

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14 PAGINA: 1 de 66

Código de la dependencia. 21.1

FECHA	lunes, 6 de diciembre de 2021
--------------	-------------------------------

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Ciudad

UNIDAD REGIONAL	Sede Fusagasugá
TIPO DE DOCUMENTO	Trabajo De Grado
FACULTAD	Ciencias Agropecuarias
NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
PROGRAMA ACADÉMICO	Ingeniería Agronómica

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
Rodriguez Rodriguez	Dairon Hebert	1072195914

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
Gutiérrez Cortes	Carolina
Rojas Gracia	Pilar

TÍTULO DEL DOCUMENTO

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14 PAGINA: 2 de 66

EVALUACION DE LA PRODUCCION DE ORELLANAS (*Pleurotus ostreatus*) UTILIZANDO RESIDUOS SOLIDOS Y DE LA AGROINDUSTRIA

SUBTÍTULO
(Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)
N/a

AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÁGINAS
2021	50

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)	
ESPAÑOL	INGLÉS
1. Residuos sólidos	Solid waste
2. Bioconversión	Bioconversion
3. Reciclaje	Recycling
4. Hongos Comestibles	Edible Mushrooms
5. Seguridad alimentaria	Food safety
6. Economía circular	Circular economy

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14 PAGINA: 3 de 66

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS
(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

La producción de residuos sólidos como el material vegetal, papel y cartón producido por las diferentes industrias está generando serios daños en el ambiente debido a prácticas inadecuadas al momento de desecharlos. El cultivo de orellanas surge como una alternativa a esta problemática gracias a que es un hongo descomponedor de materiales lignocelulósicos. Lo anterior debido a su amplia adaptabilidad a diferentes sustratos ya que sus requerimientos nutricionales están basados en celulosa, hemicelulosa y lignina. Este producto ha sido reconocido por ser rico en nutrientes y un nutraceutico natural, que podría contribuir en la búsqueda de la seguridad alimentaria de la población del sector urbano. A su vez, se espera que esta alternativa mejore los ingresos de quienes viven de la producción agrícola debido a los resultados económicos de la comercialización y a que este no es un cultivo costoso que permite el aprovechamiento de residuos sólidos reciclables. En la presente investigación se utilizó biotecnología de bioconversión para la producción de materia fresca rica en nutrientes realizando una siembra de orellanas en diferentes sustratos con residuos sólidos (material vegetal, papel y cartón). Para esto se utilizaron diferentes proporciones de material determinando que al evaluar diferentes parámetros cuantitativos los sustratos que mayor rendimiento generaron fueron T1: maíz 100 % y T4: maíz 50 % + 50 % papel y cartón, por otra parte, el que menor producción registró durante el ensayo fue T3: aserrín polvoso 100 %.

The production of solid waste such as plant material, paper and cardboard produced by different industries is causing serious damage to the environment due to inadequate practices at the time of disposal. The cultivation of orellanas emerges as an alternative to this problem thanks to the fact that it is a fungus that decomposes lignocellulosic materials. This is due to its wide adaptability to different substrates since its nutritional requirements are based on cellulose, hemicellulose and lignin. This product has been recognized for being rich in nutrients and a natural nutraceutical, which could contribute to the search for food security for the urban population. In turn, this alternative is expected to improve the income of those who live from agricultural production due to the economic results of marketing and because this is not an expensive crop that allows the use of recyclable solid waste. In the present investigation, bioconversion biotechnology was used for the production of fresh matter rich in nutrients by planting orellanas in different substrates with solid waste (plant material, paper and cardboard). For this, different proportions of material were used, determining that when evaluating different quantitative parameters, the substrates that generated the highest yield were T1: 100% corn and T4: 50% corn + 50% paper and cardboard, on the other hand, the one that registered the lowest production during the test was T3: 100% powdery sawdust.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 4 de 66

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:
Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública, masiva por cualquier procedimiento o medio físico, electrónico y digital.	X	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	x	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos;

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 5 de 66

ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

SI ___ NO ___X_.

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos) en carta adjunta, expedida por la entidad respectiva, la cual informa sobre tal situación, lo anterior con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 6 de 66

Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el "Manual del Repositorio Institucional AAAM003"

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 7 de 66

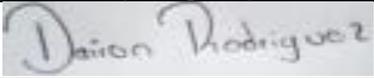
j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafa)
Rodriguez Rodriguez Dairon Hebert	

21.1-51-20.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 8 de 66

Evaluación de la producción de orellanas (*Pleurotus ostreatus*) utilizando residuos de papelería y de la agroindustria

Dairon Herbert Rodríguez Rodríguez

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
INGENIERÍA AGRONÓMICA
SEDE FUSAGASUGÁ
2021**

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 9 de 66

Evaluación de la producción de orellanas (*Pleurotus ostreatus*) utilizando residuos de papelería y de la agroindustria

Dairon Herbert Rodríguez Rodríguez

Trabajo presentado como requisito para optar al grado de Profesional en Ingeniería Agronómica

Trabajo de grado – Opción investigación

Directora
CAROLINA GUTIERREZ CORTES
 Microbióloga. Ph.D en Biotecnología

Codirectora
PILAR ROJAS GRACIA
 Microbióloga. Ph.D Biotecnología

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 10 de 66

Tabla de contenidos

RESUMEN EJECUTIVO	14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
JUSTIFICACIÓN	15
OBJETIVOS	16
Objetivo general	16
Objetivos específicos	16
MARCO REFERENCIAL	16
Marco teórico	16
<i>Pleurotus ostreatus</i>	16
Proceso del cultivo	18
Aprovechamiento de residuos de papelería	19
Aprovechamiento de residuos Agroindustriales	20
Rastrojo de Maíz	20
Marco conceptual	21
DISEÑO METODOLÓGICO	21
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
Características nutricionales de <i>Pleurotus</i> spp.	25
Composición nutricional de <i>Pleurotus</i> spp.	28
pH	29
Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)	30
Contenido de Humedad	30
Humedad relativa	30
Temperatura	31
Luz	31

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 11 de 66

CONCLUSIONES	46
BIBLIOGRAFÍA	56

Tabla de figuras

Figura 1. Proceso desarrollo del cultivo y estados fenológicos de basidiomicetos	17
Figura 2. Foto del municipio de Sibaté tomada por Google Maps.....	22
Figura 3. Preparación del sustrato: picado del papel y de los desechos vegetales, pasteurización	32
Figura 4. Siembra e inoculación de los bloques.....	33
Figura 5. Bolsas inoculadas durante el periodo de incubación en estantería.....	33
Figura 6. Desinfección con hipoclorito y secado durante 24 horas del rastrojo de maíz para la segunda siembra	33
Figura 7. Colonización del micelio en el rastrojo de maíz.....	34
Figura 8. Contaminación de los bloques de maíz en las dos siembras	34
Figura 9. Formación de cuerpos fructíferos tratamiento 1	34
Figura 10. Colonización del sustrato y formación de primordios	35
Figura 11. Formación de cuerpos fructíferos tratamiento 2	35
Figura 12. Colonización pobre del sustrato 100% aserrín	36
Figura 13. Crecimiento de las cabezas de alfiler de <i>P. ostreatus</i>	36
Figura 14. Cuerpos fructíferos tratamiento 3.....	36
Figura 15. Colonización de <i>P. ostreatus</i> en papel, cartón y maíz	37
Figura 16. Formación de cuerpos fructíferos tratamiento 4	37
Figura 17. Crecimiento del micelio de la orellana	38
Figura 18. Primordios	38
Figura 19. Formación de cuerpos fructíferos tratamiento 5	39
Figura 20. Colonización uniforme del micelio	39
Figura 21. Formación de cuerpos fructíferos tratamiento 6	40
Figura 22. Número de cuerpos fructíferos durante las 3 cosechas.	42
Figura 23. Peso fresco de los hongos en las 3 cosechas.....	43
Figura 24. Eficiencia biológica de los tratamientos en las 3 cosechas	44
Figura 25. Pérdidas del proceso en las 3 cosechas.....	45

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 12 de 66

Figura 26. Tasa de productividad de los tratamientos 45

Figura 27. Medidas biométricas durante las tres cosechas para todos los tratamientos 46

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 13 de 66

Tabla de tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la orellana	16
Tabla 2. Factores intrínsecos y extrínsecos que afectan el rendimiento y el crecimiento de las orellanas. ...	18
Tabla 3. Fases en la producción de orellanas	18
Tabla 4. Tratamientos	24
Tabla 5. Minerales importantes para el crecimiento de <i>Pleurotus</i> spp.	26
Tabla 6. Composición fisicoquímica de los sustratos utilizados en el experimento	40
Tabla 7. Cronograma de las actividades realizadas para el diseño de los sustratos	48

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 14 de 66

RESUMEN EJECUTIVO

La producción de residuos sólidos como el material vegetal, papel y cartón producido por las diferentes industrias está generando serios daños en el ambiente debido a prácticas inadecuadas al momento de desecharlos. El cultivo de orellanas surge como una alternativa a esta problemática gracias a que es un hongo saprofito descomponedor de materiales lignocelulósicos. Lo anterior debido a su amplia adaptabilidad a diferentes sustratos ya que sus requerimientos nutricionales están basados en celulosa, hemicelulosa y lignina. Este producto ha sido reconocido por ser rico en nutrientes y un nutraceutico natural, que podría contribuir en la búsqueda de la seguridad alimentaria de la población del sector urbano. A su vez, se espera que esta alternativa mejore los ingresos de quienes viven de la producción agrícola debido a los resultados económicos de la comercialización y a que este no es un cultivo costoso que permite el aprovechamiento de residuos sólidos reciclables. En la presente investigación se utilizó biotecnología de bioconversión para la producción de materia fresca rica en nutrientes realizando una siembra de orellanas en diferentes sustratos con residuos sólidos (material vegetal, papel y cartón). Para esto se utilizaron diferentes proporciones de material determinando que al evaluar diferentes parámetros cuantitativos como el número de cuerpos fructíferos obtenidos/bolsa de sustrato, peso en gramos del hongo fresco/bolsa de sustrato, eficiencia biológica, pérdidas del proceso, rendimiento, tasa de productividad y medidas biométricas del carpóforo, los sustratos que mayor rendimiento generaron fueron T1: maíz 100 % y T4: maíz 50 % + 50 % papel y cartón, por otra parte, el que menor producción registró durante el ensayo fue T3: aserrín polvoso 100 %. Así mismo, con el apoyo del Tecnoparque del SENA – nodo Bogotá se trabajó en alcanzar el nivel de madurez tecnológico TRL 6 estableciendo un protocolo de producción de orellanas bajo estas condiciones. Adicionalmente, los resultados parciales de este proyecto fueron divulgados en la modalidad de presentación oral en el Congreso Internacional: Vive la ciudad Sostenible.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La producción de residuos sólidos como el cartón y el papel utilizado en oficinas, casas, universidades, etc. ha venido originando impactos ambientales negativos debido a su inadecuada disposición final. Hay que anotar que todo el país es consumidor masivo de productos de papel, lo que hace de su consumo una tradición ya que se suelen preferir los documentos físicos a los digitales lo que no permite la desaceleración del consumo (Ariza, 2018). Por otro lado, actualmente los desperdicios agroindustriales de todo tipo carecen de un correcto manejo, debido principalmente a la ausencia de conciencia ambiental y a la falta de competencia tecnológica y recursos económicos suficientes para su aprovechamiento (Daza, 2019). Del mismo modo en los últimos 40 años se ha producido más basura en el mundo que desde el origen del hombre hasta 1970 (Mora y Palacios, 2019). En este sentido, se han realizado diversas investigaciones direccionadas al desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías que utilicen los residuos sólidos reciclables generados para la producción de materias o sustancias con un valor agregado. Considerando la gran diversidad de residuos que se generan, hay una gran variedad en cuanto a su composición o método de aprovechamiento que se puede emplear (Siatoya & Arce, 2019). Por lo tanto, el cultivo de orellanas puede ser una alternativa para el aprovechamiento de estos residuos sólidos, ya que se han destacado por la transformación de residuos sólidos en materia fúngica fresca comestible rica en

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 15 de 66

nutrientes. Teniendo en cuenta que estas setas producen una gran cantidad de enzimas que degradan los compuestos orgánicos como los desechos agrícolas y subproductos industriales como el cartón y el papel (Baysal *et al.*, 2003) pueden ser utilizados como sustrato aprovechado por las orellanas ya que estos subproductos se componen principalmente de celulosa, hemicelulosa y lignina. En general, el desarrollo de diferentes alternativas de sustrato para el cultivo de *P. ostreatus* permitirá dar valor agregado a diferentes materiales disponibles de acuerdo a la región o tipo de actividad que se realice, dando la posibilidad de estandarizar la producción de este tipo de alternativas para la cadena agrícola en Colombia en busca de la seguridad alimentaria de las poblaciones. Por lo anterior se plantea la evaluación de la producción de manera cuantitativa, con el fin de concluir cuales serían las condiciones óptimas para realizar una producción de este tipo.

JUSTIFICACIÓN

Uno de los problemas de contaminación más frecuentes que presenta el mundo es la generación de desechos vegetales y residuos sólidos como papel y cartón debido a que no se realiza un buen manejo de estos al momento de eliminarlos. Según datos del Banco Mundial, el mundo genera 2,010 millones de toneladas de desechos sólidos municipales anualmente, y al menos el 33 por ciento no se maneja de una manera ambientalmente segura. Dicho estamento prevé que las emisiones relacionadas con los desechos sólidos aumenten a 2.380 millones de toneladas de CO₂ equivalente por año para 2050 si no se realizan mejoras en el sector productivo. Por otro lado, se puede asegurar que en el país la falta de seguridad alimentaria y nutricional está muy relacionada con los problemas de desigualdad social, desempleo, conflicto interno, pobreza y los bajos ingresos económicos que no alcanzan para tener una calidad de vida digna. Según el Departamento Nacional de Planeación en Colombia la pobreza es del 52,6% en todo el país, en términos de las áreas rurales el 68% de la población vive en condiciones de pobreza y el 28% se encuentra en pobreza extrema. Según la FAO en el 2015 el 42,7% de la población indígena en el país vivía en condiciones de inseguridad alimentaria y actualmente esta situación no ha sido mejorada. Martínez (2014) concluyó que millones de pobres en Colombia no tienen la posibilidad de comer por falta de dinero ya que al preguntar sobre si han tenido que suprimir comidas al día por falta de dinero encontró que el 8,3% de los hogares colombianos respondió afirmativamente, lo que representa una población de aproximadamente 3,5 millones de personas. Por esta razón surge como alternativa el cultivo de orellanas ya que estos hongos pueden jugar un papel importante en la búsqueda de la seguridad alimentaria en países en desarrollo como Colombia. En este sentido, se puede considerar que la producción de estos hongos puede en alguna medida favorecer a que las poblaciones puedan hacer uso de sus propios residuos para la obtención de un alimento económico y nutritivo satisfaciendo sus necesidades alimentarias de forma auto-sostenible y saludable (FAO, 2010). Las orellanas son reconocidas por la transformación de residuos vegetales de diferentes tipos de cultivos en proteínas alimentarias lo que representa una oportunidad para la obtención de alimentos de gran nivel nutricional. Se pueden considerar como fuente viable de ingresos, producción alternativa de alimentos, provisión de empleo y alternativa para contribuir en la economía circular por medio del reciclaje de desechos agrícolas e industriales (Banik y Nandi 2004).

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 16 de 66

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el crecimiento de Orellanas (*Pleurotus ostreatus*) en sustratos reciclados.

Objetivos específicos

- Realizar una revisión bibliográfica sobre las principales características nutricionales y de cultivo para el crecimiento de la Orellana.
- Analizar el contenido nutricional de diferentes sustratos derivados de la agroindustria como base para el posible cultivo de la orellana.
- Determinar que combinación de sustrato presenta un mayor rendimiento en la siembra de orellanas.

MARCO REFERENCIAL

Marco teórico

Pleurotus ostreatus

Las orellanas (*P. ostreatus*) son hongos saprófitos, descomponedores del grupo de la podredumbre blanca. Son organismos heterótrofos, de estructura filamentosa perteneciente la clase Basidiomycota del reino Fungi (Valera, 2019). Es el tercer hongo que más se produce en el mundo, además es conocido por su crecimiento en diferentes sustratos y sus aportes nutricionales. Es una seta comestible de color blanco y sabor característico (Bayona, 2012). Estos organismos juegan un papel muy importante en el ciclo del carbono en la naturaleza, ayudando a reducir la acumulación de los residuos orgánicos que generan cada año las plantas en la tierra (Rodríguez, Araque y Perdomo 2006). En la tabla 1 se presenta la clasificación taxonómica de las orellanas

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la orellana

Reino	Fungi
División	Basidiomycota
Clase	Agaricomycetes
Orden	Agaricales
Familia	Pleurotaceae
Genero	<i>Pleurotus</i>

Fuente: López *et al.*, (2008).

