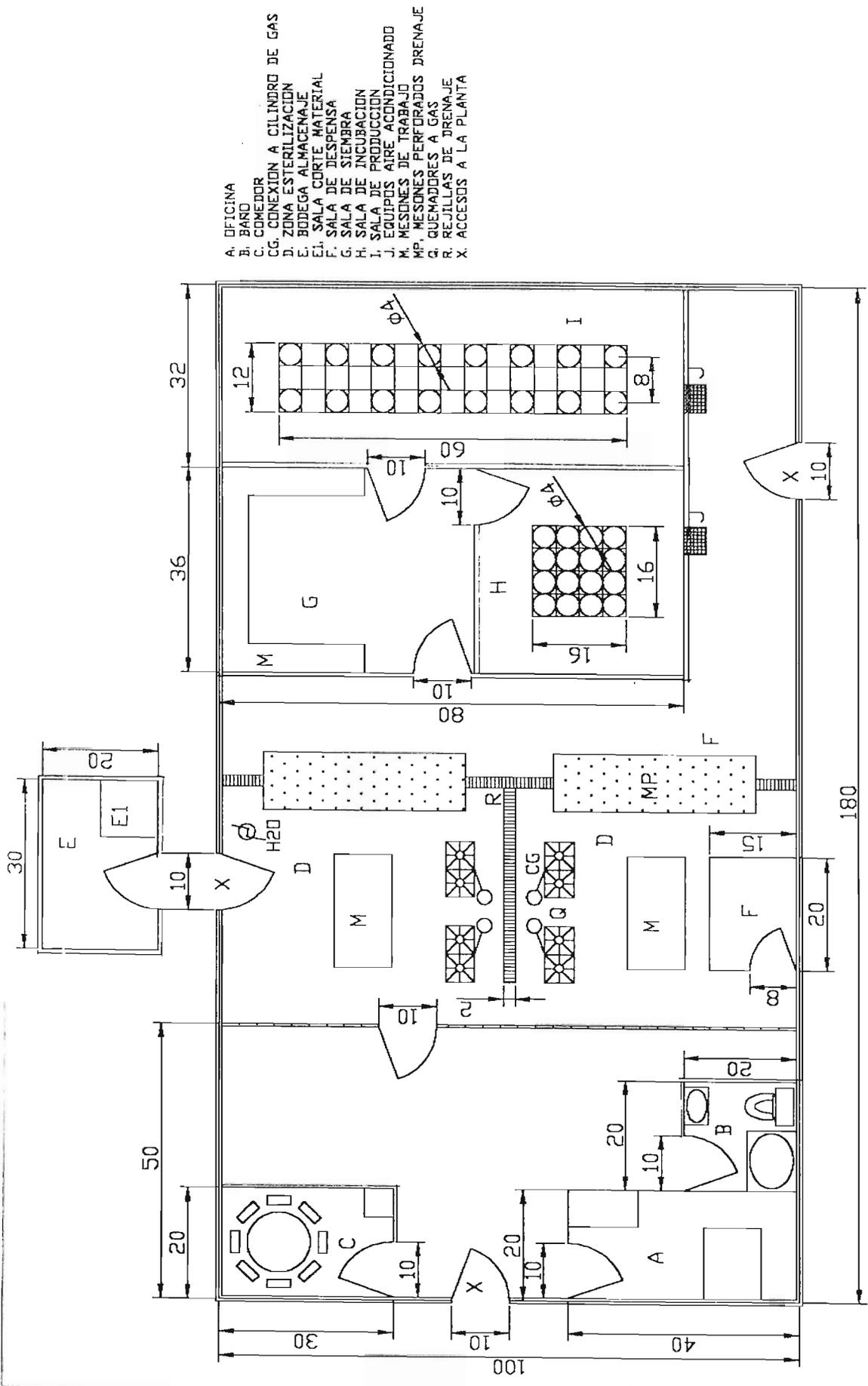
**Cuadro 34. Listado de tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo, realizadas sobre *Pleurotus ostreatus*.**

