

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

EVALUACIÓN DE CUATRO SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DEL HONGO OSTRAL (*Pleurotus ostreatus*) EN TRES CICLOS DE PRODUCCIÓN EN LA ZONA DE TAMBILLO, PROVINCIA DE PICHINCHA

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA
AGROINDUSTRIAL**

PAULINA NATALIA AGUINAGA BÓSQEZ
paulinat09@hotmail.com

DIRECTORA: ING. LUCÍA IRENE TOLEDO RIVADENEIRA
luciairenetoledo@hotmail.com

CODIRECTOR: ING. OSCAR BOLÍVAR IZURIETA AMORES
bolivar.izurieta@gmail.com

Quito, Mayo 2012

© Escuela Politécnica Nacional 2012
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Paulina Natalia Aguinaga Bósquez, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Paulina Natalia Aguinaga Bósquez

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Paulina Natalia Aguinaga Bósquez, bajo mi supervisión.

Ing. Lucía Toledo
DIRECTORA DE PROYECTO

Ing. Bolívar Izurieta
CODIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A mis padres Gladys Esterfila Bósquez Aguila y Jorge Vasco Aguinaga Barragán, por darme la vida, por formarme desde mis primeros años y por cuidarme con devoción.

Mis agradecimientos más sinceros a mis abuelitos Rebeca Barragán Bonilla y Gonzalo Aguinaga Zumárraga, por ser como mis padres, por todos sus cuidados y consejos; y, por criarme con infinito cariño.

A mis tíos, especialmente a Felipe, Ligia, Alvaro, Margarita, Fabiola, Santiago y Rolando, por brindarme su cariño, por todo su apoyo a lo largo de mi vida; y, por su increíble generosidad.

A mis hermanos Jorge Fabio Aguinaga Bósquez, Juan Pablo Aguinaga Bósquez y Verónica Maribel Arcos Bósquez, por su amor incondicional, por su comprensión y complicidad.

A Paúl Alcibar Barrera Ávila, por ser un compañero de vida excepcional, ser mi soporte y mi amor sincero.

A mis primos Lucía Belén Aguinaga Bósquez y Rolando Javier Aguinaga Bósquez, por ser como mis hermanos, por confiar en mí y ayudarme en el transcurso de mi carrera estudiantil y en mi vida en general.

Agradezco de todo corazón a la Familia Albuja León, por su desinteresado apoyo en el desarrollo de este proyecto.

De manera especial a mis queridas amigas, la Srta. Nancy Elizabeth Albuja León y Mercedes Alicia Bahamonde Orozco, por ser unas excelentes personas y amigas.

Mi gratitud sincera a mi tutora, Ingeniera Lucía Toledo Rivadeneira, por sus valiosos consejos, revisión y correcciones de la presente investigación.

Al Ingeniero Bolívar Izurieta Amores, por compartir sus conocimientos y su tiempo en el desarrollo, revisiones y correcciones de este proyecto.

A la Ingeniera Neyda Espín, por aceptar formar parte de la comisión para analizar este tema.

Al Ingeniero Juan Alberto Gaibor, por su apoyo y acertada guía para la culminación de este proyecto.

Y a todas las personas que con su cariño me han apoyado y de alguna manera han aportado en mi formación estudiantil y en mi formación como persona un GRACIAS sincero.

DEDICATORIA

A mi amado hijo Sebastián, a Paúl Barrera y a mi familia.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	PÁGINA
RESUMEN	xvii
INTRODUCCIÓN	xviii
1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1 Características del hongo ostra	1
1.1.1 Morfología	1
1.1.2 Ciclo de crecimiento	3
1.1.3 Valor nutritivo	4
1.2 Factores requeridos para el cultivo	5
1.2.1 Semilla o inóculo	5
1.2.2 Sustrato	7
1.2.3 Ambiente	8
1.2.3.1 Temperatura	8
1.2.3.2 Humedad	9
1.2.3.3 Iluminación	9
1.2.3.4 Ventilación	9
1.3 Técnicas del cultivo	11
1.3.1 Cultivo en fundas	11
1.3.1.1 Preparación de los sustratos	11
1.3.1.2 Pasteurización	12
1.3.1.3 Siembra	12
1.3.1.4 Colonización o incubación	14
1.3.1.5 Inducción	14
1.3.1.6 Producción	15
1.3.1.7 Cosecha	15
1.3.2 Cultivo en bandejas	16
1.3.3 Cultivo en botellas	16
1.3.3.1 Preparación del sustrato	17
1.3.3.2 Embotellado	17
1.3.3.3 Esterilización	17
1.3.3.4 Inoculación	18
1.3.3.5 Colonización y fructificación	18
1.3.3.6 Vaciado	18
1.4 Problemas del cultivo	18
1.4.1 Pestes o plagas	19
1.4.1.1 Moscas	19
1.4.1.2 Ácaros	22
1.4.2 Enfermedades	22
1.4.2.1 Enfermedad del moho verde	23
1.4.2.2 <i>Coprinus spp.</i>	24

1.4.2.3	Telaraña (<i>Dactylium dandroides</i>)	25
1.4.2.4	Mancha parda (<i>Pseudomona tolaasii</i>)	25
1.4.3	Manejo de pestes y enfermedades	26
1.5	Tipos de sustratos	27
1.5.1	Bagazo de caña	27
1.5.2	Paja de cereales	28
1.5.3	Aserrín	28
1.5.4	Troncos cortados	29
1.5.5	Tocones de madera	29
2	PARTE EXPERIMENTAL	31
2.1	Localización	31
2.1.1	Ubicación geográfica	31
2.1.2	Situación meteorológica	32
2.2	Materiales	32
2.3	Adecuación de las cámaras experimentales	33
2.3.1	Requisitos	33
2.3.2	Diseño experimental	35
2.4	Caracterización química de los sustratos	37
2.5	Etapas de producción	37
2.5.1	Preparación de los sustratos	39
2.5.2	Pasteurización	40
2.5.3	Siembra	40
2.5.4	Colonización o incubación	41
2.5.5	Inducción	41
2.5.6	Producción	42
2.5.7	Cosecha	42
2.6	Efecto del sustrato en el crecimiento del hongo ostra	42
2.7	Rendimiento de los sustratos	43
2.8	Caracterización del hongo ostra cultivado	44
2.9	Análisis de inversión y costos de producción	44
2.9.1	Inversión total inicial: Fija, diferida y capital de trabajo	44
2.9.2	Costos de operación de la empresa	45
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
3.1	Caracterización química de los sustratos	47

3.2	Análisis del peso fresco de <i>Pleurotus ostreatus</i>	48
3.3	Análisis del tamaño de carpóforos de <i>Pleurotus ostreatus</i>	51
3.4	Análisis del porcentaje de eficiencia biológica de <i>Pleurotus ostreatus</i>	54
3.5	Análisis del rendimiento de <i>Pleurotus ostreatus</i>	56
3.6	Rendimiento de los sustratos	58
3.7	Caracterización del hongo ostra cultivado	60
3.8	Análisis de la inversión y costos de producción	61
3.8.1	Análisis de la inversión	61
3.8.1.1	Inversión fija	61
3.8.1.2	Inversión diferida	71
3.8.1.3	Capital de trabajo	71
3.8.2	Costos de operación de la empresa	74
3.8.2.1	Costos de producción	74
3.8.2.2	Gastos de administración	80
3.8.3	Determinación del punto de equilibrio	81
3.8.4	Determinación del estado de resultados	83
3.8.5	Métodos de evaluación económica	84
3.8.5.1	Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Rendimiento (TIR)	84
3.8.5.2	Razón beneficio/costo	85
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	87
4.1	Conclusiones	87
4.2	Recomendaciones	89
	BIBLIOGRAFÍA	90
	ANEXOS	94

ÍNDICE DE TABLAS

		PÁGINA
Tabla 1.	Clasificación biológica del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	2
Tabla 2.	Composición del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	4
Tabla 3.	Condiciones en las diferentes etapas del cultivo	10
Tabla 4.	Peso de semilla para diversos sustratos húmedos	13
Tabla 5.	Moscas del cultivo de hongos ostra	20
Tabla 6.	Situación climatológica del sector de Tambillo	32
Tabla 7.	Materiales usados en el estudio	33
Tabla 8.	Características del experimento	36
Tabla 9.	Porcentaje de humedad y pH de los sustratos	47
Tabla 10.	Porcentaje de lignina, celulosa y hemicelulosa de los sustratos	48
Tabla 11.	Peso fresco (g) de <i>Pleurotus ostreatus</i> en los tratamientos	49
Tabla 12.	Análisis de varianza del peso fresco del hongo ostra	49
Tabla 13.	Prueba de rangos múltiples de Tukey del peso fresco del hongo ostra	50
Tabla 14.	Tamaño de carpóforos (cm) de <i>Pleurotus ostreatus</i>	51
Tabla 15.	Análisis de varianza del tamaño de carpóforos	52
Tabla 16.	Prueba de rangos múltiples de Tukey del tamaño de carpóforos	52
Tabla 17.	Porcentaje de eficiencia biológica de <i>Pleurotus ostreatus</i>	54
Tabla 18.	Análisis de varianza de la eficiencia biológica	54
Tabla 19.	Prueba de rangos múltiples de Tukey de la eficiencia biológica	55
Tabla 20.	Rendimiento de <i>Pleurotus ostreatus</i> en los tratamientos	56
Tabla 21.	Análisis de varianza del rendimiento de producción	56
Tabla 22.	Prueba de rangos múltiples de Tukey del rendimiento de producción	57

Tabla 23.	Peso seco y peso húmedo en kg del sustrato bagazo de caña	58
Tabla 24.	Peso seco y peso húmedo en kg del sustrato paja de trigo	59
Tabla 25.	Peso seco y peso húmedo en kg del sustrato aserrín	59
Tabla 26.	Peso seco y peso húmedo en kg del sustrato mezcla forrajera	60
Tabla 27.	Análisis proximal del hongo ostra cultivado	60
Tabla 28.	Activo fijo de producción	63
Tabla 29.	Activo fijo de oficinas y ventas	64
Tabla 30.	Costo total de terreno y obra civil	70
Tabla 31.	Activo diferido	71
Tabla 32.	Costo de inventario de materias primas	72
Tabla 33.	Activo circulante	72
Tabla 34.	Inversión total	73
Tabla 35.	Depreciación y amortización de activo fijo y diferido	74
Tabla 36.	Materia prima	74
Tabla 37.	Insumos, envases y embalajes	75
Tabla 38.	Otros materiales	75
Tabla 39.	Consumo de energía eléctrica	76
Tabla 40.	Mano de obra directa	78
Tabla 41.	Mano de obra indirecta	79
Tabla 42.	Costo total de producción	79
Tabla 43.	Sueldo del personal de administración	80
Tabla 44.	Gastos de administración y ventas	81
Tabla 45.	Costo total de operación	81
Tabla 46.	Ingresos y costos anuales	82
Tabla 47.	Estado de resultados	84

Tabla 48.	VAN y TIR	85
Tabla 49.	Relación beneficio/costo	85
Tabla 50.	Pesos del sustrato húmedo bagazo de caña y de la semilla	106
Tabla 51.	Pesos del sustrato húmedo paja de trigo y de la semilla	107
Tabla 52.	Pesos del sustrato húmedo aserrín y de la semilla	108
Tabla 53.	Pesos del sustrato húmedo mezcla forrajera y de la semilla	109
Tabla 54.	Registro de condiciones en la cámara de incubación-primer ciclo	110
Tabla 55.	Registro de condiciones en la cámara de incubación-segundo ciclo	111
Tabla 56.	Registro de condiciones en la cámara de incubación-tercer ciclo	112
Tabla 57.	Registro de condiciones en la cámara de fructificación primer ciclo, primera oleada	114
Tabla 58.	Registro de condiciones en la cámara de fructificación primer ciclo, segunda oleada	115
Tabla 59.	Registro de condiciones en la cámara de fructificación segundo ciclo, primera oleada	116
Tabla 60.	Registro de condiciones en la cámara de fructificación segundo ciclo, segunda oleada	117
Tabla 61.	Registro de condiciones en la cámara de fructificación tercer ciclo, primera oleada	128
Tabla 62.	Registro de condiciones en la cámara de fructificación tercer ciclo, segunda oleada	119
Tabla 63.	Pesos de los brotes cosechados en el sustrato bagazo de caña	120
Tabla 64.	Pesos de los brotes cosechados en el sustrato paja de trigo	121
Tabla 65.	Pesos de los brotes cosechados en el sustrato aserrín	121
Tabla 66.	Pesos de los brotes cosechados en el sustrato mezcla forrajera	122

ÍNDICE DE FIGURAS

		PÁGINA
Figura 1.	Morfología de una seta	1
Figura 2.	Ciclo reproductivo de <i>Pleurotus</i>	3
Figura 3.	Semilla de <i>Pleurotus</i> en granos de cereales	6
Figura 4.	Semilla de <i>Pleurotus</i> en tarugos de madera	6
Figura 5.	Ácaro	22
Figura 6.	Muestra contaminada por <i>Trichoderma</i>	24
Figura 7.	Muestra contaminada por <i>Coprinus</i>	25
Figura 8.	Seta contaminada por la bacteria <i>Pseudomonas tolaasii</i>	26
Figura 9.	Foto satelital de la hacienda El Pegujal	31
Figura 10.	Cámara de incubación (colonización)	34
Figura 11.	Cámara de fructificación	35
Figura 12.	Diagrama de flujo de la producción del hongo ostra 125	38
Figura 13.	Peso fresco (g) de <i>Pleurotus ostreatus</i> en los tratamientos	50
Figura 14.	Tamaño de carpóforos de <i>Pleurotus ostreatus</i> en los tratamientos	53
Figura 15.	Porcentaje de Eficiencia Biológica de <i>Pleurotus ostreatus</i>	55
Figura 16.	Rendimiento de <i>Pleurotus ostreatus</i> en los tratamientos	57
Figura 17.	Balance de masa para la producción de 500 kg de hongos ostra	62
Figura 18.	Planta productora de 500 kg de hongos ostra	65
Figura 19.	Distribución de las fundas en los estantes para colonización	66
Figura 20.	Diseño de los estantes para colonización	67
Figura 21.	Estantes en el invernadero de colonización	67
Figura 22.	Distribución de las fundas en los estantes para fructificación	68

Figura 23.	Diseño de los estantes para fructificación	69
Figura 24.	Estantes en el invernadero de fructificación	69
Figura 25.	Punto de equilibrio	83
Figura 26.	Materiales y aditivos utilizados en el estudio	95
Figura 27.	Cultivo de hongos ostra con el sustrato bagazo de caña de azúcar	99
Figura 28.	Cultivo de hongos ostra con el sustrato paja de trigo	103
Figura 29.	Cultivo de hongos ostra con el sustrato aserrín	104
Figura 30.	Cultivo de hongos ostra con el sustrato mezcla forrajera	105

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I Materiales y aditivos utilizados en el estudio	95
ANEXO II Determinación del contenido de humedad	96
ANEXO III Determinación de celulosa	97
ANEXO IV Determinación de lignina	98
ANEXO V Cultivo del hongo ostra con el sustrato bagazo de caña de azúcar	99
ANEXO VI Cultivo del hongo ostra con el sustrato paja de trigo	103
ANEXO VII Cultivo del hongo ostra con el sustrato aserrín	104
ANEXO VIII Cultivo del hongo ostra con el sustrato mezcla forrajera (pasto)	105
ANEXO IX Pesos de los sustratos inoculados en los tres ciclos de cultivo	106
ANEXO X Registro de condiciones en la cámara de incubación	110
ANEXO XI Registro de condiciones en la cámara de fructificación	114
ANEXO XII Pesos en gramos de los brotes cosechados en los tres ciclos de cultivo	120
ANEXO XIII Determinación de proteínas	123
ANEXO XIV Determinación de cenizas	125
ANEXO XV Determinación de extracto etéreo	126

ANEXO XVI	
Determinación de fibra cruda	128
ANEXO XVII	
Análisis del potencial hidrógeno (pH), porcentaje de humedad, de lignina, de celulosa y de hemicelulosa de los sustratos evaluados	130
ANEXO XVII	
Análisis proximal del hongo ostra cultivado	131

ABREVIATURAS

ANOVA	Análisis de varianza
BCA	Bloques completos al azar
C/N	Relación carbono nitrógeno
C.M	Cuadrados medios
%E.B.	Porcentaje de eficiencia biológica
F. calc	Factor calculado
F.V.	Factor de varianza
G.L.	Grados de libertad
Ho	Hipótesis nula
Hi	Hipótesis alternativa
INIAP	Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias
pH	Potencial hidrógeno
ppm	Partes por millón
P. value	Valor probable
R.P.	Rendimiento de producción
R.S.	Rendimiento del sustrato
S.C.	Suma de cuadrados
USD	Dólares

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es determinar la mejor alternativa de sustrato para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en rendimiento y en costos de producción, en la hacienda El Pegujal. Se realizaron tres ciclos de cultivo (repeticiones) con un primer y segundo brote, para obtener un promedio y que los resultados sean más representativos. Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar (BCA) de cuatro tratamientos de sustratos que fueron: bagazo de caña de azúcar, paja de trigo, aserrín y mezcla forrajera con tres repeticiones cada uno. Las fundas sembradas tuvieron un peso aproximado de 1,040 kg, el 1,0 kg fue de sustrato húmedo y los 40,0 g de semilla.

Las variables de estudio fueron: el peso fresco del hongo, el diámetro de los carpóforos, el porcentaje de eficiencia biológica y el rendimiento de producción.

Los resultados se analizaron estadísticamente para determinar el sustrato idóneo para este cultivo, para lo cual se aplicó un análisis de varianza de un solo factor (ANOVA) a fin de comparar si los valores obtenidos en cada tratamiento eran significativamente distintos entre ellos, también se realizó la prueba de rangos múltiples de Tukey con un nivel de significancia del 95,0%, para determinar si los tratamientos correspondieron a un solo grupo homogéneo o si por el contrario, los tratamientos fueron diferentes. El tratamiento con sustrato bagazo de caña obtuvo los mejores resultados en todas las variables estudiadas, así, se obtuvo 177,1 g de hongo fresco de 1,0 kg de sustrato húmedo, el diámetro de los carpóforos en promedio fue de 5,9 cm, la eficiencia biológica fue de 40,5% y el rendimiento de producción fue de 8,9 kg/m².

Finalmente, se realizó un estudio de la inversión y de los costos de producción con el sustrato bagazo de caña de azúcar, para determinar el VAN, el que resultó positivo e igual a USD 22 413,00, el TIR fue igual al 21,0% y la relación beneficio/costo de 1,28. Estos resultados demostraron la viabilidad del proyecto.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus spp.*, comúnmente conocidos como hongos ostra u orellana, fue realizado por primera vez en el mundo a principios del siglo pasado y se ha incrementado en las últimas cinco décadas. En el año de 1997, la producción de *Pleurotus ostreatus* alcanzó el 14,2% de la producción total de esta especie en el mundo, China es el principal productor con el 86,8% de la producción mundial y con cerca de 800 000 toneladas producidas al año. (Garzón y Cuervo, 2008)

Pleurotus ostreatus tiene la habilidad de crecer en una amplia variedad de sustratos lignocelulósicos residuales y en un amplio rango de temperaturas, estas condiciones hacen que su cultivo sea el más sencillo de todos los hongos cultivados comercialmente. (Ardón, 2004)

En la actualidad, la agricultura del país genera una cantidad considerable de desechos lignocelulósicos, como pajas de cereales, bagazo de caña y aserrín. Mediante el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* es factible la transformación de estos subproductos, que en su mayor porcentaje tienen un escaso o ningún valor económico, en alimento proteico, de alto valor nutritivo y de buenas características organolépticas; que, puede ser empleado para autoconsumo y eventualmente para la venta. (Ardón, 2004)

La Hacienda “El Pegujal”, está interesada en diversificar su actividad productiva (explotación ganadera) y aprovechar los desechos agrícolas que esta genera (paja de trigo, aserrín y bagazo de caña), con el propósito de incrementar sus ingresos; para lo cual, es necesario realizar un estudio del cultivo de hongos ostra utilizando estos subproductos como sustratos. Con este estudio se pretende elegir el sustrato idóneo para el cultivo, considerando parámetros de producción, calidad y costos; establecer las condiciones ambientales óptimas del cultivo en la zona; caracterizar la composición química del hongo cultivado y realizar un análisis económico, para conocer si el proyecto es viable.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. CARACTERÍSTICAS DEL HONGO OSTRA

1.1.1. MORFOLOGÍA

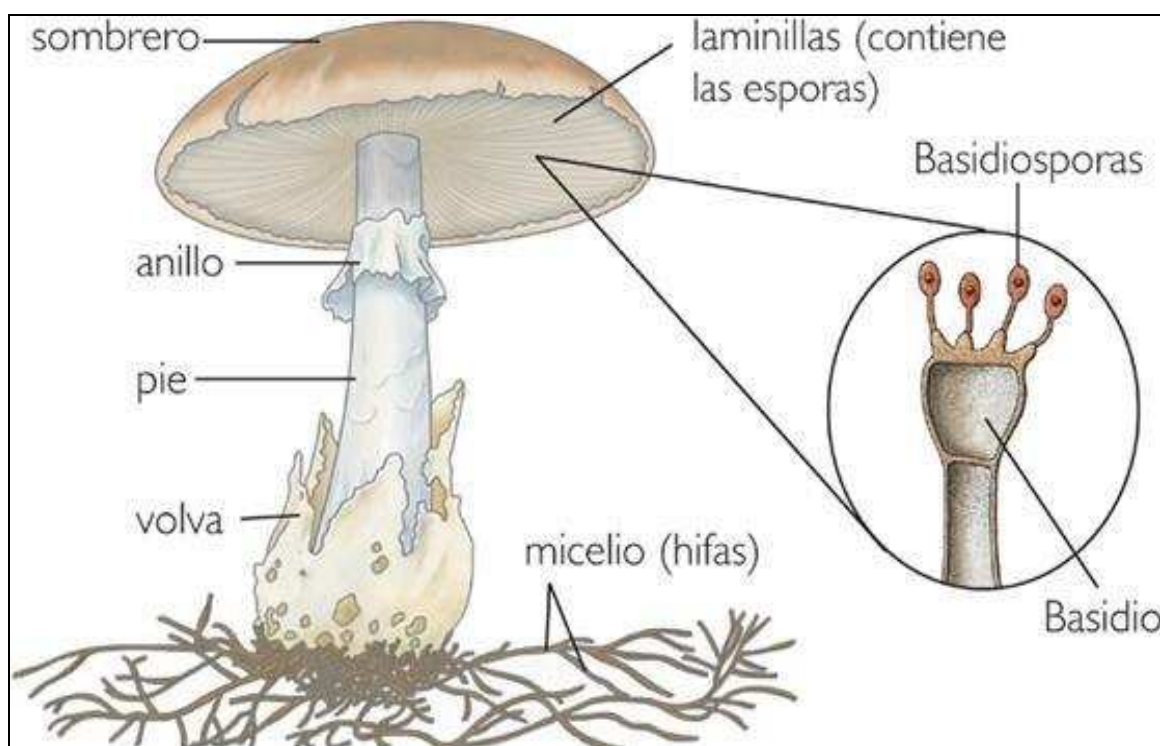


Figura 1. Morfología de una seta

(Michel *et al.*, 2010)

El hongo o seta *Pleurotus ostreatus* (hongo ostra) es un hongo comestible, su morfología se indica en la Figura 1. Esta seta no presenta anillo ni volva. Comúnmente se llama ostra por su forma y color del cuerpo fructífero (sombbrero o carpóforo). Su sombrero es redondeado, su superficie es lisa, abombada y convexa cuando es joven y se aplanan en la madurez. El borde está algo enrollado al principio. Su diámetro oscila entre 5 y 15 cm, según la edad del hongo. El color es variable, con tonos blancos, grises o azulados, con el tiempo adquiere una coloración más amarillenta. La carne es blanca, con olor a anís. (Ardón, 2007; Ceballos, 2007)

“En la parte inferior del sombrero, posee unas laminillas dispuestas radialmente como las varillas de un paraguas, que van desde el pie que lo sostiene hasta el borde. Estas laminillas son anchas, espaciadas unas de otras, blancas o cremas, en ellas se producen las esporas destinadas a la reproducción de la especie. Las esporas son pequeñas, alargadas, casi cilíndricas, en gran número forman masas de polvo de color blanco, con cierto tono lila grisáceo”. (Barbado, 2004)

El pie o estipe suele ser corto y grueso, de 0,5 a 3,0 cm de longitud y de 0,5 a 2,0 cm de espesor, algo inclinado, ligeramente duro, blanco, con el principio de las laminillas en la parte de arriba y con vellosidades en la base. (Ardón, 2007; Barbado, 2004)

Esta seta en ambiente natural, destruye y se alimenta de madera, así, crece sobre árboles, tocones, arbustos y otras plantas leñosas; puede crecer en forma aislada, sobre una superficie horizontal, o en grupo en forma de repisas laterales superpuestas sobre un costado de los árboles. (Barbado, 2004)

Se han descrito al menos 30 especies de *Pleurotus*, las más cultivadas son: *P. abalonus*, *P. cornucopiae*, *P. eryngii*, *P. ostreatus* y *P. pulmonarius*. (Ardón, 2007)

La clasificación biológica del hongo ostra se encuentra descrita en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación biológica del hongo *Pleurotus ostreatus*

Nombre científico	<i>Pleurotus ostreatus</i>
Reino	Fungi
División	Basidiomycota
Clase	Himenomycetes
Orden	Agaricales
Familia	Tricholomataceae
Género	<i>Pleurotus</i>
Especie	<i>ostreatus</i>

Baena, 2005; Michel *et al.*, 2010

1.1.2. CICLO DE CRECIMIENTO

El ciclo reproductivo del hongo *Pleurotus ostreatus* se muestra en la Figura 2.