Partes del hongo: se componen de filamentos denominados hifas. Estas hifas crecen y se ramifican para formar el micelio, el cual se extiende sobre y dentro del sustrato donde se encuentra. La mayor parte del hongo está formada por un micelio subterráneo el cual se encarga de absorber los nutrientes del sustrato. La parte del hongo que se observa sobre la tierra es el basidiocarpo, el cual contiene basidios que a su vez son quienes producen las esporas (Osorio, 2007).

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 17 de 66

En la figura 1 se muestran las etapas de crecimiento de una cepa del género *Pleurotus* en condiciones de laboratorio y de producción de carpóforos.



Figura 1. Proceso desarrollo del cultivo y estados fenológicos de basidiomicetos
Tomado de: (Nattoh *et al.*, 2016).

Propiedades nutricionales: Por su alto contenido proteico, se le puede denominar “bistec vegetal” (Murillo, 2018). Su contenido proteico oscila entre 27,3 % a 42,5 %, sobresaliendo de la leche (3,2 %), huevo (6,29 %), pescado (20 %), pollo (21,9 %), carne de cerdo (21 %), frijol (22,8%) y la soya (34,0 %) (Gil, 2010). Este género contiene todos los aminoácidos esenciales, lo que lo hace poseedor de un valor alimenticio más alto que la proteína vegetal y muy próxima a la proteína animal (Guillamón *et al.*, 2010). Estas setas son reconocidas por sus altos valores nutricionales ya que poseen carbohidratos; minerales como potasio, fósforo, calcio, selenio, hierro, zinc, cobre y magnesio (Ceron *et al.*, 2020). También son ricas en vitaminas del grupo B (B1, B2, B3, B5, B6, B8, B9, B12), ácido ascórbico (C) y biotina (H), fibra cruda y vitamina D (del Pilar Ríos, Hoyos y Sánchez 2010).

Propiedades medicinales: los atributos medicinales que más se destacan son los beneficios cardiovasculares y el control del colesterol. Se ha demostrado que este hongo tiene propiedades anti-bacteriales y antiinflamatorias. También es un agente anticancerígeno (Tisdale, 2004). Algunos autores han comprobado que las orellanas son muy efectivas en reducir el nivel de colesterol y triglicéridos disminuyendo la posibilidad de aterosclerosis y otros desordenes cardiovasculares y arteriales (Alam *et al.*, 2008). El porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados en comparación con los

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 18 de 66

saturados es alto, constituyendo más del 75 % de los ácidos grasos totales, de los cuales el ácido palmítico, ácido oleico y linoleico son los más importantes (Ceron *et al.*, 2020). Desde el punto de vista médico, se ha informado que *Pleurotus ostreatus* puede contribuir a disminuir los niveles de colesterol en humanos (Schneider *et al.*, 2011).

En la tabla 2 se presentan los factores ambientales y las condiciones requeridas del sustrato para la producción de orellanas.

Tabla 2. Factores intrínsecos y extrínsecos que afectan el rendimiento y el crecimiento de las orellanas.

Factores intrínsecos	Rango óptimo
pH	5,0 – 6,5 (crecimiento del micelio) 6,5 – 7,0 (fructificación)
Relación Carbono/Nitrógeno	19: 1 – 22: 1
Contenido de Nitrógeno	1,84 – 2,08 %
Contenido de Carbono	~ 40 %
Contenido de Humedad	65 – 80 %
Factores Extrínsecos	Rango óptimo
Temperatura	❖ 25 ° C (Crecimiento de micelio para <i>Pleurotus</i> spp. excepto <i>P. cornucopiae</i> y <i>P. cystidiosus</i>) ❖ 25 ° C – 35 ° C (Crecimiento de micelios para <i>P. cornucopiae</i> y <i>P. cystidiosus</i>)
Humedad relativa	❖ 10 ° C – 35 ° C (Fructificación) ❖ 60 – 80 % (crecimiento micelio) ❖ 80 – 85 % (estimulación del micelio) ❖ 80 – 95 % (fructificación)
Luz	0 – 210 flujos

Fuente: (Mahari *et al.*, 2020).

Proceso del cultivo

En la tabla 3 se presentan las fases generales involucradas en el proceso de producción de orellanas.

Tabla 3. Fases en la producción de orellanas

Fase	Descripción	Referencia
Preparación del sustrato	Se utilizan compuestos orgánicos, obtenidos fundamentalmente a partir de plantas. Residuos agrícolas ricos en celulosa, hemicelulosa y lignina. En general son diversos los materiales que se pueden emplear como	(Garzón y Cuervo, 2008).

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 19 de 66

	<p>sustrato para la producción de estos hongos. Las relaciones C/N varían de 30/1. Sustratos con una relación C/N alta favorecen el desarrollo micelial y las bajas concentraciones favorecen el desarrollo de los cuerpos fructíferos.</p> <p>Pasteurización antes de la inoculación.</p>
Inoculación	<p>Adición de la semilla del hongo al sustrato ya preparado y pasteurizado. Se deben asegurar condiciones asépticas en el lugar de trabajo para evitar la contaminación del sustrato. (Guarín y Ramírez, 2004). (Bellettini <i>et al.</i>, 2019).</p> <p>Condiciones para la inoculación: el sustrato debe tener una concentración de CO₂ de aproximadamente 20.000 ppm, temperatura aproximada en la habitación 25 °C.</p> <p>Temperatura de incubación de 28 °C</p>
Incubación	<p>Se requiere de un ambiente controlado con temperatura de 25 – 30 °C, poca iluminación y humedad relativas de 70 – 80 % respectivamente. Esta se considera la etapa vegetativa. (Lema, 2020).</p>
Productividad	<p>Producción de cuerpos fructíferos Temperaturas de 16 – 20 °C, humedad relativa entre 80 – 90 % y CO₂ en mínimas concentraciones (Fernández, 2004).</p>

Técnica de cultivo conocida como sistema francés o de Bolsa: Consiste en cultivar el hongo sobre un medio artificial para el cual se pueden emplear diversos tipos de sustratos, los cuales deben ser pasteurizados (Osorio, 2007). El método de cultivo en bolsa produce más descargas de hongos (lo que lleva a un mayor rendimiento de hongos) en comparación con el método de cultivo en bandeja de madera (Atila, 2017).

Aprovechamiento de residuos de papelería

La capacidad de las orellanas para colonizar con éxito un sustrato y producir cuerpos fructíferos depende de su capacidad de secretar enzimas (Bellintini *et al.*, 2019). Estas setas poseen enzimas

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 20 de 66

como la lignina peroxidasa (LiP), peroxidasa decolorante, peroxidasa dependiente de manganeso (MnP), peroxidasa versátil (VP) y lacasa que les permiten degradar la lignina, hemicelulosa y celulosa contenidas en la materia seca de la biomasa vegetal (Fernández *et al.*, 2014).

Stamets, (2008) demostró que los hongos poseen la capacidad de descomponer la celulosa, hemicelulosa y lignina, que se encuentran en las cajas de cartón liberando los minerales que se encuentran disponibles para las plantas. Los residuos sólidos que son creados por la industria papelería poseen características físicoquímicas aptas para ser aprovechados como enmienda para los suelos agrícolas y así contribuir a mitigar estos impactos (Alonso, 2011). El residuo más común es el lodo papelería, cuyo contenido de celulosa, lignina y hemicelulosa, lo convierten en un material con gran potencial de aprovechamiento debido a su alto contenido de materia orgánica. Adicionalmente, su contenido medio de N oscila entre un 3% y 4%, según la procedencia del lodo. Este material puede ser utilizado como ingrediente para el compostaje de abonos orgánicos, además de aportar cantidades significativas de nutrientes como: (K), (P), (Mg), (Ca), (Fe), (Cu), (Mn) y (Zn) (Martínez y Rivero, 2007).

Aprovechamiento de residuos Agroindustriales

Gracias a su fácil adaptación y al ser un descomponedor primario la orellana tiene la capacidad de crecer en una amplia variedad de sustratos lignocelulósicos (Flores y Arias, 2006). Estos sustratos proveen las fuentes de carbono y nitrógeno necesarias para el desarrollo adecuado de la biomasa fúngica. Sus principales fuentes de carbono son la celulosa, hemicelulosa con una concentración del 60-70 % y lignina con un 15 % (Hernández y López, 2008). Este hongo es el único ser vivo reportado como degradador de la celulosa que la absorbe y la transforma en alimento para la humanidad (Michael *et al.*, 2010). La producción agraria colombiana posee una gran variedad de cultivos. Sin embargo, no hay un aprovechamiento integral en las distintas etapas de las cadenas productivas. Además, del desconocimiento generalizado en torno al aprovechamiento de los residuos que contribuyen a la degradación del ambiente (Sepúlveda, 2020). Por ejemplo, actualmente el país genera bagazo de caña y de maíz, el capacho de uchuva, cascara de plátano, aserrín, etc. Mediante el cultivo de este tipo de hongos micromicetos se pueden utilizar estos subproductos que en su mayor porcentaje tiene un escaso o ningún valor económico y poseen un alto valor nutritivo (Flores y Arias, 2006).

Rastrojo de Maíz

En Colombia las principales zonas productoras de maíz se encuentran en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Cundinamarca, Córdoba, Meta, Magdalena y Valle del Cauca, aunque el maíz tiene una amplia adaptabilidad en las diferentes zonas del país (López *et al.*, 2008). Cabe considerar que el cultivo del maíz produce una gran cantidad de biomasa, de la cual los agricultores cosechan apenas el 50% en forma de grano. El sobrante, corresponde a las diferentes estructuras de la planta tales como caña, hoja, limbos y mazorca entre otros (Imba & Tallana, 2011). Al considerar el rastrojo (tamo) de maíz, se asume que se trata del material fibroso rico en celulosa que queda en el campo una vez cosechada la mazorca. En este estado el rastrojo se caracteriza por su pobreza proteica, 0,8 a 5,5% de proteína cruda (Zapata y Medrano, 2018). Sin embargo, las características del rastrojo del maíz pueden variar de acuerdo con el suelo, las prácticas agronómicas y la naturaleza del

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 21 de 66

producto ya que aproximadamente el 30 % de los minerales N, P, K y Ca son parte de la estructura del rastrojo por lo que se puede considerar una alternativa de sustrato ideal para potencializar la producción en el cultivo de orellanas.

Marco conceptual

- **Hongos:** son cualquiera de las 80.000 especies conocidas del reino Fungi, los cuales incluye levaduras, royas, carbonos, mohos y setas. Son los organismos más diversos a nivel mundial y cumplen diversas funciones médicas, ambientales y alimenticias (Acosta y Acosta 2015).
- **Residuos sólidos:** es cualquier objeto, material, sustancia o elemento solido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final (Galeano, 2017).
- **Residuos agroindustriales:** son los resultados de diversos procesos físicos, químicos y biológicos en la industrialización de productos animales o vegetales, que usualmente no tienen utilidad como materia prima para la cadena de producción (Padilla *et al.*, 2020).
- **Seguridad alimentaria:** estado en el cual todas las personas gozan, en forma oportuna y permanente, de acceso físico, económico y social a los alimentos que necesitan, en cantidad y calidad, para su adecuado consumo y utilización biológica, garantizándoles un estado de bienestar general que coadyuve al logro de su desarrollo (FAO, 2020).
- **Sustrato:** Es un medio diferente del suelo que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico y que, colocado en contenedor, de forma pura o mezclado, permite el anclaje de diferentes organismos a través en la parte subterránea; el sustrato puede intervenir o no en el proceso de nutrición del organismo allí ubicado (Barbaro & Karlanián, 2020).

DISEÑO METODOLÓGICO

Ubicación y Características agroclimatológicas: El proyecto se realizó en un invernadero ubicado en el municipio de Sibaté y en los laboratorios de microbiología del Tecnoparque del SENA ubicado en la ciudad de Bogotá en la calle 54 # 10 – 39. Sibaté es un municipio que hace parte de la Sabana Sur occidental de Colombia. Está ubicado en el departamento de Cundinamarca a 27 kilómetros al sur de Bogotá. El municipio de Sibaté limita con Soacha al Norte, Fusagasugá y Pasca al Sur y con Granada y Silvania al Occidente. Sibaté cuenta con 14 barrios y 14 veredas donde aproximadamente habitan 38.000 personas, su temperatura promedio es de 14 °C y una altitud aproximada de 2.700 metros sobre el nivel del mar (Alcaldía Municipal de Sibaté, 2020).

La figura 2 muestra una imagen satelital del municipio de Sibaté

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14 PAGINA: 22 de 66

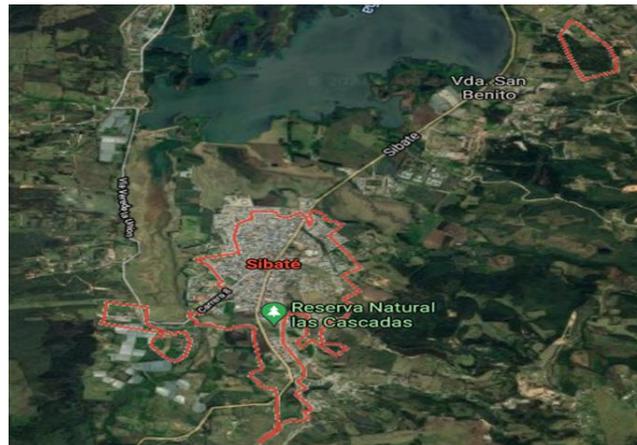
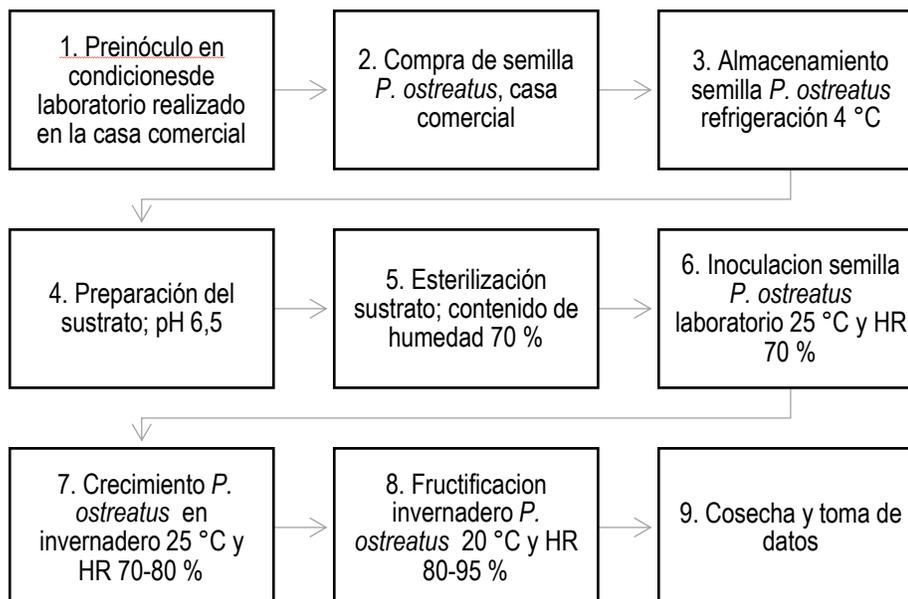


Figura 2. Foto del municipio de Sibaté tomada por Google Maps

Universo, población y muestra: En el SENA Tecnoparque – Nodo Bogotá y en Sibaté. La muestra fue considerada como cada una de las bolsas de los tratamientos y la población se estudió fue todo el cultivo.

Técnicas o instrumentos para la recolección de datos: Revisiones bibliográficas, guías, material vegetal, reciclaje y peso de los cuerpos fructíferos de las orellanas.

Método de análisis: A continuación, se presenta el diagrama de flujo que muestra el método de cultivo y las condiciones del proceso para *P. ostreatus* en un sustrato mixto con material reciclado.



	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 23 de 66

Infraestructura y Equipos: Laboratorio de microbiología del Tecnoparque del Sena – Nodo Bogotá e invernadero en Sibaté.

- Pre inoculo
- Microscopio
- Incubadora
- Higrómetro
- Termómetro
- Autoclave
- Báscula digital

Metodología:

Materiales:

- Semillas de sorgo y cebada como medio de transporte de las esporas de *Pleurotus ostreatus*. Este material fue adquirido al señor Oswaldo Soto quién comercializa semillas certificadas en la ciudad de Medellín.
- Residuos sólidos: rastrojos de maíz, aserrín, cartón y papel
- 1 caneca de acero
- Cajas de Petri
- Medios de cultivo
- Bolsas plásticas de polipropileno

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 24 de 66

Preparación:

Primera fase

1. Los rastrojos de maíz, el papel y el cartón fueron picados en pedazos pequeños de aproximadamente (3 – 5 cm de largo).
2. 500 gramos aproximadamente de las diferentes mezclas de sustrato según los tratamientos establecidos (ver tabla 5) fueron añadidos en las bolsas plásticas de 1 kilogramo y la pasteurización fue realizada en una caneca de acero en donde se dejó calentar el agua a una temperatura de 80 °C durante 5 horas.
3. Posteriormente se dejó enfriar la caneca con las bolsas aproximadamente 2 horas con el fin de alcanzar una temperatura que no afectara las esporas.
4. Se procedió a realizar la inoculación de las esporas de forma aséptica. Se utilizaron 40 g de semillas inoculadas con esporas, por cada kilogramo de sustrato.
5. La incubación implicó la colonización del sustrato por el micelio del hongo la cual tuvo una temperatura de aproximadamente 23 – 25 °C, con una humedad relativa de 75 – 85 %, en condiciones de oscuridad.