Nombre	Título Tesis	Año	Universidad
Catalina Palma	Caracterización y evaluación del crecimiento de <i>Pleurotus</i> nativos colectados en la zona centro sur de Chile.	2000	Adventista de Chile
María Cecilia Varas	Elaboración de un manual para la construcción de una planta productora de hongo ostra ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ).	2000	U. de Concepción
Marisol Hernández	Rendimiento y calidad nutricional de hongo ostras chilenos ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ).	2001	U. de Concepción
Jazmín Hernández	Estudio de condiciones de congelación en IQF en hongos ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ).	2001	U. de Concepción
María Teresa Paredes	Almacenaje de hongo ostra, ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ) envasado bajo atmósfera modificada.	2001	U. de Concepción
Paula Suarez	Análisis económico de la producción de hongo ostras ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ).	2001	U. de Concepción
Claudia Quezada	Efecto de los tratamientos térmicos en la microflora de sustrato para producción de hongo ostra ( <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.: Fr.) Kummer).	2001	U. de Concepción

A través de un programa especial de financiamiento, el FIA contrató los servicios del Sr. Julio Gutierrez para establecer contactos de mercados y comercialización del hongo terminado. La información obtenida permitió contar con una incipiente cartera de clientes y dimensionar las posibilidades de volúmenes y precios de compra en Santiago.

## ANEXO A

PLanos de distribución de diferentes tipos de módulos.

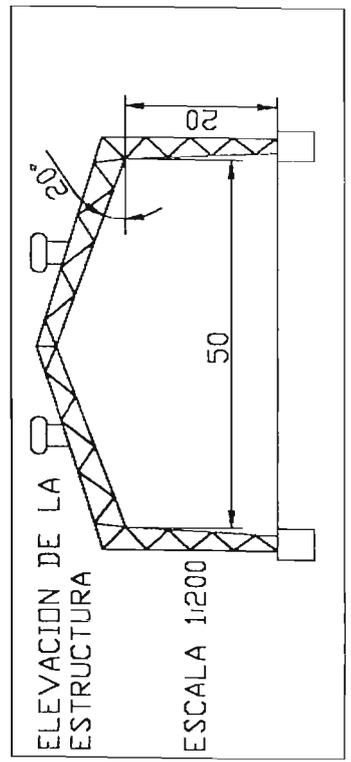


- A. OFICINA
- B. BAÑO
- C. COMEDOR
- CG. CONEXION A CILINDRO DE GAS
- D. ZONA ESTERILIZACION
- E. BODEGA ALMACENAJE
- E1. SALA CORTE MATERIAL
- F. SALA DE DESPENSA
- G. SALA DE SIEMBRA
- H. SALA DE INCUBRACION
- I. SALA DE PRODUCCION
- J. EQUIPOS AIRE ACONDICIONADO
- M. MESONES DE TRABAJO
- MP. MESONES PERFORADOS DRENAJE
- Q. QUEMADORES A GAS
- R. REJILLAS DE DRENAJE
- X. ACCESOS A LA PLANTA