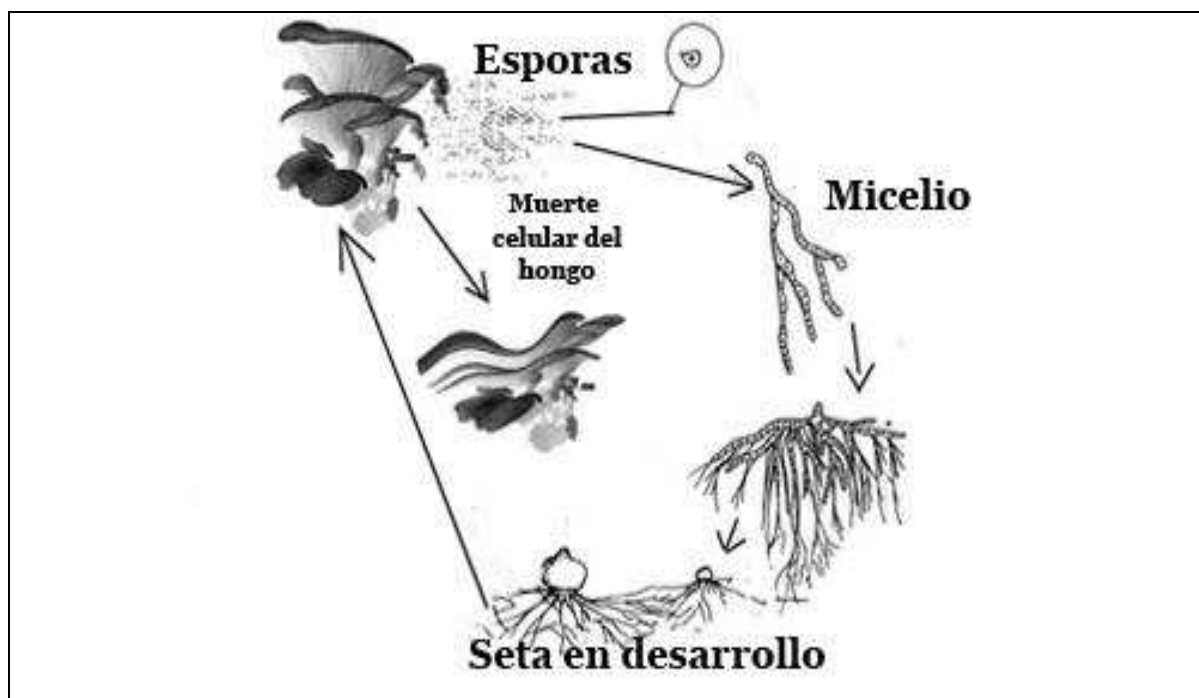


Figura 2. Ciclo reproductivo de *Pleurotus*

(Invernaderos GreenHouse 2010)

El ciclo de vida de los hongos está dividido en dos fases, el crecimiento vegetativo (esporas y micelio) y el crecimiento reproductivo o cuerpo fructífero. (Song, 2005)

Las esporas (basidiosporas) son las estructuras reproductoras de estos organismos, las cuales, tienen una función análoga y propagativa. Las esporas germinan y forman hifas (en grupo llamadas micelio). (Silva, 2005; Song, 2005)

El micelio es una estructura filamentosa, la cual tiene aspecto de una telaraña. La espora germinada forma el micelio primario y luego el micelio secundario por plasmogamia (fusión de hifas). Este micelio disuelve componentes complejos del sustrato en moléculas más simples absorbiéndolas como nutrientes, crece vigorosamente y coloniza el sustrato. El micelio secundario puede usarse como semilla en la propagación. (Silva, 2005; Song, 2005)

Las setas son los cuerpos fructíferos, los mismos que, se producen cuando el micelio cesa su crecimiento vegetativo y se dan condiciones de baja temperatura, humedad alta, mucho oxígeno y luz. Las setas en las primeras etapas de desarrollo son llamados primordios y después cuerpos fructíferos. Estos expulsan las esporas para producir la generación siguiente. (Silva, 2005; Song, 2005)

1.1.3. VALOR NUTRITIVO

Desde el punto de vista del valor alimenticio de las setas, los hongos son un alimento sabroso, nutritivo y bajo en calorías constituyendo una excelente opción alimentaria. Su composición nutricional se indica en la Tabla 2. Contienen entre el 10 - 40% de proteínas en base seca, mayores al de la mayoría de los vegetales, según Michel *et al* (2010), estas proteínas son de alta calidad debido a que contienen a todos los aminoácidos esenciales, tales como, lisina, leucina, valina, isoleucina, entre otros. El hongo ostra es rico en carbohidratos, vitaminas, fibra y minerales; y, posee un bajo contenido de grasas. Las vitaminas son especialmente del complejo B, tales como vitamina B1 (tiamina), vitamina B2 (riboflavina), vitamina B3 (niacina), vitamina B12; además de vitaminas C y D. Los hongos son también una fuente de minerales tales como hierro Fe, calcio Ca, sodio Na, fósforo P y potasio K. (Ceballos, 2007; Gaitán *et al.*, 2006)

Tabla 2. Composición del hongo *Pleurotus ostreatus*

COMPONENTE	VALOR	UNIDAD DE MEDIDA
Proteína	26	% en base seca
Grasa	0,9-1,8	% en base seca
Carbohidratos	57-61	% en base seca
Fibra	11, 9	% en base seca
Calcio	0,02	% en base seca
Fósforo	1,40	% en base seca
Hierro	0,02	% en base seca
Valor energético	367	kcal/g

Gaitán *et al.*, 2006

Además, se conoce que el hongo *Pleurotus ostreatus* tiene ciertas propiedades medicinales, como reducir el nivel de colesterol con una ingesta de 15 días, es antiviral, posee propiedades anticancerígenas, fortalece el sistema cardiovascular es antibacterial y antitumoral. (Baena, 2005; Rodríguez, 2005)

1.2. FACTORES REQUERIDOS PARA EL CULTIVO

1.2.1. SEMILLA O INÓCULO

De forma natural, el ciclo de vida de los hongos comienza con las esporas; sin embargo, en una producción comercial, los productores de hongos utilizan como semilla el micelio crecido en granos de cereales (trigo, mijo, cebada, sorgo, etc.), para evitar posibles variaciones o mutaciones. Los productores requieren utilizar una semilla certificada, lo cual garantiza la calidad de la misma (mantiene las características de la cepa) y el éxito del cultivo. (Song, 2005)

El micelio de la semilla al momento de la siembra debe ser fresco, activo, blanco y denso, para que invada rápidamente el sustrato; y, el proceso y los costos de producción sean mínimos. (Flores y Arias, 2006)

Existen diferentes tipos de inóculo para el cultivo de hongos como son: granos, aserrín, tarugos y líquido. (Song, 2005)

En la Figura 3 se puede observar la semilla de *Pleurotus* en granos de cereales, mientras que, en la Figura 4 se muestra la semilla del hongo en tarugos de madera.



Figura 3. Semilla de *Pleurotus* en granos de cereales
(France *et al.*, 2000)

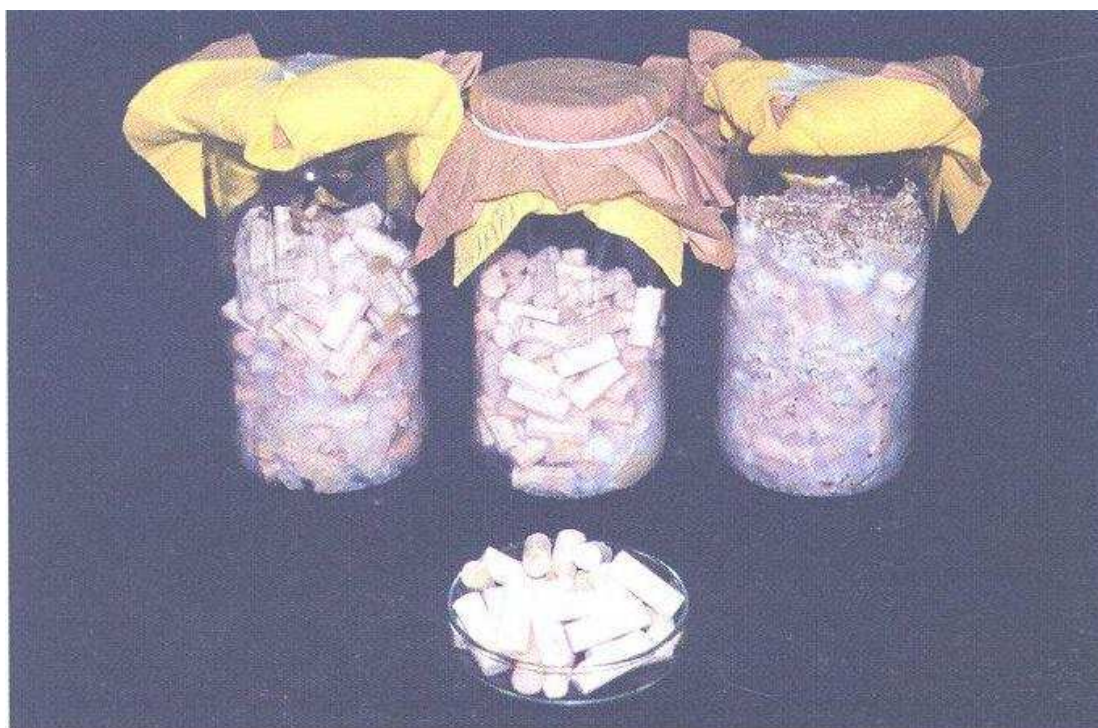


Figura 4. Semilla de *Pleurotus* en tarugos de madera
(France *et al.*, 2000)

1.2.2. SUSTRATO

Por sus patrones de nutrición, los hongos pueden clasificarse en tres categorías: saprófitos, parásitos y micorrizas. Los hongos ostra son hongos saprófitos, descomponedores primarios de materia orgánica como maderas, hojas y pajas, por poseer enzimas lignocelulolíticas. Como fuentes nutritivas, los hongos necesitan de carbono, nitrógeno y compuestos inorgánicos. Sus principales fuentes de carbono son la celulosa, hemicelulosa y lignina, con una concentración del 60-70% de celulosa y 15% de lignina. El hongo ostra es el único organismo que disuelve la celulosa, la absorbe y la transforma en alimento para la humanidad. (Song, 2005; Michel *et al.*, 2010)

Se han estudiado más de 200 sustratos posibles para el cultivo de *P. ostreatus*. Estos sustratos están constituidos esencialmente por celulosa (45 – 60%), hemicelulosa (15 - 20 %) y lignina (10 - 30 %). (Ardón, 2007)

Las materias primas a ser utilizadas como sustratos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* se clasifican en tres grupos: El primer grupo forman las pajas de cereales (arroz, trigo, cebada, maíz, tallo de sorgo, entre otros), otro grupo de materiales corresponde a los tallos, hojas o resto de cultivo de plantas destinadas a un uso industrial (algodón, girasol, tabaco, entre otros) y el tercer grupo de materiales constituyen varios derivados de algunas agroindustrias como las oleaginosas, destilerías, azucareras, aserraderos, entre otros. Estos subproductos presentan alto contenido de lignocelulosa y nitrógeno por debajo del 1%. (Flores y Arias, 2006)

El hongo ostra necesita más cantidad de carbono que de nitrógeno, las relaciones Carbono/Nitrógeno varían de 30/1 a 300/1, es decir la relación C/N para este hongo es muy versátil, casi cualquier desecho vegetal o combinaciones, son utilizables para su cultivo. La relación C/N óptima del sustrato depende de la fase en la que se encuentra el hongo, altas relaciones C/N favorecen el crecimiento micelial y bajas relaciones favorecen el desarrollo de cuerpos fructíferos. (Garzón y Cuervo, 2008)

El crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* es también influenciado por la acidez del sustrato. El potencial hidrógeno (pH) óptimo varía entre 6 y 8, dependiendo de las especies de hongos según Song (2005). Generalmente los sustratos necesitan un pre-tratamiento con carbonato de calcio puro CaCO_3 , calcita (cal agrícola) o hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (cal de construcción o cal hidratada) del 1-2% para alcanzar este pH. El $\text{Ca}(\text{OH})_2$ reacciona más rápidamente que el CaCO_3 . De hecho, la cal hidratada reacciona tan rápidamente que puede esterilizar parcialmente el sustrato. (Instituto de la Potasa y el Fósforo, 1997)

1.2.3. AMBIENTE

Para el crecimiento de los hongos, tanto en su fase vegetativa, como en la reproductiva, es importante contar con un ambiente apropiado, debido a que, los hongos al no poseer piel, son muy susceptibles al ataque de plagas y enfermedades. Los factores ambientales que afectan el cultivo de hongos incluyen la temperatura, humedad, luz y ventilación. (Song, 2005)

1.2.3.1. Temperatura

La temperatura óptima ambiental varía en las diferentes etapas del cultivo. En el estado vegetativo de crecimiento, los hongos necesitan una temperatura ambiental de 16 a 30 °C; mientras que, en el estado reproductivo, la temperatura debe mantenerse entre 10 y 20 °C. El micelio de los hongos no debe bajar de 5 °C, ni subir de 40 °C, debido a que a estas temperaturas el micelio moriría. (Baena, 2005; Song, 2005)

Es muy importante mantener controlada la temperatura ambiental, en todas las etapas del cultivo, debido a que influye directamente en la temperatura del sustrato. La temperatura del sustrato en el estado vegetativo no debe ser inferior a los 10 °C, porque a esta temperatura el crecimiento del micelio del hongo cesaría; es decir, el hongo permanecería en un estado de latencia. (Silva, 2005)

1.2.3.2. Humedad

Durante todo el cultivo la humedad del sustrato debe ser del 60 al 75%. La humedad ambiental relativa debe encontrarse entre el 70 y 90% en sus dos fases. En la cámara de fructificación (fase reproductiva) la humedad relativa debe ser del 80 al 95%. (Baena, 2005; Song, 2005)

El manejo adecuado de la humedad es uno de los factores más influyentes para que el cultivo sea resistente a las contaminaciones; y, para prevenir daños en la superficie del sustrato y de los cuerpos fructíferos. Se recomienda regar agua en pisos y en el aire, para aumentar la humedad relativa, no es aconsejable regar agua directamente sobre las fundas pero, si se lo hace, se debe utilizar agua purificada, lo cual, garantiza un sustrato de calidad libre de patógenos. Un exceso de humedad causa deficiencias de oxígeno en el sustrato, lo que, entorpece el crecimiento vigoroso del micelio. (Kwon *et al.*, 2005)

1.2.3.3. Iluminación

La fase de incubación del hongo no requiere de luz, esta debe ser en la oscuridad; sin embargo, la fase de fructificación requiere de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad según Garzón y Cuervo (2008). La luz tiene relación con el color del hongo. Si la luz es insuficiente, el hongo genera un color blanco y troncos alargados. La ausencia o poca cantidad de luz conlleva a una baja producción. Los hongos requieren iluminación indirecta. (Flores, 2005)

La luz natural se puede sustituir por la artificial con tubos fluorescentes de 200 a 500 lux situados en la cámara de cultivo. (Vedder, 1996)

1.2.3.4. Ventilación

Song (2005) afirma que los hongos ostra son organismos aerobios, por lo que,

necesitan de aire fresco durante su crecimiento, pero requieren más ventilación durante su etapa reproductiva. Las concentraciones de CO₂ en el crecimiento del micelio deben estar entre 20 000 a 30 000 ppm de CO₂, según Baena (2005), además, Garzón y Cuervo (2008) aseveran que, en la fructificación el CO₂ en el ambiente no debe ser mayor a 800 ppm y el oxígeno debe ser del 20%.

Una ventilación excesiva puede causar grandes pérdidas de agua y el endurecimiento del sustrato. Si la ventilación es insuficiente, el crecimiento del hongo se inhibe, los hongos jóvenes se sofocan y el cuello se alarga mientras que el sombrero no se desarrolla. (Kwon *et al.*, 2005)

Las condiciones ambientales óptimas del hongo ostra se indican en la Tabla 3.

Tabla 3. Condiciones en las diferentes etapas del cultivo

Pasteurización	Temperatura	90 °C
	Duración	1/2-1 hora
Sustrato	Contenido de humedad	70-75%
	Temperatura	20-25 °C
Colonización	Temperatura ambiental	25-28 °C
	Humedad ambiental	70-80%
	Concentración de CO ₂	5000 ppm
	Duración	20-30 días
Inducción	Temperatura ambiental	10-27 °C
	Humedad ambiental	95-100%
	Luz	12 horas/día
	Concentración de CO ₂	400-800 ppm
	Duración	3-5 días
Producción	Temperatura ambiental	18-24 °C
	Humedad ambiental	85-90%
	Concentración de CO ₂	400-800 ppm
	Duración	3-5 días

Flores y Arias, 2006; Michel *et al.*, 2010

1.3. TÉCNICAS DEL CULTIVO

Las técnicas de cultivo del *Pleurotus ostreatus* son diversas alrededor del mundo. Los métodos más usados con base en el material que lo contiene son: cultivo en fundas de PVC, cultivo en bandejas y cultivo en botellas.

1.3.1. CULTIVO EN FUNDAS DE PVC

Este método de cultivo es el que más se utiliza en todo el mundo. Sin embargo, el tamaño, forma, número de fundas y los tiempos de cosecha son distintos en cada región. Las fundas usualmente tienen una forma cilíndrica con pesos desde 500 g hasta 8 kg de sustrato. Algunos fungicultores cultivan en una sola funda transparente, la mayoría lo hace en dos fundas y unos pocos en tres fundas, las dos primeras fundas son de PVC o polietileno transparente, con la funda interna perforada, y una tercera funda negra para controlar de una forma más eficiente el ingreso de luz al sustrato. Además el sustrato puede ser solo uno o una combinación de diferentes sustratos. (Flores, 2005; Silva, 2005)

Las etapas de producción en este método incluyen preparación del sustrato, pasteurización, siembra, colonización, inducción, producción y cosecha.

1.3.1.1. Preparación de los sustratos

Los sustratos, como pajas de cereales y rastrojos, se pican en trozos de 5 a 10 cm de longitud, para aumentar la superficie de contacto, mejorar la acción enzimática del hongo, y facilitar la invasión del sustrato. Si la longitud es menor, pueden provocar una compactación excesiva en el sustrato; mientras que, si el tamaño es mayor, no permitirá una retención de humedad adecuada en el mismo. (Gaitán *et al.*, 2006; Michel *et al.*, 2010)

Una práctica muy habitual es adicionar al sustrato una solución de CaCO_3 , con el

fin de aumentar el pH a un rango entre 6 y 7. (Garzón y Cuervo, 2008)

1.3.1.2. Pasteurización

Este proceso térmico tiene por objeto eliminar microorganismos indeseables que compitan por espacio y nutrientes con el micelio de *Pleurotus ostreatus*. La forma más común de pasteurizar es el uso de agua caliente a una temperatura de 90 °C, pero también se puede usar vapor. El tiempo depende del estado del sustrato. Si es de buena calidad y limpio, pueden bastar de 30 a 45 minutos a 90 °C; pero, si es antiguo y contaminado se debe aumentar el tiempo a más de una hora. (France *et al.*, 2000; Gaitán *et al.*, 2006)

1.3.1.3. Siembra

La siembra se puede realizar sobre una mesa limpia y previamente desinfectada con alcohol. Sobre esta mesa se coloca el sustrato pasteurizado y escurrido, el contenido de humedad del sustrato para realizar la siembra debe ser del 70-75%. El sustrato pasteurizado y enfriado a temperaturas menores de 30 °C, se mezcla de forma homogénea con la semilla (2-5% del peso húmedo del sustrato). Si el sustrato está muy caliente al momento de la siembra el micelio puede morir; mientras que si se siembra con sustrato frío se retrasa el crecimiento de *Pleurotus*. En el interior de fundas de polietileno, de alta densidad, se intercala capas alternas de sustrato y semilla en forma medianamente compactada. Una siembra adecuada debe tener buena distribución de la semilla en el sustrato, de esta forma, se logra una rápida y pareja colonización. (Gaitán *et al.*, 2006; Michel *et al.*, 2010)

La cantidad de semilla para la siembra puede variar entre 0,8 y 15% del peso húmedo del sustrato y no afectar el rendimiento de *Pleurotus ostreatus*. El valor adecuado depende de la cepa, del inóculo y del sustrato utilizado. A menor cantidad de inóculo, se reducirá el costo de producción, pero aumentará el tiempo

de colonización y el riesgo de contaminación. (Ardón, 2004)

Para algunos sustratos; tales como, aserrín y paja de cereales, una forma muy sencilla de verificar si el sustrato contiene la humedad adecuada es a través de la “prueba de la palma de la mano”, la cual, consiste en tomar un puñado del sustrato y apretar fuertemente, si caen pocas gotas por gravedad la humedad está correcta. Es muy importante en la siembra, controlar que la humedad del sustrato sea adecuada y homogénea, debido a que, si el sustrato es muy húmedo, podría impedir el libre flujo de aire y ser propenso a contaminantes; y, si por el contrario, el sustrato está muy seco se inhibe el crecimiento micelial y disminuye la producción. (Kwon *et al.*, 2005)

Una vez llenas las fundas, se procede a perforarlas con la ayuda de una herramienta punzante desinfectada, para permitir un buen intercambio gaseoso al sustrato y una adecuada respiración del hongo. Estas perforaciones se realizan en todas las paredes de la funda y después de 1 a 2 días de sembradas, estas son pinchadas en la base para permitir la salida del agua acumulada. Con lo cual, se evita condiciones de anaerobiosis que provocan una fermentación láctica que inhibe el crecimiento de *Pleurotus*. (France *et al.*, 2000; Michel *et al.*, 2010)

La cantidad de semilla que se utiliza en algunos sustratos húmedos se encuentra identificada en la tabla 4.

Tabla 4. Peso de semilla para diversos sustratos húmedos

Sustrato	Peso seco (g)	Peso húmedo (g)	% Semilla	Peso semilla (g)
Paja de cebada	200	638	5	32
Bagazo de caña	200	1000	5	50
Aserrín de pino	400	1100	5	55
Aserrín maderas	400	1500	5	75

Silva, 2005

1.3.1.4. Colonización o incubación

La colonización o incubación consiste en proporcionar al hongo las condiciones óptimas para que invada el sustrato lo más rápido posible. Estas condiciones son de 25 a 28 °C de temperatura (esto puede variar según las cepas de *Pleurotus*), humedad, oscuridad y bajo intercambio gaseoso. (Flores y Arias, 2006).

El bajo intercambio gaseoso permite que se acumule CO₂, producto de la respiración y crecimiento del hongo. Esto ayuda a la eliminación de contaminantes que no toleran dichas condiciones. El micelio del hongo ostra tiene un máximo crecimiento cuando existe un 28% de CO₂, según De León (2010).

La incubación termina cuando el sustrato se encuentra completamente colonizado por el micelio, lo cual, se nota por el color blanco que adquiere. Este proceso puede durar, en condiciones óptimas, unas 4 semanas. (Guarín y Ramírez, 2004)

1.3.1.5. Inducción

La inducción consiste en la aparición de los primeros botones, llamados primordios, que son del tamaño de un alfiler. Aproximadamente de 10 a 14 días después de la inoculación aparecen estos primordios. (De León, 2010)

Si la siembra se realiza en dos fundas, la funda más externa se retira y la masa colonizada se cuelga. Existen muchas formas para realizar las “cuelgas”, las más utilizadas son colocar las fundas en un estante de varios niveles, enganchar o colgar las fundas, esta técnica consiste, en sujetar las fundas con la ayuda de una cuerda amarrada en el cielo de la sala de producción y clavar las fundas en palos verticales fijos al suelo a manera de pinchos. (Fernández, 2004)

En esta etapa, se cambia bruscamente el ambiente de crecimiento del hongo, mediante una disminución de la temperatura (10 a 15 °C), la presencia de ciclos de 12 horas de luz y 12 de oscuridad, y el aumento del intercambio gaseoso, para

lo cual se puede abrir las puertas de entrada y ventanas. (Kong 2005, Michel *et al.*, 2010)

1.3.1.6. Producción

En esta etapa, se producen los sombreros, también llamados carpóforos, basidiocarpos, callampas o pileos. Los sombreros nacen en ramilletes de varios ejemplares, se desarrollan de 4 a 6 días desde que se observan los primeros botones, según De León (2010).

En la producción de los cuerpos fructíferos, es importante que la humedad ambiental se mantenga entre 80 y 90%, si la humedad baja de 80% los sombreros se deshidratan y los bordes se parten, lo que afecta la calidad del producto; pero, si por el contrario, la humedad es excesiva pueden atacar bacterias y los hongos se vuelven blandos, aguados y amarillentos. Para contar con una humedad adecuada, se puede realizar riegos en las paredes y los pisos de la sala; además, mojar los sustratos con agua limpia y libre de cloro, suministrada de forma suave para que los hongos no sufran ningún daño. (Flores y Arias, 2006; Michel *et al.*, 2010)

La temperatura recomendada en esta etapa es de 10-18 °C, este parámetro, influye en el color del carpóforo, a bajas temperaturas se producen hongos de color oscuro, mientras que, a temperaturas mayores dentro del rango de la temperatura óptima, los carpóforos son más claros. (Kong, 2005)

1.3.1.7. Cosecha

La cosecha se realiza en forma manual, los sombreros se cortan desde la base del pie, con cuchillos bien afilados para evitar remover el sustrato. El sombrero del hongo debe estar bien desarrollado, tener una consistencia compacta y estar totalmente extendido, sin el margen enrollado hacia arriba. (Ardón, 2004)

En la cosecha se debe mantener una temperatura de 12-14 °C y una humedad ambiental de un 85%. (Vedder, 1996)

Se debe tener presente que los hongos se producen en oleadas, por lo que el sustrato no debe ser maltratado para la próxima cosecha. La primera cosecha puede durar de 1 a 3 días, luego de lo cual, los sustratos nuevamente se humedecen y se mantienen en las condiciones descritas en el proceso de inducción. Así, se vuelve a producir una segunda oleada después de 7 a 14 días. Se puede esperar de 2 a 4 oleadas de hongos, pero la producción de cada una de ellas es cada vez menor. Las más importantes son las dos primeras, debido a que en estas oleadas se producen el 90% de las fructificaciones. (Gaitán *et al.*, 2006)

Un sistema productivo bien manejado puede llegar a producciones que corresponden a un 25% del peso del sustrato húmedo. (Ardón, 2007)

1.3.2. CULTIVO EN BANDEJAS

El proceso de cultivo en bandejas consta de los mismos pasos que en el caso del cultivo en fundas, pero se diferencia en la siembra.

La siembra consiste en llenar las bandejas con el sustrato y el inóculo del hongo por capas y compactar el sustrato, de esta manera, se obtiene un crecimiento uniforme en toda el área de la bandeja. La bandeja o caja se forra previamente con una lámina de plástico, la misma que permita envolver totalmente al sustrato, esta debe ser retirada en la etapa de fructificación. El plástico mantiene hidratado el sustrato y lo protege contra las contaminaciones. (Vedder, 1996)

1.3.3. CULTIVO EN BOTELLAS

El cultivo se realiza en botellas de polipropileno, las mismas que son resistentes al calor, autoclavables, reusables y fáciles de manejar. (Kwon *et al.*, 2005)

Este método es utilizado cuando el sustrato es aserrín, granos gastados y cáscaras de granos. Los japoneses crearon este tipo de cultivo para automatizar la producción del hongo ostra, con lo cual, se ahorra una gran cantidad de trabajo y se genera buenos rendimientos, pero, los costos de la implementación son altos. (Kwon *et al.*, 2005)

Este método incluye las etapas de preparación del sustrato, embotellado, esterilización, enfriamiento e inoculación, colonización, fructificación y vaciado. (Kwon *et al.*, 2005)

1.3.3.1. Preparación del sustrato

El aserrín debe ser maduro, pero no demasiado viejo, porque puede contener bacterias resistentes al calor o sustancias que inhiben el crecimiento del micelio. Se puede realizar una formulación de sustrato con cuatro partes de aserrín y una parte de suplementos para mejorar el valor nutricional del material y promover el crecimiento del micelio. (Kwon *et al.*, 2005)

1.3.3.2. Embotellado

Para el embotellado, se utiliza una llenadora automática, la cual, llena las botellas con una cantidad prefijada de mezcla, compacta el sustrato y perfora el sustrato compactado en forma de agujeros verticales, Estos agujeros permiten una distribución uniforme de la semilla hasta el fondo, lo que permite una colonización rápida y homogénea. (Kwon *et al.*, 2005)

1.3.3.3. Esterilización

En la esterilización de las botellas, se utiliza un autoclave con vapor a 15 psi y 121 °C por 60 a 90 minutos, las mismas que, deben enfriarse dentro del autoclave

o en un cuarto de pre-enfriamiento, para evitar que las botellas se condensen. (Kwon *et al.*, 2005)

1.3.3.4. Enfriamiento e inoculación

Las botellas esterilizadas se deben enfriar a 20 °C en el cuarto de enfriamiento. Cuando están listas para inocular se pasan del cuarto de enfriamiento al cuarto de inoculación, donde una máquina inoculadora automática deposita la semilla. (Kwon *et al.*, 2005)

1.3.3.5. Colonización y fructificación

En estas dos etapas se debe contar con una cámara de incubación y otra de fructificación, donde las condiciones ambientales son controladas. Los parámetros de crecimiento en la colonización y fructificación, son los mismos que, en el cultivo en bolsas. (Kwon *et al.*, 2005)

1.3.3.6. Vaciado

Después de la cosecha, las botellas se colocan en la máquina de vaciado, la cual, retira el sustrato y lava las botellas con aire y agua. (Kwon *et al.*, 2005)

1.4. PROBLEMAS DEL CULTIVO

El cultivo del hongo ostra es susceptible a plagas (pestes) y enfermedades, estas pueden causar serios problemas en el cultivo de hongos, como reducir el rendimiento o depreciar la calidad del producto. Los contaminantes pueden presentarse en cualquier fase del ciclo de cultivo, sin embargo; la mayor parte aparecen, por lo general, en la fase de incubación, debido a una inadecuada

pasteurización del sustrato, al mal manejo del mismo o a la falta de higiene en el momento de la siembra. (Ardón, 2007; Gaitán *et al.*, 2006)

Las investigaciones realizadas por Cha (2005) y Fernández (2004) señalan otras razones para que se presenten plagas y enfermedades en el cultivo, estas son las siguientes:

- Condiciones ambientales inapropiadas, tales como humedad y temperatura altas favorecen a la proliferación de patógenos y plagas.
- Uso excesivo de químicos para el control de plagas y enfermedades.
- Instalaciones del cultivo inadecuadas para el control medioambiental.
- Insuficiente limpieza dentro y fuera de la planta.