Segunda fase

20 días después de la siembra, las bolsas se perforaron haciendo 8 orificios en forma de media luna con el fin de permitir el intercambio gaseoso del sustrato con el ambiente. Se presionaron las bolsas provocando cambios en la temperatura, la humedad relativa y el CO₂ del cuarto permitiendo la estimulación del crecimiento del hongo. Esta fue la fase de fructificación que se realizó con luz indirecta.

Tratamientos: en la tabla 5 se presentan los tratamientos que se aplicaron para la siembra

Tabla 4. Tratamientos

T1	Maíz 100 %
T2	Maíz 50 % y Aserrín polvoso de pino 50 %
T3	Aserrín polvoso de pino 100 %
T4	Maíz 50 % y 50 % Cartón y Papel
T5	Papel y cartón 100 %
T6	Aserrín polvoso de pino 50 % y Papel y Cartón 50 %

El diseño experimental es completamente al azar, con 3 réplicas y 3 unidades por tratamiento. La unidad experimental para evaluar fue cada bolsa y una vez terminados los ensayos se realizó un ANOVA de una vía con un nivel de confianza del 95 % y previa verificación de la distribución normal de los datos y homogeneidad de varianzas.

VARIABLES DE RESPUESTA:

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 25 de 66

Teniendo en cuenta el estudio realizado por Romero *et al.*, (2007) se tomaron los datos de rendimiento y la tasa de productividad. Se pesaron los hongos de cada cosecha en fresco y se tuvo en cuenta el tiempo de inicio del proceso de fructificación de acuerdo a cada tratamiento. A continuación, se presentan las variables de respuesta que se tuvieron en cuenta para evaluar la producción en los sustratos:

1. Numero de cuerpos fructíferos/bolsa: promedio del número de hongos/bolsa por tratamiento.
2. Cosecha: Peso en gramos del hongo fresco por cada bolsa de sustrato.
3. Eficiencia biológica

$$\% EB = \frac{\text{Peso de hongos frescos}}{\text{Peso seco del sustrato}} * 100 \text{ (Ríos et al., 2017).}$$

4. Perdidas del proceso: se contabiliza el número de bolsas improductivas con respecto al número total de bolsas inoculadas.

$$PP = \frac{\text{No. de bolsas improductivas}}{\text{No. de bolsas inoculadas}} \text{ (Benavides, 2013).}$$

5. Tasa de productividad:

$$TP = \frac{\text{Eficiencia biológica}}{\text{Tiempo de la siembra hasta el último día de cosecha}} \text{ (Ríos et al., 2017).}$$

6. Medidas biométricas del carpóforo: promedio valores de longitud del sombrero y del estípite de los hongos cosechados en cada tratamiento (Benavides, 2013).

Análisis estadístico: se realizó un ANOVA de una vía para comparar las variables de respuesta según cada tratamiento. Adicionalmente se realizó la prueba de Tukey para determinar la agrupación entre tratamientos. Para esto se utilizó el programa Minitab17.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Objetivo 1. Revisión bibliográfica sobre las principales características nutricionales y de cultivo para el crecimiento del hongo

Características nutricionales de *Pleurotus* spp.

Las setas son organismos pertenecientes al reino Fungi que no contienen clorofila y en su mayoría son de naturaleza saprofita (Majesty *et al.*, 2019). Es una biota única que ensambla su alimento secretando enzimas degradantes (Tirkey *et al.*, 2017). En particular, la especie *Pleurotus ostreatus*, es un basidiomiceto conocido como hongo de la podredumbre blanca. Estos hongos son capaces de degradar la lignina hasta su completa mineralización debido a los grupos enzimáticos extracelulares que secretan, como ligninaperoxidasas, manganoperoxidasas y lacasas dependientes de Cu en el caso de los hongos. En otras especies como los hongos de pudrición parda, estas enzimas son dependientes de hierro

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 26 de 66

(reacción de Fenton) en la degradación de compuestos químicos aromáticos (Rugolo *et al.*, 2020).

La hemicelulosa, celulosa y lignina sirven como fuente de energía para el crecimiento de hongos porque contienen carbono, hidrógeno y oxígeno, por lo que se puede observar su disminución a lo largo del ciclo de cultivo (Andrade *et al.* 2010). En la fase de crecimiento primario o metabolismo primario, *Pleurotus spp.* degrada los polisacáridos de alta digestibilidad en moléculas de bajo peso, por lo tanto, en esta fase hay un mayor consumo de lignina y hemicelulosa. La degradación de la lignina permite el acceso a la holocelulosa, fuente de carbono y energía de esta especie. Por otra parte la lignina probablemente actúa como una barrera para evitar que el hongo ataque a los polisacáridos. Por lo tanto, el acceso a holocelulosa, el carbono y la fuente de energía para esta especie, se habilita después de degradación de la lignina (Xiao *et al.*, 2017). En el metabolismo secundario ocurre lo opuesto ya que los hongos degradan la celulosa (Abou *et al.*, 2020). La transformación de componentes lignocelulósicos en moléculas simples de azúcar puede actuar como nutriente para el crecimiento del hongo. Gracias a la presencia de enzimas celulolíticas, la biomasa de celulosa puede ser convertida en compuestos que contienen glucosa, mientras que la hemicelulosa se puede convertir en azúcares como xilosa, ácido galacturónico y ácido glucurónico todas como posibles fuentes de carbono (Pathak, 2017; Ma *et al.*, 2020). Por otro lado, se ha encontrado que algunos componentes de la materia orgánica vegetal pueden tener efectos inhibidores del crecimiento de algunos hongos. Por ejemplo, la lignina de guadua inhibe el crecimiento del micelio de *Pleurotus spp.* y a partir del 40% de lignina en el sustrato no hay crecimiento siendo esta cantidad la equivalente a la dosis letal media (Reyes & Rodriguez, 2019).

Dentro de los requerimientos nutricionales de este hongo además de la fuente de carbono se destacan algunos minerales de gran importancia para su crecimiento. En la tabla 6 se presentan los principales elementos.

Tabla 5. Minerales importantes para el crecimiento de *Pleurotus spp.*

Elemento	Función	Metabolismo
Nitrógeno	Importante en la síntesis de proteínas, ácidos nucleicos, purinas, pirimidinas y polisacáridos constituyentes de la pared celular de muchos hongos. Esta pared se compone de β (1-4) - unidad ligada de N-acetilglucosamina y se puede agregar en forma de nitrato de amonio o nitrógeno orgánico (Gil <i>et al.</i> , 2013). Por lo tanto, la absorción y el uso de nitratos son esenciales para la síntesis de aminoácidos y otros cambios metabólicos (Bellettini <i>et al.</i> , 2019). Este	Se puede transportar a la célula viva del hongo en forma de aminoácidos. Las proteínas del sustrato se degradan en aminoácidos por las enzimas extracelulares secretadas por el micelio del hongo. Luego, los aminoácidos se asimilan para su posterior utilización para la síntesis de proteínas en el hongo. La composición del sustrato y el tiempo de

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca

Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414

www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co

NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 27 de 66

	<p>elemento es importante ya que afecta la producción de enzimas del hongo para la biodegradación de determinados sustratos (Singh <i>et al.</i>, 2008).</p>	<p>cosecha de los hongos pueden afectar su contenido de proteínas (Sassine <i>et al.</i>, 2021).</p>
Fósforo	<p>Es una parte fundamental de la nutrición de todo ser vivo ya que forma parte de los ácidos nucleicos, ATP, fosfolípidos y otras macromoléculas. Es utilizado por el hongo para formar partes vegetativas como capuchas y tallos (Risnawati, 2021).</p>	<p>Para completar la reacción bioquímica dentro de las células de los hongos, el fósforo actúa como un cofactor (Khan <i>et al.</i>, 2007; Zahid <i>et al.</i>, 2021).</p>
Calcio	<p>Los compuestos de Ca tienen un efecto estimulante sobre la producción de hongos al regular el pH, aumentar la materia orgánica disponible, permitir el flujo del aire en el sustrato al crear poros, incrementar el ingreso del fosforo al micelio, reducir la tasa de crecimiento de bacterias contaminantes y extender la vida útil de los hongos una vez cosechados (Ogidi <i>et al.</i>, 2020). Choi <i>et al.</i> (2009) reveló que los sustratos enriquecidos con Ca en serrín mejoran el crecimiento, rendimiento, desove y formación primordial de <i>Pleurotus eryngii</i>, con una absorción de calcio de 256,0 mg / 100 y 315,7 mg / 100 g. Por otra parte investigaciones de Philippoussis <i>et al.</i> (2001) revelaron que la concentración de calcio en el hongo aumentaba a medida que aumentaban los brotes del hongo de calcio de 256,0 mg / 100 y 315,7 mg / 100 g, respectivamente. Hay que considerar que un exceso de cal en el sustrato reduce la capacidad de absorción de nutrientes del hongo (Khan <i>et al.</i>, 2013).</p>	<p>Mantiene la integridad de la membrana celular y regulando la permeabilidad de la membrana para muchos iones (El Habbasha y Faten, 2015). Está involucrado en muchos procesos celulares, como el movimiento citoplásmico (Regalado, 1998; Vlasenko <i>et al.</i>, 2017). Por lo general actúa como neutralizador del exceso de ácidos orgánicos, que se forman en los procesos metabólicos. Es una coenzima de bajas hidrolasas, como la α-amilasa y algunas hidrolasas de polisacáridos cíclicos (Bekker, 1988; Vlasenko <i>et al.</i>, 2017).</p>
Potasio	<p>Tiene un papel crucial en el crecimiento de hongos además de aumentar su valor nutritivo (Roy <i>et al.</i>, 2015). Algunos autores han informado algunos resultados positivos en la mitigación de</p>	<p>Juega un papel importante en diferentes mecanismos como el crecimiento, el metabolismo de los carbohidratos, el equilibrio iónico, la actividad enzimática y</p>

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 28 de 66

	los efectos negativos de la salinidad en el crecimiento del hongo gracias a la actividad osmótica del K acumulado para el ajuste de la ósmosis celular (Kaymakanova, 2012; Mousa, 2021).	la discriminación de la capa y las branquias (Griffin, 1996; Zahid <i>et al.</i> , 2021). Actúa en la formación del cuerpo fructífero, como activador de enzimas y desarrollo de primordios (Risnawati, 2021).
--	--	--

Composición nutricional de *Pleurotus* spp.

Las características nutricionales de los cuerpos fructíferos de las setas comestibles dependen del sustrato en donde crecen que son la fuente de los elementos mencionados como requeridos para el crecimiento de esta especie. Los principales compuestos bioactivos fúngicos, conocidos como micoquímicos, están constituidos principalmente por polisacáridos (β -glucanos), péptidos, proteínas, lectinas, compuestos fenólicos (PC), policétidos, terpenoides y enzimas. Estos micoquímicos se encuentran naturalmente en el cuerpo fructífero y su concentración puede aumentar por la composición del sustrato, cultivo o condiciones de poscosecha (Carrasco *et al.*, 2017). El crecimiento del micelio es una fase inicial importante para la producción de biomasa fúngica, ya que si cuenta con condiciones óptimas se produce la colonización total del sustrato. Un rápido crecimiento del micelio reduce la posibilidad de contaminación de posibles plagas (Silva *et al.*, 2020) por lo tanto entre más apropiado sea el sustrato mayores posibilidades se tienen de obtener un producto con potencial comercialización. Por otra parte el período de maduración fisiológica del micelio (MPMP) es una etapa extremadamente importante antes de la formación de los primordios. Los micelios alcanzan la madurez fisiológica durante el proceso de MPMP, y su nivel de madurez se correlaciona positivamente con su tasa de fructificación (Du *et al.*, 2019).

El potasio (K) y el (P) son los dos elementos que más predominan en los cuerpos fructíferos en muestras hongos cultivados (Araújo *et al.*, 2021). Existen varios estudios en donde se analiza la presencia de determinados compuestos en *P. ostreatus* y su relación con el sustrato. En un trabajo análisis realizado con hongos recolectados de aserrín de madera dura (*Anogeissus leiocarpus*) y aserrín de madera blanda (*Daniellia oliveri*) se encontraron valores entre 10,36 y 10,09 mg/100 g de fósforo. En cuanto a los elementos menores se ha informado que en los hongos *P. ostreatoroseus* los elementos, Zn y Fe se encontraban en mayor concentración, en cuanto al Mg, Na, Mn y Cu estos se encontraban en pequeñas cantidades (Josiane *et al.*, 2018). Lo que concuerda con el estudio de Jin *et al.* (2018) en donde logran observar como resultado que el K se encuentra en mayor concentración en el hongo.

Los carbohidratos en los hongos están involucrados principalmente en la composición estructural, excepto los componentes sin azúcar, vitales para mantener la alta concentración osmótica y su uso para la liberación de energía intacta con la rápida tasa de metabolismo. Los polisacáridos y la quitina presentes en los hongos constituyen una parte importante de los nutrientes de los hongos (Raman *et al.*, 2021).

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 29 de 66

Du *et al.* (2019) en su investigación demostraron que la mayoría de los aminoácidos identificados fueron evidentemente abundantes en el micelio en el día 35 del MPMP, lo que sugiere que el metabolismo de los aminoácidos es esencial durante la maduración del micelio. Autores como Jin *et al.* (2018) revelaron un perfil de aminoácidos idéntico que contiene 18 aminoácidos para todos los sustratos de crecimiento. Sin embargo, el contenido de aminoácidos individuales puede variar entre los hongos recolectados de diferentes sustratos. Cabe considerar que quedan por dilucidar los mecanismos subyacentes. Por otro lado es importante recalcar que el contenido proteico del sustrato afecta la concentración final en los cuerpos fructíferos (Carrasco *et al.*, 2017).

Pathania *et al.* (2017) estudiaron que *P. ostreatus* cultivado en residuos ambientales, no mostró manchas azules al reaccionar con HCl sobre papel que contenía lignina, revelando la presencia de compuestos no tóxicos y logrando evidenciar que los hongos cultivados no solo eran normales sino también no tóxicos. Por otro la Ma *et al.* (2020) en su investigación al utilizar pañales usados pudieron concluir que el perfil de metabolitos por Resonancia Magnética Nuclear (RMN) mostró que el sustrato es seguro para su uso en el cultivo de *P. ostreatus* sin detección de elementos biológicos tóxicos o no deseados que pudieran derivarse del sustrato formulado como desecho.

pH

El pH influye en el correcto crecimiento y desarrollo de los hongos en diferentes sustratos (Chang 2007). En particular, la producción de enzimas es influenciada por el pH y de ahí se deriva su importancia sobre la nutrición y el desarrollo morfológico de los hongos (Sultana *et al.*, 2018). El intervalo de pH para el crecimiento de hongos es muy amplio y frecuentemente puede ir desde 3 hasta 7. Sin embargo, los pH de 4,5 y 5 son los rangos en los cuales se ha encontrado una mayor producción de celulasas (Leon *et al.*, 2017). Por otra parte, se ha informado que el rango óptimo de pH para el crecimiento del micelio es de aproximadamente 5,5 y 6,5 aunque para algunas cepas de *Pleurotus spp* se han encontrados rangos más amplios (Sultana *et al.*, 2018). Ríos *et al.* (2010) concluyeron que a pH 5,0 del medio se favorecía el desarrollo de *Pleurotus ostreatus*, valor que se encuentra dentro de los intervalos que se reportan en la literatura para el desarrollo de la cepa del hongo. En otro estudio se evaluaron las condiciones óptimas de pH y temperatura en las cuales el hongo *P. ostreatus* produjo su complejo enzimático con actividad lacasa (Lcc) y manganeso peroxidasa (MnP), con actividad en la descomposición de lignina y otros compuestos, encontrando las mejores condiciones para la actividad Lcc a un pH de 4,6 y una temperatura de 31°C, para MnP a pH 3,5 y 33°C (Gil *et al.*, 2012). La orellana se desarrolla bien y da el mejor rendimiento a un pH de naturaleza ligeramente básica (Khan *et al.*, 2013), por lo tanto, es de considerar que el pH influye de manera considerable en el crecimiento de las cepas de *Pleurotus spp.* además de factores genotípicos que determinan con que enzimas cuenta para sus procesos nutricionales y de la naturaleza del sustrato, entre otras condiciones.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 30 de 66

Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)

La C/N es la relación del número molar entre el átomo de carbono en el medio de cultivo y los átomos de nitrógeno en la fuente de nitrógeno (Tembe, 2018). Es un factor crucial que afecta la síntesis de muchos metabolitos, especialmente durante el crecimiento micelial y la producción de polisacáridos por parte de los hongos y esto afecta directamente el comportamiento del cultivo (Sánchez & Montoya, 2020). El contenido y los tipos de fuentes de carbono y nitrógeno influyen en el crecimiento micelial. Los basidiomicetos asimilan más fácilmente las fuentes de nitrógeno orgánico, lo que garantiza la máxima biomasa micelial y la formación de polisacáridos (Elisashvili *et al.*, 2009). El equilibrio entre la relación C/N en el sustrato es importante para promover el desarrollo micelial adecuado de los hongos porque el carbono total está compuesto de celulosa recalcitrante y hemicelulosa (Zárate *et al.*, 2020). Yang *et al.* (2013) en su estudio utilizaron corteza de algodón con una alta relación C/N (deficiencia de nitrógeno), el crecimiento micelial se inhibió y provocó una tasa de colonización más lenta de *P. ostreatus*. No obstante, se ha establecido que altas concentraciones de nitrógeno (bajas relaciones C/N) promueven la degradación de celulosa y hemicelulosa en sustratos lignocelulósicos favoreciendo una colonización más rápida por basidiomicetos, mientras que los bajos niveles de nitrógeno en los sustratos estimulan la degradación de la lignina (Van *et al.*, 2015). La concentración de la fuente de nitrógeno en el compost no debe ser demasiado alta (Tembe, 2018). Las relaciones C/N más recomendadas para el cultivo de *P. ostreatus* varía entre 30 y 100, siendo posible otras relaciones C/N entre 100 y 500 (Sepúlveda, 2020).