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE AGROINDUSTRIAS

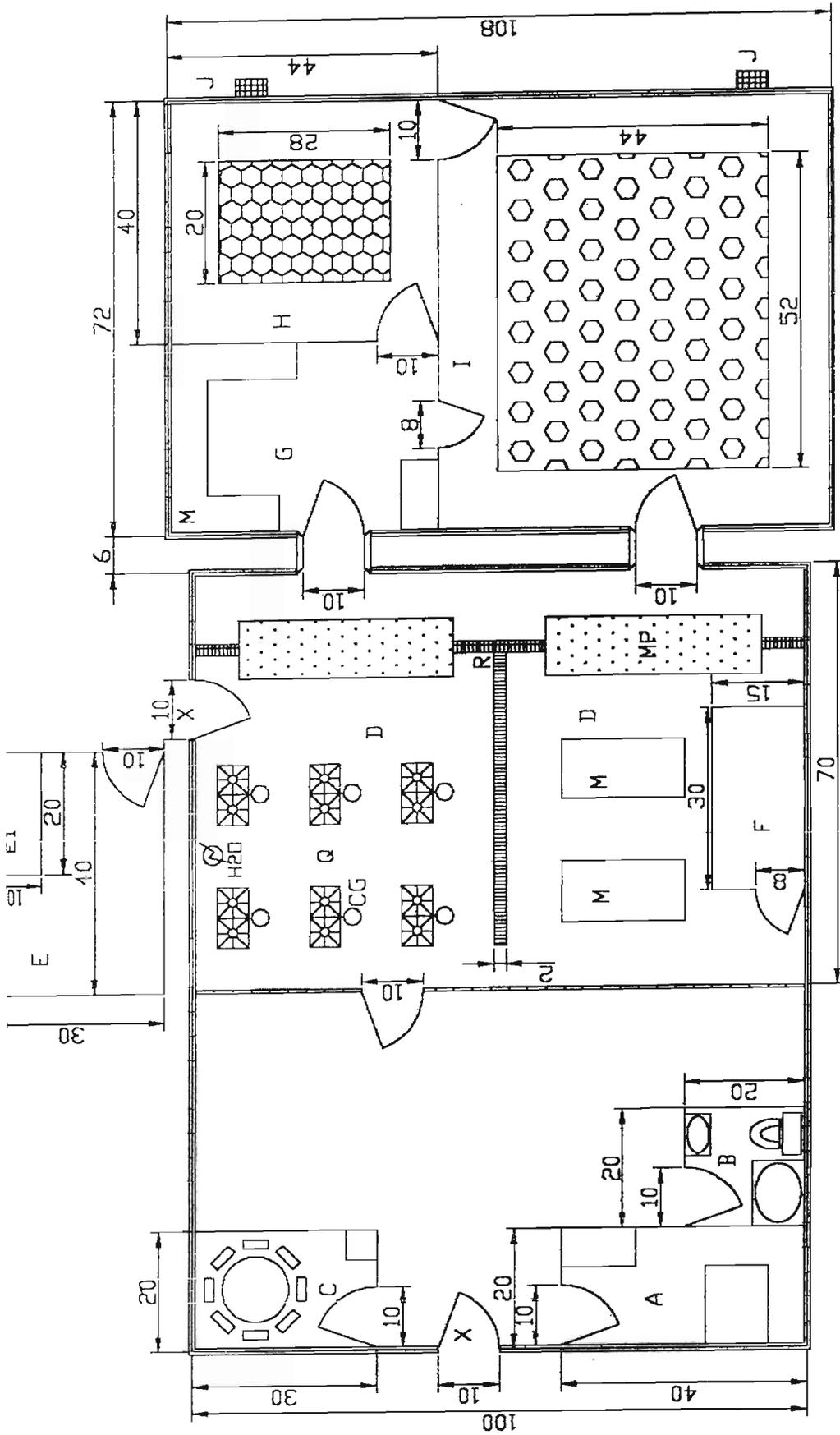
ESCALA: 1:100

FIGURA 17. PLANTA PRODUCTORA DE 100 KG. DE HONGOS OSTRAS (DISEÑO MODULO TIPO III).

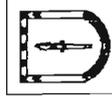


ELEVACION DE LA ESTRUCTURA

ESCALA 1:200



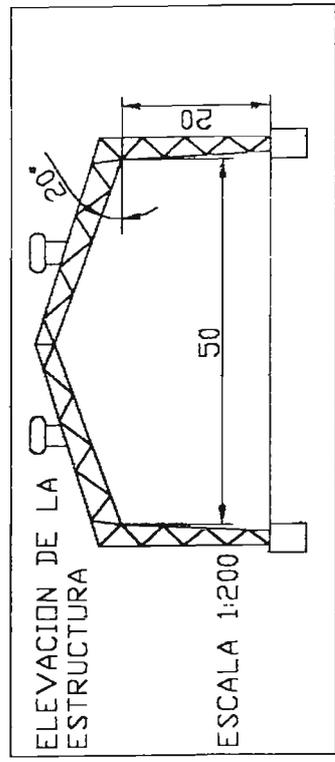
- DE ESTAR
- ILINDRO DE GAS
- ILIZACION
- ACENAJE
- E DE MATERIAL
- NSA
- RA
- ACION
- CCION
- RE ACONDICIONADO
- IAJO
- DRADOS DRENAJE
- GAS
- RENAJE
- PLANTA