1.4.1. PESTES O PLAGAS



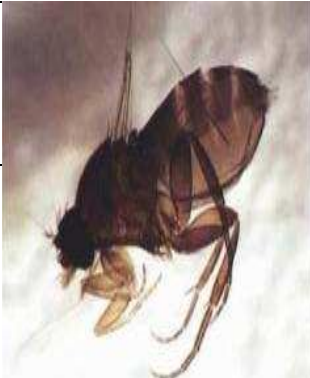

El cultivo de hongos ostra, otorga condiciones muy favorables para las plagas, con suficientes nutrientes, temperaturas y humedades altas. Se conocen cinco tipos de moscas y dos tipos de ácaros como las plagas más comunes del hongo ostra. (Cha, 2005)

1.4.1.1. Moscas

Las principales moscas que atacan al cultivo de hongos ostra se indican en la Tabla 5, estas son: Sciáridos (*Lycoriella mali*), Scaptósidos (*Coboldia Fuscipes*), Cécidos (*Mycophila sp.*), Fóridos (*Megaselia tamiladvensis*), Micetófilos (*Mycetophila sp.*). (Cha, 2005)

Tabla 5. Moscas del cultivo de hongos ostra

Sciáridos (<i>Lycoriella mali</i>)		
Adultos	<p>Miden 2 mm con antenas largas y firmes. Transmiten enfermedades y ácaros. Las hembras adultas ponen de 100 a 130 huevos. Los huevos eclosionan después de 4-5 días, a 20 °C. El crecimiento y desarrollo de la mosca se retrasa cuando las temperaturas son inferiores a 15 °C o superiores a 30 °C.</p>	
Larvas	<p>Miden 6-12 mm de largo, con una cabeza negra característica. Se alimentan del micelio, primordio y de las fructificaciones.</p>	
Scaptósidos (<i>Coboldia fuscipes</i>)		
Adultos	<p>Trasmiten ácaros y otras enfermedades.</p>	
Larvas	<p>Se alimentan del micelio y pudren el sustrato. El crecimiento y desarrollo larval es rápido a temperaturas mayores a los 25 °C; pero, se retarda mucho cuando las temperaturas están por debajo de los 20 °C.</p>	

Cécidos <i>(Mycophila sp.)</i>		
Adultos	Miden menos de 1mm, por lo que resulta difícil verlos dentro del cuarto del cultivo.	
Larvas	Tienen de 1-3 mm de largo y absorben nutrientes de la hifa y también atacan los tallos y sombreros de los hongos. Cada larva libera 14-20 larvas hijas, cada 6 días. Con un gran número de larvas naranjas las camas o bolsas se vuelven de color naranja. Transmiten bacterias que causan enfermedades.	
Fóridos <i>(Megaselia tamiladvensis)</i>		
Adultos	Miden de 2-4 mm. Se mueven rápidamente mediante saltos en el sustrato.	
Larvas	Tienen de 4-6 mm de largo con un cuerpo largo y transparente, no tienen una cabeza negra distintiva. Se alimentan del micelio y hacen huecos en los carpóforos.	
Micetófilos <i>(Mycetophila sp.)</i>		
Adultos	Son grandes y amarillentos.	
Larvas	Miden entre 15-20 mm de largo y son marrón agrisadas. Construyen capullos hilados sobre los sustratos u hongos. Los carpóforos se tornan marrones y detienen su crecimiento. Las larvas también causan grandes huecos en los tallos.	

1.4.1.2. Ácaros

Los ácaros corresponden a la clase Arachnida. Los más dañinos para los hongos son *Histiostoma sp.* y *Tarsonemus sp.*, estos, son pequeños e invisibles a simple vista. Los ácaros se alimentan del micelio y de los carpóforos, afectan la producción y reducen la calidad de los hongos. Los ácaros transportan patógenos y nemátodos, algunas veces causan ronchas y picazón entre los cultivadores. (Cha, 2005)

En la Figura 5 se indica la fotografía de un ácaro.



Figura 5. Ácaro

(Cha, 2005)

1.4.2. ENFERMEDADES

Las enfermedades que se presentan en el cultivo de hongos ostra son causadas por hongos (mohos), bacterias, levaduras y virus. Favorecen a la proliferación de estos contaminantes las temperaturas y humedades altas en el ambiente y en el

sustrato, luz directa, escasa ventilación y sustrato mal pasteurizado. Los hongos aparecen en el cultivo en forma de manchas verdes, amarillentas, negras y anaranjadas, invaden el sustrato e impiden el crecimiento micelial de las setas. (Gaitán *et al.*, 2006)

1.4.2.1. Enfermedad del moho verde

Los hongos pertenecientes a los géneros *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus* y *Gliocladium*, son los llamados hongos verdes, por poseer esporas de color verde y producir la enfermedad del moho verde. Las hifas de estos hongos son blancas y difíciles de distinguir del micelio de *Pleurotus* en las bolsas o camas de cultivo, sin embargo; el hongo del moho verde forma un micelio más denso y una hifa más aérea que el hongo ostra. El color verde aparece cuando el patógeno produce las esporas (conidiosporas) en las hifas aéreas. Las hifas del hongo cultivado detienen su crecimiento alrededor del parche verde y se cubren gradualmente con el moho verde. (Ardón, 2007; Cha, 2005)

Trichoderma, son los hongos más dañinos del cultivo de *Pleurotus ostreatus*, debido a su elevada tasa de crecimiento y su capacidad para funcionar como saprófito o parásito, es el único hongo verde que puede descomponer la celulosa del sustrato y no depende solamente de los nutrientes solubles fácilmente disponibles, según Michel (2010). Este hongo crece y se desarrolla en pH de 4-5, para evitar su aparición se debe ajustar el pH del sustrato a valores de 7,5 o superiores. (Ardón, 2007)

La Figura 6 indica la fotografía de una muestra contaminada por *Trichoderma*.



Figura 6. Muestra contaminada por *Trichoderma*
(Gaitán *et al.*, 2006)

1.4.2.2. *Coprinus spp.*

Es un hongo competidor que crece sobre sustratos suplementados con compuestos orgánicos ricos en nitrógeno. Las esporas de este hongo son de color negro. (Michel *et al.*, 2010)

En la Figura 7 se puede ver una muestra contaminada por *Coprinus*.



Figura 7. Muestra contaminada por *Coprinus*
(Gaitán *et al.*, 2006)

1.4.2.3. Telaraña (*Dactylium dandroides*)

Este hongo cubre el sustrato con un moho blanquesino, que al inicio es ralo y luego denso y harinoso. Las setas contaminadas se vuelven blandas, amarillento-parduscas y se acelera su descomposición. Puede atacar a los carpóforos recolectados. Las zonas afectadas se deben cubrir con cal viva en polvo, sal, formalina 2% o soluciones de benomyl. (Ardón, 2007)

1.4.2.4. Mancha parda (*Pseudomonas tolaasii*)

Son bacterias que se propagan a través del agua, de insectos o utensilios sucios. En los carpóforos de los hongos, aparecen zonas de color amarillo, anaranjado o café, las mismas que se pudren con rapidez y producen un olor desagradable. (Gaitán *et al.*, 2006)

En la Figura 8 se muestra una seta contaminada por la bacteria *Pseudomonas tolaasii*.



Figura 8. Seta contaminada por la bacteria *Pseudomonas tolaasii*
(Michel *et al.*, 2010)

1.4.3. MANEJO DE PESTES Y ENFERMEDADES

Los métodos preventivos, como el saneamiento y la higiene estricta, son los controles más eficaces de las enfermedades y plagas. Las investigaciones realizadas por Cha (2005) y Fernández (2004) señalan que las prácticas más comunes para evitar estos contaminantes son las siguientes:

- Mantener una limpieza extrema dentro y fuera de la planta.
- Mantener puertas cerradas y evitar cualquier práctica que exponga a los sustratos a plagas o enfermedades, durante su inoculación.
- Impedir la entrada de moscas a los cuartos de cultivo de hongos, mediante la instalación de trampas para moscas, telas de mosquitero en las ventanas y las puertas.
- Inspeccionar las bolsas y camas, cuidadosamente, para la detección temprana de plagas y enfermedades.
- Desinfectar las herramientas y materiales con cloro y/o alcohol.
- Pasteurizar o esterilizar completamente los sustratos del cultivo.

- No usar semilla o inóculo contaminado
- Usar ropa y zapatos limpios, además lavarse las manos antes de entrar a las instalaciones de cultivo, y usar guantes de plástico en algunas labores.
- Mantener los suelos limpios. No descargar residuos cerca de las instalaciones del cultivo ya que pueden atraer moscas.
- Colocar tapetes sanitarios en las entradas de los cuartos de cultivo.
- Limpiar las bolsas o camas de cualquier resto de hongos, inmediatamente luego de la cosecha.
- Limpiar y desinfectar los cuartos de cultivo antes de un nuevo ciclo.
- Si se detecta la presencia de moho verde rociar o mojar la mancha con una solución de 500 ppm de Sporgon (complejo prochloraz-manganeso; 50%).
- Utilizar agentes de control como el fungicida benomyl y thiabendazole para la enfermedad del moho verde.

1.5. TIPOS DE SUSTRATOS

Los sustratos que se usen para realizar el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*, deben poseer características como son: buena disponibilidad en cantidad y continuidad, buen conocimiento de sus características físico-químicas, localización fácil y cercana, facilidad de transporte y manejo, además; de un precio ventajoso de adquisición. (Flores y Arias, 2006)

1.5.1. BAGAZO DE CAÑA

El bagazo de caña de azúcar es un residuo leñoso, fibroso, heterogéneo en cuanto a su composición granulométrica y estructural, que se obtiene del proceso de molienda de la caña. Presenta baja densidad y en estado fresco un alto contenido de humedad. (Merencio, 2003)

Anteriormente, este residuo se distribuía gratuitamente; sin embargo, en la actualidad las industrias azucareras usan el bagazo de caña como combustible

para generar electricidad; además, también se emplea en la industria del papel y fibras, por la celulosa que contiene. Por estos motivos los cultivadores de hongos deben pagar para adquirir este subproducto agroindustrial. (Taurachand, 2005)

El bagazo de caña de azúcar contiene agua (49%), fibra (48%) y sólidos solubles (2,3%). La fibra consiste principalmente en celulosa (48%) y lignina (14,3%); además, su pH es de 6,1 y su nitrógeno total está en 1,23%. Los sólidos solubles se refiere a los azúcares celulósicos, principalmente sacarosa que provee energía al hongo ostra. (Taurachand, 2005)

1.5.2. PAJA DE CEREALES

La paja o tamo está formado por el tallo del cereal, una caña hueca con 6 nudos que se alargan hacia la parte superior, su tamaño va de 0,5 a 2 m. (García, 2009)

La paja es un subproducto agrícola, el cual, se produce masivamente y debido a que es una mercancía de bajo valor comercial, se quema en grandes cantidades. La paja de cereales contiene un 75% de carbohidratos, la mayor parte en forma de celulosa, el porcentaje de lignina es bajo. (Wainwright, 1995)

La paja de trigo contiene entre 28-42% de celulosa, 23-38% de hemicelulosa y de 12-21% de lignina, según Baena (2005). En este sustrato, la cal hidratada puede actuar como agente antibacteriano y matar todos los microorganismos competidores del cultivo del hongo ostra, según Khan (2005).

1.5.3. ASERRÍN

El aserrín contiene 54% de celulosa, 29% lignina, los carbohidratos totales son del 49% y el nitrógeno total es del 0,1%. La proporción C: N es de 491:1. (Choi, 2005) Para realizar el cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre aserrín, se debe utilizar aserrín de maderas duras como caoba o narra, ya que, las especies de madera

dura contienen mayor cantidad de nutrientes como celulosa y lignina que pueden ser usados por los hongos que las maderas blandas, por lo que, los rendimientos serán más altos según Custodio (2005). Además, el aserrín de la mayoría de las maderas blandas contiene compuestos de resina fenólica. Para que este aserrín sea un sustrato posible para el cultivo de hongos ostra, se debe eliminar previamente los compuestos fenólicos. (Kwon, 2005)

1.5.4. TRONCOS CORTADOS

Los árboles más utilizados para el cultivo de hongos ostra son, los de hoja ancha (maderas duras) como los álamos, los sauces, los olmos y los alisos. No es recomendable el uso de especies de árboles de hoja tipo aguja (maderas blandas) como pinos o eucaliptos, debido a que contienen compuestos de resina fenólica, lo cual, deja un gusto desagradable en los hongos. (Kwon, 2005)

En estos sustratos se utilizan tarugos como semilla, los cuales deben ser de la misma especie del árbol a inocular, según France *et al* (2000). Se inocula el micelio en orificios o en la superficie del corte de troncos de maderas duras, de dimensiones menores a 50 cm. Estos troncos, se dejan algunos meses en una zanja cubierta, hasta cuando el micelio haya invadido, luego en otoño, se retiran y se colocan en sitios húmedos con la base un poco enterrada. (Barbado, 2004)

La producción de setas se realiza en otoño y dura pocos años, el rendimiento promedio está entre 100 y 150 kg por m³ de madera. El cultivo sobre este sustrato no necesita instalaciones complejas, sin embargo; luego del corte de árboles, se debe realizar una reforestación de la masa forestal. (Ceballos, 2007)

1.5.5. TOCONES DE MADERA

Después de talar los árboles, se espera algunos meses, para realizar la siembra del micelio en el tocón. Este procedimiento se puede hacer de dos formas: la primera es agujerear diversos puntos del tocón con un taladro y rellenar con

micelio; la segunda forma, es cortar una rodaja del tocón con una motosierra, cubrir la superficie nueva con micelio, tapar con la rodaja de madera cortada y sujetar con clavos. Para las dos formas es necesario proteger la siembra con papel engomado opaco. (Ceballos, 2007)

Los tocones más adecuados para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* son los de álamos, hayas, nogales, sauces, moreras y robles. La ventaja de esta técnica es que facilita la eliminación del tocón, debido a que, el propio hongo se encarga de atacar la madera y en pocos años la deja blanda. (Barbado, 2004)

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. LOCALIZACIÓN

2.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La hacienda “El Pegujal” se encuentra en la latitud $0^{\circ}23'36.70''S$ y longitud $78^{\circ}33'22.43''W$, en Tambillo, barrio El Belén, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha. Tiene una extensión de 9 ha. En la siguiente foto satelital que se muestra en la Figura 9, se observa la ubicación del camino de acceso desde la población de Tambillo hasta la hacienda.

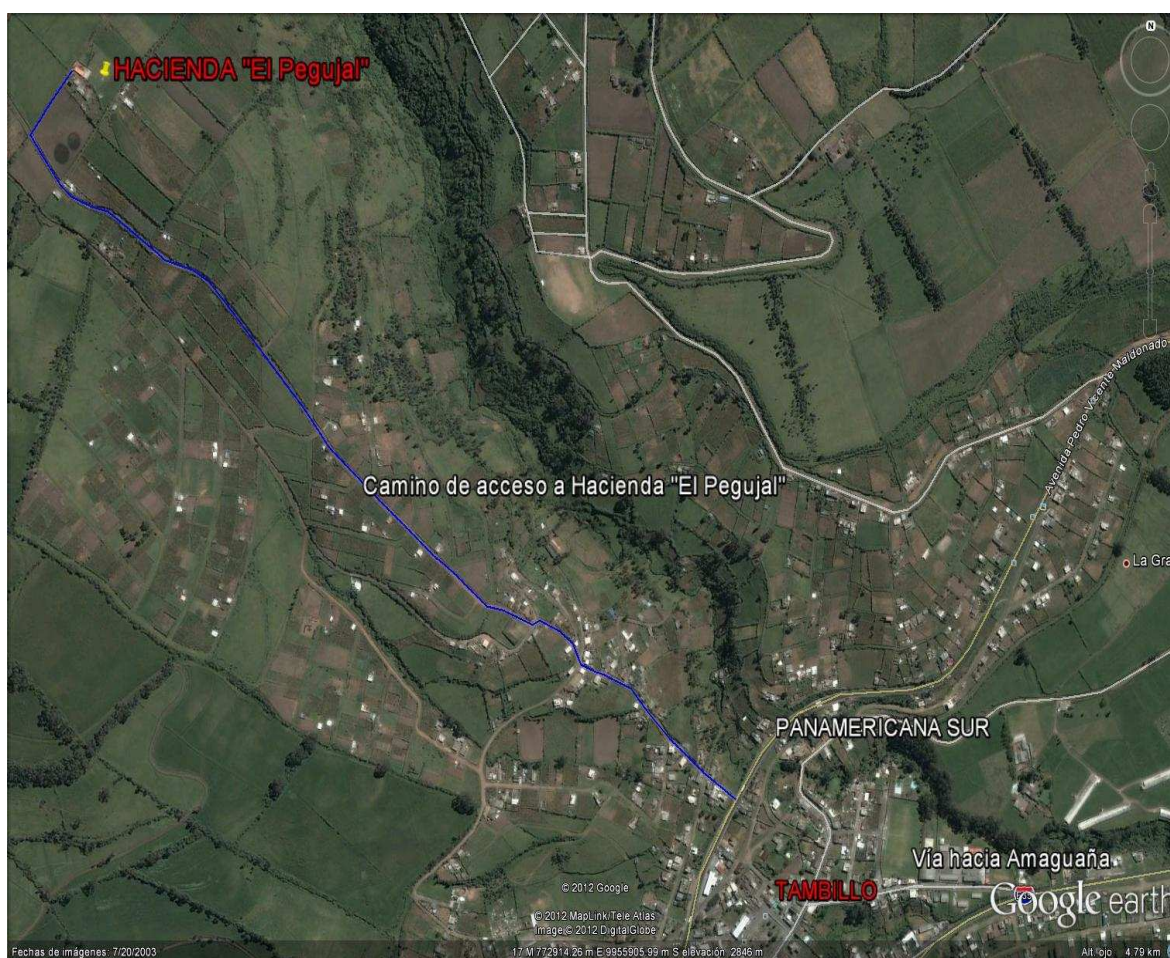


Figura 9. Foto satelital de la hacienda El Pegujal
(Google Earth, 2012)

2.1.2. SITUACIÓN METEOROLÓGICA

La situación meteorológica del sector de Tambillo se encuentra descrita en la Tabla 6.

Tabla 6. Situación climatológica del sector de Tambillo

Item	Características
Clima	Frío, lluvioso
Meses de mayor precipitación	febrero, marzo, noviembre y diciembre
Precipitación promedio	173,1 mL al mes
Temperatura	12 °C
Humedad relativa	70-80 %
Nubosidad media	6 octas

INAMHI, 2011

Entre los años 2007 y 2010, la situación climatológica de la zona no ha variado en gran escala, a pesar de los cambios climáticos que se han presentado a causa de la contaminación que provoca el incremento del efecto invernadero y la destrucción de la capa de ozono. Sin embargo, en esta región, las épocas lluviosa y seca aún mantienen su período de duración similar a la de años anteriores. (INAMHI, 2011)

2.2. MATERIALES

Los materiales usados en el estudio (Anexo I) se indican en la Tabla 7.

Tabla 7. Materiales usados en el estudio

Item	Lugar de adquisición
Semilla del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> cepa 125	Ambato-Ecuador
Paja de trigo	Zona Sur-occidente de la ciudad de Quito
Bagazo de caña	Hacienda "El Pegujal"
Pasto (mezcla forrajera)	Hacienda "El Pegujal"
Aserrín	Aserraderos cercanos a Tambillo
Fundas de polietileno transparente de 25 cm de ancho por 38 cm de largo (10" por 15")	Distribuidora Guimsa
Fundas negras de 32 cm de diámetro por 40 cm de largo	Distribuidora Guimsa
Fungicida benomil BENOPAC WP	Comercial Agripac
Hidróxido de calcio Ca (OH) ₂	Casa comercial Merck
Termómetro para líquidos	Coldchain Cia.Ltda.
Termo higrómetro electrónico marca LCD	Coldchain Cia.Ltda.
Termómetro de máxima y mínima HAUT TOP-OBEN	Veterinaria Tambillo
Balanza analítica marca CAMRY EK3252	Electrodomésticos JR
Recipientes de aluminio de 30 L de capacidad	Hacienda "El Pegujal"
Quemador	Hacienda "El Pegujal"
Gas doméstico de 15 kg	Distribuidor de gas de Tambillo
Focos infrarrojos de 100 watts	Ferrisariato

2.3. ADECUACIÓN DE LAS CÁMARAS EXPERIMENTALES

2.3.1. REQUISITOS

Para efectuar el cultivo del hongo ostra en los sustratos de estudio se procedió a realizar la adecuación de las cámaras experimentales en dos áreas de la hacienda El Pegujal.

En la cámara de crecimiento o incubación (etapa de colonización) se aplicó el método de cultivo en estanterías, mientras que en la cámara de fructificación

(etapas de inducción y producción), se utilizó el método de cuelgas, que consiste en sujetar las fundas con la ayuda de una cuerda amarrada en el cielo de la sala de producción.

Para la cámara de crecimiento se construyó una estantería de 2 niveles de hierro y malla metálica para permitir la circulación del aire, las medidas fueron de 1,60 m de largo por 0,60 m de ancho por 1,50 m de alto. El primer piso o nivel de la estantería a 60 cm del nivel del suelo, y el segundo nivel con una separación de 40 cm, en estos niveles se acomodaron las fundas que contenían el sustrato; se colocaron focos infrarrojos que proveerían de calor; la estantería fue forrada con plástico negro de invernadero para que conserve mejor la temperatura.

En la Figura 10 se muestra la cámara de incubación.



Figura 10. Cámara de incubación (colonización)

La cámara de fructificación (inducción y producción) se instaló en un área de 6 m², cuyas dimensiones fueron de 3 m de largo por 2 m de ancho y por 3 m de alto.

Esta cámara se limpió y desinfectó con una solución de creolina, se colocó malla plástica de tamiz pequeño en ventanas y en la puerta para impedir el ingreso de moscas que contaminen el cultivo. Las fundas con el cultivo se sujetaron en cuerdas que colgaban del techo de la cámara, cada cuerda estaba a una distancia de 30 cm para permitir el paso del aire y el crecimiento de los hongos.

En la Figura 11 se muestra la cámara de fructificación.



Figura 11. Cámara de fructificación

En estas cámaras experimentales se registraron diariamente la temperatura y la humedad durante la producción del hongo ostra.

2.3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Las características del experimento se indican en la Tabla 8.

Tabla 8. Características del experimento

Características	Cantidad
Factor de estudio	1
Tratamientos	4
Repeticiones (ciclos de cultivo)	3
Paralelas	8 en cada ciclo
Oleadas o cosechas	2 en cada ciclo
Unidades experimentales	32 en cada ciclo
Peso unidad experimental	1,040 kg aproximadamente

El factor de estudio corresponde a tipos de sustratos y los tratamientos son los cuatro sustratos basados en desechos agroindustriales que se identifican con el código “a”.

Tratamientos:

- a₁ Bagazo de caña
- a₂ Paja de trigo
- a₃ Aserrín
- a₄ Mezcla forrajera (Pasto)

Para el diseño experimental se utilizó el de bloques completos al azar (BCA), en donde se aplicaron cuatro tratamientos (sustratos) con 3 repeticiones, para encontrar el sustrato con mejor rendimiento para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*, es decir, aquel que promoviera mayor crecimiento de éste, considerando el tamaño de los carpóforos y su eficiencia biológica.

Para el análisis estadístico se realizó un análisis de varianza de un solo factor (ANOVA) para comparar si los valores obtenidos en cada uno de los sustratos utilizados son significativamente distintos entre ellos. Así, el análisis de varianza se utilizó para asociar una probabilidad (P. value) a la conclusión de que la media de un grupo de valores es distinta de la media de otro grupo de valores con un nivel de significancia del 95%.

Planteamiento de hipótesis:

Ho= Hipótesis nula. Todos los tratamientos son iguales.

Hi= Hipótesis alternativa. Al menos dos de los tratamientos son diferentes.

Para determinar si los tratamientos corresponden a un solo grupo homogéneo o si por el contrario los tratamientos son diferentes, se compararon cada uno de los sustratos analizados mediante la prueba de rangos múltiples de Tukey con un nivel de significancia del 95%, para esto se utilizó el programa Statgraphics centurion versión XVI.

2.4. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LOS SUSTRATOS

Los sustratos pasteurizados, fueron enviados al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) para ser analizados, con el fin de determinar: el porcentaje de humedad, el potencial hidrógeno (pH), el porcentaje de lignina, la celulosa y la hemicelulosa. Se determinó la humedad de los cuatro sustratos evaluados mediante el método MO-LSAIA-01.01, basado en el método de referencia de la Universidad de Florida 1970, por diferencia de pesos (Anexo II). El porcentaje de celulosa se determinó por el método MO-LSAIA-02, basado en el método de referencia de la Universidad de Florida 1970 (Anexo III). Para establecer el porcentaje de lignina se utilizó el método MO-LSAIA-04, basado en el método de referencia de la Universidad de Florida 1970 (Anexo XIV).

2.5. ETAPAS DE PRODUCCIÓN

Las etapas de producción para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* se indican en la Figura 12. El cultivo del hongo ostra con el sustrato bagazo de caña de azúcar se muestra en el Anexo V, con el sustrato paja de trigo se indica en el Anexo VI, su cultivo con el sustrato aserrín se observa en el Anexo VII y con el sustrato mezcla forrajera se muestra en el Anexo VIII.

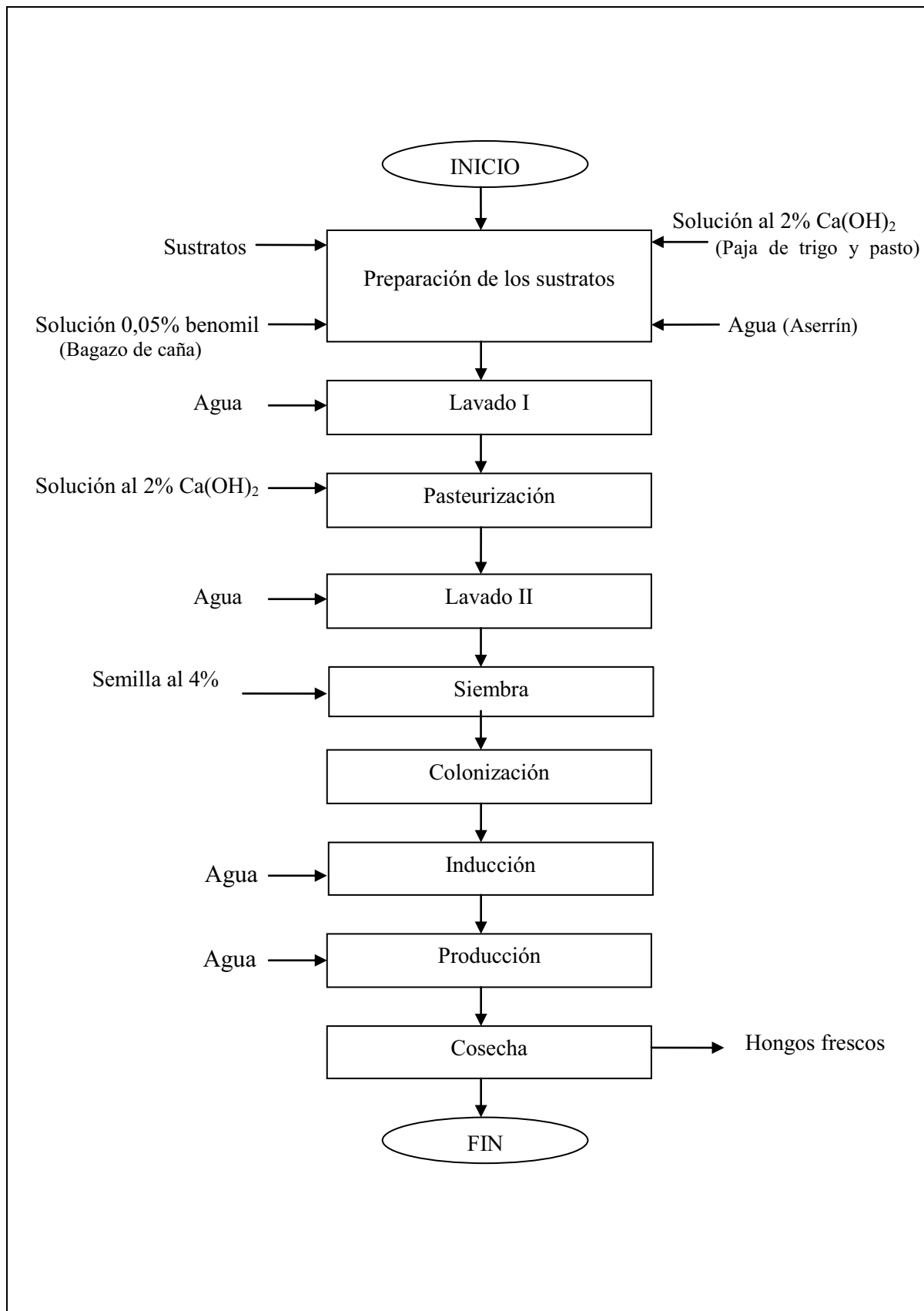


FIGURA 12. Diagrama de flujo de la producción del hongo ostra 125

2.5.1. PREPARACIÓN DEL SUSTRATO

- **TRATAMIENTO a₁: Sustrato bagazo de caña**

El desecho agroindustrial bagazo de caña se cortó en trozos de 5 a 10 cm de largo, luego se colocó 3,5 kg de este sustrato en 7,0 l de agua potable de una solución de benomil al 0,05% (7,0 l de agua y 3,5 g de fungicida benomil).