Contenido de Humedad

En los sustratos influye directamente sobre el desarrollo de los hongos porque afecta la disponibilidad de nutrientes. Los hongos tendrán un crecimiento óptimo en sustratos que tengan 70-80 % de humedad (Cruz, 2015). Por otra parte el contenido de humedad del sustrato es un factor importante en el crecimiento y la actividad metabólica de los hongos (Stienen *et al.*, 2014). *P. ostreatus* ataca la pared celular de las plantas por hidrólisis y la producción de peróxido de hidrógeno es importante en la degradación de los enlaces de lignina (Aghajani *et al.*, 2018). El sustrato que experimenta sequía afecta en gran medida la reducción en el rendimiento del hongo, por lo que es obligatorio regarlo con agua (Tesfaw *et al.*, 2015). El exceso de humedad también puede afectar el cultivo, varios informes afirman que mientras que un contenido de humedad por debajo del 30% disminuye la actividad microbiana y hace que los microorganismos se vuelvan inactivos, un contenido de humedad por encima del 65% causa el agotamiento de oxígeno y la pérdida de nutrientes por lixiviación (Narh *et al.*, 2011).

Humedad relativa

La humedad del aire es un parámetro muy importante que debe controlarse en el desarrollo de todos los organismos y para el caso particular del crecimiento del micelio existen rangos óptimos (Kuznetsova *et al.*, 2020). Cuando la humedad del aire es más baja que el valor apropiado, el micelio se seca y se marchita, y cuando la humedad del aire es más alta que la

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 31 de 66

apropiada, el micelio crece rápidamente y respira con dificultad (Juan *et al.*, 2012). En el momento de la fructificación, la humedad relativa debe mantenerse al 70-85% regando con agua las bolsas (Nongthombam *et al.*, 2021). En un estudio realizado para identificar el efecto de la humedad relativa en la producción de orellanas los resultados revelaron que las orellanas mostraron un mejor crecimiento en humedad relativa ente 74% y 79% en comparación con valores entre 55% y 68% (Chitra *et al.*, 2018). Estudios reportados en la literatura indican que con una humedad relativa entre 70 y 90 % se logra el desarrollo del hongo con mayor facilidad en un medio controlado (González *et al.*, 2020). Además de tener un papel crucial en el crecimiento de los hongos, la humedad relativa tiene gran influencia en el rendimiento del almacenamiento después de la cosecha. Cuanto mayor sea la humedad relativa, mayor será el rendimiento. Sin embargo, es demasiado alta, la humedad en la superficie del hongo aumenta y se forman condiciones favorables para el crecimiento de microorganismos patógenos, que pueden afectar la calidad del hongo (Kim *et al.*, 2013).

Temperatura

Los factores ambientales interactúan unos a otros en la producción de orellanas, tal es así que cuando la temperatura aumenta, la humedad relativa del ambiente de producción disminuye. A medida que incrementa la temperatura, metabolismo del cuerpo fructífero también lo hace y si aumenta la tasa de respiración, entonces se incrementa la producción de CO₂ (Ruiz, 2021). Tesfaw *et al.* (2015) demostraron que a temperatura por debajo de los 14 °C, el crecimiento de la orellana era tan lento que no podían dar primordios en 28 días. En lugar de ello, se necesitaron 46 días para la formación de la cabeza de alfiler (término utilizado para el inicio del crecimiento de los cuerpos fructíferos) a una temperatura por debajo de los 14 °C. En síntesis, aunque la orellana crece bien a 25 °C, es mejor colocarla a una temperatura más baja si es posible durante el proceso de fructificación. Buah *at al.*, (2010) argumentaron que la orellana requiere de temperaturas moderadas (25-30 °C) durante el período de incubación y requieren temperaturas más bajas (18-25 °C) durante la formación de cuerpos fructíferos.

Luz

Las longitudes de onda cortas (luz azul) estimulan los cuerpos fructíferos, mientras que las longitudes de onda más largas son ineficaces. El receptor de luz para los fotones que golpean el micelio es la riboflavina, que luego reduce un citocromo. Las cantidades de luz requeridas son bajas, inferiores a las de la luz de la luna cuando se observa en el cielo despejado (Schmidt 2006; Aghajani *et al.*, 2018). La calidad y cantidad de luz que recibe la orellana en la etapa de fructificación es un factor importante en el rendimiento y la eficiencia biológica (Bermúdez *et al.*, 2002). Por otra parte, Bermudez *et al.*, (2003) revelaron en sus resultados que las variaciones significativas en las concentraciones de micosteroides de *P. ostreatus*, son dependientes del tiempo de exposición a la luz durante el período de fructificación. También demostraron que la luz no afecta el contenido de proteína bruta ni los niveles de aminoácidos en la biomasa fúngica obtenida. Por otra parte, autores como Nongthombam *et al.* (2021) mencionan que se requieren al menos 8-12 horas de luz solar en el momento de la fructificación.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 32 de 66

Objetivo 2. Análisis del contenido nutricional de diferentes sustratos derivados de la agroindustria como base para el posible cultivo de la orellana

❖ Preparación del sustrato

A continuación, se presentan los materiales y procesos utilizados durante el desarrollo del trabajo. Como primer paso se procedió a cortar el papel, cartón y maíz cuyo tamaño debía ser de 3 a 5 mm de longitud aproximadamente, para posteriormente realizar el diseño de los sustratos de cada tratamiento en las bolsas de polipropileno y luego continuar con su respectiva pasteurización.



Figura 3. Preparación del sustrato

a) Picado del papel y de los desechos vegetales, b) y c) pasteurización

Una vez terminada la pasteurización y de haber dejado enfriar los bloques durante 3 horas, se procedió a realizar la siembra en la cual se utilizaron de 40 – 50 gr (aproximadamente) de semilla inoculada con esporas en cada bolsa de sustrato según su peso (figura 4) y se ubicó cada tratamiento en un estante en el cuarto oscuro para seguir con la etapa incubación como se observa en la figura 5.



Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 33 de 66

Figura 4. Siembra e inoculación de los bloques



Figura 5. Bolsas inoculadas durante el periodo de incubación en estantería.

Cabe considerar que durante el proceso de incubación se presentó un inconveniente por problemas de contaminación en los tratamientos que llevaban rastrojo de maíz resaltando algunos factores de contaminación que presentaba alrededor del invernadero. Por lo que se procedió a realizar una segunda siembra y lograr obtener los datos. Para ello el rastrojo de maíz se dejó en una solución de 20 ml de hipoclorito por litro de agua durante 10 minutos, se realizó un triple lavado y posteriormente se dejó escurriendo durante 24 horas (figura 6). Se realizaron nuevamente los tratamientos: 1 (maíz 100 %), 2 (maíz 50 % y aserrín 50 %) y 4 (maíz 50 % y 50 % cartón) aplicando el nuevo protocolo de desinfección.

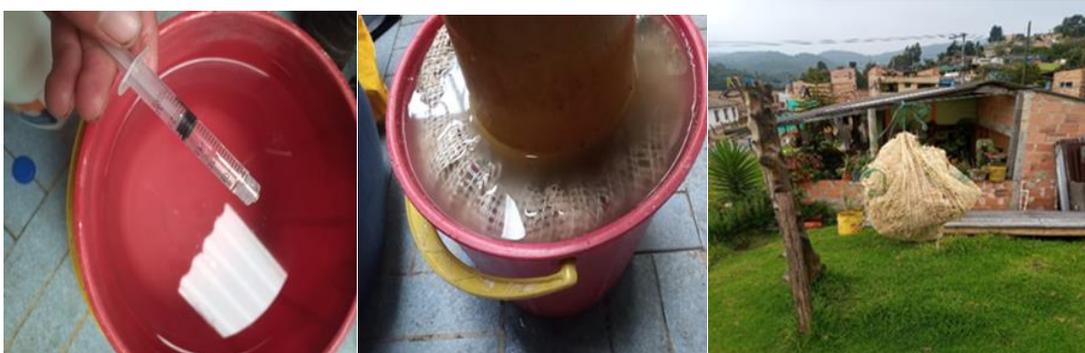


Figura 6. Desinfección con hipoclorito y secado durante 24 horas del rastrojo de maíz para la segunda siembra

❖ Tratamiento 1: maíz 100 %

Este tratamiento desde el inicio logro una rápida colonización del sustrato. Sin embargo, aproximadamente a los 8 días de haber realizado la siembra se contaminó por otros hongos que inhiben el crecimiento del hongo. En la figura 7 se observa la colonización del micelio de la orellana en la primera y segunda siembra. Sin embargo, se volvieron a contaminar los bloques como se ve en la figura 8. Debido a esto solo quedó una bolsa de seis inoculadas en

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 34 de 66

este tratamiento. Por otra parte, es de considerar la bolsa que quedo se destacó por tener buenos rendimientos en producción.



Figura 7. Colonización del micelio en el rastrojo de maíz



Figura 8. Contaminación de los bloques de maíz en las dos siembras

En la figura 9 se pueden observar los cuerpos fructíferos obtenidos en la bolsa que completó el tiempo de incubación u fructificación.



Figura 9. Formación de cuerpos fructíferos tratamiento 1

❖ **Tratamiento 2: maíz 50 % y aserrín polvoso de pino 50 %**

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 35 de 66

Este tratamiento mostró una baja colonización del micelio en todo el sustrato. Se ha reportado que plantas como el pino producen metabolitos secundarios y algunos de estos compuestos muestran actividad alelopática, como efectos inhibidores del crecimiento en otras plantas (Kimura, *et al.*, 2015), sin embargo, no se encuentran reportes de este efecto para el crecimiento de setas. Por otra parte, en la literatura se han reportado buenos rendimientos de la orellana al utilizar viruta de pino por lo que tal vez este bajo crecimiento del micelio sea debido al tamaño de las partículas del aserrín polvoso de pino que ejercían una compactación en el sustrato. Debido a esto, la formación de cuerpos fructíferos también fue muy baja ya que la cosecha se dio a los 56 días. En la figura 10 se puede observar una parte de cómo iba creciendo el micelio sobre este sustrato. Este tratamiento no tuvo una buena formación de cuerpos fructíferos en su desarrollo por lo que solo se alcanzaron a observar primordios.



Figura 10. Colonización del sustrato y formación de primordios

En la figura 11 se observa la formación de cuerpos fructíferos y la cosecha de este tratamiento.



Figura 11. Formación de cuerpos fructíferos tratamiento 2

❖ Tratamiento 3: Aserrín polvoso de pino 100 %

Al igual que el tratamiento 2 (50 % aserrín polvoso de pino con 50 % maíz) presentó una baja, casi nula colonización del micelio de la orellana en el sustrato en el transcurso del desarrollo del proyecto. Además, la cosecha que presentó este tratamiento fue a los 53 días después de

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 36 de 66

haber realizado la siembra. Una anotación importante de este tratamiento es que debido a la compactación y la humedad del aserrín fue foco para la contaminación de otros hongos no benéficos para el cultivo. En la figura 12 se observa la colonización del sustrato en el aserrín.



Figura 12. Colonización pobre del sustrato 100% aserrín polvoso de pino

En la figura 13 se muestra el inicio de la fructificación



Figura 13. Crecimiento de las cabezas de alfiler de *P. ostreatus*

En la figura 14 se observan algunos cuerpos fructíferos obtenidos de este tratamiento



Figura 14. Cuerpos fructíferos tratamiento 3

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 37 de 66

❖ **Tratamiento 4: maíz 50 % y 50 % de cartón y papel**

La primera siembra presentó una contaminación por hongos de forma similar al cultivo con el rastrojo de maíz. Sin embargo, en la segunda cosecha se pudo observar una rápida colonización del micelio y una buena formación de cuerpos fructíferos además de presentar una cosecha a los 30 días con peso fresco eficiente. Además, es probable que el papel y el cartón hayan contribuido para evitar la contaminación por otros hongos que generaran el descarte de los bloques. En la figura 15 se observa la colonización del micelio y en la figura 16 se observa la formación de los cuerpos fructíferos.



Figura 15. Colonización de *P. ostreatus* en papel, cartón y maíz



Figura 16. Formación de cuerpos fructíferos tratamiento 4

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 38 de 66

❖ Tratamiento 5: papel 50 % y 50 % cartón

La colonización del micelio en este tratamiento fue un poco demorada ya que la primera cosecha se presentó a los 49 días después de haber realizado la cosecha. Sin embargo, es interesante observar la capacidad del hongo para producir biomasa fúngica comestible a partir de residuos sólidos como el papel y el cartón sin haber presentado síntomas de contaminación. En la figura 17 se puede observar el crecimiento del micelio de *P. ostreatus*.



Figura 17. Crecimiento del micelio de la orellana

En la figura 18 se observa la formación de primordios y en la 19 los cuerpos fructíferos y la cosecha del hongo.



Figura 18. Primordios

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 39 de 66



Figura 19. Formación de cuerpos fructíferos tratamiento 5

❖ **Tratamiento 6: aserrín polvoso de pino 50 % y papel y cartón 50 %**

Al utilizar aserrín combinado con papel y cartón se pudo evidenciar un mayor crecimiento y colonización del sustrato comparado con los tratamientos 2 y 3 ya que la primera cosecha se presentó a los 50 días después de haber realizado la siembra con una mayor eficiencia. Además, se pudo evidenciar una colonización uniforme del micelio para la formación y producción de cuerpos fructíferos. En la figura 20 se pueden ver algunos avances de la colonización del micelio en la etapa de incubación.



Figura 20. Colonización uniforme del micelio

En la figura 21 se observa la etapa fructificación y la cosecha de las setas.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 40 de 66



Figura 21. Formación de cuerpos fructíferos tratamiento 6

En cada tratamiento se pudo evidenciar que el hongo se comportó de manera diferente. En la tabla 7 se puede observar algunas de las propiedades físicas y químicas que posee cada uno de los residuos orgánicos. Diversos autores han reportado las propiedades que posee el aserrín que pueden tener una influencia negativa causando los bajos rendimientos por ejemplo en el caso del tratamiento 3. Una de estas características es su alta densidad, lo que posiblemente pudo influir en la porosidad del sustrato para un adecuado crecimiento del micelio (figura 12) y una alta relación C/N. En el experimento de Gayosso *et al.* (2018) se utilizó aserrín de pino fresco, sin compostar y sin adicionar algo más. Ellos resaltaron que una mayor relación C/N puede limitar la cantidad de N disponible, lo que probablemente haya limitado el crecimiento del hongo durante el desarrollo de la investigación. Por otra parte, es interesante observar que el papel y el cartón a pesar de haber sido procesados de manera industrial logran conservar algunos minerales importantes para el hongo como: el fósforo, potasio, calcio, nitrógeno y carbono lo que permitió un adecuado crecimiento del hongo en los tratamientos. Además, se puede analizar que a diferencia del aserrín de pino los demás materiales poseen una baja densidad y relación C/N lo que también pudo haber influenciado en la producción del hongo en esta investigación.

Tabla 6. Composición fisicoquímica de los sustratos utilizados en el experimento

Material	Densidad (g/m ³)	Materia orgánica (%)	N Total (g/kg)	Relación C/N	P ₂ O ₅ (g/kg)	CaO (g/kg)	K ₂ O (g/kg)	Na ₂ O (g/kg)
Papel	79,4	78,95	2,12	136	3,91	92,3	0,12	0,98

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO					CÓDIGO: AAAR113		
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO					VERSIÓN: 6		
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL					VIGENCIA: 2021-09-14		
						PAGINA: 41 de 66		

Cartón	387	83,31	5,35	55	6,93	67,3	0,24	0,84
Aserrín			0,14	2759				
Rastrojo de maíz				60				

(Ciesielczuk & Rosik, 2021, Serret *et al.*, 2016).