UNIVERSIDAD DE CONCEPCION  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE AGROINDUSTRIAS

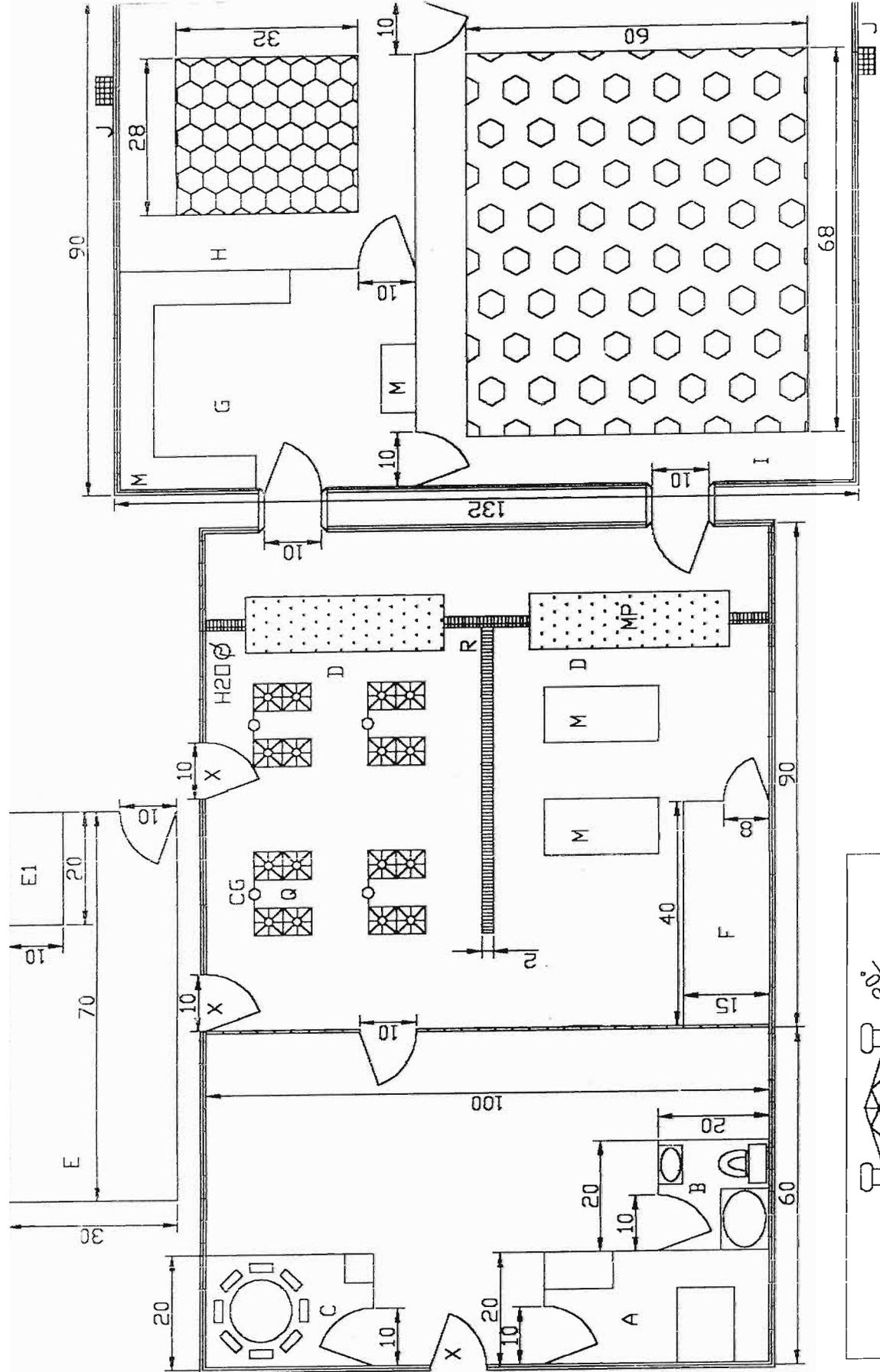
FIGURA 15. PLANTA PRODUCTORA DE 500 Kg. DE HONGOS OSTRAS (DISEÑO MODULO TIPO I).