El sustrato se dejó por 3 días en este fungicida y 2 días posteriores en agua potable. El agua potable se cambió diariamente.

- **TRATAMIENTO a₂: Sustrato paja de trigo**

La paja de trigo se cortó en trozos de 5 a 10 cm de largo, luego se colocaron 2,1 kg de este sustrato en 8,4 l de agua potable de una solución de hidróxido de calcio al 2,0% (8,4 l de agua y 168,0 g de $\text{Ca}(\text{OH})_2$) y se dejó hidratar por una noche.

- **TRATAMIENTO a₃: Sustrato aserrín**

Se colocaron 2,4 kg de aserrín en 12,0 l de agua potable y se dejó hidratar por dos noches.

- **TRATAMIENTO a₄: Sustrato mezcla forrajera**

El pasto se cortó del campo y se dejó secar al sol por una semana para oxidar la clorofila, luego se cortaron 2,4 kg de pasto en trozos de 5 a 10 cm de largo y se colocaron en 8,9 l de agua potable en una solución de hidróxido de calcio al 2,0% (8,9 l de agua y 177,0 g de $\text{Ca}(\text{OH})_2$); y, se dejó hidratar por una noche.

2.5.2. PASTEURIZACIÓN

Después de preparar los sustratos, estos se pasteurizaron, por una hora en una solución de hidróxido de calcio al 2,0%. Para este tratamiento térmico se utilizaron recipientes de aluminio de 30,0 l de capacidad, un quemador, y un termómetro para líquidos. La temperatura de pasteurización fue de 91 °C.

Luego de la pasteurización todos los sustratos fueron enjuagados con agua potable, con el fin de eliminar todos los restos de cal. Para el drenado del agua se utilizó una zaranda desinfectada y se escurrió el sustrato manualmente para tener una mayor eliminación del agua.

2.5.3. SIEMBRA

Para cada tratamiento se prepararon 8 paralelas de 1040,0 g aproximadamente (Anexo IX), 1000,0 g de bagazo de caña húmedo y 40,0 g de semilla (4,0%). Un total de 32 unidades experimentales en cada ciclo de producción. Para la siembra de cada unidad experimental se utilizaron 3 fundas, las dos internas de polietileno transparente y la tercera funda exterior negra. La funda más interna de polietileno transparente se perforó con agujeros de aproximadamente 1,5 cm de diámetro, para facilitar el crecimiento de los carpóforos en la etapa de producción.

Cada funda o unidad experimental ocupó un área aproximada de 200,0 cm², debido a que la compactación del sustrato fue diferente en cada funda.

La siembra se realizó al voleo en una mesa de 2,20 m de largo por 1,50 m de ancho, limpia y previamente desinfectada con alcohol antiséptico al 70,0%. Se distribuyó uniformemente la semilla en el sustrato, para que los hongos aprovechen todos los nutrientes del medio y crezcan adecuadamente.

Se procedió a amarrar las fundas bien adheridas al sustrato, sin dejar aire en su interior, y se realizaron pequeños huecos en la base de la segunda funda de

polietileno transparente para que pueda drenar el agua.

Finalmente, se etiquetó la funda negra de cada unidad experimental, con cinta adhesiva.

2.5.4. COLONIZACIÓN

Las fundas con el sustrato se colocaron de forma aleatoria en la estantería de la cámara de incubación. En esta cámara se registró diariamente la temperatura y la humedad relativa (Anexo X), utilizando el termo higrómetro y el termómetro de máxima-mínima para controlar que humedad relativa se mantenga alrededor del 70% y que la temperatura ambiental no baje de 15 °C ni suba de 28 °C.

2.5.5. INDUCCIÓN

Una vez que estuvo invadido el micelio en el sustrato, se retiraron las fundas exteriores negras, y las fundas de polietileno se trasladaron a la cámara de fructificación donde las condiciones ambientales cambiaron drásticamente, las ventanas de la cámara se abrieron para permitir el paso de la luz y la aireación, además se mojaron las paredes, el piso y las fundas 2 veces al día, a horas fijas, 7h00 y 15h00 para obtener una humedad relativa entre 80-90%, para las paredes y el piso se utilizó un aspersor de mochila y se gastó aproximadamente 6,0 l/día de agua potable. El riego de las fundas se realizó con un aspersor de mano y se gastó aproximadamente 0,8 l/día de agua potable.

Las fundas negras y las fundas de polietileno transparente externas fueron retiradas para que el sustrato pueda recibir luz y un mayor intercambio gaseoso.

En esta etapa también se controló diariamente la humedad y temperatura de la cámara de fructificación (Anexo XI).

2.5.6. PRODUCCIÓN

En esta etapa se obtuvo de 4 a 6 días la producción de sombreros o carpóforos de los hongos. Se controló que la humedad ambiental de la cámara este entre el 80-90% y que el rango de la temperatura sea de 10-18 °C. El riego continuó diariamente como en la etapa anterior.

2.5.7. COSECHA

En todos los tratamientos, la recolección se hizo en forma manual cortando con una cuchilla estéril bien afilada los carpóforos o sombreros de los hongos, para no estropear su pie, con el fin de obtener la próxima cosecha. Luego se midieron y pesaron los carpóforos, con lo cual, se pudo conocer el diámetro y el peso en gramos del total de hongos cultivados de cada unidad experimental. Este procedimiento se realizó durante las dos cosechas estipuladas (Anexo XII).

Los sustratos de las fundas cultivadas se mantuvieron en la cámara de fructificación en condiciones de inducción y se esperó la segunda cosecha.

2.6. EFECTO DEL SUSTRATO EN EL CRECIMIENTO DEL HONGO

Las variables de estudio fueron:

- **Peso fresco de *Pleurotus ostreatus*.**- Para determinar el peso en fresco de los cuerpos fructíferos en gramos (g) a partir de los dos brotes en cada ciclo de cultivo, se utilizó una balanza analítica, en la cual se pesaron los carpóforos en fresco de los hongos de cada sustrato en los tres ciclos de producción, y se obtuvo el promedio de estos datos.
- **Tamaño de los carpóforos.**- Para determinar el tamaño de los carpóforos se

utilizó una regla, con la cual se midió el diámetro en centímetros (cm). La medida del tamaño de los carpóforos se obtuvo mediante un promedio de todos los hongos producidos en cada unidad experimental.

- **Porcentaje de eficiencia biológica.-** Para determinar el porcentaje de eficiencia biológica (% E.B) se utilizó la ecuación [1]: peso fresco en gramos (g) de hongos cosechados, sobre el peso en gramos del sustrato seco, por cien.

$$\% \text{ E.B} = \frac{\text{peso fresco hongo cosechado}}{\text{peso sustrato seco}} \times 100 \quad [1]$$

- **Rendimiento de producción.-** Para calcular el rendimiento de producción (R.P) se empleó la ecuación [2]: peso fresco en kilogramos (kg) de hongos, sobre el área ocupada por las bolsas.

$$\text{R.P} = \frac{\text{peso fresco hongo cosechado}}{\text{área (m}^2\text{) bolsas}} \quad [2]$$

2.7. RENDIMIENTO DE LOS SUSTRATOS

En cada ciclo de producción, los cuatro sustratos evaluados se midieron con una balanza analítica y se registró su peso seco y su peso húmedo en kilogramos, luego se utilizó la ecuación [3]: peso húmedo del sustrato dividido para su peso seco y se multiplicó por cien, con el fin de conocer su rendimiento.

$$\text{R.S} = \frac{\text{peso húmedo sustrato (kg)}}{\text{peso seco sustrato (kg)}} \times 100 \quad [3]$$

2.8. CARACTERIZACIÓN DEL HONGO OSTRA CULTIVADO

Los hongos ostra cosechados del sustrato bagazo de caña de azúcar, fueron enviados al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), para ser analizados con el fin de conocer los porcentajes de humedad, de cenizas, de extracto etéreo, de proteínas, de fibra y de extracto libre de nitrógeno. Se estableció el porcentaje de proteína, mediante el método MO-LSAIA-01.04, basado en el método kjeldahl, se determinó el nitrógeno para después calcularlo como porcentaje de proteína (Anexo XIII). Se determinó el porcentaje de cenizas, mediante el método MO-LSAIA-01.02 (Anexo XIV). Para determinar el porcentaje de extracto etéreo, se utilizó el método MO-LSAIA-01.03, por medio del método de extracción con éter (Anexo XV). La fibra del hongo ostra, se determinó mediante el método MO-LSAIA-01.05 (Anexo XVI).

2.9. ANÁLISIS DE INVERSIÓN Y COSTOS DE PRODUCCIÓN

Criterio.- Para determinar si el cultivo de *Pleurotus ostreatus* es económicamente rentable, se realizó un análisis económico para cinco años de una industria productora de hongos ostra, con un tamaño de producción de 12 t al año.

Un ciclo de cultivo se demora 2 meses, la producción se va a realizar mediante el método de cascada, es decir, se va a efectuar las siembras cada quince días, por lo que, se tendrán 24 siembras al año. Cada siembra producirá 500,0 kg de hongos ostra fresco. Esta cantidad de hongos ostra se decidió producir debido a que en el mercado de la ciudad de Quito, existe solo una marca de este producto que se comercializa en los principales supermercados, su oferta es muy limitada y, su distribución se realiza cada 3 meses en cantidades pequeñas; además por ser un producto gourmet tiene mercado en hoteles y restaurantes de la ciudad.

2.9.1. INVERSIÓN INICIAL: FIJA, DIFERIDA Y CAPITAL DE TRABAJO

Se determinó la inversión inicial, con el fin de conocer cuál debería ser la

adquisición de todos los activos fijos o tangibles, diferidos o intangibles y capital de trabajo o inversión líquida necesarios para iniciar las operaciones de la empresa. (Baca, 2006)

Dentro de los activos fijos se consideraron el activo fijo de producción (equipo), el activo de oficinas y ventas (maquinaria, mobiliario, vehículos de transporte y otros) y, el terreno y la obra civil. (Baca, 2006)

Para los activos diferidos se tomaron en cuenta: la planeación e integración del proyecto, el cual se calcula como el 3,0% de la inversión total (sin incluir activo diferido); la ingeniería del proyecto, que comprende la instalación y puesta en funcionamiento de todos los equipos, este se calcula como el 3,5 de la inversión en activos de producción; la supervisión del proyecto, como la verificación de precios de equipo, compra de equipo y materiales, verificación de traslado a planta, verificación de la instalación de los servicios contratados, etc, y se calcula como el 1,5 de la inversión total (sin incluir activo diferido); y la administración del proyecto, la cual incluye desde la construcción y el control de la obra civil e instalaciones, hasta la puesta en funcionamiento de la empresa y se calcula como el 0,5% de la inversión total. (Baca, 2006)

El capital de trabajo es la inversión adicional líquida que debe aportarse para que la empresa empiece a elaborar el producto. Se define como activo circulante menos pasivo circulante. El activo circulante se conforma de los rubros: valores e inversiones, inventario y cuentas por cobrar. El pasivo circulante se conforma de los rubros: sueldos y salarios, proveedores, impuestos e intereses. (Baca, 2006)

2.9.2. COSTOS DE OPERACIÓN DE LA EMPRESA

Para conocer los costos totales de operación de la empresa se tomaron en cuenta los costos de producción, los costos de administración y los costos de ventas. Los costos de producción se dividieron en costos fijos y costos variables, en los costos fijos se consideró el sueldo de los trabajadores de 2 empleados de planta y de 8 empleados eventuales, los trabajadores de planta con una jornada de 8 horas

diarias y de 240 días de trabajo al año, su sueldo mensual corresponderá al sueldo básico unificado (SBU) que para el 2 012 es de USD 292,00; mientras que, los trabajadores eventuales trabajaran 144 días al año con jornadas de 8 horas diarias, el sueldo para estos trabajadores, según el código de trabajo vigente es por horas, cada hora se pagará a USD 1,83.

Se determinó el punto de equilibrio o producción mínima económica, con la finalidad de conocer cuál es el nivel de producción donde los costos totales se igualan a los ingresos. Esta referencia indica el punto mínimo de producción al que debe operarse para no incurrir en pérdidas. (Baca, 2006)

Se realizó el análisis del estado de resultados o de pérdidas y ganancias, con la finalidad de calcular la utilidad neta y los flujos netos de efectivo (FNE) del proyecto durante los primeros cinco años de operación, que son, en forma general, el beneficio real de la operación de la planta. El estado de resultados se obtiene restando a los ingresos todos los costos en que incurra la planta y los impuestos que deba pagar. Además, con los flujos netos de efectivo del estado de resultados se determinó la tasa interna de rendimiento (TIR) y el valor actual neto (VAN), estos son los métodos de evaluación económica más usados para determinar si un proyecto es viable. (Baca, 2006)

Finalmente, se determinó la razón beneficio/costo para conocer la viabilidad de la empresa en términos relativos. La interpretación de tales resultados es en centavos de dólar por cada dólar que se ha gastado.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LOS SUSTRATOS

El porcentaje de humedad y potencial hidrógeno pH de los sustratos evaluados están indicados en la Tabla 9 (Anexo XVII).

Tabla 9. Porcentaje de humedad y pH de los sustratos

Sustrato	pH	Humedad (%)
Bagazo de caña	8,54	75,12
Paja de trigo	8,64	75,71
Aserrín	8,42	72,82
Pasto (mezcla forrajera)	8,87	75,55

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias – INIAP, 2009

Como se puede observar en la Tabla 9 el potencial hidrógeno (pH) de los sustratos fue de 8,54 en el sustrato bagazo de caña, 8,64 en el sustrato paja de trigo, 8,87 en el sustrato mezcla forrajera y 8,42 en el sustrato aserrín, estos datos reflejan la cantidad de hidróxido de calcio agregado a los sustratos. En todos los sustratos los valores de pH están excedidos, según Song (2005), quien afirma que para que el micelio del hongo crezca adecuadamente, el pH del sustrato debe estar entre 6 y 8. Para evitar obtener sustratos con pH muy altos se debe considerar enjuagar mejor los sustratos.

La menor humedad registrada fue de 72,82% del sustrato aserrín, el sustrato bagazo de caña tuvo una humedad de 75,12%, el 75,55% de humedad le perteneció al sustrato mezcla forrajera y la mayor humedad fue del sustrato paja de trigo con 75,71%. La humedad del sustrato aserrín está dentro de los límites teóricos, que debe ser del 70-75%, según Michel *et al.*, (2010), el resto de sustratos presentaron una mayor humedad que el rango permitido.

En la Tabla 10 se puede observar los porcentajes de lignina, celulosa y hemicelulosa de los sustratos evaluados (Anexo XVII).

Tabla 10. Porcentaje de lignina, celulosa y hemicelulosa de los sustratos

Sustrato	Lignina (%)	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)
Bagazo de caña	9,04	36,62	26,63
Paja de trigo	5,32	18,31	14,27
Aserrín	6,22	26,65	18,34
Pasto (mezcla forrajera)	2,19	8,09	9,76

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias – INIAP, 2009

Los datos de Tabla 10 indican, que el porcentaje de lignina de 9,04%, el de celulosa de 36,62% y el de hemicelulosa de 26,63% del sustrato bagazo de caña son mayores que el porcentaje de lignina, celulosa y hemicelulosa de los demás sustratos. Esto significa que el sustrato bagazo de caña cuenta con mayores nutrientes que el resto de los sustratos para que el hongo ostra se alimente y crezca de forma adecuada.

3.2. ANÁLISIS DEL PESO FRESCO DE *Pleurotus ostreatus* EN LOS TRATAMIENTOS

El peso fresco registrado es el promedio de los tres ciclos de cultivo por tratamiento.

Los datos del peso de *Pleurotus ostreatus* se encuentran indicados en la Tabla 11.

Tabla 11. Peso fresco (g) de *Pleurotus ostreatus* en los tratamientos

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			Total	Promedio
	Primer ciclo	Segundo ciclo	Tercer ciclo		
a₁ Bagazo de caña	173,7	176,4	181,3	531,4	177,1 ± 3,9
a₂ Paja de trigo	29,9	33,7	40,1	103,7	34,6 ± 5,2
a₃ Aserrín	70,2	67,9	75,8	213,9	71,3 ± 4,1
a₄ Mezcla forrajera	0,5	0,3	0,3	1,1	0,4 ± 0,1

En la Tabla 12 se indica el análisis de varianza del peso fresco del hongo ostra.

Tabla 12. Análisis de varianza del peso fresco del hongo ostra

F.V	G.L	S.C	C.M	F. calc	P. value
Tratamientos	3	52742,19	17580,73	2704,73	0,00
Bloques	2	76,91	38,46	5,92	
Error	6	38,97	6,50		
Total	11	52858,07			

En la Tabla 12 se observa, que el valor de P. value (valor probable) es de cero, lo que indica que existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula (H₀), y se acepta la hipótesis alternativa (H₁), que menciona que hay diferencia en al menos dos tratamientos. El P. value es la probabilidad estadística, la misma que, puede tener valores de 0 a 1; si su valor es de 0 a 0,5, se debe aceptar la hipótesis alternativa, como en este caso; mientras que, si su valor esta en un rango de 0,6 a 1 se debe aceptar la hipótesis nula, la cual señala, que todos los tratamientos son iguales y se rechaza la hipótesis alternativa.

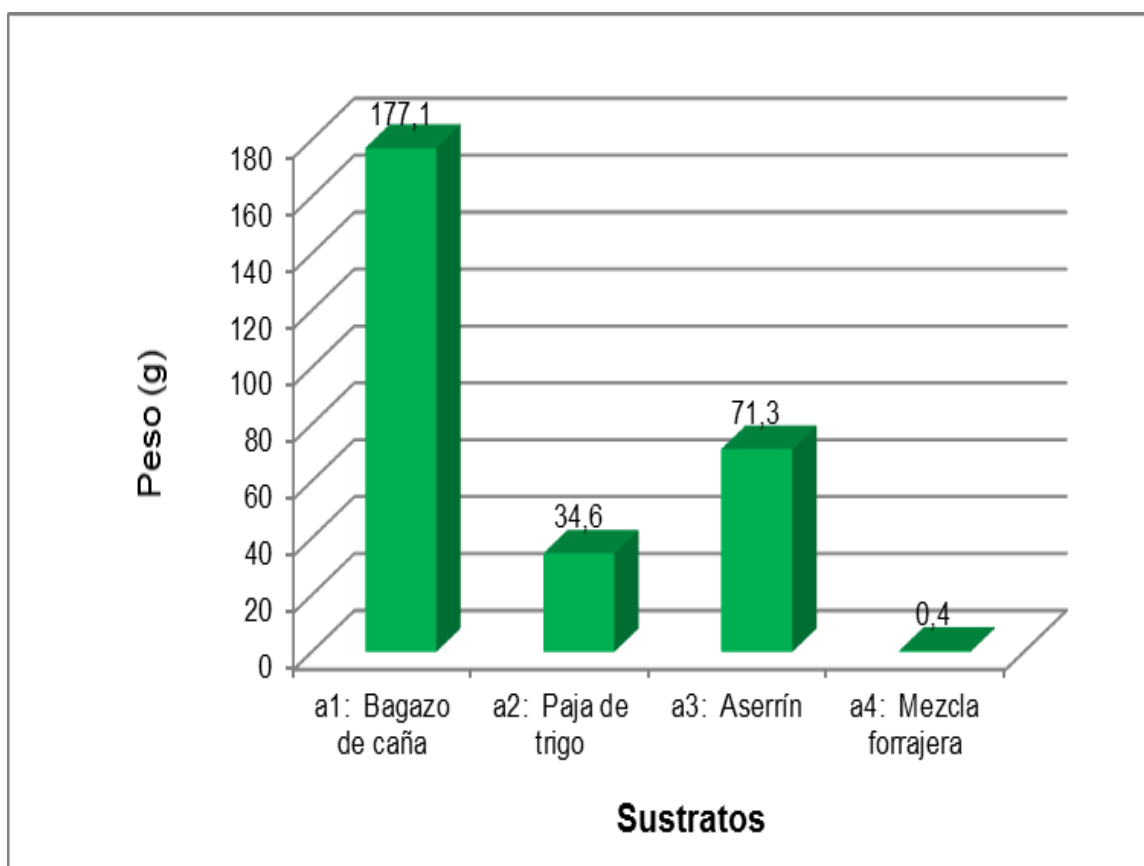
Los resultados de la prueba de rangos múltiples de Tukey al 95,0% del peso fresco del hongo ostra se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13. Prueba de rangos múltiples de Tukey del peso fresco del hongo ostra

Tratamientos	Promedios	Grupos homogéneos
a₁: Bagazo de caña	177,1	a
a₂: Paja de trigo	34,6	b
a₃: Aserrín	71,3	c
a₄: Mezcla forrajera	0,4	d

La prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey al 95,0%, establece que los tratamientos a₁, a₂, a₃ y a₄ corresponden a diferentes grupos homogéneos.

El peso fresco (g) de *Pleurotus ostreatus* cultivado en los tratamientos se puede observar en la Figura 13.

**Figura 13.** Peso fresco (g) de *Pleurotus ostreatus* en los tratamientos

Al realizar un análisis de las medias, el tratamiento a_1 bagazo de caña con 177,1 g es mayor al tratamiento a_2 paja de trigo con 34,6 g, al a_3 aserrín con 71,3 g y al tratamiento a_4 mezcla forrajera con 0,4 g; por lo que, de acuerdo con el valor de las medias el tratamiento a_1 se lo considera el mejor. Esto puede deberse a que el micelio del hongo colonizó de manera adecuada el sustrato bagazo de caña, el cual presentó mejores porcentajes de nutrientes que el resto de sustratos (ver Tabla 10).

3.3. ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE CARPÓFOROS DE *Pleurotus ostreatus* EN LOS TRATAMIENTOS

Los datos del tamaño de carpóforos en los tratamientos se indican en la Tabla 14.

Tabla 14. Tamaño de carpóforos (cm) de *Pleurotus ostreatus* en los tratamientos

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			Total	Promedio
	Primer ciclo	Segundo ciclo	Tercer ciclo		
a_1 Bagazo	5,2	6,5	5,9	17,6	$5,9 \pm 0,6$
a_2 Paja	2,9	2,3	3,4	8,6	$2,9 \pm 0,5$
a_3 Aserrín	3,7	4,2	2,6	10,5	$3,5 \pm 0,8$
a_4 Pasto	1,3	0,6	0,8	2,7	$0,9 \pm 0,4$

Según los datos registrados en la Tabla 14, los carpóforos del tratamiento a_1 bagazo de caña alcanzaron el mayor diámetro, los cuales midieron entre 5,2 cm y 6,5 cm, los carpóforos del tratamiento a_2 paja de trigo alcanzaron un diámetro entre 2,3 cm y 3,4 cm, en el tratamiento a_3 aserrín, los carpóforos tuvieron un diámetro entre 2,6 cm y 4,2 cm; mientras que, los carpóforos del tratamiento a_4 fueron los de menor diámetro, con una medida entre 0,6 cm y 1,3 cm; esto se debió, a que en este tratamiento los hongos no crecieron en la mayoría de fundas y su crecimiento fue insuficiente en unas pocas.

En la Tabla 15 se indica el análisis de varianza del tamaño de carpóforos en centímetros del hongo ostra cultivado.

Tabla 15. Análisis de varianza del tamaño de carpóforos

F.V	G.L	S.C	C.M	F. calc	P. value
Tratamientos	3	37,73	12,58	139,78	0,00
Bloques	2	0,02	0,01	0,11	
Error	6	0,53	0,09		
Total	11	38,28			

En la Tabla 15 el valor probable (P. value) es de cero, esto significa, que se debe rechazar la hipótesis nula (H_0), y aceptar la hipótesis alternativa (H_1), la cual señala que hay diferencia en al menos dos tratamientos. El valor probable es la probabilidad estadística, su rango de acción es de 0 a 1; si su valor es de 0 a 0,5, se debe aceptar la hipótesis alternativa, mientras que, si su valor va de 0,6 a 1 se debe aceptar la hipótesis nula, la cual menciona, que todos los tratamientos son iguales.

Los datos obtenidos de la prueba de rangos múltiples de Tukey al 95,0% del tamaño de carpóforos se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16. Prueba de rangos múltiples de Tukey del tamaño de carpóforos

Tratamientos	Promedios	Grupos homogéneos
a₁: Bagazo de caña	5,9	a
a₂: Paja de trigo	2,9	b
a₃: Aserrín	3,5	b
a₄: Mezcla forrajera	0,9	c

En el tamaño de carpóforos la prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey al 95,0%, arroja un valor superior de 5,9 cm para el tratamiento a_1 que corresponde al bagazo de caña, seguido de 3,5 cm para el tratamiento a_3 aserrín, luego de 2,9 cm para el tratamiento a_2 paja de trigo y, finalmente de 0,9 cm para el tratamiento a_4 mezcla forrajera. Además, los tratamientos a_2 paja de trigo y a_3

aserrín corresponden a un solo grupo homogéneo (b), y, los tratamientos a_1 bagazo de caña y a_4 mezcla forrajera son diferentes a los demás.

El tamaño de carpóforos (cm) de *Pleurotus ostreatus* cultivado en los tratamientos se puede observar en la Figura 14.