Autores como Gayosso *et al.* (2018) y Cueva *et al.* (2017), reportaron el contenido de C para el aserrín de 50,65% y una densidad aparente de 167 (kg/m³). Galarza, *et al.*, (2011) reportaron a su vez contenido de diferentes elementos en rastrojo de maíz de la siguiente manera K (%): 0,02, Ca (%):0,02, P (%): 0,02, Mg (%): 0,02, Fe (%): 3,46, Zn (%): 0,54, Mn (%): 1,72, Cu (%): 0,53

Objetivo 3. Determinación de la combinación de sustrato que presenta un mayor rendimiento en la siembra de orellanas

Se midieron las variables de salida propuestas y se realizó el análisis estadístico con el fin de comparar las medias entre tratamientos y concluir cuales son las combinaciones de sustrato que permiten obtener mejores resultados en el cultivo de orellanas. Sin embargo, se debe tener en cuenta que por motivos de contaminación los promedios de algunos tratamientos se vieron afectados ya que en algunos casos solo una bolsa llegó a la tercera cosecha. Se determinó realizar el análisis estadístico a pesar de la falta de homogeneidad de los tratamientos teniendo en cuenta que por las restricciones de material y espacio no se contó con la posibilidad de repetirlos en su totalidad. Sin embargo, se mantuvieron iguales las condiciones de incubación para todos los tratamientos con el fin de presentar resultados para cada tratamiento propuesto. Se consideró que estos datos pueden generar una información preliminar de utilidad para trabajos posteriores debido a la posibilidad de utilizar el maíz como parte del sustrato para el crecimiento de orellanas. Por lo tanto, aunque el análisis estadístico no refleja con exactitud la eficiencia de los tratamientos, se considera que se pueden generar apreciaciones y conclusiones parciales sobre los efectos de los diferentes sustratos en el crecimiento de las orellanas.

Con respecto al número de cuerpos fructíferos se observaron diferencias significativas entre los tratamientos a lo largo de las tres cosechas ($p < 0,05$ ver anexo 2). Al realizar la prueba de Tukey para evidenciar las diferencias entre tratamientos se observaron dos grupos, uno solo con T4 y el otro con el resto de tratamientos. Como se observa en la figura 22 el tratamiento 4 presentó un mayor número de cuerpos fructíferos (27) en la primera cosecha, seguido del tratamiento 1 con 19 cuerpos en comparación con los demás tratamientos que presentaron un menor número de cuerpos. Es importante anotar que en cada cosecha disminuyó el número de hongos lo que podría implicar que la calidad nutricional del sustrato es necesaria para obtener un mayor número de hongos y a medida que pasan las cosechas se presenta un agotamiento de estos nutrientes. Oni *et al.* (2021) mencionan que el nivel de nutrientes requerido para el desarrollo de los cuerpos fructíferos de los hongos disminuye con la disminución del vigor de crecimiento del micelio. Además, afirman que el número de oleadas de hongos obtenidos en cualquier cultivo de hongos en cualquier momento depende no solo

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 42 de 66

del tipo de sustrato sino también del estado nutritivo del sustrato. Por otra parte, Owaid *et al.* (2015) demuestran que cuando se incrementa el número de frutos de orellanas, se reduce su peso. Sin embargo, esto no se observa en esta investigación ya que los tratamientos que obtuvieron un mayor número de cuerpos fructíferos presentaron un mayor peso fresco figura 23. En cuanto a los tratamientos 4, 5 y 6 debido a que el papel y el cartón están compuestos por componentes lignocelulósicos, *P. ostreatus* pudo utilizar estos sustratos para que el micelio pudiera crecer en el sustrato y posteriormente se formaran los cuerpos fructíferos (Ma *et al.*, 2016; Kumar *et al.*, 2020). Sin embargo, esto no influyó en el número de cuerpos.

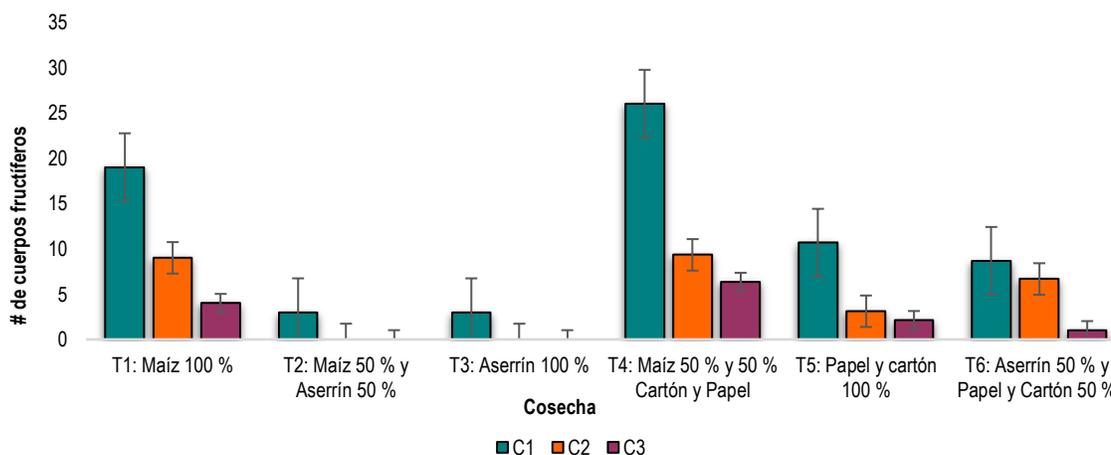


Figura 22. Numero de cuerpos fructíferos durante las 3 cosechas.

Con respecto al peso fresco se presentaron variaciones en los 6 tratamientos, encontrando diferencias significativas en los diferentes tratamientos ($p < 0,05$ ver anexo 3), allí también se observan dos grupos principales en la prueba de comparación Tukey en donde se destacan el T4 con mayor rendimiento y el T3 con una menor producción. En la figura 23 se puede observar que el rendimiento más bajo de biomasa fúngica se presenta en los tratamientos 2 y 3 en las 3 cosechas. Russell (2014) menciona que el aserrín para el cultivo de hongos no debe ser demasiado fino, pero tampoco demasiado grueso. En este ensayo se utilizó aserrín en polvo o fino lo que generó una compactación en el sustrato impidiendo un crecimiento adecuado del micelio del hongo (ver figuras 10 y 13). Ochoa & Gómez (2018) utilizaron entre sus tratamientos aserrín entre 1 – 3 mm de espesor presentando mejores resultados con un promedio de 633,75 +/- 7,72 gramos de orellana por kilogramo de sustrato. Por lo que se podría afirmar que el tamaño de las partículas de aserrín influye en el peso fresco del hongo. Sin embargo, en el tratamiento 6 la mezcla de aserrín con papel logró una mayor producción de biomasa en las 3 cosechas. Mandeel *et al.* (2005) logran observar que la cantidad de esporóforo comestible fresco (g / bolsa) cosechada fue mayor en cartón y papel que en fibra vegetal y aserrín, este comportamiento se puede observar en el tratamiento 2. Autores como Kumar *et al.* (2020) afirman que las mezclas que involucran papel usado generalmente producen valores de rendimiento más altos en comparación con las otras combinaciones, sin

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 43 de 66

embargo, en esta investigación el T5 no presentó valores de rendimiento alto. Sin embargo, en el T4 se observa una potencialización en el peso fresco de la seta al utilizar la combinación de residuos de papelería con el rastrojo de maíz. Por último, en este estudio se pudo observar que el mayor peso fresco se presentó en el T1. Por lo tanto, es importante recalcar que hay una gran cantidad de factores que afectan la composición de los hongos, como la genética de los hongos, el origen del sustrato, las condiciones de crecimiento y la etapa de desarrollo de los cuerpos fructíferos entre otros (Wang *et al.*, 2015).

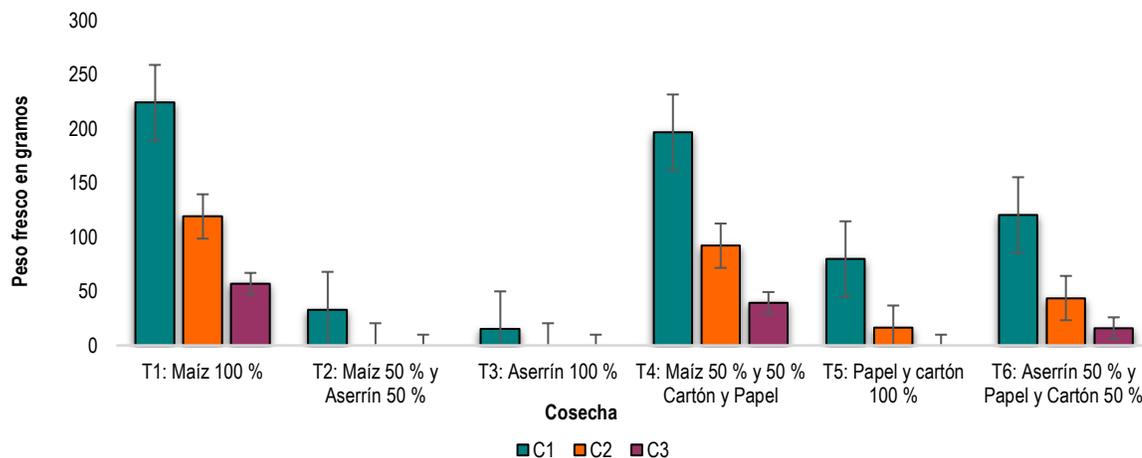


Figura 23. Peso fresco de los hongos en las 3 cosechas

Un estudio realizado utilizando paja de trigo como tratamiento demostró que la productividad y la eficiencia biológica aumentó en comparación con tratamientos con solo cartón debido a la variación en la capacidad de estos sustratos para ahorrar y ayudar en los requisitos nutricionales y ambientales y la diferencia de contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina (Kuhad *et al.*, 1997; Owaid *et al.*, 2015). Esto se puede apreciar en la figura 24 donde se observa que el T1 presenta una mayor eficiencia biológica seguido del T4 en la primera cosecha en comparación con los demás tratamientos, presentando diferencias significativas ($p < 0,05$ ver anexo 4). Por otra parte, es de considerar que las formas físicas y químicas de la celulosa presentes en una hoja de papel, influyen en la biorreceptividad del papel. La celulosa nativa es principalmente cristalina con algunos sitios amorfos, mientras que la celulosa presente en una hoja de papel, por haber sufrido ya un procesamiento físico y químico, contiene un mayor número de sitios amorfos a lo largo del polímero. Estos sitios son más susceptibles al biodeterioro (Allsopp *et al.*, 2004; Kumar *et al.*, 2020), por lo tanto, tienen una mayor biorreceptividad para el microorganismo celulolítico. De todas maneras esto es muy importante debido a que la eficiencia biológica debe alcanzar valores como mínimo del 40% lo cual determina, entre otros aspectos, que sea factible económicamente (Ramon & Ramon, 2012; Hernández, 2020).

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 44 de 66

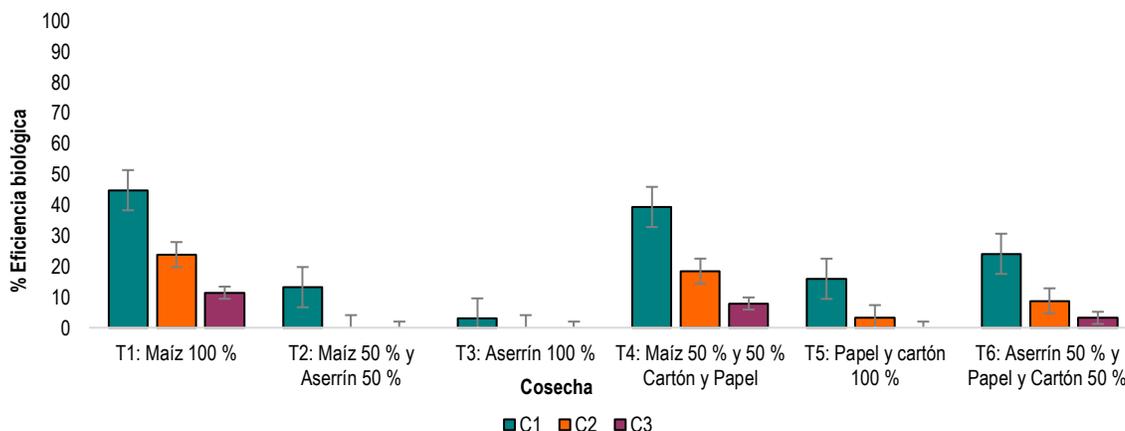


Figura 24. Eficiencia biológica de los tratamientos en las 3 cosechas

Como se puede ver en la figura 25, los tratamientos 2 y 3 fueron los que más tuvieron pérdidas en el proceso por contaminación y por bolsas improductivas presentando mayores pérdidas en la segunda y tercera cosecha con un 100 %. El análisis estadístico demostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos (anexo 5). Por otro lado es importante recalcar que los tratamientos que llevaban maíz alcanzaron a tener pérdidas incluso al haber utilizado el ensayo con hipoclorito en comparación con los tratamientos 5 y 6 los cuales no presentaron ninguna y fueron productivos durante las 3 cosechas. Además, es interesante observar que el tratamiento 4 presentó una menor pérdida con respecto a los otros tratamientos que contenían maíz, esto es debido a que probablemente el papel y el cartón pudieron ser más asépticos evitando el crecimiento de otros hongos. Benavides (2013) en su investigación no presentó ninguna pérdida lo que sugiere que se debe ser más minucioso en el proceso de pasteurización e inoculación para obtener mejores resultados. En su investigación los sustratos se sumergieron en agua, se secaron al ambiente y se esterilizaron en autoclave durante a 121 °C durante 1 hora. Lo anterior demuestra que bajo condiciones de esterilización, la producción de orellanas tendrá un mayor rendimiento, sin embargo, es de resaltar que los procesos empleados para la desinfección de los sustratos en esta esta investigación fueron aplicados con el fin de establecer un método económico para los productores artesanales que generalmente no cuentan con la posibilidad de comprar un autoclave. Sin embargo, se pudo establecer que se deben realizar nuevos protocolos específicos de desinfección que permitan asegurar el acondicionamiento del sustrato según su origen lo que redundará en una producción del hongo más eficiente.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 45 de 66

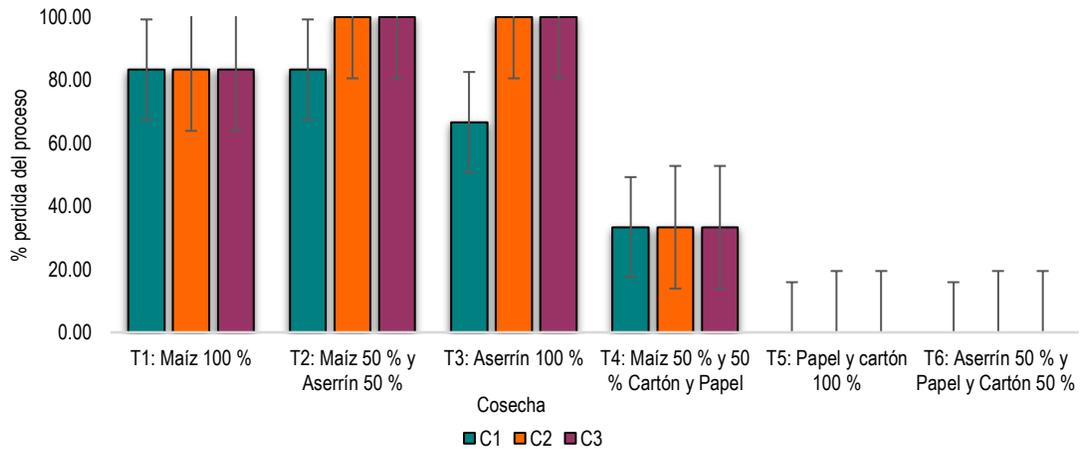


Figura 25. Perdidas del proceso en las 3 cosechas

En cuanto a la tasa de productividad se puede observar que el tratamiento 1 fue el que presentó un mayor porcentaje (figura 26). Esto pudo ser debido al rápido crecimiento del micelio en el sustrato y a la eficiencia biológica que obtuvo este tratamiento en este ensayo, seguido nuevamente del tratamiento 4. Debido al bajo crecimiento del micelio en el aserrín polvoso (figura 12) y a la baja eficiencia biológica, el tratamiento 3 fue el que presentó la menor tasa de productividad.