ESCALA: 1:100

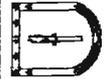
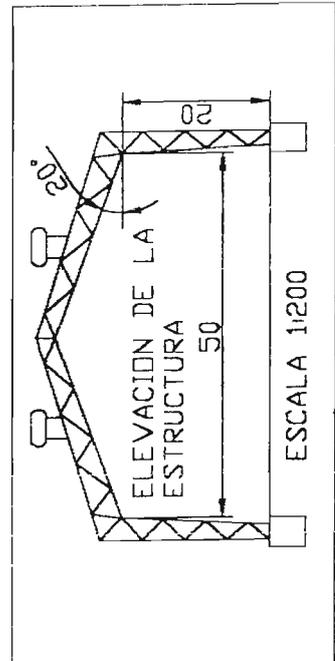


ELEVACION DE LA ESTRUCTURA

ESCALA 1:200



- A DE ESTAR
- CILINDRO DE GAS
- ERILIZACION
- LMACENAJE
- RTIE DE MATERIAL
- PENSA
- MBRA
- UBACION
- DUCCION
- AIRE ACONDICIONADO
- ABAJO
- RFORADOS DRENAJE
- A GAS
- DRENAJE
- A PLANTA



UNIVERSIDAD DE CONCEPCION  
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
 DEPARTAMENTO DE AGROINDUSTRIAS

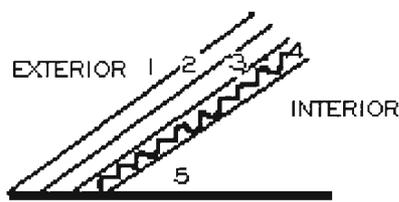
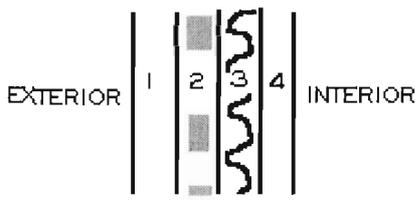
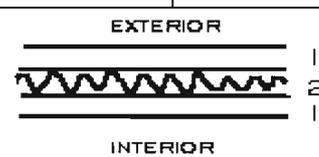
FIGURA 16. PLANTA PRODUCTORA DE 1000 Kg. DE HONGOS OSTRAS (DISEÑO MODULO TIPO II).

ESCALA: 1:100

## ANEXO B

Requerimientos de materiales para diferentes tipos de  
módulos productivos.

Anexo B1. Materiales utilizados en la construcción de un módulo tipo I para una producción de 100 Kg/ siembra de *Pleurotus ostreatus* .