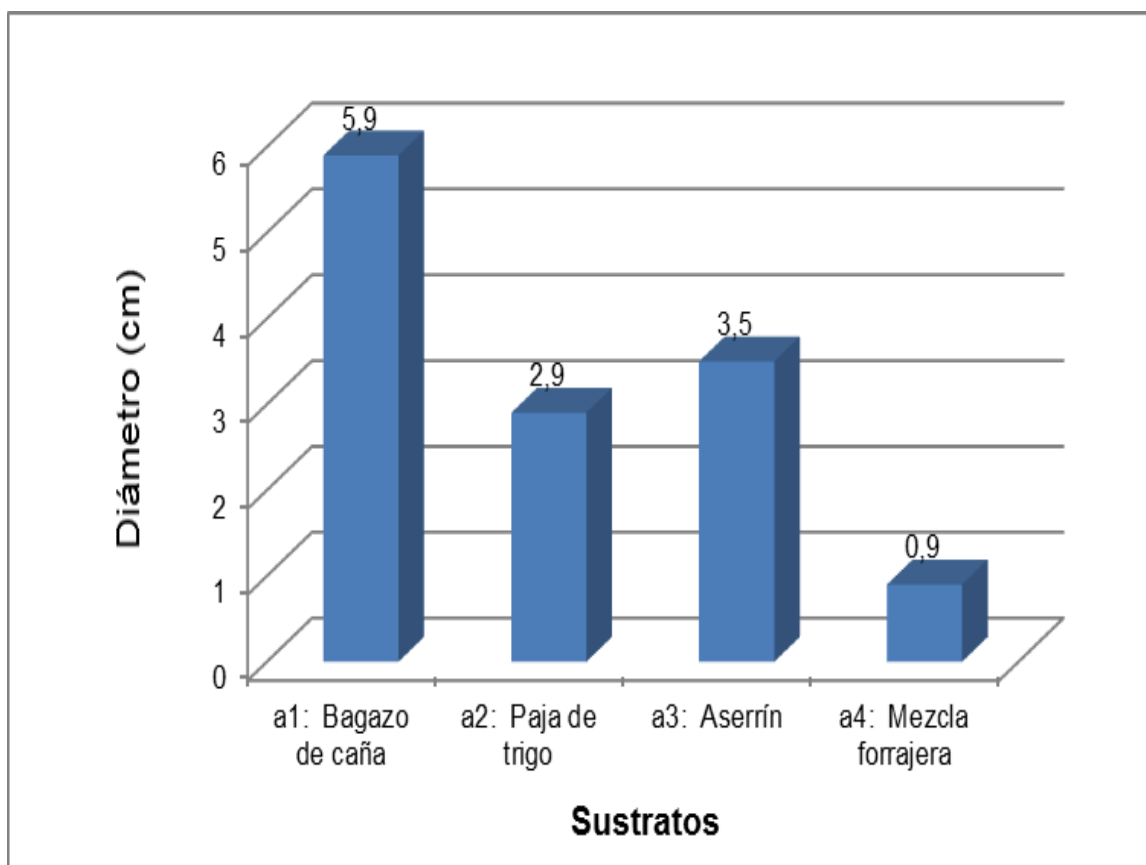


Figura 14. Tamaño de carpóforos de *Pleurotus ostreatus* en los tratamientos

Los datos de la Figura 14 muestran, que la barra correspondiente al tratamiento a_1 o sustrato bagazo de caña, con 5,9 cm de diámetro de carpóforos es mayor a la barra del tratamiento a_2 o sustrato paja de trigo con 2,9 cm, al tratamiento a_3 o aserrín con 3,5 cm y al tratamiento a_4 o mezcla forrajera con 0,9 cm; por lo que, de acuerdo con el valor de las medias el tratamiento a_1 se lo considera el mejor. Sin embargo, el diámetro de los carpóforos de los hongos producidos por bolsa no es relevante como su peso fresco, lo importante de un sustrato es el rendimiento y la productividad en cuanto al peso fresco que este pueda generar. (Silva, 2005)

3.4. ANÁLISIS DEL PORCENTAJE DE EFICIENCIA BIOLÓGICA DE *Pleurotus ostreatus* EN LOS TRATAMIENTOS

El porcentaje de eficiencia biológica del hongo ostra en los cuatro tratamientos se indica en la Tabla 17.

Tabla 17. Porcentaje de eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* en los tratamientos

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			Total	Promedio
	Primer ciclo	Segundo ciclo	Tercer ciclo		
a ₁ Bagazo de caña	39,7	40,3	41,4	121,5	40,5 ± 0,9
a ₂ Paja de trigo	11,4	12,8	15,3	39,5	13,2 ± 2,0
a ₃ Aserrín	23,4	22,6	25,3	71,3	23,8 ± 1,4
a ₄ Mezcla forrajera	0,2	0,1	0,1	0,4	0,1 ± 0,1

El análisis de varianza de la eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* en los cuatro tratamientos se indica en la Tabla 18.

Tabla 18. Análisis de varianza de la eficiencia biológica

F.V	G.L	S.C	C.M	F. calc	P. value
Tratamientos	3	2624,26	87,4,75	87475	0,00
Bloques	2	0,03	0,02	2	
Error	6	0,05	0,01		
Total	11	2624,34			

Según los datos de la Tabla 18, el valor probable (P. value) es de cero, lo que representa que hay que rechazar la hipótesis nula (H₀), y aceptar la hipótesis alternativa (H₁).

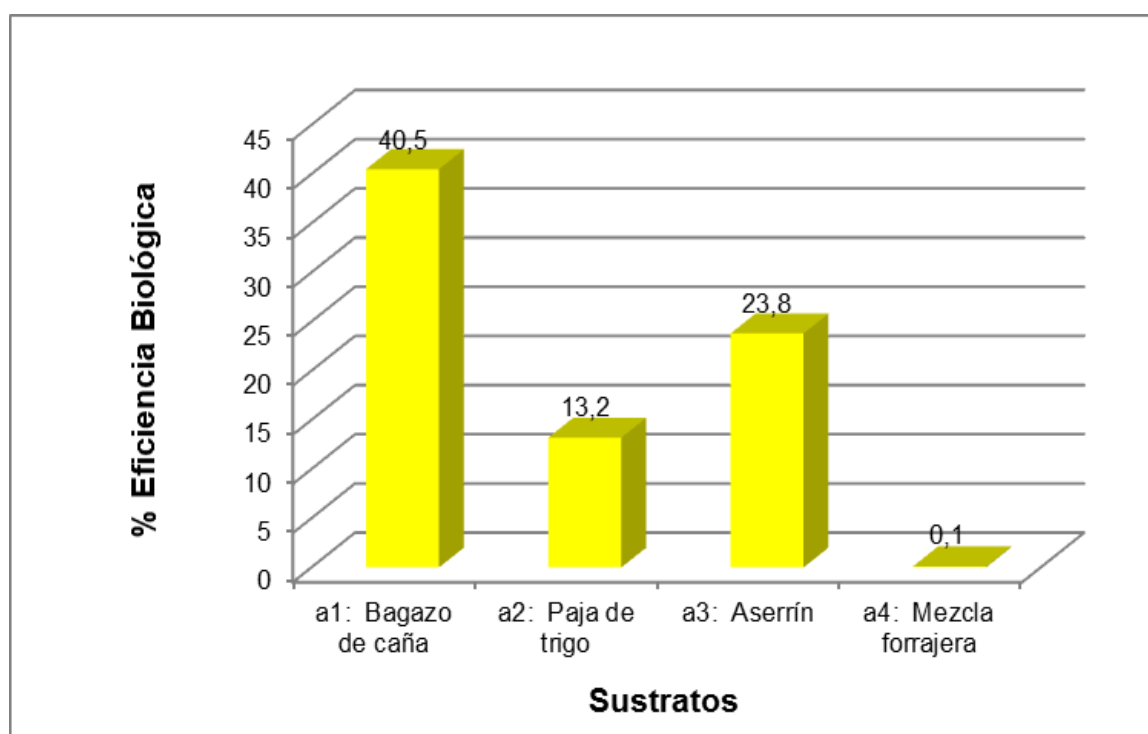
La prueba de rangos múltiples de Tukey de la eficiencia biológica del hongo ostra en los cuatro tratamientos se indica en la Tabla 19.

Tabla 19. Prueba de rangos múltiples de Tukey de la eficiencia biológica

Tratamientos	Promedios	Grupos homogéneos
a₁: Bagazo de caña	40,5	a
a₂: Paja de trigo	13,2	b
a₃: Aserrín	23,8	c
a₄: Mezcla forrajera	0,1	d

La prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey al 95,0%, establece un valor superior de 40,5% para el tratamiento a₁ bagazo de caña, seguido de 23,8% que corresponde al tratamiento a₃ aserrín, luego de 13,2% para el tratamiento a₂ paja de trigo y finalmente de 0,1% para el tratamiento a₄ mezcla forrajera. Los cuatro tratamientos a₁, a₂, a₃ y a₄ corresponden a diferentes grupos homogéneos, por lo que, todos son significativos.

El porcentaje de eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* en los tratamientos se puede observar en la Figura 15.

**Figura 15.** Porcentaje de Eficiencia Biológica de *Pleurotus ostreatus* en los tratamientos

Los resultados graficados en la Figura 15 indican, que el sustrato bagazo de caña fue más eficiente que los demás residuos con un valor de 40,5%, seguido por el sustrato aserrín con 23,8%, luego el sustrato paja de trigo con un 13,2% y finalmente el sustrato mezcla forrajera con 0,1%.

De acuerdo con los resultados obtenidos se observó, que el porcentaje de eficiencia biológica es directamente proporcional al peso fresco generado en cada uno de los sustratos evaluados.

3.5. ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DE *Pleurotus ostreatus*

Los resultados del análisis del rendimiento de *Pleurotus* se indican en la Tabla 20.

Tabla 20. Rendimiento de *Pleurotus ostreatus* en los tratamientos

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			Total	Promedio
	Primer ciclo	Segundo ciclo	Tercer ciclo		
a₁ Bagazo	8,7	8,8	9,1	26,6	8,9 ± 0,2
a₂ Paja	1,5	1,7	2,0	5,2	1,7 ± 0,3
a₃ Aserrín	3,5	3,4	3,8	10,7	3,6 ± 0,2
a₄ Mezcla forrajera	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0 ± 0,0

El análisis de varianza del rendimiento de producción del hongo ostra en los tratamientos se indica en la Tabla 21.

Tabla 21. Análisis de varianza del rendimiento de producción

F.V	G.L	S.C	C.M	F. calc	P. value
Tratamientos	3	132,88	44,29	44290	0,00
Bloques	2	0,003	0,002	2	
Error	6	0,007	0,001		
Total	11	132,89			

El análisis de varianza estableció, que el valor probable (P. value) es de cero, lo que revela que se debe rechazar la hipótesis nula (H_0), y aceptar la hipótesis alternativa (H_i), que menciona que hay diferencia en al menos dos tratamientos.

En la Tabla 22 se puede observar los resultados de la prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey al 95,0% del rendimiento de producción.

Tabla 22. Prueba de rangos múltiples de Tukey del rendimiento de producción

Tratamientos	Promedios	Grupos homogéneos
a₁: Bagazo de caña	8,9	a
a₂: Paja de trigo	1,7	b
a₃: Aserrín	3,6	c
a₄: Mezcla forrajera	0,0	d

La prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey al 95,0%, establece un valor superior de 8,9 kg/m² para el tratamiento a₁ que corresponde al bagazo de caña. Los cuatro tratamientos son diferentes entre sí.

El rendimiento de producción de *Pleurotus ostreatus* se muestra en la Figura 16.

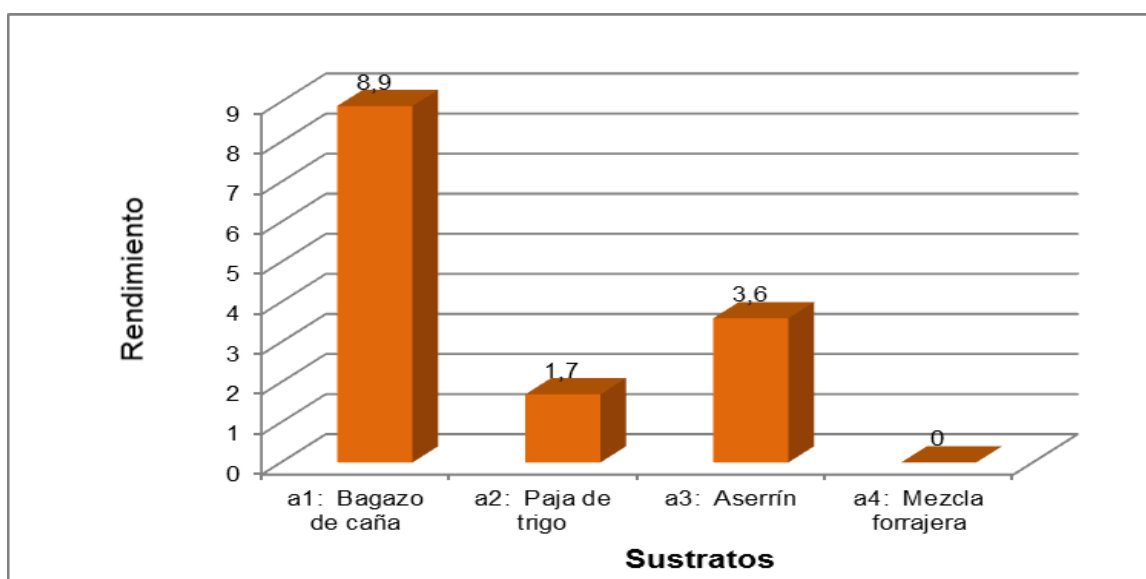


Figura 16. Rendimiento de *Pleurotus ostreatus* en los tratamientos

Según la Figura 16, el tratamiento que presentó mayor rentabilidad fue el a₁ bagazo de caña con 8,9 kg/m², superando al tratamiento a₃ aserrín en aproximadamente 5,0 kg, el tratamiento a₂ paja de trigo tuvo un rendimiento de 1,7 kg/m² y el tratamiento con menor rendimiento fue el a₄ mezcla forrajera con un promedio de 0,02 kg/m²; por lo que, de acuerdo con el valor de las medias el tratamiento a₁ se considera el mejor.

Del rendimiento obtenido en cada uno de los sustratos se puede concluir que es directamente proporcional al peso fresco obtenido y por ende al porcentaje de eficiencia biológica registrada en cada uno de los sustratos.

3.6. RENDIMIENTO DE LOS SUSTRATOS

- **TRATAMIENTO a₁: Sustrato bagazo de caña**

La Tabla 23 indica, el peso seco en kilogramos y el peso húmedo en kilogramos del sustrato bagazo de caña en los tres ciclos de cultivo.

Tabla 23. Peso seco y peso húmedo del sustrato bagazo de caña

Nº Ciclo	Peso seco (kg)	Peso húmedo (kg)
Ciclo 1	3,50	8,10
Ciclo 2	3,50	8,09
Ciclo 3	3,50	8,05

El rendimiento del sustrato bagazo de caña de azúcar en peso húmedo es de aproximadamente el 230,0% del peso seco.

- **TRATAMIENTO a₂: Sustrato paja de trigo**

La Tabla 24 indica, el peso seco en kilogramos y el peso húmedo en kilogramos del sustrato paja de trigo en los tres ciclos de cultivo.

Tabla 24. Peso seco y peso húmedo en kg del sustrato paja de trigo

Nº Ciclo	Peso seco (kg)	Peso húmedo (kg)
Ciclo 1	2,10	8,08
Ciclo 2	2,10	8,40
Ciclo 3	2,10	8,10

El rendimiento del sustrato paja de trigo en peso húmedo es de aproximadamente el 390,0% del peso seco.

- **TRATAMIENTO a₃: Sustrato aserrín**

En la Tabla 25 se observa, los datos del peso seco en kilogramos y del peso húmedo en kilogramos del sustrato aserrín en los tres ciclos de cultivo.

Tabla 25. Peso seco y peso húmedo en kg del sustrato aserrín

Nº Ciclo	Peso seco (kg)	Peso húmedo (kg)
Ciclo 1	2,40	8,28
Ciclo 2	2,40	8,10
Ciclo 3	2,40	8,40

El rendimiento del sustrato aserrín en peso húmedo es de aproximadamente el 344,0% del peso seco.

- **TRATAMIENTO a₄: Sustrato mezcla forrajera**

La Tabla 26 indica, los resultados del peso seco en kilogramos y del peso húmedo en kilogramos del sustrato mezcla forrajera en los tres ciclos de cultivo.

Tabla 26. Peso seco y peso húmedo en kg del sustrato mezcla forrajera

Nº Ciclo	Peso seco (kg)	Peso húmedo (kg)
Ciclo 1	2,40	8,40
Ciclo 2	2,40	8,22
Ciclo 3	2,40	8,16

El rendimiento del sustrato mezcla forrajera, en peso húmedo es de aproximadamente el 344,0% del peso seco.

3.7. CARACTERIZACIÓN DEL HONGO OSTRA CULTIVADO

Los resultados presentados en la Tabla 27 corresponden al análisis proximal de la producción del hongo ostra en el sustrato bagazo de caña (Anexo XVIII). En los sustratos paja de trigo, mezcla forrajera y aserrín no se realizó el análisis proximal de *Pleurotus ostreatus*, debido a que el hongo no creció adecuadamente en estos sustratos, por lo que no se cosechó suficiente cantidad del hongo ostra fresco para ser analizado. Se necesita por lo menos un kilogramo de hongo fresco para poder realizar el análisis.

Tabla 27. Análisis proximal del hongo ostra cultivado

Análisis	Cantidad (%)
Humedad	88,54
Cenizas*	8,06
Extracto etéreo*	2,58
Proteína*	21,89
Fibra*	20,34
Ext. Libre de nitrógeno	47,13

(*) se reportan en base seca

La Tabla 27 muestra, que la humedad del hongo cultivado es de 88,54%, el extracto libre de nitrógeno es de 47,13%, la proteína y la fibra están en 21,89% y 20,34% respectivamente, el porcentaje de cenizas es de 8,06% y el extracto etéreo está en 2,58%.

3.8. ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN Y COSTOS DE PRODUCCIÓN

El análisis económico para el cultivo del hongo ostra se realizó con el sustrato bagazo de caña de azúcar, debido a que, con este sustrato se obtuvieron los mejores rendimientos de producción.

3.8.1. ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN

3.8.1.1. Inversión fija

Para calcular la inversión inicial fija, se realizó el balance de masa en un diagrama de bloques (Figura 17), para cultivar 500,0 kg de hongo ostra fresco, con lo cual, se pudieron dimensionar los equipos (activo fijo de producción) y la materia prima requerida para la producción estimada.

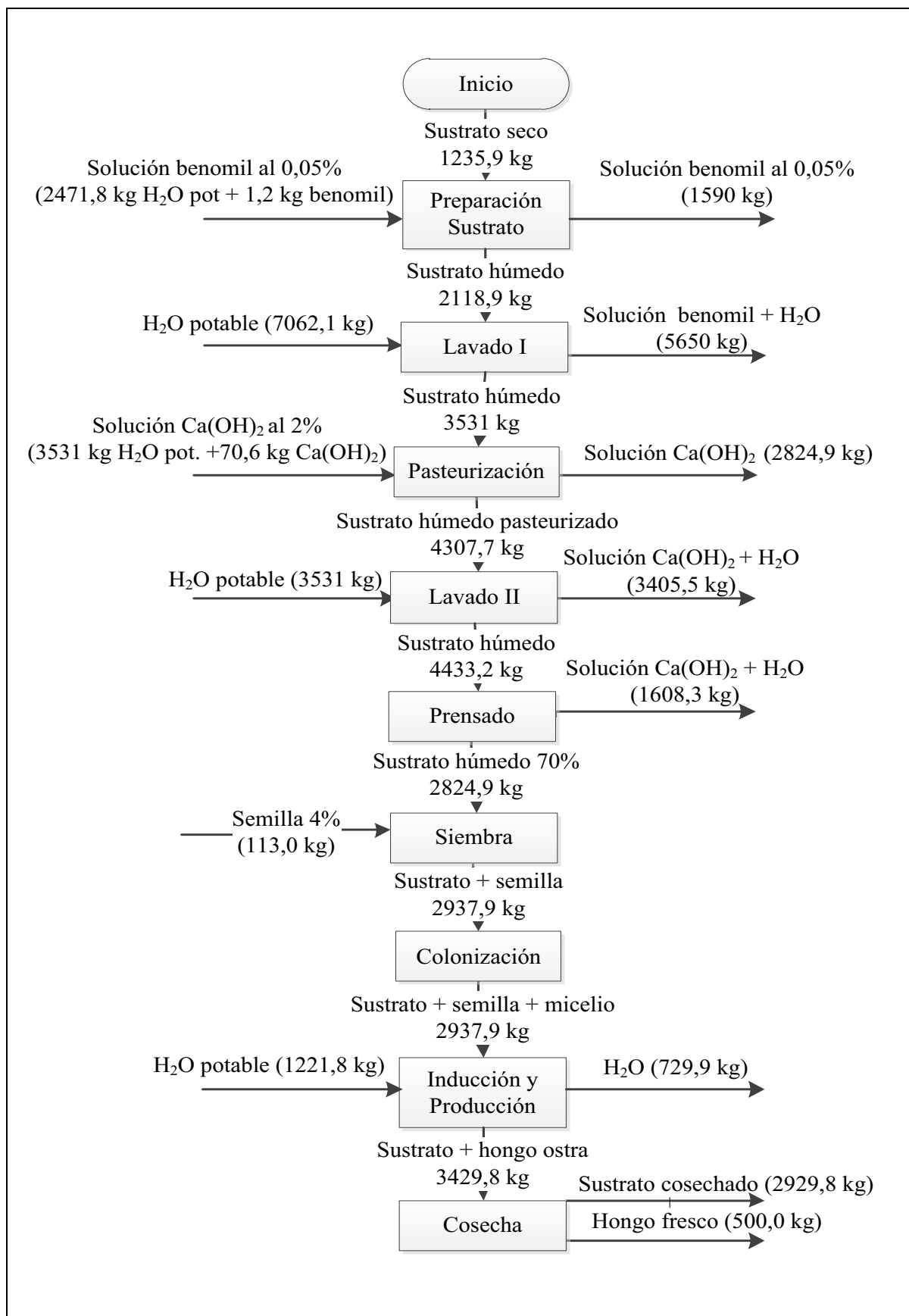


Figura 17. Balance de masa para la producción de 500,0 kg de hongos ostra

- **Activo fijo de producción**

El activo fijo o tangible de producción se indica en la Tabla 28.

Tabla 28. Activo fijo de producción

Cantidad	Equipo	Precio unitario (USD)	Costo total (USD)
1	Báscula 1 tonelada	1 586,00	1 586,00
2	Tanques de acero inoxidable 600 L	560,00	1 120,00
2	Quemadores industriales	23,00	46,00
4	Cilindros de gas industriales 45 kg	130,00	520,00
2	Termómetro digital para líquidos	300,00	600,00
2	Sistema de prensado	470,00	940,00
1	Mesa de acero inoxidable (2 m x 1 m)	320,00	320,00
2	Mesas de acero inoxidable (3 m x 2 m)	760,00	1 520,00
8	Balanzas analíticas 2 kilogramos	30,00	240,00
6	Estanterías (4 m x 1 m x 1,6 m)	110,00	660,00
24	Estanterías (5 m x 0,9 m x 1,65 m)	115,00	2 760,00
2	Calefactores	2 100,00	4 200,00
1	Humidificadores	1 800,00	1 800,00
2	Termómetro de máxima y mínima	20,00	40,00
1	Termo-higrómetro	60,00	60,00
1	Refrigerador 1 tonelada	2 140,00	2 140,00
Total			18 552,00

El total del activo fijo de producción asciende a un costo de USD 18 552,00.

- **Activo fijo de oficinas y ventas**

El activo fijo o tangible de oficinas y ventas se indica en la Tabla 29.

Tabla 29. Activo fijo de oficinas y ventas

Cantidad	Concepto	Precio unitario (USD)	Costo total (USD)
1	Computadora e impresora	1 600,00	1 600,00
1	Escritorio secretarial	360,00	360,00
2	Sillas secretarial	60,00	120,00
2	Vestidores	150,00	300,00
2	Baterías sanitarias y duchas	710,00	1 420,00
Total			3 800,00

El total del activo fijo de oficinas y ventas es de USD 3 800,00.

- **Terreno y obra civil**

El terreno necesario para implementar este proyecto es de una superficie de 50 x 19 m = 950 m² (Figura 18). En la zona de Tambillo donde se localizará la empresa, el suelo tiene un costo de 25 USD/m², por lo que el costo del terreno es de USD 23 750.

Invernaderos para la colonización:

La siembra se va a realizar cada 15 días; es decir, se tendrán 24 siembras al año y en cada siembra se obtendrán 2 824 fundas de 1,04 kg aproximadamente. La etapa de colonización es de 30 días, por lo que, la primera siembra saldrá a la etapa de fructificación y podrá ingresar la tercera siembra, lo mismo ocurre con la segunda y la cuarta siembra. De este modo, la producción se efectuará por el método de cascada y el área total del invernadero de colonización deberá servir para alojar a 5 648 fundas.

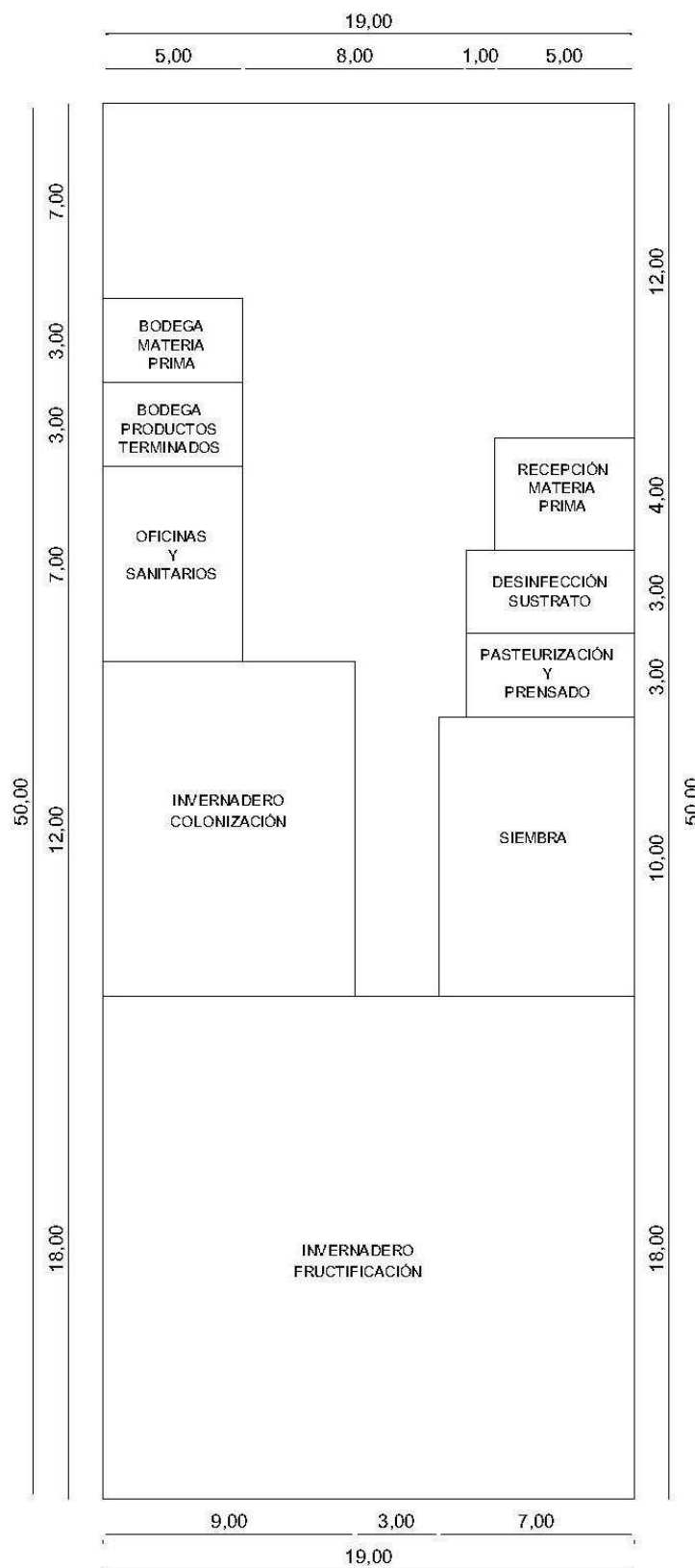


Figura 18. Planta productora de 500,0 kilogramos de hongos ostra

Escala 1:250

Para incubar 5 648 fundas sembradas de 1,040 kg, se necesita un invernadero de 12 x 9 m = 108 m². El costo/m² del invernadero es de USD 7,50; por lo que, el costo total sería de USD 810,00.

Dentro del invernadero se colocaran 6 estantes de metal de 4 metros de largo por 1 metro de ancho y por 1,60 metros de alto, donde se ubicarán las fundas con el sustrato sembrado. Las fundas tendrán las siguientes dimensiones: largo = 20 cm, ancho = 10 cm y alto = 11 cm. Cada estante tendrá 5 pisos, la separación entre el suelo y el primer piso será de 30 cm y entre piso y piso la misma distancia. En cada piso se pondrá 5 filas de 40 fundas cada una, es decir, se obtendrán 200 fundas por piso. Las fundas no tendrán espacios de separación, es decir, estas se ubicaran una junto a la otra.

La distribución de las fundas en los estantes para colonización se muestra en la Figura 19.