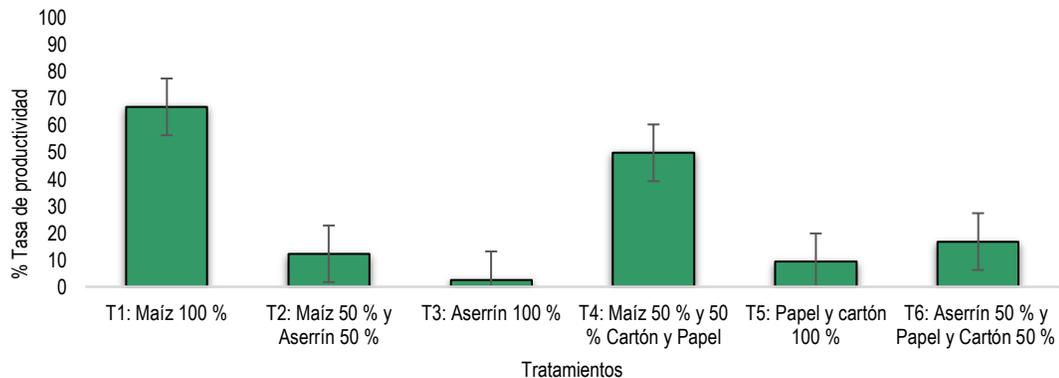


Figura 26. Tasa de productividad de los tratamientos

Con respecto a las medidas biométricas obtenidas se observó que la longitud del estípite se presentaron valores muy similares entre los tratamientos. La calidad de los carpóforos de *P. ostreatus*, radica básicamente en hacer la cosecha a tiempo y mantener control en la iluminación y ventilación para evitar estípite largos ya que este se encuentra entre los principales indicadores para juzgar la calidad de los carpóforos (Ardón, 2007; Rojas, 2016). Como se puede analizar en la figura 27 el tratamiento 2 es el que presenta un mayor crecimiento del estípite en la primer cosecha seguido del tratamiento 3. Por otra parte se puede observar en los demás tratamientos que el estípite se encuentra en rangos óptimos

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 46 de 66

para comercializar a lo largo de las 3 cosechas. Es importante tener en cuenta que a nivel comercial son preferidas las setas con sombrero grande y estípites pequeños, pues este último debe ser retirado para las preparaciones gastronómicas, dado su sabor y contenido de fibra (Lechner & Albertó, 2011).

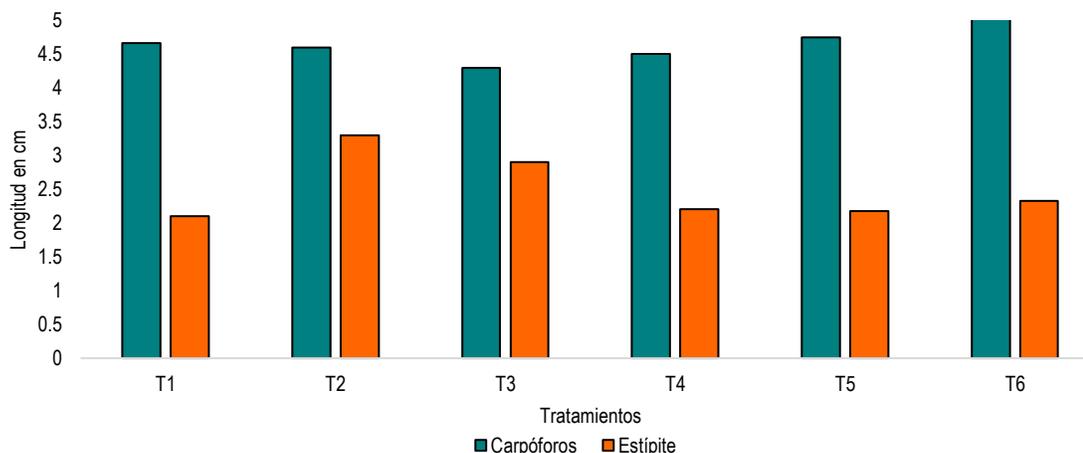


Figura 27. Medidas biométricas durante las tres cosechas para todos los tratamientos

Como se ve en la figura 27 la longitud del carpóforo fue mayor en la primera cosecha en todos los tratamientos y empezó a disminuir a lo largo del tiempo. Se puede observar que el T4 y 6 fueron los que más presentaron una mayor longitud del sombrero en la primera cosecha. Algunos autores han demostrado en estudios anteriores que las medidas biométricas están estrechamente relacionadas con el material genético de la cepa y las características extrínsecas e intrínsecas ya que al estar en condiciones óptimas los cuerpos fructíferos resultantes son semejantes en tamaño (Benavides, 2013).

CONCLUSIONES

Se pudo establecer por medio de la revisión bibliográfica que *P. ostreatus* logra una colonización óptima y formación de cuerpos fructíferos gracias a las enzimas específicas que libera en el sustrato. De esta manera obtiene los nutrientes específicos como el carbono, nitrógeno, potasio, fósforo y algunos micronutrientes, entre otros. Por lo tanto el uso de sustratos diseñados con residuos reciclables y orgánicos podría ser una alternativa viable para el aprovechamiento de estos, cumpliendo con las necesidades nutricionales para la producción de la orellana.

En esta investigación se pudo verificar por medio de los diferentes sustratos diseñados, la capacidad que tiene la orellana para crecer en papel, cartón, aserrín y el rastrojo de maíz y producir cuerpos fructíferos. Sin embargo, fue evidente que algunos materiales son más

 UDECA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 47 de 66

eficientes que otros para proveer de condiciones óptimas para el crecimiento como fue el caso del tratamiento T4 (maíz 50 % y 50 % cartón y papel) que gracias al contenido nutricional que presentaban estos residuos orgánicos el rendimiento fue mayor.

A pesar de que estadísticamente el tratamiento T4 presentó el mayor rendimiento en comparación con los demás, es de considerar que a pesar de los problemas de contaminación que presentó el T1, el micelio del hongo logró un crecimiento más rápido en este sustrato en comparación con los demás tratamientos. Teniendo en cuenta que se han reportado buenos rendimientos del rastrojo de maíz en el cultivo de orellanas, es importante seguir utilizando este sustrato en investigaciones enfocadas en la producción de orellanas. Lo anterior sin olvidar las necesidades específicas para su desinfección, por lo que se sugiere seguir estableciendo alternativas para su desinfección y no descartar su aplicación.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 48 de 66

ANEXOS

Anexo 1

En la presente tabla se muestra el registro de actividades que se realizaron durante todo el ciclo del cultivo para el diseño de los sustratos de *P. ostreatus* en el municipio de Sibaté.

Tabla 7. Cronograma de las actividades realizadas para el diseño de los sustratos

Fecha	Actividad
04/Abril/2021	Colecta de sustratos papel, cartón y secado de maíz para cada uno de los tratamientos
12/Abril/2021	Diseño de los bloques de cada tratamiento y primera siembra
13/Abril/2021	Inicio de monitoreo y ajuste de humedad diaria
19-20/Abril/2021	Contaminación y descarte de los tratamientos que contenían rastrojo de maíz
24/Abril/2021	Secado de maíz para una segunda siembra
02/Mayo/2021	<ul style="list-style-type: none"> Desinfección del rastrojo de maíz en agua durante 10 min con 20 ppm de cloro para segunda siembra El rastrojo de maíz se dejó escurriendo 24 horas antes de iniciar la pasteurización
03/Mayo/2021	Segunda siembra usando rastrojo de maíz reemplazando tratamientos 1, 2 y 4 los cuales fueron descartados por contaminación
08/Mayo/2021	Contaminación y descarte de 2 bloques del tratamiento 1: 100 % maíz y T2: 1 bloque de 50 % maíz y 50 % aserrín de la segunda siembra
14/Mayo/2021	<ul style="list-style-type: none"> Traspaso de bloques 1 siembra: tratamiento 6: 50 % aserrín y 50 % cartón y papel; T5: 50 % cartón y 50 % papel al cuarto de fructificación
15/Mayo/2021	Traspaso de bloques segunda siembra: T1:100 % maíz a cuarto de fructificación
22/Mayo/2021	Traspaso del T4: 50 % maíz y 50 % cartón y papel segunda siembra a cuarto de fructificación
25/Mayo/2021	Cosecha tratamiento 3: aserrín 100 %
29/Mayo/2021	Primer cosecha tratamiento 6: 50 % aserrín y 50 % cartón y papel
31/Mayo/2021	Primera recolecta T5: 50 % cartón y 50 % papel y primera cosecha de la segunda siembra T1: 100 % maíz
3/Junio/2021	1 recolecta de hongos T 4: 50 % maíz y 50 % cartón y papel segunda siembra
7/Junio/2021	Colecta hongos tratamiento 2: aserrín 50 % y 50 % maíz
18/Junio/2021	Segunda cosecha del bloque del T1: maíz 100 %
23/Junio/2021	Segunda cosecha de los bloques de la segunda siembra T4: 50 % maíz y 50 % cartón y papel
25/Junio/2021	Segunda cosecha bloques T6: 50 % aserrín y 50 % cartón y papel
29/Junio/2021	Cosecha 2 Tratamiento 5: 50 % cartón y 50 % papel
8/Julio/2021	Cosecha 3 T6: aserrín 50 % y cartón papel 50 %
12/Julio/2021	T1: maíz 100 % tercera cosecha
15/Julio/2021	Tercer cosecha tratamiento 4: Maíz 50 % y 50 % papel y cartón
21/Julio/2021	Cosecha 3 T6: aserrín 50 % y papel y cartón 50 %

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 49 de 66

Anexo 2

Número de cuerpos fructíferos durante las 3 cosechas

Cosecha 1

One-way ANOVA: T1: Maíz 100; T2: Maíz 50 ; T3: Aserrín ; T4: Maíz 50 ; T5: Papel y ; ...

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0,05$
 Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	6	T1: Maiz 100 %; T2: Maiz 50 % y Aserrín 50 %; T3: Aserrín 100 %; T4: Maiz 50 % y 50 % Cartón y P; T5: Papel y cartón 100 %; T6: Aserrín 50 % y Papel y

Papel y

Cart

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	5	1313,8	262,77	6,64	0,003
Error	12	474,7	39,56		
Total	17	1788,5			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
6,28932	73,46%	62,40%	40,29%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
T1: Maíz 100 %	3	6,33	10,97	(-1,58; 14,24)
T2: Maíz 50 % y Aserrín 50 %	3	0,333	0,577	(-7,578; 8,245)
T3: Aserrín 100 %	3	1,00	1,73	(-6,91; 8,91)
T4: Maíz 50 % y 50 % Cartón y P	3	26,00	9,85	(18,09; 33,91)
T5: Papel y cartón 100 %	3	10,67	3,21	(2,76; 18,58)
T6: Aserrín 50 % y Papel y Cart	3	8,67	2,52	(0,76; 16,58)

Pooled StDev = 6,28932

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
T4: Maíz 50 % y 50 % Cartón y P	3	26,00	A
T5: Papel y cartón 100 %	3	10,67	A B
T6: Aserrín 50 % y Papel y Cart	3	8,67	B
T1: Maíz 100 %	3	6,33	B
T3: Aserrín 100 %	3	1,00	B
T2: Maíz 50 % y Aserrín 50 %	3	0,333	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Cosecha 2

One-way ANOVA: T1: Maíz 100; T2: Maíz 50 ; T3: Aserrín ; T4: Maíz 50 ; T5: Papel y ; ...

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0,05$

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca

Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414

www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co

NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 50 de 66

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor Levels Values

Factor 6 T1: Maíz 100 %; T2: Maíz 50 % y Aserrín 50 %; T3: Aserrín 100 %; T4: Maíz 50

% y 50 % Cartón y P; T5: Papel y cartón 100 %; T6: Aserrín 50 % y

Papel y

Cart

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	5	206,44	41,289	7,99	0,002
Error	12	62,00	5,167		
Total	17	268,44			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
2,27303	76,90%	67,28%	48,03%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
T1: Maíz 100 %	3	3,00	5,20	(0,14; 5,86)
T2: Maíz 50 % y Aserrín 50 %	3	0,333	0,577	(-2,526; 3,193)
T3: Aserrín 100 %	3	0,000000	0,000000	(-2,859332; 2,859332)
T4: Maíz 50 % y 50 % Cartón y P	3	9,333	1,155	(6,474; 12,193)
T5: Papel y cartón 100 %	3	2,000	1,000	(-0,859; 4,859)
T6: Aserrín 50 % y Papel y Cart	3	6,667	1,155	(3,807; 9,526)

Pooled StDev = 2,27303

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
T4: Maíz 50 % y 50 % Cartón y P	3	9,333	A
T6: Aserrín 50 % y Papel y Cart	3	6,667	A B
T1: Maíz 100 %	3	3,00	B C
T5: Papel y cartón 100 %	3	2,000	B C
T2: Maíz 50 % y Aserrín 50 %	3	0,333	C
T3: Aserrín 100 %	3	0,000000	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Cosecha 3

One-way ANOVA: T1: Maíz 100; T2: Maíz 50 ; T3: Aserrín ; T4: Maíz 50 ; T5: Papel y ; ...

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor Levels Values

Factor 6 T1: Maíz 100 %; T2: Maíz 50 % y Aserrín 50 %; T3: Aserrín 100 %; T4: Maíz 50

% y 50 % Cartón y P; T5: Papel y cartón 100 %; T6: Aserrín 50 % y

Papel y Cart

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	5	94,00	18,800	14,10	0,000
Error	12	16,00	1,333		
Total	17	110,00			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1,15470	85,45%	79,39%	67,27%

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca

Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414

www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co

NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 51 de 66

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
T1: Maíz 100 %	3	1,33	2,31	(-0,12; 2,79)
T2: Maíz 50 % y Aserrín 50 %	3	0,000000	0,000000	(-1,452542; 1,452542)
T3: Aserrín 100 %	3	0,000000	0,000000	(-1,452542; 1,452542)
T4: Maíz 50 % y 50 % Cartón y P	3	6,333	1,528	(4,881; 7,786)
T5: Papel y cartón 100 %	3	0,000000	0,000000	(-1,452542; 1,452542)
T6: Aserrín 50 % y Papel y Cart	3	0,333	0,577	(-1,119; 1,786)

Pooled StDev = 1,15470

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
T4: Maíz 50 % y 50 % Cartón y P	3	6,333	A
T1: Maíz 100 %	3	1,33	B
T6: Aserrín 50 % y Papel y Cart	3	0,333	B
T5: Papel y cartón 100 %	3	0,000000	B
T3: Aserrín 100 %	3	0,000000	B
T2: Maíz 50 % y Aserrín 50 %	3	0,000000	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Anexo 3

Peso fresco durante las 3 cosechas

Cosecha 1

One-way ANOVA: T1: Maíz 100; T2: Maíz 50 ; T3: Aserrín ; T4: Maíz 50 ; T5: Papel y ; ...

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0,05$
 Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor Levels Values

Factor 6 T1: Maíz 100 %; T2: Maíz 50 % y Aserrín 50 %; T3: Aserrín 100 %; T4: Maíz 50 % y 50 % Cartón y P; T5: Papel y cartón 100 %; T6: Aserrín 50 % y Papel y Cart

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	5	72598	14520	4,81	0,012
Error	12	36235	3020		
Total	17	108833			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
54,9505	66,71%	52,83%	25,09%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
T1: Maíz 100 %	3	74,7	129,3	(5,5; 143,8)
T2: Maíz 50 % y Aserrín 50 %	3	22,0	29,1	(-47,1; 91,1)
T3: Aserrín 100 %	3	5,00	8,66	(-64,12; 74,12)
T4: Maíz 50 % y 50 % Cartón y P	3	196,7	20,5	(127,5; 265,8)
T5: Papel y cartón 100 %	3	79,67	3,51	(10,54; 148,79)
T6: Aserrín 50 % y Papel y Cart	3	120,33	6,11	(51,21; 189,46)

Pooled StDev = 54,9505

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
--------	---	------	----------

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca

Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414

www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co

NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 52 de 66

T4: Maíz 50 % y 50 % Cartón y P 3 196,7 A
T6: Aserrín 50 % y Papel y Cart 3 120,33 A B
T5: Papel y cartón 100 % 3 79,67 A B
T1: Maíz 100 % 3 74,7 A B
T2: Maíz 50 % y Aserrín 50 % 3 22,0 B
T3: Aserrín 100 % 3 5,00 B
Means that do not share a letter are significantly different.

Cosecha 2

One-way ANOVA: T1: Maíz 100; T2: Maíz 50 ; T3: Aserrín ; T4: Maíz 50 ; T5: Papel y ; ...

Method

Null hypothesis All means are equal
Alternative hypothesis At least one mean is different
Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor Levels Values

Factor 6 T1: Maíz 100 %; T2: Maíz 50 % y Aserrín 50 %; T3: Aserrín 100 %; T4: Maíz 50

% y 50 % Cartón y P; T5: Papel y cartón 100 %; T6: Aserrín 50 % y

Papel y Cart

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	5	18265	3653,0	4,09	0,021
Error	12	10716	893,0		
Total	17	28981			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
29,8831	63,02%	47,62%	16,80%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
T1: Maíz 100 %	3	39,7	68,7	(2,1; 77,3)
T2: Maíz 50 % y Aserrín 50 %	3	0,000000	0,000000	(-37,591099; 37,591099)
T3: Aserrín 100 %	3	0,000000	0,000000	(-37,591099; 37,591099)
T4: Maíz 50 % y 50 % Cartón y P	3	92,0	20,8	(54,4; 129,6)
T5: Papel y cartón 100 %	3	16,33	9,07	(-21,26; 53,92)
T6: Aserrín 50 % y Papel y Cart	3	43,67	11,06	(6,08; 81,26)

Pooled StDev = 29,8831

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
T4: Maíz 50 % y 50 % Cartón y P	3	92,0	A
T6: Aserrín 50 % y Papel y Cart	3	43,67	A B
T1: Maíz 100 %	3	39,7	A B
T5: Papel y cartón 100 %	3	16,33	A B
T3: Aserrín 100 %	3	0,000000	B
T2: Maíz 50 % y Aserrín 50 %	3	0,000000	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Cosecha 3

One-way ANOVA: T1: Maíz 100; T2: Maíz 50 ; T3: Aserrín ; T4: Maíz 50 ; T5: Papel y ; ...