Materiales	Características	Dimensiones	Cantidad
<b>Techo</b>			
1. Zinc onda	Planchas metálicas (cubiertas)	3,66*0,85*0.0003 m	20
2. Fieltro	Papel alquitranado (barrera de humedad)	Rollos de 42 m	58 m <sup>2</sup>
3. Madera	Tablas o tapas de pino bruto	1*5"	160
4. P.expandido	Planchas de espuma (aislante térmico)	1,0*0,5*0,05 m	128
5. OSB	Tableros: mezcla de viruta, cemento y lana mineral. (Cielo raso)	Planchas de 2,44*1,44*0,02 m	24
Diagrama de disposición de los materiales			
<b>Paredes</b>			
1. Zinc 5V	Planchas metálicas (cubiertas)	2,5*0,85*0,0003m	26
2. Madera	Tablas o tapas de pino bruto	1*4"	124
3. P.expandido	Planchas de espuma (aislante térmico)	1,0*0,5*0,05 m	133
4. Polietileno	Plástico negro (forro de paredes)	e = 0,2 mm	65,12 m <sup>2</sup>
Diagrama de disposición de los materiales			
<b>Piso</b>	Radier afinado (1) y planchas de corcho (intermedio) como aislante térmico (2).	Corcho 1,0*1,0*0,05 m e radier= 70 mm	48
DIAGRAMA DE DISPOSICIÓN DE LOS MATERIALES			
<b>Puertas</b>	Madera pino elaborada.	2,0*0,7*0,045 m	3
<b>Ventanas</b>	Fierro galvanizado, vidrio común	1,0*1,0*0,0002 m	2
	transparente $R_{\text{térmica vidrio}} = 0,16 \text{ m}^2 \times \text{°C/W}$	2,0*1,0*0,0002 m	3

Anexo B2. Materiales utilizados en la construcción de un módulo tipo I para una producción de 500 Kg/ siembra de *Pleurotus ostreatus*.

Materiales utilizados	Características	Dimensiones	Cantidad
<b>Techo</b>			
1. Zinc onda	Planchas metálicas (cubiertas)	2,0*0,85*0,0003 m	52
2. Fieltro	Tablas o tapas de pino bruto	Rollos de 42 m	83 m <sup>2</sup>
3. Madera	Planchas de espuma (aislante térmico)	1*4''	190
4.P.expandido	Papel alquitranado (barrera de humedad)	1,0*0,5*0,05 m	176
5. OSB	Tableros: mezcla de viruta, cemento y lana mineral. (Cielo raso)	Planchas de 2,44*1,44*0,02 m	30
<b>Paredes</b>			
1. Zinc 5v	Planchas metálicas (cubiertas)	2,5*0,85*0,0003m	44
2. Madera	Tablas o tapas de pino bruto	1*4''	259
3. P.expandido	Planchas de espuma (aislante térmico)	1,0*0,5*0,05 m	248
4. Polietileno	Plástico negro (forro de paredes)	e = 0,2 mm	143 m <sup>2</sup>
<b>Piso</b>	Radier afinado (1) y planchas de corcho (intermedio) como aislante térmico (2).	Corcho 1,0*1,0*0,05 m e <sub>radier</sub> = 70 mm	80
<b>Puertas</b>	Madera pino elaborada	2,0*0,7*0,045 m	3
<b>Ventanas</b>	Fierro galvanizado, vidrio común transparente R <sub>térmica vidrio</sub> = 0,16 m <sup>2</sup> *°C/W	2,0*1,0*0,0002 m	5

Anexo B3. Materiales utilizados en la construcción de un módulo tipo I para una producción de 1.000 Kg/ siembra de *Pleurotus ostreatus*.

Materiales utilizados	Características	Dimensiones	Cantidad
<b>Techo</b>			
1. Zinc onda	Planchas metálicas (cubiertas)	2,0*0,85*0,0003 m	60
2. Fieltro	Papel alquitranado (barrera de humedad)	Rollos de 42 m	113 m <sup>2</sup>
3. Madera	Tablas o tapas de pino bruto	1*4"	288
4. P.expandido	Planchas de espuma (aislante térmico)	1,0*0,5*0,05 m	230
5. OSB	Tableros: mezcla de viruta, cemento y lana mineral. (Cielo raso)	Planchas de 2,44*1,44*0,02 m	40
<b>Paredes</b>			
1. Zinc 5v	Planchas metálicas (cubiertas)	3,0*0,85*0,0003m	90
2. Madera	Tablas o tapas de pino bruto	1*4"	300
3. P.expandido	Planchas de espuma (aislante térmico)	1,0*0,5*0,05 m	290
4. Polietileno	Plástico negro (forro de paredes)	e = 0,2 mm	143 m <sup>2</sup>
<b>Piso</b>	Radier afinado (1) y planchas de corcho (intermedio) como aislante térmico (2).	Corcho 1,0*1,0*0,05 m e <sub>radier</sub> = 70 mm	143
<b>Puertas</b>	Madera pino elaborada	2,0*0,7*0,045 m 2,0*1,0*0,045 m	3 1
<b>Ventanas</b>	Fierro galvanizado, vidrio común transparente R <sub>térmica vidrio</sub> = 0,16 m <sup>2</sup> *°C/W	2,0*1,0*0,0002 m	6