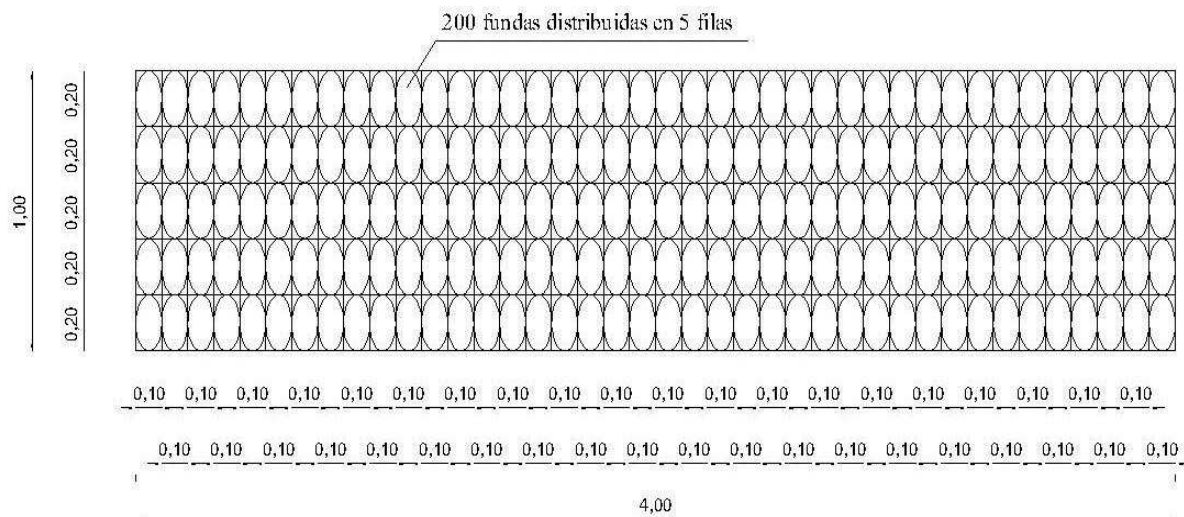


Figura 19. Distribución de las fundas en los estantes para colonización

Escala 1:40

El diseño de los estantes para la colonización se indica en la Figura 20.

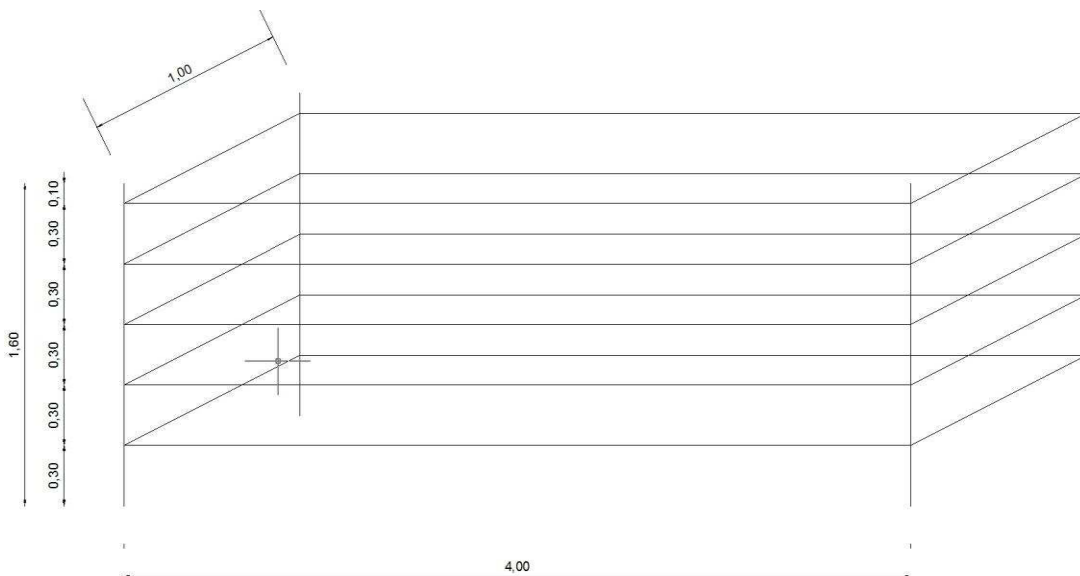


Figura 20. Diseño de los estantes para colonización

Escala 1:40

La distribución de los estantes en el invernadero de colonización se muestra en la figura 21.

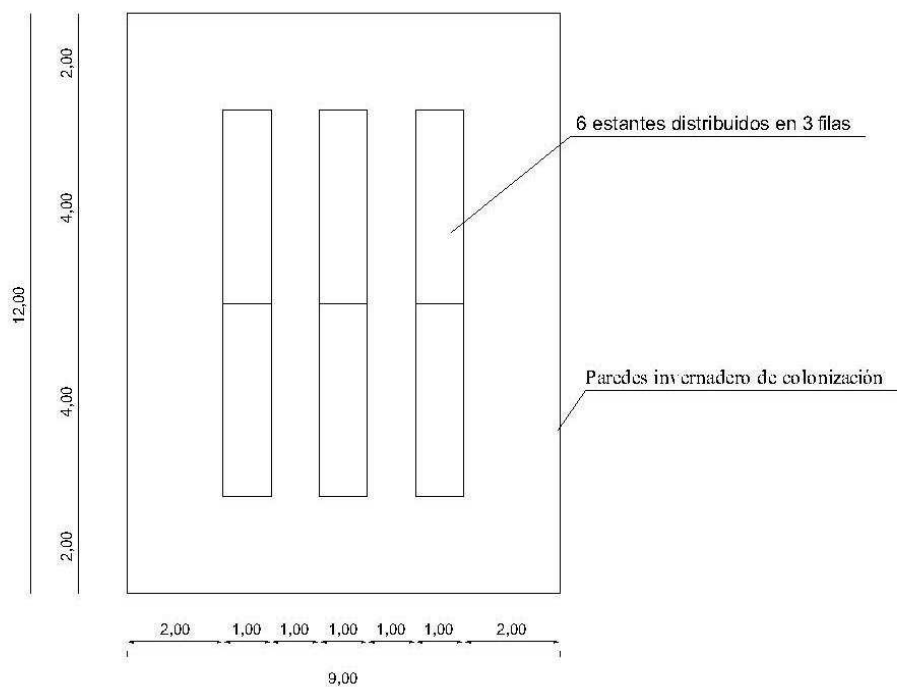


Figura 21. Estantes en el invernadero de colonización

Escala 1:40

Invernaderos para la fructificación:

Para la fructificación de los hongos ostra, se necesita un invernadero de 19 x 18 m = 342 m². El costo total del invernadero es de USD 2 565,00.

En el invernadero se va a colocar 24 estantes de 5 metros de largo por 0,90 metros de ancho y de 1,65 metros de alto. Cada estante tendrá 4 pisos, el primer piso estará a 50 cm del suelo, y la separación entre piso y piso será de 35 cm. En cada piso se pondrá 3 filas de 20 fundas cada una, es decir, se tendrá 60 fundas por piso, con una separación de 15 cm entre funda y funda.

La distribución de las fundas en los estantes para fructificación se muestra en la Figura 22.

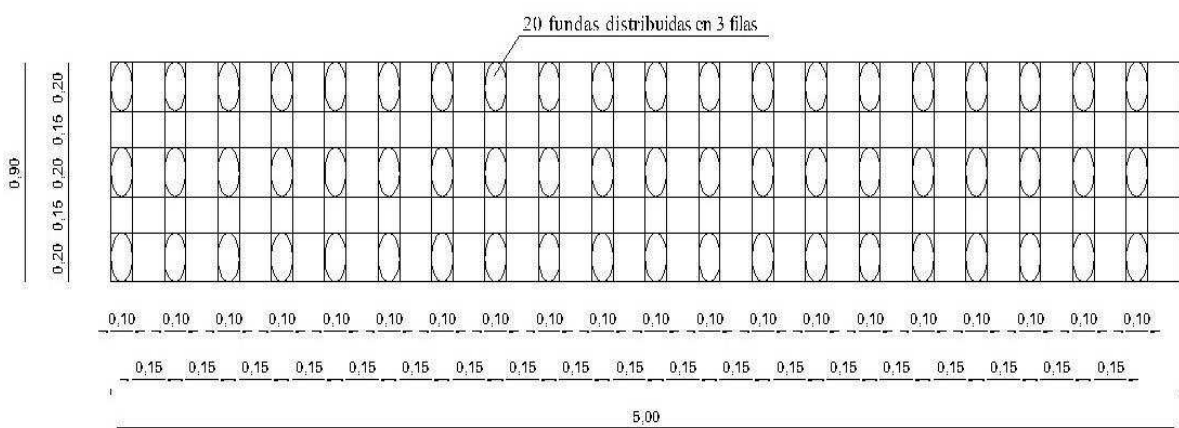


Figura 22. Distribución de las fundas en los estantes para fructificación

Escala 1:40

El diseño de los estantes para la fructificación se indica en la Figura 23.

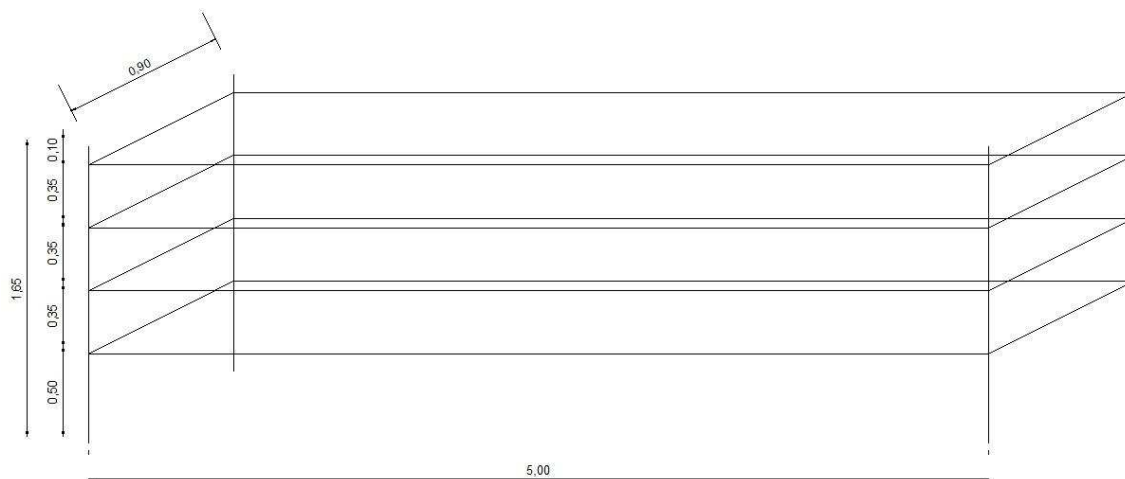


Figura 23. Diseño de los estantes para fructificación

Escala 1:40

La distribución de los estantes en el invernadero de fructificación se muestra en la Figura 24.

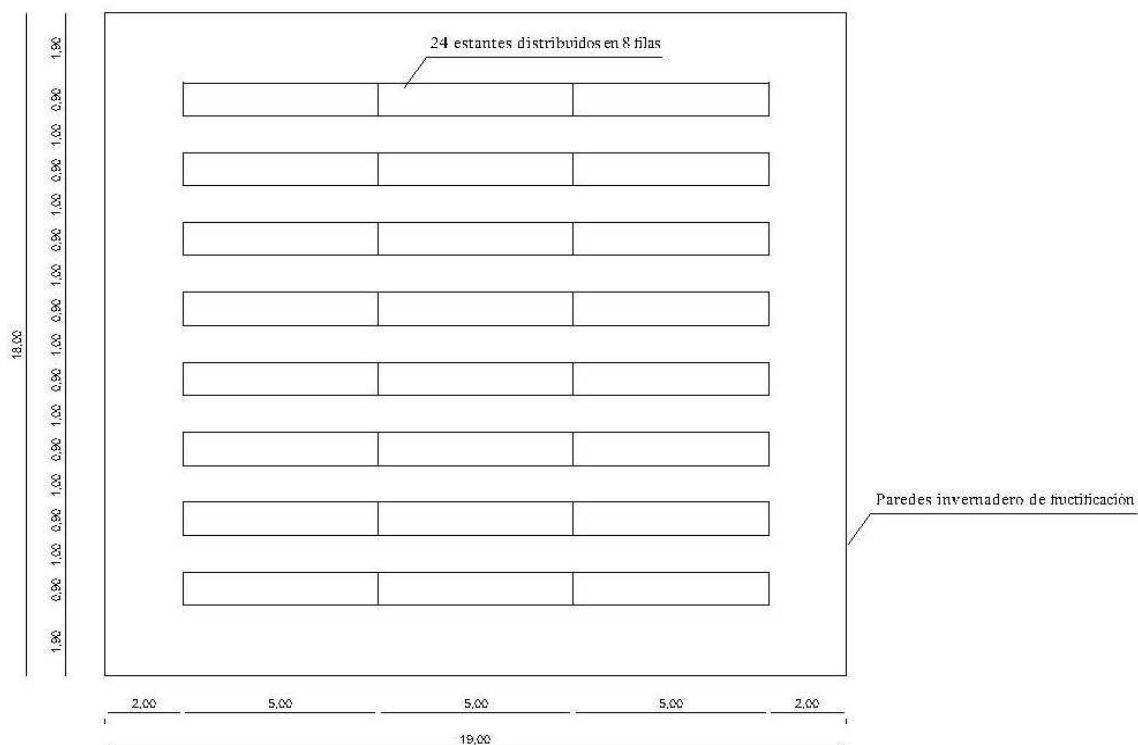


Figura 24. Estantes en el invernadero de fructificación

Escala 1:40

Construcción de concreto:

La superficie construida para la producción es la siguiente:

Área de desinfección del sustrato $6 \times 3 = 18 \text{ m}^2$

Área de pasteurización y prensado $6 \times 3 = 16 \text{ m}^2$

Área de siembra $10 \times 7 = 70 \text{ m}^2$

Bodega de materia prima $5 \times 3 = 15 \text{ m}^2$

Bodega de producto terminado $5 \times 3 = 15 \text{ m}^2$

Oficinas y sanitarios $7 \times 5 = 35 \text{ m}^2$

El total de la construcción de concreto = 171 m^2 . Costo/ m^2 = USD 150. Costo total = USD 25 650.

Para la desinfección del sustrato se necesita un tanque de cemento $4 \times 1,5 \times 1,5 \text{ m} = 9 \text{ m}^3$. Costo/ m^3 = USD 160,00. Costo total USD 1 440,00.

Construcción con techo de lámina para la recepción de la materia prima $5 \times 4 = 20 \text{ m}^2$. Costo/ m^2 = USD 75. Costo total = USD 1 500,00.

El costo total del terreno y obra civil se indica en la Tabla 30.

Tabla 30. Costo total de terreno y obra civil

Concepto	Costo (USD)
Terreno	23 750,00
Invernaderos	3 375,00
Construcción concreto y tanque	27 090,00
Construcción techo de lámina	1 500,00
Total	55 715,00

El costo del terreno y obra civil asciende a USD 55 715,00.

3.8.1.2. Inversión diferida

El activo diferido o intangible se indica en la Tabla 31.

Tabla 31. Activo diferido

Concepto	Cálculo	Costo total (USD)
Planeación e integración	78 067,00 x 0,03	2 342,00
Ingeniería del proyecto	18 552,00 x 0,035	649,00
Supervisión	78 067,00 x 0,015	1 171,00
Administración del proyecto	78 067,00 x 0,005	390,00
Total		4 552,00

El costo total del activo diferido o intangible es de USD 4 552,00.

3.8.1.3. Capital de trabajo

- **Activo circulante**

El activo circulante se refiere a los valores e inversiones, inventario y cuentas por cobrar.

Los valores e inversiones sirven para apoyar las actividades de venta del producto. La empresa pretende otorgar un crédito en sus ventas de 15 días, por lo que, se considera que es necesario tener en valores e inversiones el equivalente a 60 días de gastos de ventas (publicidad y servicio de fletes), es decir 16 días de trabajo, los cuales ascienden a USD 6 432,00, el equivalente a 60 días es:

$$\text{USD } 6\,432,00 / 96 \text{ días al año} \times 16 \text{ días} = \text{USD } 1\,072,00$$

El inventario se refiere a las materias primas necesarias para empezar la producción. Las materias primas se comprarán cada 15 días para la siembra del

hongo ostra, es decir, se debe calcular el dinero suficiente para realizar cuatro siembras (60 días), antes de que la empresa perciba su primer ingreso.

El costo de inventario de materias primas se indica en la Tabla 32.

Tabla 32. Costo de inventario de materias primas

Materia Prima	Consumo anual (kg)	Costo anual (USD)	Costo de 60 días (USD)
Bagazo de caña	29 662,0	1 483,00	247,00
Semilla del hongo	2 712,0	21 696,00	3 616,00
Cal	1 694,0	169,00	28,00
Fungicida benomil	29,0	360,00	60,00
Gas	1 440,0	640,00	107,00
Total		24 349,00	4 058,00

Las cuentas por cobrar es el crédito que se extiende a los compradores. Como política inicial de la empresa se pretende vender con un crédito de 15 días, por lo que, a estos días se debe sumar los 45 días que se obtiene la primera cosecha. El cálculo se realiza tomando en cuenta el costo total de la empresa durante un año, dato calculado en la Tabla 45. La suma asciende a USD 114 108,00. Por lo tanto, el costo de 60 días es de:

$$\text{USD } 114\,108,00 / 6 = \text{USD } 19\,018,00$$

El activo circulante se muestra en la Tabla 33.

Tabla 33. Activo circulante

Concepto	Costo (USD)
Valores e inversiones	1 072,00
Inventario	4 058,00
Cuentas por cobrar	19 018,00
Total	24 148,00

- **Pasivo circulante**

Los rubros del pasivo circulante son considerados créditos a corto plazo. Se ha encontrado que, estadísticamente, las empresas mejor administradas guardan una relación promedio entre activos circulantes (AC) y pasivos circulantes (PC) de: $AC/PC = 2$ a $2,5$; es decir, los proveedores dan crédito en la medida en que se tenga esta proporción en la tasa circulante. El valor aproximado del PC con una relación $AC/PC = 2$ sería igual a la ecuación [4].

$$PC = AC/2 = 24\ 148,00/2 = 12\ 074,00 \quad [4]$$

Como es capital de trabajo es la diferencia entre el activo circulante y el pasivo circulante, este tiene un valor de USD 12 074,00; que corresponde al capital adicional necesario para que la empresa inicie la producción de hongos ostra.

Tabla 34. Inversión total

Concepto	Costo (USD)
Equipo de producción	18 552,00
Equipo de oficinas y ventas	3 800,00
Terreno y obra civil	55 715,00
Activo diferido	4 552,00
Capital de trabajo	12 074,00
Total	94 693,00

Según los datos de la Tabla 34, la inversión inicial necesaria para instalar una planta de producción de hongos ostra con capacidad para producir 12 t al año de hongos frescos es de USD 94 693,00.

- **Depreciación y amortización**

Los costos de depreciación (activo fijo) y amortización (activo diferido) para cinco años se indica en la Tabla 35. Además, al final de la tabla se muestra el valor de salvamento (VS).

Tabla 35. Depreciación y amortización de activo fijo y diferido (USD)

Concepto	Valor	%	1	2	3	4	5	VS
Eq. de producción	18 552,00	10,0	1 855,20	1 855,20	1 855,20	1 855,20	1 855,20	9 276,00
Equipo de oficina	2 200,00	10,0	220,00	220,00	220,00	220,00	220,00	1 100,00
Computadora	1 600,00	33,0	528,00	528,00	528,00	16,00	0,00	0,00
Obra civil	31 965,00	5,0	1 598,25	1 598,25	1 598,25	1 598,25	1 598,25	23 973,75
Inversión diferida	4 552,00	10,0	455,20	455,20	455,20	455,20	455,20	2 276,00
Total			4 656,65	4 656,65	4 656,65	4 144,65	4 128,65	36 625,75

3.8.2. COSTOS DE OPERACIÓN DE LA EMPRESA

3.8.2.1. Costos de producción

El costo de producción está conformado por todas aquellas partidas que intervienen directamente en producción. En las Tablas 36-41 se muestra cada una de ellas.

- **Materia prima**

Tabla 36. Materia prima

Materia Prima	Consumo experimental (kg)	Costo por unidad (USD)	Consumo por ciclo de cultivo (kg)	Costo por ciclo cultivo (USD)	Consumo anual (kg)	Costo anual (USD)
Bagazo de caña	3,5	0,05	1235,9	62,00	29 662,0	1 483,00
Semilla hongo	0,32	8,00	113,0	904,00	2 712,0	21 696,00
Cal	0,2	0,10	70,6	7,00	1 694,0	169,00
Fungicida	0,0035	12,50	1,2	15,00	29,0	360,00
Gas	0,34	0,44	60,0	27,00	1 440,0	640,00
Total						24 349,00

El costo para materia prima es de USD 24 349,00.

- **Insumos, envases y embalajes**

Tabla 37. Insumos, envases y embalajes

Envases y embalajes	Cantidad por ciclo de cultivo	(+) 2% de merma	Costo por unidad (USD)	Cantidad anual	Costo anual (USD)
Fundas de polietileno (unidad)	5 648,0	5 761,0	0,02	138 263,0	2 765,00
Fundas plásticas negras (unidad)	2 824,0	2 880,0	0,01	69 132,0	691,00
Bandejas de poliestireno (unidad)	2 500,0	2 550,0	0,04	61 200,0	2 448,00
Plástico cobertor de PVC (m)	250,0	255,0	0,02	6 120,0	122,00
Etiqueta (unidad)	2 500,0	2 550,0	0,04	61 200,0	2 448,00
Total					8 475,00

El costo para insumos, envases y embalajes es de USD 8 475,00.

- **Otros materiales**

Tabla 38. Otros materiales

Concepto	Consumo mensual	Consumo anual	Costo unitario (USD)	Costo anual (USD)
Guantes de látex (par)	136,0	1 632,0	0,05	82,00
Cubre bocas de tela (unidad)	10,0	60,0	0,70	42,00
Cofias (unidad)	10,0	60,0	0,60	36,00
Mandiles (unidad)	10,0	60,0	10,00	600,00
Botas de látex (par)	10,0	20,0	8,00	160,00
Franela (metro)	5,0	15,0	1,10	17,00
Estiletes (unidad)	4,0	12,0	0,40	5,00
Ligas (unidad)	5 648,0	16 944,0	0,006	102,00
Detergente industrial (kg)	5,0	60,0	1,30	78,00
Escobas (unidad)	4,0	8,0	1,60	13,00
Total				1 133,00

- **Consumo de energía eléctrica**

Tabla 39. Consumo de energía eléctrica

Equipo	Unidades	Número motores	HP del motor	Consumo kw/h/motor	Consumo kw/h total	h/día	Consumo kw-h/día
Calefactores	2	1	1	3,5	3,5	12	42,0
Humidificador	1	1	1	3,5	3,5	8	28,0
Refrigerador	1	1	0,5	3,0	1,5	24	36,0
Computadora	1	1	0,15	0,5	0,5	8	4,0
Alumbrado				6,0	6,0	8	48,0
Total							158,0

El humidificador funciona 8 horas diarias por 365 días al año, los calefactores operan 12 horas diarias por 365 días al año, por lo que, el consumo anual sería:

$$\text{Humidificadores} = 28 \text{ kw-h/día} \times 365 \text{ días/año} = 10\,220 \text{ kw-h/año}$$

$$\text{Calefactores} = 2 \times 42 \text{ kw-h/día} \times 365 \text{ días/año} = 30\,660 \text{ kw-h/año}$$

El refrigerador funciona 24 horas diarias por 365 días al año, por lo que, el consumo anual sería:

$$\text{Refrigerador} = 36 \text{ kw-h/día} \times 365 \text{ días/año} = 13\,140 \text{ kw-h/año}$$

La computadora y el alumbrado funcionan 8 horas diarias por 240 días al año, por lo que, el consumo anual sería:

$$\text{Computadora y alumbrado} = 52 \text{ kw-h/día} \times 240 \text{ días/año} = 12\,480 \text{ kw-h/año}$$

$$\text{Consumo anual total} = 66\,500 \text{ kw-h/año}$$

Se considera un 5% adicional de imprevistos

$$\text{Consumo total} = 66\,500 \times 1,05 = 69\,825 \text{ kw-h/año}$$

$$\text{Costo} = 0,092 \text{ USD/kw-h}$$

$$\text{Costo anual} = 69\,825 \text{ kw-h/año} \times 0,092 \text{ USD/kw-h} = 6\,423,90 \text{ USD/año}$$

- **Consumo de agua**

De acuerdo al reglamento de seguridad e higiene vigente, un trabajador debe contar con una disponibilidad de 150 litros diarios de agua potable por día. La plantilla laboral de la empresa será de 4 empleados permanentes y 10 empleados eventuales. Los empleados permanentes trabajaran 240 días al año, mientras que, los 8 empleados eventuales de producción trabajaran 144 días al año y los 2 empleados eventuales de ventas trabajaran 96 días al año, por lo que, se deberá contar con 345 600 litros de agua potable/año, sólo para los trabajadores. La empresa tiene otras necesidades de agua como son:

Limpieza diaria del equipo de producción = 400 litros

Limpieza diaria general de la empresa = 300 litros

Desinfección del sustrato y proceso en general = 1 749 litros/día

Consumo diario = 2 449 litros/día

Consumo anual = 345 600 + (2 449 L/día x 240 días/año) +5% imprevistos
= 980 m³/año ó 81,7 m³/mes

De acuerdo con la tarifa vigente para el consumo industrial del agua, si se consumió 81,7 m³/mes, se debe cancelar USD 4,00 por concepto del cargo por disponibilidad y USD 68,29 por cargo variable (50 x 0,70 + 31,7 x 1,05) = 72,29 USD/mes

Costo total anual = 72,29 USD/mes x 12 meses = 867,48 USD/año

- **Mano de obra directa**

La empresa necesita de 2 trabajadores permanentes en la producción de los hongos, los cuales trabajaran jornadas de 8 horas diarias y 240 días al año, su sueldo mensual corresponderá al sueldo básico unificado (SBU), el mismo que para el 2 012 es de USD 292,00.

La siembra se efectuará en dos días cada 15 días, para esta actividad se

necesitan 8 trabajadores eventuales que trabajen jornadas de 8 horas diarias. Los seis trabajadores sembraran cada día 1 412 fundas de 1,040 kilogramos de sustrato y semilla; es decir, cada trabajador sembrara 236 fundas. El tiempo que empleará en promedio cada trabajador para sembrar una funda es de 2,0 minutos.

Además, los 2 trabajadores adicionales, estarán encargados de pesar la semilla. Para sembrar 1 412 fundas en un día se deberán pesar 1 412 partes de semilla de 40 g cada una en un tiempo de 0,7 minutos aproximadamente.

La cosecha se va a realizar 4 días cada 15 días, para esta actividad también se necesitan 8 trabajadores eventuales que trabajen jornadas de 8 horas diarias.

Los trabajadores eventuales van a trabajar 12 días al mes (4 días para la siembra y 8 días para la cosecha), en jornadas de 8 horas diarias. El costo de mano de obra para trabajadores eventuales es de 1,83 USD/hora, por lo que el sueldo mensual/obrero eventual es el siguiente:

$$\text{USD } 1,83 \times 8 \times 12 \text{ días laborables por mes} = 175,70 \text{ USD/año}$$

Tabla 40. Mano de obra directa

Concepto	Número personal	Sueldo mensual USD/persona	Sueldo anual USD/persona	Sueldo total anual USD
Obreros permanentes	2	292,00	3 504,00	7 008,00
(+) 33% prestaciones*				2 313,00
Obreros eventuales	8	176,00	2 112,00	16 896,00
Total				26 217,00

(*) 12,15% IESS aportación patronal; 8,33% décimo tercero; 8,33% décimo cuarto y 4,17% vacaciones

- **Mano de obra indirecta**

Tabla 41. Mano de obra indirecta

Personal	Sueldo mensual (USD)	Sueldo anual (USD)
Gerente general	1 800,00	21 600,00
(+) 33% prestaciones*		7 128,00
Total		28 728,00

(*) 12,15% IESS aporte patronal; 8,33% décimo tercero; 8,33% décimo cuarto y 4,17% vacaciones

- **Cargos de depreciación**

Los cargos anuales se calcularon con base en los porcentajes de depreciación permitidos por las leyes impositivas del gobierno ecuatoriano.