Method

Null hypothesis All means are equal
Alternative hypothesis At least one mean is different
Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca

Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414

www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co

NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 53 de 66

Factor Levels Values
Factor 6 T1: Maíz 100 %; T2: Maíz 50 % y Aserrín 50 %; T3: Aserrín 100 %; T4:
Maíz 50

% y 50 % Cartón y P; T5: Papel y cartón 100 %; T6: Aserrín 50 % y
Papel y

Cart

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	5	3693	738,5	3,19	0,046
Error	12	2775	231,3		
Total	17	6468			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
15,2078	57,09%	39,21%	3,46%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
T1: Maíz 100 %	3	19,0	32,9	(-0,1; 38,1)
T2: Maíz 50 % y Aserrín 50 %	3	0,000000	0,000000	(-19,130497; 19,130497)
T3: Aserrín 100 %	3	0,000000	0,000000	(-19,130497; 19,130497)
T4: Maíz 50 % y 50 % Cartón y P	3	39,33	4,93	(20,20; 58,46)
T5: Papel y cartón 100 %	3	0,000000	0,000000	(-19,130497; 19,130497)
T6: Aserrín 50 % y Papel y Cart	3	9,67	16,74	(-9,46; 28,80)

Pooled StDev = 15,2078

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
T4: Maíz 50 % y 50 % Cartón y P	3	39,33	A
T1: Maíz 100 %	3	19,0	A
T6: Aserrín 50 % y Papel y Cart	3	9,67	A
T5: Papel y cartón 100 %	3	0,000000	A
T3: Aserrín 100 %	3	0,000000	A
T2: Maíz 50 % y Aserrín 50 %	3	0,000000	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
T4: Maíz 50 % y 50 % Cartón y P	3	39,33	A
T1: Maíz 100 %	3	19,0	A B
T6: Aserrín 50 % y Papel y Cart	3	9,67	B
T5: Papel y cartón 100 %	3	0,000000	B
T3: Aserrín 100 %	3	0,000000	B
T2: Maíz 50 % y Aserrín 50 %	3	0,000000	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Dunnnett Multiple Comparisons with a Control

Grouping Information Using the Dunnnett Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
T1: Maíz 100 % (control)	3	19,0	A
T4: Maíz 50 % y 50 % Cartón y P	3	39,33	A
T6: Aserrín 50 % y Papel y Cart	3	9,67	A
T5: Papel y cartón 100 %	3	0,000000	A
T3: Aserrín 100 %	3	0,000000	A
T2: Maíz 50 % y Aserrín 50 %	3	0,000000	A

Means not labeled with the letter A are significantly different from the control level mean.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 54 de 66

Anexo 4

Eficiencia biológica

One-way ANOVA: T1: Maíz 100; T2: Maíz 50 ; T3: Aserrín ; T4: Maíz 50 ; T5: Papel y ;...

Method
Null hypothesis All means are equal
Alternative hypothesis At least one mean is different
Significance level $\alpha = 0,05$
Equal variances were assumed for the analysis.
Factor Information
Factor Levels Values
Factor 6 T1: Maíz 100 %; T2: Maíz 50 % y Aserrín 50 %; T3: Aserrín 100 %; T4: Maíz 50 % y 50 % Cartón y P; T5: Papel y cartón 100 %; T6: Aserrín 50 % y Papel y Cart
Analysis of Variance
Source DF Adj SS Adj MS F-Value P-Value
Factor 5 2779 555,9 5,38 0,001
Error 48 4955 103,2
Total 53 7735

Model Summary
S R-sq R-sq(adj) R-sq(pred)
10,1605 35,93% 29,26% 18,92%

Means
Factor N Mean StDev 95% CI
T1: Maíz 100 % 9 8,89 15,78 (2,08; 15,70)
T2: Maíz 50 % y Aserrín 50 % 9 1,47 3,65 (-5,34; 8,28)
T3: Aserrín 100 % 9 0,333 1,000 (-6,476; 7,143)
T4: Maíz 50 % y 50 % Cartón y P 9 21,87 14,18 (15,06; 28,68)
T5: Papel y cartón 100 % 9 6,40 7,35 (-0,41; 13,21)
T6: Aserrín 50 % y Papel y Cart 9 11,58 10,04 (4,77; 18,39)
Pooled StDev = 10,1605

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
T4: Maíz 50 % y 50 % Cartón y P	9	21,87	A
T6: Aserrín 50 % y Papel y Cart	9	11,58	A B
T1: Maíz 100 %	9	8,89	A B
T5: Papel y cartón 100 %	9	6,40	B
T2: Maíz 50 % y Aserrín 50 %	9	1,47	B
T3: Aserrín 100 %	9	0,333	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Anexo 5

Perdidas del proceso

One-way ANOVA: T1: Maíz 100; T2: Maíz 50 ; T3: Aserrín ; T4: Maíz 50 ; T5: Papel y ;...

Method

Null hypothesis All means are equal
Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 55 de 66

Alternative hypothesis At least one mean is different
Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	6	T1: Maíz 100 %; T2: Maíz 50 % y Aserrín 50 %; T3: Aserrín 100 %; T4: Maíz 50 % y 50 % Cartón y P; T5: Papel y cartón 100 %; T6: Aserrín 50 % y Papel y Cart

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	5	29629,6	5925,93	76,80	0,000
Error	12	925,9	77,16		
Total	17	30555,6			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
8,78410	96,97%	95,71%	93,18%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
T1: Maíz 100 %	3	83,33	0,00	(72,28; 94,38)
T2: Maíz 50 % y Aserrín 50 %	3	94,44	9,62	(83,39; 105,49)
T3: Aserrín 100 %	3	88,9	19,2	(77,8; 99,9)
T4: Maíz 50 % y 50 % Cartón y P	3	33,33	0,00	(22,28; 44,38)
T5: Papel y cartón 100 %	3	0,000000	0,000000	(-11,049861; 11,049861)
T6: Aserrín 50 % y Papel y Cart	3	0,000000	0,000000	(-11,049861; 11,049861)

Pooled StDev = 8,78410

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
T2: Maíz 50 % y Aserrín 50 %	3	94,44	A
T3: Aserrín 100 %	3	88,9	A
T1: Maíz 100 %	3	83,33	A
T4: Maíz 50 % y 50 % Cartón y P	3	33,33	B
T6: Aserrín 50 % y Papel y Cart	3	0,000000	C
T5: Papel y cartón 100 %	3	0,000000	C

Means that do not share a letter are significantly different.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 56 de 66

BIBLIOGRAFÍA

- Abou, S., Alsanad, M., El Sebaaly, Z., Ismail, A., & Sassine, Y. (2020). Valorization of olive pruning residues through bioconversion into edible mushroom *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex Fr.) P. Kumm. (1871) of improved nutritional value. *Scientifica*
- Acosta, F., Acosta, A. (2015). Estudio para la creación de una empresa productora y comercializadora de (Orellana, Portobello, champiñones) con mujeres cabeza de familia en el municipio de Fusagasuga "PROYECTO SETA (, Corporación Universitaria Minuto de Dios).
- Aghajani, H., Bari, E., Bahmani, M., Humar, M., Ghanbary, M., Nicholas, D., & Zahedian, E. (2018). Influence of relative humidity and temperature on cultivation of *Pleurotus* species. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 20(4), 571-578.
- Alam, N., Amin, R., Khan, A., Ara, I., Shim, M. J., Lee, M. W., & Lee, T. S. (2008). Nutritional analysis of cultivated mushrooms in Bangladesh—*Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus sajor-caju*, *Pleurotus florida* and *Calocybe indica*. *Mycobiology*, 36(4), 228-232.
- Alcaldía municipal de Sibaté. (2020). Economía. Tomado de: <https://cutt.ly/Xn6ay34>
- Allsopp, D., Seal, K., Gaylarde., C. (2004). Introduction to biodeterioration. 2nd edition. Cambridge University Press. 233
- Alonso, R. (2011). Cómo hacer compost. Editorial Paraninfo.
- Álvarez, J. (2013). Manual de Compostaje. S.f. Para agricultura Ecológica. Consejería de Agricultura y pesa. Junta de Andalucía.
- Alvear, L. (2018). Evaluación de la actividad nematocida del hongo *Pleurotus ostreatus in vitro* en diferentes concentraciones sobre dos especies de nematodos (Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Andrade, M., Minhoni, M., Sansígolo, C., & Zied, D. (2010). Análise química da madeira e casca de diferentes tipos de eucalipto antes e durante o cultivo de shiitake em toras. *Revista Árvore*, 34, 165-175.
- Araújo, N., Avelino, K., Halabura, M., Marim, R., Kassem, A., Linde, G. & do Valle, J. (2021). Use of green light to improve the production of lignocellulose-decay enzymes by *Pleurotus spp.* in liquid cultivation. *Enzyme and Microbial Technology*, 109860.
- Ardón, C. (2007). La producción de hongos comestibles (Tesis de maestría). Tomado de http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/2043/07_1932
- Ariza, C. (2018). Análisis preliminar del sistema de producción de artículos de papel a partir de los residuos generados en Corabastos-Bogotá.
- Atila, F. (2017). Determining the effects of container types on yield and fruitbody features of *pleurotus eryngii* strains. *International Journal of Crop Science and Technology*, 3(1).
- Atlas, R., Bartha, R. (2002). Ecología microbiana y microbiología ambiental. Cuarta edición. Editorial Adisson Wesley. Madrid España. 667 págs.
- Banik, S., Nandi, R. (2004). Effect of supplementation of rice straw with biogas residual slurry manure on the yield, protein and mineral contents of oyster mushroom. *Industrial crops and products*, 20(3), 311-319.
- Barbaro, A., & Karlanián, A. (2020). Efecto de las propiedades físicas del sustrato sobre el desarrollo de plantines florales en maceta. *Ciencia del suelo*, 38(1), 1-11.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 57 de 66

Bayona, P. (2012). Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora y comercializadora de orellanas en Moniquirá Boyacá. Recuperado de <http://repository.ean.edu.co/bitstream/10882/2429/1/BayonaEslid2012.pdf>

Baysal E, Peker H, Yalinkilic MK, Temiz, A. (2003). Cultivation of oyster mushroom on waste paper with some added supplementary material. *Biores. Technol* 89:95–97

Bekker, Z. J. (1988). *Fiziologija i bihimija gribov [Physiology and biochemistry of fungi]*. Izdatel'stvo Moskovskogo Universiteta, Moscow (in Russian).

Bellettini, B., Fiorda, A., Maieves, A., Teixeira, L., Ávila, S., Hornung, S., Ribani, H. (2019). Factors affecting mushroom *Pleurotus* spp. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(4), 633-646.

Benavides, O. (2013). Aprovechamiento de residuos lignocelulósicos para el cultivo de orellanas (*Pleurotus ostreatus*) (Doctoral dissertation, Universidad de Nariño).

Bermúdez R., Donoso C., Martínez C., Ramos E., Morris H. (2002) Efecto de la luz en la concentración de micosteroides de *Pleurotus ostreatus* var. florida. *Rev Cubana Aliment Nutr*;16 (en prensa).

Bermúdez, R., Morris, H., Donoso, C., Martínez, C., & Ramos, E. (2003). Influencia de la luz en la calidad proteica de *Pleurotus ostreatus* var. florida. *Rev. cuba. invest. bioméd.*

Buah JN, Van der Puije G, Bediako EA, Abole F, Showemimo. 2010. The Growth and Yield Performance of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on Different Substrates. *Biotechnology*. 9(3) : 338–342.

Cabra, L., Reinoso, C., Orduz, G. (2014). Diseño de un sistema para el control de la humedad relativa y la temperatura, de acuerdo a los índices de confort en incubación y fructificación en una unidad Productiva de Orellanas (*Pleurotus Ostreatus* Jacq Kumm). *Revista Ingeniare*, (17), 53-67.

Carrasco, J., Serna, S., & Gutiérrez, J. (2017). Nutritional composition and nutraceutical properties of the *Pleurotus* fruiting bodies: Potential use as food ingredient. *Journal of Food Composition and Analysis*, 58, 69-81.

Ceron, M., López, S., Ortega, S., Vargas, R., Ávila, R., & Ortega, I. (2020). Hongos comestibles: Una alternativa saludable en productos cárnicos. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 7(14), 47-51.

. Chang S. (2007). Mushroom cultivation using the “ZERI” principle: potential for application in Brazil. *Malaysian J Biol*. 19: 33-34.

Choi, U., Bajpai, V., Lee, N. (2009). Influence of calcinated starfish powder on growth, yield, spawn run and primordial germination of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*). *Food Chem. Toxicol*. 47, 2830–2833

Cieselczuk, T., & Rosik, C. (2021). Decomposition Dynamics of Cooking-oil-soaked Paper in Media With a Low Inorganic Nitrogen Content.

Correa, F. (2018). Cartografía social como propuesta participativa para reconocer y fomentar el cuidado de zonas verdes, parques y plazas, mediante el nuevo plan de ordenamiento territorial del municipio de Fusagasugá.

Cruz, E. (2015). Evaluación de subproductos vegetales semi-compostados para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 58 de 66

Cueva, M., Hernández, A., & Niño, Z. (2017). Influence of C/N ratio on productivity and the protein contents of *Pleurotus ostreatus* grown in different residue mixtures. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 49(2), 331-344.

Daza, E. (2019). Viabilidad en aprovechamiento de los desechos generados en un restaurante de la Sabana de Bogotá.

del Pilar Rios, M., Hoyos, L., Sanchez, M. (2010). Evaluación de los parámetros productivos de la semilla de *Pleurotus ostreatus* propagada en diferentes medios de cultivo. *Bioteología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*, 8(2), 86-94.

Dias, A., Freitas, S., Marques, S., Sampaio, A., Fraga, S., Rodrigues, A., Bezerra, M. (2010). Enzymatic saccharification of biologically pre-treated wheat straw with white-rot fungi. *Bioresource technology*, 101(15), 6045-6050. Doldán, X., Chas, M. (2001). La contaminación de la industria de pasta-papel en Galicia: un análisis de flujos de materiales y energía. *Estudios de Economía Aplicada*, 18, 143–158.

Du, F., Zou, Y., Hu, Q., Jing, Y., & Yang, X. (2019). Metabolic profiling of *Pleurotus tuoliensis* during mycelium physiological maturation and exploration on a potential indicator of mycelial maturation. *Frontiers in microbiology*, 9, 3274.

El Habbasha, S., & Faten, M. (2015). Calcium: Physiological function, deficiency and absorption. *International Journal of ChemTech Research*, 8(12), 196–202.

Elisashvili, V., Kachlishvili, E., & Wasser, S. (2009). Carbon and nitrogen source effects on basidiomycetes exopolysaccharide production. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 45(5), 531-535.

Fabila, L., Adame, S. (2013). Efecto de la Diatómata en las propiedades del suelo para reducir el Impacto Ambiental causado por el uso de Fertilizantes Químicos.

FAO, (2010) Informe de políticas; información alimentaria.

FAO. (2020). Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola/Organización Panamericana de la Salud/Programa Mundial de Alimentos/Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia

Fernández-Fueyo, Elena, Francisco J. Ruiz-Dueñas, María Jesús Martínez, Antonio Romero, Kenneth E. Hammel, Francisco Javier Medrano, and Angel T. Martínez. (2014). "Ligninolytic Peroxidase Genes in the Oyster Mushroom Genome: Heterologous Expression, Molecular Structure, Catalytic and Stability Properties, and Lignin-Degrading Ability." *Biotechnology for Biofuels* 7, no. 1: 2. <https://doi.org/10.1186/1754-6834-7-2>.

Fernández, F. (2004). Guía práctica de producción de setas (*Pleurotus spp.*)

Fernández, S. (2015). Cultivo de orellanas (*Pleurotus ostreatus*) en cinco sustratos generados en los procesos productivos agropecuarios, en dos épocas de siembra, en el municipio de Ituango.

Fertilizante y enmiendas o acondicionadores de suelo., Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) 1–51 (2011).

Flores, J., Arias, N. (2006). Efecto de microorganismos eficaces (EM) sobre la producción de hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Agaricales: Tricholomataceae a partir de remanentes agrícolas.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 59 de 66

Galarza, C., Vallone, P, Gudelj, V., Cazorla, C., & Baigorria, T. (2011). Caracterización de rastrojos en sistemas agrícolas estabilizados. Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez, INTA.

Galeano, E. (2017). Plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS). (Administración de empresas) universidad de Cundinamarca

Gayosso, S., Borges, L., Villanueva, E., Estrada, M., & Garruña, R. (2018). Caracterización física y química de materiales orgánicos para sustratos agrícolas. *Agrociencia*, 52(4), 639-652.