Anexo B4. Materiales utilizados en la construcción de un módulo tipo II para una producción de 100 Kg/ siembra de *Pleurotus ostreatus*.

Materiales	Características	Dimensiones	Cantidad
<b>Techo</b>			
1. Tejas	Curvas Coloniales chicas	10*20 cm.	1700
2. Fieltro	Papel alquitranado (barrera de humedad)	Rollos de 42 m	58 m <sup>2</sup>
3. Madera	Tablas o tapas de pino bruto	1*4"	160
4. P.expandido	Planchas de espuma (aislante térmico)	1,0*0,5*0,05 m	128
5. OSB	Tableros: mezcla de viruta, cemento y lana mineral. (Cielo raso)	Planchas de 2,44*1,44*0,02 m	24
Diagrama de disposición de los materiales			
<b>Paredes</b>			
1. Cemento	Mortero de espesor e=3 cm. exterior e interior	Sacos de 42,5 Kg.	17
2. Adobe		0,58*0,30*0,08 m.	1660
3. Madera	Bloques de tierra, paja y agua (Mezcla)	1*4"	124
4. P.expandido	Tapas de pino bruto	1,0*0,5*0,05 m.	133
5. Pintura	Planchas de espuma (aislante térmico) Cubierta externa e interna, antihongos.	Galones = 4 lts.	10
Diagrama de disposición de los materiales			
<b>Piso</b>	Radier afinado (1) y planchas de corcho (intermedio) como aislante térmico (2).	Corcho 1,0*1,0*0,05 m e <sub>radier</sub> = 70 mm	48
Diagrama de disposición de los materiales			
<b>Puertas</b>	Madera pino elaborada	2,0*0,7*0,045 m	3
<b>Ventanas</b>	Fierro galvanizado, vidrio común transparente R <sub>térmica vidrio</sub> = 0,16 m <sup>2</sup> *°C/W	1,0*1,0*0,0002 m 2,0*1,0*0,0002 m	2 3

Anexo B5. Materiales utilizados en la construcción de un módulo tipo II para una producción de 500 Kg/ siembra de *Pleurotus ostreatus*.

Materiales	Características	Dimensiones	Cantidad
<b>Techo</b>			
1. Tejas	Curvas Coloniales chicas	10*20 cm.	2400
2. Fieltro	Papel alquitranado (barrera de humedad)	Rollos de 42 m	83 m <sup>2</sup>
3. Madera	Tablas o tapas de pino bruto	1*4"	190
4. P.expandido	Planchas de espuma (aislante térmico)	1,0*0,5*0,05 m	176
5. OSB	Tableros: mezcla de viruta, cemento y lana mineral. (Cielo raso)	Planchas de 2,44*1,44*0,02 m	30
<b>Paredes</b>			
1. cemento	Mortero de espesor e = 3 cm. exterior e interior	Sacos de 42,5 Kg.	28
2. Adobe	Bloques de tierra, paja y agua (Mezcla)	0,58*0,30*0,08 m.	3300
3. Madera	Tapas de pino bruto	1*4"	259
4. P.expandido	Planchas de espuma (aislante térmico)	1,0*0,5*0,05 m.	248
5. Pintura	Cubierta externa e interna, antihongos.	Galones = 4 lts.	17
<b>Piso</b>	Radier afinado (1) y planchas de corcho (intermedio) como aislante térmico (2).	Corcho 1,0*1,0*0,05 m e radier = 70 mm	80
<b>Puertas</b>	Madera pino elaborada	2,0*0,7*0,045 m	4
<b>Ventanas</b>	Fierro galvanizado, vidrio común transparente $R_{\text{térmica vidrio}} = 0,16 \text{ m}^2 \times ^\circ\text{C/W}$	2,0*1,0*0,0002 m	5