Para efectos de simplicidad y para evitar un prorrateo de área construida y de instalaciones hidráulicas y eléctricas, se atribuye todo el cargo de depreciación a producción. El dato aparece en la Tabla 33 de depreciación y amortización. Este cargo ya no aparecerá en la tabla del costo de administración y de ventas.

En la Tabla 42 se muestra el costo total anual de producción, el mismo que asciende a USD 100 850,00.

Tabla 42. Costo total de producción

Concepto	Costo total anual (USD)
Materia prima	24 349,00
Envases y embalajes	8 475,00
Otros materiales	1 133,00
Energía eléctrica	6 424,00
Agua	868,00
Mano de obra directa	26 217,00
Mano de obra indirecta	28 728,00
Depreciación	4 657,00
Total	100 850,00

3.8.2.2. Gastos de administración y ventas

La empresa contaría con una secretaria, su sueldo mensual sería de USD 380,00, trabajaría 240 días al año, con una jornada de trabajo de 8 horas diarias.

En la Tabla 43 se indica el sueldo mensual y anual del personal de administración, este asciende a USD 6 065,00.

Tabla 43. Sueldo del personal de administración

Concepto	Sueldo mensual (USD)	Sueldo anual (USD)
Secretaria	380,00	4 560,00
(+) 33% de prestaciones*		1 505,00
Total		6 065,00

(*) 12,15% IESS aporte patronal; 8,33% décimo tercero; 8,33% décimo cuarto y 4,17% vacaciones

Además, los gastos de oficina incluyen papelería, lápices, esferos, facturas, café, discos de PC, teléfono y otros; esto asciende a un total de USD 900,00.

Es evidente que como el producto es novedoso en el mercado necesita de una gran promoción. Para la publicidad en radio, televisión, revistas, periódico o promoción en el sitio de venta se asigna un gasto anual de USD 2 400,00.

Para el abastecimiento de la materia prima, insumos, envases, embalajes y otros materiales, se alquilará un camión una vez cada 15 días, este recorrerá 15 kilómetros aproximadamente, el costo por kilómetro será de USD 1,40; por lo que, el costo anual por este servicio será de USD 504,00. Para entregar el producto terminado, se alquilará una camioneta 4 días cada 15 días, este recorrerá 42 kilómetros aproximadamente, el costo por kilómetro es de USD 1,00, por lo que, el costo anual por este servicio será de USD 4 032,00. El costo total anual por el servicio de fletes será igual a USD 4 536,00.

El costo total anual de la gerencia de administración y ventas es de USD 13 901,00, como se puede ver en la Tabla 44.

Tabla 44. Gastos de administración y ventas

Concepto	Costo anual (USD)
Sueldos del personal	6 065,00
Gastos de oficina	900,00
Publicidad	2 400,00
Servicio de fletes	4 536,00
Total	13 901,00

Los costos totales de operación de la empresa se obtienen sumando los costos totales de producción y los costos de administración y ventas. Estos costos se indican en la Tabla 45.

Tabla 45. Costo total de operación

Concepto	Costo (USD)	Porcentaje
Costo de producción	100 850,00	88,0%
Costo de adm y ventas	13 901,00	12,0%
Total	114 751,00	100,0%

El costo total de operación es igual a USD 114 751,00.

Considerando los datos de la Tabla 45, se concluye que, el costo unitario/200,0 g de producto sería igual a USD 1,91.

3.8.3. DETERMINACION DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

Para encontrar en punto de equilibrio, se clasificaron a los costos de operación en costos fijos y costos variables. Para los costos fijos se tomaron en cuenta los

costos de administración y ventas; la mano de obra indirecta y la depreciación de activos fijos y diferidos. Los costos variables son todos los demás costos de producción como materia prima, envases y embalajes; otros materiales; consumo de energía eléctrica; consumo de agua y mano de obra directa.

Los ingresos se consideraron como el producto del volumen vendido por su precio. Se pretende vender 12 t/año, es decir, 60 000 bandejas de 200,0 g de hongos fresco. El precio de venta del producto a los intermediarios (supermercados, hoteles y restaurantes) es de USD 2,45 por bandeja, por lo que, los ingresos anuales sería de USD 147 000,00.

Los datos de los ingresos y los costos se indican en la Tabla 46.

Tabla 46. Ingresos y costos anuales

Concepto	Costos (USD)
Ingresos	147 000,00
Costos totales	114 751,00
Costos variables	67 465,00
Costos fijos	47 286,00

Para determinar el punto de equilibrio (Q), se utilizó la ecuación [6], sin embargo, primero se aplicó la ecuación [5], para calcular el costo variable unitario (V), el mismo que es igual a costos variables (USD) dividido para el número total de bandejas del producto.

$$V = \frac{67\,465}{60\,000} = 1,12 \text{ USD/bandeja} \quad [5]$$

$$Q = \frac{F}{P - V} = \frac{47\,286}{2,45 - 1,12} = 35\,553,4 \quad [6]$$

Dónde:

Q = Punto de equilibrio en unidades

F = Costos fijos (USD)

P = Precio unitario del producto

V = Costo variable unitario

De acuerdo a estos resultados los costos se igualan a los ingresos al vender 35 553 bandejas de 200,0 g cada una, equivalentes a 7,1 t. Es decir, con este volumen de producción los costos y los ingresos son iguales a USD 87 104,90.

La Figura 25 indica el gráfico del punto de equilibrio.

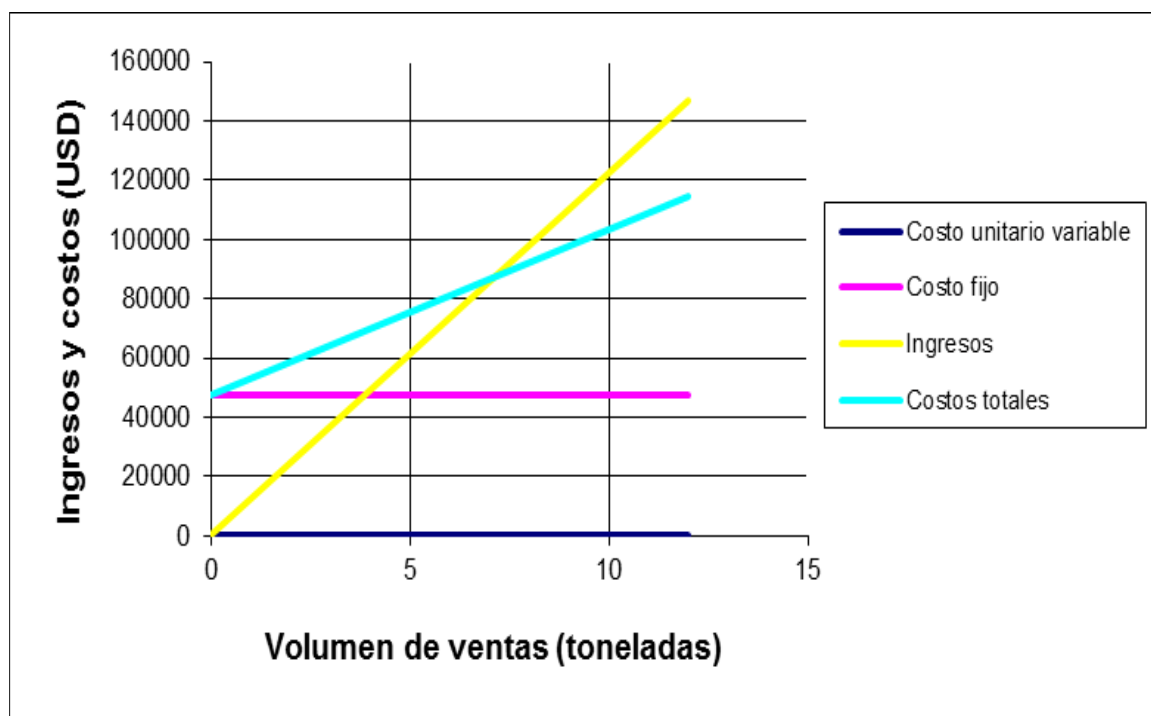


FIGURA 25. Punto de equilibrio

3.8.4. DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE RESULTADOS

Para la construcción de la Tabla 47 (estado de resultados) se consideraron que los costos e ingresos están determinados en el periodo cero, es decir, antes de

realizar la inversión. Para los años 1 al 5 estos datos se verían afectados por la inflación, la misma que, a finales del 2011 fue del 5,14%.

Tabla 47. Estado de resultados (USD)

Año	0	1	2	3	4	5
Producción	12 t	12 t	12 t	12 t	12 t	12 t
(+) Ingresos	147 000,00	154 556,00	162 500,00	170 852,00	179 634,00	188 867,00
(-) C. producción	100 850,00	106 034,00	111 484,00	117 214,00	123 239,00	129 574,00
(-) C. administración y ventas	13 901,00	14 615,00	15 367,00	16 156,00	16 987,00	17 860,00
(=) Utilidad antes de impuestos (UAI)	32 249,00	33 907,00	35 649,00	37 482,00	39 408,00	41 434,00
(-) Impuestos 27%*	8 707,00	9 155,00	9 625,00	10 120,00	10 640,00	11 187,00
(=) Utilidad después de impuestos (UDI)	23 542,00	24 752,00	26 024,00	27 362,00	28 768,00	30 247,00
(+) Depreciación	4 657,00	4 896,00	5 148,00	5 412,00	5 690,00	5 983,00
(=) Flujo neto de efectivo (FNE)	28 198,00	29 648,00	31 172,00	32 774,00	34 459,00	36 230,00

(*) 15% reparto de utilidades a empleados y 12% impuesto a la renta

3.8.5. MÉTODOS DE EVALUACIÓN ECONÓMICA

3.8.5.1. Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Rendimiento (TIR)

Para determinar el VAN y el TIR se tomaron los datos de la Tabla 47 (Estado de resultados). El cálculo del VAN y del TIR se indican en la Tabla 48.

Tabla 48. VAN y TIR

Datos	Descripción
12,0%	Tasa anual de descuento
-94 693,00	Costo inicial de inversión
29 648,00	FNE 1 año
31 172,00	FNE 2 año
32 774,00	FNE 3 año
34 459,00	FNE 4 año
36 230,00	FNE 5 año
USD 22 413,00	VAN para esta inversión
21,0%	TIR

Como el VAN es positivo e igual a USD 22 413,00, se debe aceptar realizar la inversión.

Como la TIR es igual a 21,0%, se acepta realizar la inversión.

3.8.5.2. Razón beneficio/costo

La relación beneficio/ costo se indica en la Tabla 49.

Tabla 49. Relación beneficio/costo

Año	Beneficio (USD)	Costo (USD)
0	147 000,00	114 751,00
1	154 556,00	120 649,00
2	162 500,00	126 851,00
3	170 852,00	133 371,00
4	179 634,00	140 226,00
5	188 867,00	147 433,00
Total	1 003 410,00	783 281,00

Con los datos de la tabla se puede calcular la relación beneficio/costo:

$$\mathbf{B/C = USD 1\ 003\ 410 / USD 78\ 3281}$$

$$\mathbf{B/C = 1,28}$$

Esta relación beneficio/costo de 1,28, al ser un valor mayor que 1 indica que los ingresos netos son superiores a los egresos netos y por tanto, por cada dólar gastado, se recuperan 1 dólar con 28 centavos de dólar.

Así, esta relación beneficio/costo superior a 1, complementa el resultado obtenido del VAN positivo y nos dice que hay que aceptar el proyecto pues es viable y por tanto recomendable su ejecución.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

1. Con el sustrato bagazo de caña se obtuvo el mejor rendimiento 8,9 kg de producción por m², con hongos con carpóforos mas grandes que llegaron en promedio a 5,9 cm de diámetro y con un costo unitario/200g de producto de USD 1,91. Estos valores son significativamente mayores que aquellos obtenidos con los otros sustratos que se utilizaron en este estudio, pues los rendimientos fueron de 1,7 kg/m² para el sustrato paja de trigo, de 3,6 kg/m² para el sustrato aserrín y de apenas 0,02 kg/m² para el sustrato mezcla forrajera; en tanto que los diámetros de los carpóforos fueron de 2,9 cm en el sustrato paja de trigo, de 3,5 cm en el sustrato aserrín y de 0,9 cm en el sustrato mezcla forrajera. Por tanto se concluye que el sustrato más adecuado para el cultivo de hongos ostra con el método aplicado es el de bagazo de caña.
2. En el sustrato bagazo de caña de azúcar se obtuvo la producción más alta de hongos frescos con un promedio de 177,1 g a partir de 8 kg de sustrato húmedo; este sustrato presentó los siguientes nutrientes 9,04% de lignina, 36,02% de celulosa y 26,63% de hemicelulosa. En el sustrato aserrín se cultivó 71,3 g de hongo fresco a partir de 8 kg de sustrato húmedo; este sustrato tuvo 6,22 % de lignina, 26,65% de celulosa y 18,34% de hemicelulosa. La cosecha en promedio para el sustrato paja de trigo fue de 34,6 g de hongo fresco a partir de 8 kg de sustrato húmedo; la composición nutricional de este sustrato fue de 5,32% de lignina, 18,31% de celulosa y 14,27% de hemicelulosa. La producción de hongos ostra en el sustrato mezcla forrajera fue de 0,4 g; su composición nutricional fue de 2,19% de lignina, 8,09% de celulosa y 9,76% de hemicelulosa. Al analizar estos resultados se puede decir que la composición nutricional de los sustratos influyó en la producción de los hongos ostra, siendo el sustrato bagazo de caña de azúcar el que presentó mejores características nutricionales, lo que permitió obtener una mayor producción de estos hongos.

3. El hongo fresco cultivado del sustrato bagazo de caña presentó una humedad de 88,54%, el extracto libre de nitrógeno de 47,13%, la proteína y la fibra con 21,89% y 20,34% respectivamente, donde el porcentaje de cenizas fue de 8,06% y el extracto etéreo estuvo en 2,58%; estas datos indican que este producto tuvo una excelente composición nutricional, pues si consideramos el valor de la proteína y la fibra, estos son superiores a los de la mayoría de los vegetales y similares a productos ricos en proteínas como la carne de res o el pescado.

4. Los métodos de evaluación económica utilizados para este proyecto proyectaron resultados favorables; así, el VAN (Valor Actual Neto) fue positivo e igual a USD 22 413, lo cual significa que, la inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida, por lo que, el proyecto puede aceptarse; la TIR (Tasa Interna de Retorno) fue del 21%, la cual, es superior a la TMAR (Tasa Mínima Aceptable de Retorno) del 12%, lo que representa que, el proyecto es viable a partir de la inversión realizada y el índice beneficio/costo fue de 1,28 mayor que 1; lo que indica, que por cada dólar gastado se recupera 1 dólar con 28 centavos de dólar. Por tanto el proyecto es viable.

4.2. RECOMENDACIONES

1. Si bien el sustrato de bagazo de caña se determinó como el mejor para el cultivo de hongos ostra comparado con los sustratos de paja de trigo, aserrín, y mezcla forrajera, al existir otros subproductos o desechos agroindustriales que no son aprovechados, como la corteza de la pitahaya que tiene un alto contenido de lignina, celulosa y hemicelulosa; se recomienda la evaluación de otros sustratos para determinar la adaptación y producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), mismos que podrían ser equiparables o mejores que el sustrato de bagazo de caña, pero que tendrían menores costos.
2. La producción de *Pleurotus ostreatus* se realizó en la zona de Tambillo, pero es recomendable evaluar otras zonas para determinar aquellas donde su cultivo presente mejores resultados y de esta manera se podría impulsar el cultivo de este producto a nivel artesanal que podría ser aprovechado por grupos más vulnerables de la sociedad, como son asociaciones de campesinos, grupos de mujeres y grupos de jóvenes; esto significaría que estos grupos puedan incrementar sus ingresos y mejorar su nivel de vida.
3. Así mismo, se recomienda realizar pruebas con diferentes densidades de siembra hasta establecer la idónea para cada localidad, debido a que, de esta manera se reducirían los costos de producción y se obtendría mayores ganancias.
4. Se recomienda que este proyecto sea complementado a través del desarrollo de productos agroindustriales a partir del hongo ostra; evaluando parámetros tecnológicos, económicos y de mercado, para vender el producto con un valor agregado y maximizar las utilidades.

BIBLIOGRAFÍA

- Ardón, C., 2004, " Evaluación de pericarpio de jacaranda (*Jacaranda mimosaeifolia*) y pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*), para el cultivo artesanal del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*, Ecosur-0112)", http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2138.pdf, (Junio, 2009).
- Ardón, C., 2007, "La producción de los hongos comestibles", http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/07/07_1932.pdf, (Julio, 2009).
- Baca, G., 2006, "Evaluación de Proyectos", quinta edición, editorial Mc Graw Hill, México D.F.-México, pp. 167-240.
- Baena, A., 2005, "Aprovechamiento del Bagazo del Maguey Verde (*Agave Salmiana*) de la Agroindustria del Mezcal en San Luis Potosí para la Producción de Hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus*)", www.ipicyt.edu.mx/storage-sipicyt/.../030078BaenaGonzalez.pdf, (Junio, 2009).
- Barbado, J., 2004, "Hongos comestibles", primera edición, editorial Albatros, Buenos Aires-Argentina, pp. 75-83.
- Cha, J., 2005, "Manual del cultivador de hongos 1. Cultivo del hongo ostra. Capítulo 8. Manejo de Plagas y Enfermedades", http://www.hongoscomestibles-latinoamerica.com/P/liga_2.htm, (Mayo, 2009).
- Ceballos, D., 2007, "Evaluación de rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) y hojarasca de roble (*Quercus peduncularis*) previo al cultivo artesanal del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus* Ecs 110)", http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_0964.pdf, (Junio, 2009).
- Choi, K., 2005, "Manual del Cultivador de Hongos 1. Capítulo 7. Formas de

- cultivo”, http://www.hongoscomestibles-latinoamerica.com/P/liga_2.htm, (Junio, 2009).
- Custodio, C., 2005, “Manual del Cultivador de Hongos 1. Capítulo 5. Sustrato”, http://www.hongoscomestibles-latinoamerica.com/P/liga_2.htm, (Junio, 2009).
 - De León, M., 2010, “Evaluación de Semillas de Hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus*) Producidas a Partir de Hifas Vegetativas, Santa María de Jesús, Zunil, Quetzaltenango”, <http://www.ciag.com.gt/files/4744.pdf>, (Enero, 2011).
 - Fernández, F., 2004, “Guía práctica de producción de setas (*Pleurotus Spp.*)”, [http://www.fungitec/Guía práctica de producción de setas.pdf](http://www.fungitec/Guía%20práctica%20de%20producción%20de%20setas.pdf). (Junio, 2009).
 - Flores, J. y Arias, N., 2006, “Efecto de microorganismos eficaces (EM) sobre la producción del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Agaricales: Tricholomataceae) a partir de remanentes agrícolas”, <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/dpg/20-06.pdf>, (Julio, 2009).
 - France, A., Cañumir, J. y Cortez, M., 2000, “Producción de Hongos Ostras”, <http://www.inia.cl/link.cgi/Documentos/Catalogo/Boletines/411>, (Mayo, 2009).
 - Gaitán, R., Salmenes, D., Pérez, R. y Mata, G., 2006, “Manual Práctico del Cultivo de Setas. Aislamiento, siembra y producción”, http://www1.inecol.edu.mx/inecol/libros/manual_setas.pdf, (Julio, 2009).
 - Garzón, J. y Cuervo, J., 2008, “Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia”, http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/NOVA10_ARTORIG2_pleu_r.pdf, (Junio, 2009).
 - Guarín, J. y Ramírez, A., 2004, “Estudio de factibilidad técnico - financiero de un cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* en Cundinamarca”, <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis79.pdf>, (Mayo, 2009).

- Instituto de la Potasa y el Fósforo INPOFOS, 1997, Manual Internacional de Fertilidad de Suelos, U.S.A, pp. 8, 9.
- Invernaderos GreenHouse., 2010, El cultivo del hongo seta (*Pleurotus ostreatus*) <http://los-invernaderos.blogspot.com/2010/09/el-cultivo-del-hongo-seta-pleurotus.html>, (Marzo, 2012).
- Khan, A., 2005, “Manual del Cultivador de Hongos 1. Capítulo 5. Sustrato”, http://www.hongoscomestibles-latinoamerica.com/P/liga_2.htm, (Junio, 2009).
- Kong, W., 2005, “Manual del Cultivador de Hongos 1. Capítulo 4. Inóculo (Semilla o Spawn)”, http://www.hongoscomestibles-latinoamerica.com/P/liga_2.htm, (Junio, 2009).
- Kwon, H., 2005, “Manual del Cultivador de Hongos 1. Capítulo7. Formas de cultivo”, http://www.hongoscomestibles-latinoamerica.com/P/liga_2.htm, (Junio, 2009).
- Merencio, D., 2003, “Aproximación experimental a la combustión del bagazo de caña en lecho fluidizado”, <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar03/HTML/articulo03.htm>, (Mayo, 2009).
- Michel, A., Otero, M. y Díaz, E., 2010, “Manual Producción de Hongos Comestibles *Pleurotus* spp.”, http://www.fundacionproduceagro.org.mx/convocatorias/Manual_Hongos.pdf, (Enero, 2011).
- Montgomery, D., 1991, “Diseño y análisis de experimentos”, Editorial Iberoamérica, S.A. de C.V., Monterrey, México, pp.48, 49, 60, 61, 119-126.
- Rodríguez, G., 2005, “Cultivo de hongos comestibles”, http://www.inta.gov.ar/altovalle/info/biblo/rompecabezas/pdfs/fyd52_hongos.pdf

f, (Julio, 2009).

- Silva, B., 2005, “Manual del cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*”, Editorial Minerva, Ambato-Ecuador, pp.1-12, 45-48.
- Song, B., 2005, “Manual del cultivador de hongos 1. Capítulo 1. Introducción a los hongos”, http://www.girgolas.unlugar.com/chapter01-01_p.1.pdf, (Mayo, 2009).
- Taurachand, D., 2005, “Manual del cultivador de hongos 1. Capítulo 5. Sustrato-Bagazo de caña de azúcar”, http://www.girgolas.unlugar.com/chapter01-01_p.1.pdf, (Mayo, 2009).
- Vedder, P., 1996, “Cultivo Moderno del Champiñón”, grupo Mundi-Prensa, Madrid-España, pp. 27, 28.
- Wainwright, M., 1995, “Introducción a la biotecnología de los hongos”, editorial Acribia S.A., Zaragoza-España, pp. 161, 162.

ANEXOS

Anexo I

Materiales y aditivos utilizados en el estudio

Las fotografías de los principales materiales utilizados en el estudio se muestran en la Figura 26.



a. Sustrato paja de trigo



b. Sustrato mezcla forrajera (pasto)



c. Sustrato aserrín



d. Sustrato bagazo de caña de azúcar



e. Semilla del hongo *Pleurotus ostreatus*



f. Fungicida benomil

FIGURA 26. Materiales y aditivos utilizados en el estudio

Anexo II
Determinación del contenido de humedad
Método MO-LSAIA-01.01

Materiales:

2 crisoles de cerámica
1 balanza analítica

Reactivos:

6 g de la muestra a analizar

Procedimiento:

Realizar la muestra en duplicado. Pesar 3 g de muestra por crisol y anotar su peso con cuatro cifras decimales. Secar las muestras a 105°C durante dos horas y treinta minutos y volver a pesarlas. Repetir este procedimiento hasta que el peso de la muestra sea constante o hasta obtener 0,005 g de diferencia.

Cálculos:Cálculo de la humedad

$$\% \text{ Humedad} = \frac{A \times 100}{B}$$

Donde A: Peso perdido por el calentamiento en gramos.

B: Peso inicial de la muestra en gramos.

Determinación de los sólidos totales

Con la humedad se procede al cálculo de los sólidos totales mediante el siguiente cálculo:

Sólidos totales = 100 - % Humedad.

Resultados:

El peso perdido por el calentamiento en gramos es igual al peso inicial menos el peso final. Los resultados se presentan como porcentaje de humedad en relación al peso inicial de la muestra.

Anexo III
Determinación de celulosa
Método MO-LSAIA-02

Materiales:

Crisoles filtrantes

Reactivos:

Solución de sulfito de sodio al 2%

Solución de dióxido de azufre al 3%

Hipoclorito de sodio al 15%

Procedimiento:

Pesar 2 g de muestra libre de ceras, grasas y resinas por duplicado. Poner la muestra en Erlenmeyer y añadir hipoclorito de sodio hasta que cubra la muestra totalmente. Dejar reposar por 9 horas y filtrar en un crisol tarado y pesado. Lavar el material filtrado haciendo pasar por el crisol 50 mL cada vez de agua, solución de dióxido de azufre al 3%, agua y una solución fresca al 2% de sulfito de sodio. El material se pesa, con 70 mL de la solución de sulfito de sodio a baño maría por 30 minutos. El sulfito se añade de 15 mL en 15 mL hasta completar 60 y los restantes 10 se añaden de 5 en 5. Filtrar en el crisol y lavar con 250 mL de agua. Secar el crisol y secar con su contenido.

Resultados:

El peso del contenido expresado como porcentaje en base seca es el porcentaje de celulosa.

Anexo IV
Determinación de lignina
Método MO-LSAIA-04

Materiales:

Crisoles filtrantes, porcelana porosa, o crisoles de vidrio con discos perforados, todos de una porosidad fina.

Equipo de extracción Soxhlet

Baño maría

Reactivos:

Ácido sulfúrico al 72%

Procedimiento:

Pesar 1 g de muestra libre de ceras, grasas y resinas por duplicado y añadir 15 mL de H₂SO₄ al 72%. Agitar durante dos horas manteniendo una temperatura de 18 a 20°C. Añadir 560 mL de agua y llevar a ebullición con reflujo por 4 horas. Filtrar en un crisol tarado y pesado. Lavar el material filtrado con 500 mL de agua caliente. Secar el crisol junto con su contenido hasta peso constante.

Resultados:

El peso del contenido expresado como porcentaje en base seca es el porcentaje de lignina.

Anexo V

Cultivo del hongo ostra con el sustrato bagazo de caña de azúcar

Las fotografías del proceso del cultivo de hongos ostra con el sustrato bagazo de caña de azúcar se muestra en la Figura 27.



a. Pesaje del sustrato



b. Preparación de la solución de benomil



c. Mezcla sustrato con solución de benomil



d. Mezcla sellado por tres días



e. Pesaje del hidróxido de calcio



f. Adición del hidróxido de calcio



g. Pasteurización del sustrato



h. Registro de temperatura



i. Eliminación del agua



j. Pesaje de semilla



k. Siembra al voleo



l. Llenado de fundas



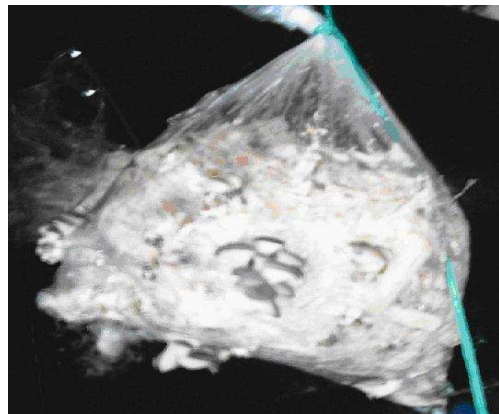
m. Etiquetado



n. Control cámara de inoculación



o. Aspersión manual



p. Hongos de 5 días



q. Hongos de 7 días



r. Hongos de 8 días



s. Hongos listos para cosechar



t. Cosecha



u. Hongo cosechado



v. Hongo fresco cosechado

FIGURA 27. Cultivo del hongo ostra con el sustrato bagazo de caña de azúcar

Anexo VI

Cultivo del hongo ostra con el sustrato paja de trigo

Las fotografías del proceso del cultivo de hongos ostra con el sustrato paja de trigo se muestra en la Figura 28.



a. Pesaje del sustrato



b. Cortado del sustrato



c. Pasteurizado del sustrato



d. Siembra al voleo

FIGURA 28. Cultivo del hongo ostra con el sustrato paja de trigo

Anexo VII

Cultivo del hongo ostra con el sustrato aserrín

Las fotografías del proceso de cultivo de hongos ostra con el sustrato aserrín se muestra en la Figura 29.



a. Remojo del sustrato en agua



b. Pasteurización del sustrato



c. Eliminación del agua



d. Siembra al voleo



e. Llenado de fundas

FIGURA 29. Cultivo del hongo ostra con el sustrato aserrín

Anexo VIII

Cultivo del hongo ostra con el sustrato mezcla forrajera

Las fotos del proceso del cultivo de hongos ostra con el sustrato mezcla forrajera se muestra en la Figura 30.



a. Secado de la mezcla forrajera



b. Cortado de la mezcla forrajera



c. Pasteurización del sustrato



d. Siembra al voleo



e. Llenado de fundas

FIGURA 30. Cultivo del hongo ostra con el sustrato mezcla forrajera (pasto)

Anexo IX

Pesos de los sustratos inoculados en los tres ciclos de cultivo

Los datos de los pesos registrados de los sustratos inoculados en los tres ciclos de cultivo se indican en las Tablas 50-53.

Tabla 50. Pesos del sustrato húmedo bagazo de caña y de la semilla

N° Funda	1 CICLO DE CULTIVO			2 CICLO DE CULTIVO			3 CICLO DE CULTIVO		
	Peso sustrato húmedo (g)	Peso semilla (g)	Total	Peso sustrato húmedo (g)	Peso semilla (g)	Total	Peso sustrato húmedo (g)	Peso semilla (g)	Total
1	1001	40	1041	1000	40	1040	1000	40	1040
2	1002	40	1042	998	41	1039	1000	40	1040
3	1000	41	1041	1000	41	1041	1000	40	1040
4	1000	40	1040	1000	40	1040	1000	40	1040
5	1001	40	1041	1001	40	1041	1000	40	1040
6	1003	41	1044	1002	41	1043	1001	40	1041
7	1002	40	1042	1000	40	1040	1001	40	1041
8	1000	40	1040	1001	41	1042	1000	40	1040

Tabla 51. Pesos del sustrato húmedo paja de trigo y de la semilla

N° Funda	1 CICLO DE CULTIVO			2 CICLO DE CULTIVO			3 CICLO DE CULTIVO		
	Peso sustrato húmedo (g)	Peso semilla (g)	Total	Peso sustrato húmedo (g)	Peso semilla (g)	Total	Peso sustrato húmedo (g)	Peso semilla (g)	Total
1	1002	40	1042	999	40	1039	1000	40	1040
2	1001	40	1041	998	41	1039	1001	40	1041
3	1001	41	1042	1002	41	1043	1001	41	1042
4	1000	40	1040	1001	40	1041	1000	40	1040
5	1000	40	1040	1001	40	1041	1001	40	1041
6	1000	41	1041	1002	41	1043	1000	41	1041
7	999	40	1039	1000	40	1040	1000	40	1040
8	1001	40	1041	1000	41	1041	1000	40	1040

Tabla 52. Pesos del sustrato húmedo aserrín y de la semilla

N° Funda	1 CICLO DE CULTIVO			2 CICLO DE CULTIVO			3 CICLO DE CULTIVO		
	Peso sustrato húmedo (g)	Peso semilla (g)	Total	Peso sustrato húmedo (g)	Peso semilla (g)	Total	Peso sustrato húmedo (g)	Peso semilla (g)	Total
1	1000	40	1040	1000	40	1040	1000	40	1040
2	1002	40	1042	1000	41	1041	1001	40	1041
3	998	41	1039	1000	41	1041	1001	41	1042
4	999	40	1039	1001	40	1041	998	40	1038
5	999	40	1039	1001	40	1041	999	40	1039
6	1001	41	1042	1001	41	1042	1000	41	1041
7	1000	40	1040	999	40	1039	1003	40	1043
8	1000	40	1040	1003	40	1043	1000	40	1040

Tabla 53. Pesos del sustrato húmedo mezcla forrajera y de la semilla

N° Funda	1 CICLO DE CULTIVO			2 CICLO DE CULTIVO			3 CICLO DE CULTIVO		
	Peso sustrato húmedo (g)	Peso semilla (g)	Total	Peso sustrato húmedo (g)	Peso semilla (g)	Total	Peso sustrato húmedo (g)	Peso semilla (g)	Total
1	1000	40	1040	1002	40	1042	1000	40	1040
2	999	40	1039	1001	41	1042	1000	40	1040
3	1002	41	1043	1000	41	1041	1000	40	1040
4	1003	40	1043	1001	40	1041	1000	40	1040
5	1000	40	1040	1003	40	1043	1000	40	1040
6	1001	40	1041	998	41	1039	1000	40	1040
7	1003	40	1043	999	40	1039	1000	40	1040
8	1002	40	1042	1000	41	1041	1000	40	1040

Anexo X

Registro de condiciones en la cámara de incubación

Los datos del registro de las condiciones ambientales en la cámara de incubación se indican en las Tablas 54-56.

Tabla 54. Registro de condiciones en la cámara de incubación-primer ciclo

Día	T mín. (°C)	T máx. (°C)	% H r	Observaciones
1	14	22	74	
2	15	22	65	
3	16	23	69	
4	15	22	65	
5	16	22	75	
6	15	22	70	
7	17	23	78	
8	15	22	78	
9	15	24	66	
10	16	24	70	
11	15	23	74	
12	16	24	78	
13	16	23	73	
14	14	24	75	
15	17	23	74	
16	14	24	75	
17	16	23	78	
18	15	24	76	
19	15	24	75	
20	14	25	78	
21	14	23	79	
22	16	23	76	
23	17	22	76	
24	15	23	78	
25	15	23	75	
26	16	24	76	
27	16	25	77	
28	16	24	78	
29	15	24	79	
30	16	23	76	Observación 1
31	15	24	77	
32	17	23	78	
33	16	23	77	
34	17	23	77	
35	16	23	77	Observación 2
Promedio	15,51	23,23	74,91	
Máxima	17	25	79	
Mínima	14	22	65	
Desv. Est.	0,92	0,84	3,85	

Observación 1: Se pasan las fundas del sustrato bagazo de caña a la cámara clara-oscura (cámara de fructificación).

Observación 2: Se pasan las fundas del sustrato paja de trigo, aserrín y mezcla forrajera a la cámara clara-oscura (cámara de fructificación).

Tabla 55. Registro de condiciones en la cámara de incubación-segundo ciclo

Día	T mín. (°C)	T máx. (°C)	% H r	Observaciones
1	16	25	70	
2	18	26	68	
3	18	25	69	
4	17	27	70	
5	16	26	68	
6	17	25	72	
7	17	26	72	
8	18	25	68	
9	17	25	70	
10	17	24	70	
11	18	26	71	
12	16	25	74	
13	18	25	72	
14	16	25	68	
15	15	26	74	
16	16	27	70	
17	18	27	76	
18	17	27	74	
19	17	26	72	
20	16	26	75	
21	15	24	80	
22	17	25	79	
23	16	25	77	
24	16	26	79	
25	17	26	79	
26	15	25	80	
27	16	25	73	
28	17	24	74	
29	15	26	71	
30	16	27	73	Observación 1
31	17	26	68	
32	15	27	70	
33	17	26	72	Observación 2
Promedio	16,58	25,64	72,67	
Máxima	18	27	80	
Mínima	15	24	68	
Desv. Est.	0,97	0,90	3,72	

Observación 1: Se pasan las fundas del sustrato bagazo de caña a la cámara clara-oscura (cámara de fructificación).

Observación 2: Se pasan las fundas del sustrato paja de trigo, aserrín y mezcla forrajera a la cámara clara-oscura (cámara de fructificación).

Tabla 56. Registro de condiciones en la cámara de incubación-tercer ciclo

Día	T mín. (°C)	T máx. (°C)	% H r	Observaciones
1	16	26	75	
2	17	26	78	
3	17	25	79	
4	17	25	76	
5	16	26	77	
6	18	27	78	
7	16	26	75	
8	17	25	76	
9	17	26	77	
10	16	28	78	
11	17	28	79	
12	17	27	76	
13	16	28	77	
14	17	26	78	
15	16	28	76	
16	17	26	77	
17	17	25	78	
18	17	25	67	
19	18	26	68	
20	18	27	72	
21	16	26	78	
22	17	28	73	
23	17	26	71	
24	17	27	73	
25	16	25	75	
26	17	26	78	
27	17	25	76	
28	16	28	74	
29	18	27	67	Observación 1
30	17	25	68	
31	17	26	69	
32	17	27	75	Observación 2
Promedio	16,84	26,31	74,81	
Máxima	18	28	79	
Mínima	16	25	67	
Desv. Est.	0,63	1,06	3,64	

Observación 1: Se pasan las fundas del sustrato bagazo de caña a la cámara clara-oscura (cámara de fructificación).

Observación 2: Se pasan las fundas del sustrato paja de trigo, aserrín y mezcla forrajera a la cámara clara-oscura (cámara de fructificación).

Anexo XI

Registro de condiciones en la cámara de fructificación

Los datos del registro de las condiciones ambientales en la cámara de fructificación se indican en las Tablas 57-62.

Tabla 57. Registro de condiciones en la cámara de fructificación-primer ciclo, primera oleada

Día	T mín. (°C)	T máx. (°C)	% H r	Observaciones
1	12	16	86	
2	13	17	87	
3	13	16	88	
4	14	16	86	
5	13	17	90	
6	13	17	91	Observación 1
7	14	16	89	Observación 2
8	13	15	86	
9	13	16	84	
10	14	15	82	
11	13	15	83	Cosecha
12	12	16	82	Cosecha
13	11	15	83	Cosecha
14	10	15	81	Cosecha
15	10	15	79	Cosecha
Promedio	12,38	15,92	85,54	
Máxima	14	17	91	
Mínima	10	15	79	
Desv. Est.	1,33	0,76	3,60	

Observación 1: Se observan los primeros brotes en el sustrato bagazo de caña

Observación 2: Se observan los primeros brotes en el sustrato paja de trigo y aserrín

Tabla 58. Registro de condiciones en la cámara de fructificación-primer ciclo, segunda oleada

Día	T mín. (°C)	T máx. (°C)	% H r	Observaciones
1	13	16	85	
2	13	17	88	
3	13	16	86	
4	12	15	90	
5	13	16	87	
6	13	16	92	Observación 1
7	12	15	91	Observación 2
8	12	16	86	
9	11	15	80	
10	11	15	82	
11	12	15	81	Cosecha
12	12	15	81	Cosecha
13	10	15	87	Cosecha
14	10	15	83	Cosecha
15	10	15	85	Cosecha
Promedio	11,85	15,54	86,23	
Máxima	13	17	92	
Mínima	10	15	80	
Desv. Est.	1,21	0,66	3,59	

Observación 1: Se observan los primeros brotes en el sustrato bagazo de caña y paja de trigo.

Observación 2: Se observan los primeros brotes en el sustrato aserrín.

Tabla 59. Registro de condiciones en la cámara de fructificación-segundo ciclo, primera oleada

Día	T mín. (°C)	T máx. (°C)	% H r	Observaciones
1	14	17	92	
2	13	16	90	
3	13	16	92	
4	14	17	91	
5	14	17	90	Observación 1
6	13	18	91	
7	14	16	85	
8	12	17	84	
9	12	16	86	
10	12	16	85	Cosecha
11	11	16	86	Cosecha
12	11	15	83	Cosecha
13	11	16	82	Cosecha
Promedio	12,73	16,45	87,82	
Máxima	14	18	92	
Mínima	11	15	82	
Desv. Est.	1,27	0,82	3,84	

Observación 1: Se observan los primeros brotes en los cuatro sustratos.

Tabla 60. Registro de condiciones en la cámara de fructificación-segundo ciclo, segunda oleada

Día	T mín. (°C)	T máx. (°C)	% H r	Observaciones
1	13	15	91	
2	12	17	93	
3	14	16	91	
4	15	18	92	
5	15	17	94	Observación 1
6	14	17	91	
7	13	17	89	
8	15	16	84	
9	14	18	83	
10	13	16	85	
11	14	15	85	Cosecha
12	12	15	83	Cosecha
13	12	15	84	Cosecha
14	11	15	84	Cosecha
Promedio	13,33	16,33	88,42	
Máxima	15	18	94	
Mínima	11	15	83	
Desv. Est.	1,37	1,15	4,10	

Observación 1: Se observan los primeros brotes en los cuatro sustratos

Tabla 61. Registro de condiciones en la cámara de fructificación-tercer ciclo, primera oleada

Día	T mín. (°C)	T máx. (°C)	% H r	Observaciones
1	15	18	93	
2	15	17	92	
3	14	19	92	
4	13	17	91	
5	14	17	89	Observación 1
6	15	17	90	
7	15	16	86	
8	15	15	85	
9	14	16	86	
10	15	16	87	
11	24	15	85	Cosecha
12	13	16	87	Cosecha
13	12	15	85	Cosecha
14	12	15	85	Cosecha
Promedio	13,91	16,55	88,64	
Máxima	15	19	93	
Mínima	12	15	85	
Desv. Est.	1,22	1,29	3,14	

Observación 1: Se observan los primeros brotes en los cuatro sustratos

Tabla 62. Registro de condiciones en la cámara de fructificación-tercer ciclo, segunda oleada

Día	T mín. (°C)	T máx. (°C)	% H r	Observaciones
1	15	18	92	
2	15	20	90	
3	15	17	93	
4	14	17	91	
5	14	18	90	Observación 1
6	15	19	89	
7	15	17	88	
8	15	16	89	
9	14	15	87	
10	13	16	88	
11	12	15	88	Cosecha
12	13	15	90	Cosecha
13	13	15	88	Cosecha
14	12	15	87	Cosecha
Promedio	14,18	17,00	89,73	
Máxima	15	20	93	
Mínima	12	15	87	
Desv. Est.	1,08	1,67	1,79	

Observación 1: Se observan los primeros brotes en los cuatro sustratos

Anexo XII

Pesos en gramos de los brotes cosechados en los tres ciclos de cultivo

Los datos de los pesos registrados de los brotes cosechados en los tres ciclos de cultivo se indican en las Tablas 63-66.

Tabla 63. Pesos de los brotes cosechados en el sustrato bagazo de caña

N° Funda	PRIMER CICLO		SEGUNDO CICLO		TERCER CICLO		Promedio
	Primer brote	Segundo brote	Primer brote	Segundo brote	Primer brote	Segundo brote	
1	122,2	47,5	132,6	46,6	133,2	46,8	176,3
2	132,5	46,5	138,1	43,6	133,1	49,2	181,0
3	130,1	41,0	128,2	42,7	137,8	32,4	170,7
4	129,7	47,0	133,2	43,5	141,3	35,4	176,7
5	131,6	47,3	135,4	43,2	140,6	38,0	178,7
6	127,9	43,4	129,8	42,0	136,6	35,4	171,7
7	134,8	49,7	138,6	45,2	135,1	48,6	184,0
8	136,2	41,7	132,7	45,3	137,2	40,9	178,0

Tabla 64. Pesos de los brotes cosechados en el sustrato paja de trigo

N° Funda	PRIMER CICLO		SEGUNDO CICLO		TERCER CICLO		Promedio
	Primer brote	Segundo brote	Primer brote	Segundo brote	Primer brote	Segundo brote	
1	34,2	5,7	35,3	4,9	32,8	7,1	40,0
2	29,8	8,4	30,6	7,3	31,8	6,1	38,0
3	31,1	7,5	29,8	8,9	33,2	5,6	38,7
4	22,3	5,9	23,1	5,2	22,9	5,5	28,3
5	29,7	3,5	28,9	4,0	30,2	2,7	33,0
6	21,4	6,4	21,1	6,7	23,8	4,6	28,0
7	29,7	5,3	30,2	4,3	31,4	3,7	34,7
8	30,8	4,2	29,7	5,7	28,7	6,8	35,3

Tabla 65. Pesos de los brotes cosechados en el sustrato aserrín

N° Funda	PRIMER CICLO		SEGUNDO CICLO		TERCER CICLO		Promedio
	Primer brote	Segundo brote	Primer brote	Segundo brote	Primer brote	Segundo brote	
1	51,6	17,2	50,4	18,7	53,9	15,2	69,0
2	53,8	15,9	52,4	16,6	55,0	14,2	69,3
3	57,7	13,3	52,7	18,1	53,9	17,3	71,0
4	59,0	18,7	60,7	18,2	63,3	15,0	78,3
5	58,2	13,8	60,0	12,9	60,5	12,7	72,7
6	56,7	14,8	57,2	13,8	56,0	14,5	71,0
7	57,3	11,1	56,7	12,0	52,6	16,4	68,7
8	50,5	19,8	59,4	10,8	56,6	13,8	70,3

Tabla 66. Pesos de los brotes cosechados en el sustrato mezcla forrajera

N° Funda	PRIMER CICLO		SEGUNDO CICLO		TERCER CICLO		Promedio
	Primer brote	Segundo brote	Primer brote	Segundo brote	Primer brote	Segundo brote	
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
2	1,3	0,5	1,1	0,4	1,2	0,6	1,7
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,5	0,2	0,1	0,0	0,7
5	0,7	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,3
6	0,8	0,2	0,0	0,0	0,3	0,1	0,7
7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0

Anexo XIII
Determinación de proteínas
Método MO-LSAIA-01.04

Materiales:

Balanza analítica, sensibilidad 0,1 mg.

Equipo Kjeldahl

Manto calefactor

pHmetro

Material usual de laboratorio

Reactivos:

Ácido sulfúrico concentrado

Sulfato de potasio o sulfato de sodio, sulfato cúprico

Solución de hidróxido de sodio 0,1 N. Tomar 4 g de NaOH y completar a 1 litro. Valorar con ácido succínico.

Solución de hidróxido de sodio al 15 %. Disolver 150 g de NaOH y completar a 1 litro.

Solución de ácido sulfúrico 0,1 N. Tomar 2,7 mL de H₂SO₄ concentrado y completar a 1 litro, luego estandarizar con Na₂CO₃ anhidro.

Solución de hidróxido de sodio al 30 %. Disolver 300 g de NaOH y completar a 1 litro.

Solución rojo de metilo al 1 % en etanol. Disolver 1 g de rojo de metilo en 100 mL de etanol (95 %).

Solución de ácido clorhídrico 0,1 N. Tomar 8,3 mL de HCl concentrado y completar a 1 litro. Valorar con Na₂CO₃ anhidro.

Procedimiento:

Realizar la muestra en duplicado. Pesar al 0,1 mg alrededor de 1 g de muestra homogeneizada en un matraz de digestión Kjeldahl. Agregar 3 perlas de vidrio, 10 g de sulfato de potasio o sulfato de sodio, 0,5 g de sulfato cúprico y 20 mL de ácido sulfúrico concentrado. Conectar el matraz a la trampa de absorción que contiene 250 mL de hidróxido de sodio al 15 %. El disco poroso produce la división de los humos en finas burbujas con el fin de facilitar la absorción. Los depósitos de sulfito sódico se eliminan con

ácido clorhídrico. Cuando la solución de hidróxido de sodio al 15 % adicionada de fenolftaleína contenida en la trampa de absorción permanece incolora debe ser cambiada (aprox. 3 análisis). Calentar en manta calefactora y una vez que la solución esté transparente, dejar en ebullición de 15 a 20 minutos más. Si la muestra tiende a formar espuma agregar ácido esteárico o gotas de silicona antiespumante y comenzar el calentamiento lentamente.

Enfriar y agregar 200 mL de agua. Conectar el matraz al aparato de destilación, agregar lentamente 100 mL de NaOH al 30 % por el embudo, y cerrar la llave.

Destilar no menos de 150 mL en un matraz que lleve sumergido el extremo del refrigerante o tubo colector en 50 mL de una solución de ácido sulfúrico 0,1 N, 4 a 5 gotas de rojo de metilo y 50 mL de agua destilada. Asegurar un exceso de H₂SO₄ para que se pueda realizar la titulación. Titular el exceso de ácido con NaOH 0,1 N hasta color amarillo.

Cada cierto tiempo es necesario verificar la hermeticidad del equipo de destilación usando 10 mL de una solución de sulfato de amonio 0,1 N (6,6077 g/L), 100 mL de agua destilada y de 1 a 2 gotas de hidróxido de sodio al 30 % para liberar el amoníaco, así como también verificar la recuperación destruyendo la materia orgánica de 0,25 g de L(-)-Tirosina. El contenido teórico en nitrógeno de este producto es de 7,73 %. Debe recuperarse un 99,7 %.

Cálculos:

$$\% N = \frac{14 \times N \times V \times 100}{m \times 1000}$$

$$\% \text{ Proteína} = \frac{14 \times N \times V \times 100 \times \text{factor}}{m \times 1000}$$

Donde V: 50 mL H₂SO₄ 0,1 N

m: masa de la muestra en gramos

factor: 6,25

Resultados:

Repetibilidad del método: La diferencia entre los resultados de dos determinaciones efectuadas una después de otra, por el mismo analista, no debe exceder 0,06 % de nitrógeno o 0,38 % de proteína.

El resultado promedio de los dos cálculos se reporta como porcentaje de proteína en base seca.

Anexo XIV
Determinación de cenizas
Método MO-LSAIA-01.02

Materiales:

Mufla, crisoles de porcelana.

Balanza analítica.

Disgregador y pinzas.

Reactivos:

2 g de la muestra a analizar

Procedimiento:

Pesar 2 g de muestra en un crisol previamente tarado y deshumedecido. El crisol y su contenido se calcinan, primero sobre una llama baja, evitando en lo posible la formación excesiva de hollín, hasta que se carbonice y luego en un horno de mufla a 650° C. Trabajar con el extractor en funcionamiento. Calcinar en la mufla durante 3-4 horas hasta peso constante, asegurándose que la ceniza sea blanca o parda. Previamente al cumplirse los primeros 30 minutos de calcinación, sacar el crisol y dejar enfriar, con el disgregador romper las partículas incineradas en forma uniforme y cuidadosamente, introducir nuevamente el crisol en la mufla y completar la calcinación durante el tiempo antes mencionado, la temperatura debe mantenerse constante en la mufla. Transcurrido el tiempo requerido, sacar el crisol y dejar enfriar a temperatura ambiente, colocar en un desecador y luego pesar.

Cálculos:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{CC - C}{W} \times 100$$

Donde CC: Peso del crisol más la ceniza.

C: Peso del crisol vacío.

W: Peso de la muestra.

Anexo XV
Determinación de extracto etéreo
Método MO-LSAIA-01.03

Materiales:

Equipo de extracción Soxhlet.

Papel de filtro Whatman # 41.

Equipo de destilación.

Balones de extracción.

Estufa.

Hornilla.

Reactivos:

2 g de la muestra a analizar

Éter etílico

Procedimiento:

Pesar 2 gr de muestra. Hacer con el papel de filtro un paquete de tal forma que la muestra quede segura. Colocar el paquete en la cámara de extracción.

Pesar el balón vacío, en el cual posteriormente se depositará la grasa, anotar el peso. Fijar el balón a la parte inferior del Soxhlet en forma segura, con la finalidad de evitar la fuga del éter etílico.

Por la parte superior del Soxhlet vierta el éter etílico hasta que por diferencia de presión baje a través del cuello del Soxhlet al balón, luego añadir éter etílico hasta cubrir el paquete. Fijar bien el Soxhlet a la parte inferior del refrigerante.

Empezar la extracción durante cuatro horas, evitando todo tipo de fuego tal como mechero, cigarrillo encendido, etc., por esta razón se utiliza hornilla debido a que el éter etílico es altamente inflamable. Controlar que el flujo de agua en el refrigerante no se interrumpa, si esto ocurriese, detener la extracción hasta que se regule el flujo adecuado del agua.

Después de las cuatro horas de extracción recuperar el solvente a medida que se condense en la cámara de extracción. El paquete de la muestra se guarda para su posterior análisis de fibra. Evitar que la grasa depositada en el balón se quemé, dejar enfriar el balón

conteniendo la grasa para luego colocarlo en la estufa durante una hora, con la finalidad de que el éter etílico se evapore completamente y sólo se tenga grasa.

Después de estar una hora en la estufa, dejar enfriar a temperatura ambiente. Pesar el balón conteniendo la grasa y anotar el peso.

Cálculos:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{\text{BG} - \text{B}}{\text{W}} \times 100$$

Donde B: Peso del balón vacío.

BG: Peso del balón más la grasa.

W: Peso de la muestra.

Anexo XVI
Determinación de fibra cruda
Método MO-LSAIA-01.05

Materiales:

Aparato de fibra cruda.
Vasos altos de 600 mL.
Filtro de succión.
Crisoles Gooch.
Cocinilla, estufa.
Varilla con extremo de goma.
Papel de filtro.
Frasco lavador.

Reactivos:

6 g de la muestra a analizar
Hidróxido de sodio al 1,25 %.
Ácido sulfúrico al 1,25 %.

Procedimiento:

Pesar de 1 a 2 g de muestra libre de grasa. El residuo después del extracto etéreo en la determinación de grasa es la ideal. Anotar el peso (W).
Calentar las hornillas. Estas deben estar calientes cuando los vasos se coloquen sobre ellas.
Transferir a la muestra libre de grasa en cada vaso alto.
Agregar 200 mL de ácido sulfúrico al 1,25 % hirviendo e inmediatamente colocarlo en la hornilla. Hervir por 30 minutos.
Filtrar la solución caliente a través del papel de filtro. Lavar con agua hirviendo varias veces con porciones de 50 mL cada vez, hasta que el agua de lavado no tenga reacción ácida. Filtrar con succión.
Regresar el residuo con mucho cuidado a su vaso original utilizando el frasco lavador, conteniendo 200 mL de NaOH al 1,25 % hirviendo. Hervir durante 30 minutos.

Retirar de la hornilla, filtrar inmediatamente sobre crisol Gooch. Lavar el residuo con agua hirviendo, hasta la eliminación del hidróxido de sodio en el filtrado, y lavar finalmente con pequeñas porciones de alcohol.

Llevar el residuo a la estufa y secar a 105 ° C por espacio de 2 horas. Enfriar y pesar (peso P1).

Colocar en la mufla a 500-600° C hasta que el contenido sea de color blanco (aproximadamente una hora).

Retirar de la mufla, enfriar y pesar (peso P2).

Cálculos:

$$\% \text{ Fibra} = \frac{P1 - P2}{W}$$

Anexo XVII

Análisis del potencial hidrógeno (pH), porcentaje de humedad, de lignina, de celulosa y de hemicelulosa de los sustratos evaluados

MC-LSAIA-2010-03



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
 ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
 DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD
LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS
 Panamericana Sur Km. 1, Cuzcoaguatis, 2680091, 3007134, Fax: 3007134
 Casilla postal 17-01-340



INFORME DE ENSAYO NO: 10-022

NOMBRE PETICIONARIO: Srta. Paulina Aguinaga
DIRECCION: Monserrat, Catalina Herrera 19 y Fernandez de Heredia
FECHA DE EMISION: Enero 29 del 2010
FECHA DE ANALISIS: Enero 25 al 26 del 2010

PARTICULAR: Srta. Paulina Aguinaga
 Enero 19 del 2010
 16h15
 HUMEDAD, pH, ESQUEMA DE VAN SOEST,
 MATERIA SECA, CELULOSA, HEMICELULOSA

INSTITUCION:
ATENCIÓN:
FECHA DE RECEPCION:
HORA DE RECEPCION:
ANALISIS SOLICITADO

ANÁLISIS	HUMEDAD		LIGNINA*		pH	CELULOSA*		HEMICELULOSA*		IDENTIFICACIÓN
	MO-LSAIA-01.01	%	MO-LSAIA-01.04	%		MO-LSAIA-02	%	MO-LSAIA-02	%	
METODO REF.	U. FLORIDA 1970		U. FLORIDA 1970			U. FLORIDA 1970		U. FLORIDA 1971		
10-0120	75.12	9.04	8.54	36.62		26.63				BAGAZO DE CAÑA
10-0121	75.55	2.19	8.87	8.09		9.76				MEZCLA FORRAJERA
10-0122	75.71	5.32	8.64	18.31		14.27				PAJA DE TRIGO
10-0123	72.82	6.22	8.42	26.65		18.34				ASERRIN

Los ensayos marcados con (*) se reportan en base seca

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

RESPONSABLES DEL INFORME


Dr. Armando Rubio
RESPONSABLE DE CALIDAD


Dr. Ivan Samaniego
RESPONSABLE TECNICO

LABORATORIO LSAIA
I.N.I.A.P.
EST. EXP. SANTA CATALINA

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente, sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo.
 NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por éste. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

Página 1 de 1