Anexo B6. Materiales utilizados en la construcción de un módulo tipo II para una producción de 1.000 Kg/ siembra de *Pleurotus ostreatus*.

Materiales	Características	Dimensiones	Cantidad
<b>Techo</b>			
1. Tejas	Colonias chicas	10*20 cm.	3600
2. Fieltro	Papel alquitranado (barrera de humedad)	Rollos de 42 m	113 m <sup>2</sup>
3. Madera	Tablas o tapas de pino bruto	1*4"	200
4. P.expandido	Planchas de espuma (aislante térmico)	1,0*0,5*0,05 m	288
5. OSB	Tableros: mezcla de viruta, cemento y lana mineral. (Cielo raso)	Planchas de 2,44*1,44*0,02 m	40
<b>Paredes</b>			
1. cemento	Mortero de espesor e=3 cm. exterior e interior	Sacos de 42,5 Kg.	36
2. Adobe	Bloques de tierra, paja y agua (Mezcla)	0,58*0,30*0,08 m.	3850
3. Madera	Tapas de pino bruto	1*4"	200
4. P.expandido	Planchas de espuma (aislante térmico)	1,0*0,5*0,05 m.	290
5. Pintura	Cubierta externa e interna, antihongos.	Galones = 4 lts.	21
<b>Piso</b>	Radier afinado (1) y planchas de corcho (intermedio) como aislante térmico (2).	Corcho 1,0*1,0*0,05 m e <sub>radier</sub> = 70 mm	143
<b>Puertas</b>	Madera pino elaborada	2,0*0,7*0,045 m 2,0*1,0*0,045 m	3 1
<b>Ventanas</b>	Fierro galvanizado, vidrio común transparente R <sub>térmica vidrio</sub> = 0,16 m <sup>2</sup> *°C/W	2,0*1,0*0,0002 m	6

Anexo B7. Materiales utilizados en la construcción de un módulo tipo III para volúmenes de 100, 500 y 1.000 Kg/ siembra de *Pleurotus ostreatus*.

Estructura	Materiales utilizados y sus características	Dimensiones	Cantidad		
			100 Kg	500 Kg	1.000 Kg
<b>Techo</b>	- Paneles (ISOPOL). Planchas compuestas de dos caras de acero (1) prepintado al horno con epóxico y con núcleo de poliestireno expandido (2). -La unión de los paneles es de tipo macho y hembra llamado EASY- JOINT y se necesita contar con tiras de perfil ángulo 30*30*2 mm, remaches POP (4*10), pomos de silicona y clavos tipo UPAT de 6*57 mm. (fijación ángulo).	Están dadas de acuerdo a las dimensiones del local.  Proveedor METCOM.	-180 m <sup>2</sup> de paneles.	-240 m <sup>2</sup> de paneles.	-310 m <sup>2</sup> de paneles.
<b>Paredes</b>			-180 m <sup>2</sup> de accesorios.	-240 m <sup>2</sup> de accesorios.	-310 m <sup>2</sup> de accesorios.
<b>Puertas</b>					
<b>Piso</b>	Radier afinado (1) y planchas de corcho (intermedio) como aislante térmico (2).	Corcho 1*1*0,05 m $e_{\text{radier}}=70$ mm	48	80	143

DIAGRAMA DE DISPOSICIÓN DE LOS MATERIALES

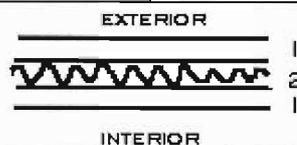


Diagrama de disposición de los materiales