García, P. (2018). Producción de orellanas (*Pleurotus ostreatus*) como alternativa para el tratamiento de residuos sólidos de origen vegetal en Bogotá D.C. *Redes de Ingeniería*, 9(1), 26-31, doi: <https://doi.org/10.14483/2248762X.13858>.

Garzón y Cuervo, J. (2008). Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. Recuperado de http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/NOVA10_ARTORIG2_pleur.pdf

Gil, A. (2010). Tratado de nutrición tomo II. Composición y calidad nutricional de los alimentos. 2ª ed. Madrid Medicina panamericana. D.L recuperado de <http://books.google.es/books?id=hcwBJ0FNvqYC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

Gil, A., Clavijo, C., Palanisamy, M., Ruiz, A., Navarro, M., Pérez, M., & Soler, C. (2013). Study on the 3-hydroxy-3-methyl-glutaryl CoA reductase inhibitory properties of *Agaricus bisporus* and extraction of bioactive fractions using pressurised solvent technologies. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(11), 2789-2796.

Gil, L., Manjarres, K., Piñeros, Y., & Rodríguez, E. (2012). Influencia de la adición de una fuente de nitrógeno en la producción de ligninasas. *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(1), 173-181.

González, D., Ortiz, J., Mejía, Y., García, L., & Cifuentes, X. (2020). Evaluation of the residual biomass (cherry) of coffee as a substrate for the cultivation of the edible fungi *Pleurotus ostreatus*. *Revista ION*, 33(1), 93-102.

Griffin, D. (1996). *Fungal physiology*. John Wiley & Sons.

Guarín, J. y Ramírez, A. (2004). Estudio de factibilidad técnico-financiero de un cultivo de hongo *Pleurotus ostreatus* en Cundinamarca. Tesis de grado para optar por el grado de ingeniero Industrial de Universidad Javeriana.

Guillamón, E., García, A., Lozano, M., Rostagno, A., Villares, A., Martínez, A. (2010). Edible mushrooms: role in the prevention of cardiovascular diseases. *Fitoterapia*, 81(7), 715-723.

Hernández, N. (2020). Evaluación del crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* (basidiomycota) en distintos sustratos lignocelulósicos (capacho de maíz, hoja de almendro y aserrín de madera) en la Estación Ecológica Las Guartinajas en el municipio de Tierralta-Córdoba-Colombia.

Holgado, M. (2018). Evaluación de la producción de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kumm (Basidiomycete) en residuos lignocelulosicos como alternativa agroecológica en la comunidad de Huayllay-Ccorca, Cusco.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 60 de 66

Hurtado, H. (2005). Comunicación personal: Administrador agropecuario de las plantaciones de la escuela de tecnologías de la Universidad Católica de Colombia. Kilómetro 21 vía carrera 7

Imba, E., Tallana, M. (2011). Aceptabilidad del bagazo de caña, rastrojo de maíz y tamo de cebada en bloques nutricionales como reemplazo del maíz en cobayos de engorde (*cavia porcellus*) en la granja La Pradera-Chaltura.

ICONTEC. NTC 5167: Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos.

Jaramillo, D., Yepes, L., Hincapié, A., Velásquez, M., Vélez, M. (2011). Desarrollo de productos a partir de la orellana (*Pleurotus ostreatus*). Revista Investigaciones Aplicadas, 5(2), 82-91.

Jin, Z., Li, Y., Ren, J. y Qin, N. (2018). Rendimiento, contenido nutricional y actividad antioxidante de *Pleurotus ostreatus* en mazorcas de maíz suplementadas con residuos de hierbas. *Micobiología*, 46 (1), 24-32.

Josiane, M., Estelle, M., & Francis, N. (2018). Effect of substrates on nutritional composition and functional properties of *Pleurotus ostreatus*. *Current Research in Agricultural Sciences*, 5(1), 15-22.

Kaymakanova, M. (2012) Effects of salinity on germination and seed physiology in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 23, 326-329.

Juan, Y., Yin, Z., Hailong, Y., LiHua, T., & RuiJuan, W. (2012, August). Mathematical study of the effects of temperature and humidity on the mycelium growth of *Pleurotus eryngii*. In 2012 First International Conference on Agro-Geoinformatics (Agro-Geoinformatics) (pp. 1-5). IEEE. Tomado de: <https://cutt.ly/JRR1EFt>

Khan, M., Ali, M., Khan, N., Khan, M., Rehman, A. y Javed, N. (2013). Effect of different levels of lime and pH on mycelial growth and production efficiency of oyster mushroom (*Pleurotus* spp.). *Pak. J. Bot*, 45(1), 297-302.

Khan, M., Zaidi, A., & Wani, P. (2007). Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture a review. *Agronomy for sustainable development*, 27(1), 29-43.

Kim, S., Kim, M., Im, C., Kim, K., Kim, D., Kim, T., & Ryu, J. (2013). Optimal relative humidity for *Pleurotus eryngii* cultivation. *Journal of Mushroom*, 11(3), 131-136.

Kimura, F., Sato, M., & Kato, H. (2015). Allelopathy of pine litter: delivery of allelopathic substances into forest floor. *Journal of Plant Biology*, 58(1), 61-67.

Kuhad, R., Singh, A., Eriksoon K. (1997). Microorganisms and enzymes involved in the degradation of plant fiber cell walls. In: *Advances in Biochemical Engineering Biotechnology*. Germany: Springer-Verlag; p. 46-125.

Kumar, M., Singh R., Gamage S., & Ukaogo, O. (2020). Determination of the Paper Quality as a Substrate for Oyster Mushroom Cultivation.

Kuznetsova, I., Zaitsev, B., Krasnopolskaya, L., Teplykh, A., Semyonov, A., Avtonomova, A., ... & Kolesov, V. (2020). Influence of Humidity on the Acoustic Properties of Mushroom Mycelium Films Used as Sensitive Layers for Acoustic Humidity Sensors. *Sensors*, 20(9), 2711.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 61 de 66

Lechner, B. & Albertó, E. (2011). Search for new naturally occurring strains of *Pleurotus* to improve yields: *Pleurotus albidus* as a novel proposed species for mushrooms production. *Rev. Iberoamericana de Micología*

Lema, I. (2020). Proyecto de investigación para la producción y comercialización de hongos comestibles tipo Ostra (*Pleurotus ostreatus*) en la parroquia Puyo, provincia de Pastaza.

Leon, G., Cujilema, M., Baryolo, L., Rosero, E., Córdova, J., & Ramos, L. B. (2017). Efecto del ph en la producción de celulasas de *Aspergillus niger* en fermentación sólida. *Centro Azúcar*, 44(2), 27-38.

López, C., Corredor, R., Suárez, C., & Borrero, M. (2008). Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. *Universitas Scientiarum*, 13(2), 128-137.

Ma, N., Khoo, S., Peng, W., Ng, C., Teh, C., Park, Y., & Lam, S. (2020). Green application and toxic risk of used diaper and food waste as growth substitute for sustainable cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Journal of Cleaner Production*, 268, 122272.

Ma, Y., Hummel, M., Määttänen, M., Särkilähti, A., Harlin, A., Sixta, H. Upcycling of waste paper and cardboard to textiles. *Green Chem.* 2016;18:858-866.

Maharana, R., Basu, A., Dhal, N. K., & Adak, T. (2021). Biosolubilization of rock phosphate by *Pleurotus ostreatus* with brewery sludge and its effect on the growth of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 44(3), 395-410.

Mahari, W., Peng, W., Nam, W., Yang, H., Lee, X., Lee, K., Lam, S. (2020). A review on valorization of oyster mushroom and waste generated in the mushroom cultivation industry. *Journal of hazardous materials*, 400, 123156.

Majesty, D., Ijeoma, E., Winner, K., & Prince, O. (2019). Nutritional, anti-nutritional and biochemical studies on the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*. *EC Nutrition*, 14(1), 36-59.

Mandeel, A., Al-Laith, A., Mohamed, A. (2005). Cultivation of oyster mushrooms (*Pleurotus* spp.) on various lignocellulosic wastes. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 21(4), 601-607.

Martínez, E. B. (2014). La seguridad alimentaria y nutricional de Colombia, una prioridad. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, 10(18).

Martínez, Y., & Rivero, C. (2007). Effect of the paper sludge use on N, P, and K on two soils of agriculture importance at the Valencia lake basin. *Revista Técnica de La Facultad de Ingeniería*.

Michael, A., Otero, M., Diaz, E. (2010). Manual producción de hongos comestibles (*Pleurotus* spp.).

Mora, D., Palacios, J. (2019). Estudio preliminar de factibilidad para la creación de una empresa dedicada a la recolección y reciclaje de residuos sólidos: plástico, cartón y papel; en la ciudad de Facatativá (Colombia). (Administrador de empresas), Universidad de Cundinamarca.

Mousa, A. (2021). The Effect of Ascorbate Salts on Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) Grown under Salinity Stress. *Egyptian Journal of Botany*, 61(1), 271-282. doi: 10.21608/ejbo.2020.45896.1565

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 62 de 66

Murillo, P. G. G. (2018). Producción de orellanas (*Pleurotus ostreatus*) como alternativa para el tratamiento de residuos sólidos de origen vegetal en Bogotá DC. *Redes de Ingeniería*, 9(1), 26-31.

Mutukwa, I., Hall III, C., Cihacek, L., & Lee, C. (2019). Evaluation of drying method and pretreatment effects on the nutritional and antioxidant properties of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(4), e13910.

Narh, D., Obodai, M., Baka, D., & Dzomeku, M. (2011). The efficacy of sorghum and millet grains in spawn production and carpophore formation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex. Fr) Kummer.

Nattoh, G., Gatebe, E., Musieba, F., & Mathara, J. (2016). Bioprospecting optimal phenology for bioactive molecules in native golden yellow *Pleurotus citrinopileatus* Singer. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 6(2), 132-142.

Nongthombam, J., Kumar, A., Ladli, B., Madhushekar, M., & Patidar, S. (2021). A review on study of growth and cultivation of oyster mushroom. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 55-65.

Ochoa, J., & Gómez, A. (2018). Producción de Orellana (*Pleurotus ostreatus*) empleando tusa de Maíz (*Zea may*), residuos de Piña (*Ananas comosus*), y Taruya (*Eichhornia crassipes*). *INNOCAE*, 2(1), 17-23.

Ogidi, C., Akindulureni, E., Agbetola, O., & Akinyele, B. (2020). Calcium bioaccumulation by *Pleurotus ostreatus* and *Lentinus squarrosulus* cultivated on palm tree wastes supplemented with calcium-rich animal wastes or calcium salts. *Waste and Biomass Valorization*, 11(8), 4235-4244.

Oni, J., Agba, M., Basse, G., & Markson, A. (2021). Growth-enhanced Performance by *Pleurotus ostreatus* Cultivated on Salon Effluent and Spent Calcium-carbide Amended Substrates. *Asian Journal of Biology*, 1-11.

Owaid, M., Abed, A., & Nassar, B. (2015). Recycling cardboard wastes to produce blue oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* in Iraq. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 537-541.

Ossorio, E. (2007). Seguridad Alimentaria y Nutricional. Conceptos Básicos. Programa Especial para la Seguridad Alimentaria–PESA–Centroamérica, Ministerio de Asuntos Exteriores de Cooperación. Agencia Española de Cooperación Internacional. FAO.

Padilla, D., Curi, F., Mendiola, L., Alcarraz, R., Lozano, H., Carrillo, G., & Bravo, G. (2020). Caracterización del valor nutricional de los residuos agroindustriales para la alimentación de ganado vacuno en la región de San Martín, Perú. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 21(2).

Pathania, S., Sharma, N., & Gupta, D. (2017). A study on cultivation and yield performance of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on wheat straw mixed with horticultural waste (apple pomace) in different ratio and their nutritional evaluation. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(8), 2940-2953.

Philippoussis, A., Diamantopoulou, P., Zervakis, G. (2001). Calcium chloride irrigation influence on yield, calcium content, quality and shelf-life of the white mushroom. *J. Sci. Food Agric.* 81, 1447–1457

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 63 de 66

Prokesch T. Oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivation on corrugated wax-coated cardboard waste. In, 2019

Raman, J., Jang, K., Oh, Y., Oh, M., Im, J., Lakshmanan, H., & Sabaratnam, V. (2021). Cultivation and Nutritional Value of Prominent *Pleurotus* spp.: An Overview. *Mycobiology*, 49(1), 1-14.

Ramón, P., & Ramón, D. (2012). Análisis de la capacidad degradativa de residuos lignocelulósicos utilizando el hongo *Pleurotus ostreatus* var. florida. (Pregrado). Universidad Politécnica Salesiana

Ravera, C., Bettera, C., Fernández, M. A., Estive, E. Piñeda, H. (2008). Aprovechamiento de los residuos agrícolas. Procesamiento de la caja del maní, su conversión biológica y productos. In I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. Castellón (pp. 23-24).

Regalado, C. M. (1998). Roles of calcium gradients in hyphal tip growth: A mathematical model. *Microbiology*, 144, 2771–2782.

Reyes, H., & Rodríguez, J. A. (2019). La lignina de la guadua angustifolia kunth incorporada al sustrato del hongo *Pleurotus ostreatus*. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 13(25), 9-14.

Ríos, M., Hoyos, J., & Mosquera, S. (2010). Evaluación de los parámetros productivos de la semilla de *Pleurotus ostreatus* propagada en diferentes medios de cultivo. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 8(2), 86-94.

Rios, W. F., Valdes, R.A., Jimenez, J.P. (2017). Aislamiento, propagación y crecimiento de hongos comestibles nativos en residuos agroindustriales. *Scientia Agropecuaria* 8(4): 327 – 335. Journal. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v8n4/a04v8n4.pdf>

Risnawati, R. (2021). The Effect of Adding Kepok Banana Peels (*Musa paradisiaca*) to Powder Media on the Growth of White Oyster Mushrooms (*Pleurotus ostreatus*). In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 755, No. 1, p. 012066). IOP Publishing.

Rodriguez, N., Araque, M., Perdomo, F. (2006). Producción de los hongos comestibles Orellanas y Shiitake.

Rodríguez, S., Gómez, F. (2001). Cultivo de hongos comestibles en pulpa de café. Publicado en Programa de Investigación Científica. Manizales: Cenicafé.

Romero, J. M., Re, Q., Efraín, J., Elango, F., Tabora, P. (2007). Producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) a partir de las malezas *Paspalum fasciculatum* y *Rottboellia cochinchinensis* (No. PG 22 2007).

Rugolo, M., Lechner, B., Mansilla, R., Mata, G., & Rajchenberg, M. (2020). Evaluation of *Pleurotus ostreatus* basidiomes production on Pinus sawdust and other agricultural and forestry wastes from patagonia, Argentina. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 22(4), 517-526.

Ruiz, A. (2021). Cultivo de cuatro cepas de hongos comestibles del género *Pleurotus* en residuos a base de tallo de maíz y paja de arroz.

Russell, S. (2014). *The Essential Guide to Cultivating Mushrooms: Simple and Advanced Techniques for Growing Shiitake, Oyster, Lion's Mane, and Maitake Mushrooms at Home*. Storey Publishing.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 64 de 66

Sáez, J. N. P. (2000). Utilización de sustratos en viveros. *Terra Latinoamericana*, 17(3), 231-235.

Sánchez, Ó., & Montoya, S. (2020). Assessment of polysaccharide and biomass production from three white-rot fungi by solid-state fermentation using wood and agro-industrial residues: a kinetic approach. *Forests*, 11(10), 1055.

Sassine, Y., Naim, L., El Sebaaly, Z., Abou Fayssal, S., Alsanad, M., & Yordanova, M. (2021). Nano urea effects on *Pleurotus ostreatus* nutritional value depending on the dose and timing of application. *Scientific Reports*, 11(1), 1-11.

Schneider, I., Kressel, G., Meyer, A., Krings, U., Berger, R. G., & Hahn, A. (2011). Lipid lowering effects of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in humans. *Journal of Functional Foods*, 3(1), 17-24.

Sepúlveda, C. (2020). Capítulo 5. Aprovechamiento de residuos lignocelulósicos (cascarilla de café y cáscara de plátano), para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. Germinando semillas para la investigación. Una estrategia de futuro en Risaralda, 377.

Serret, N., Giralt, G., & Quintero, M. (2016). Caracterización de aserrín de diferentes maderas. *Tecnología química*, 36(3), 395-405.

Sharma, S. & Madan, M. 1993 Microbial protein from leguminous and non-leguminous substrates. *Acta Biotechnologica* 13, 131–139.

Siatoya, J., & Arce, A. (2019). Aprovechamiento de los residuos generados en la Plaza de Mercado de Corabastos para la elaboración de productos de valor agregado: Contexto actual, perspectiva y posibles soluciones.

Sierra, F., Orozco, J. (2014). Sistema de cultivo para la gestión de hongos comestibles como complemento alimenticio dirigido a los habitantes de la comuna 18 de Cali para mejorar la seguridad alimentaria causada por la inaccesibilidad.

Silva, R., Carmo, C., Oliveira, T., Figueirêdo, D., Duarte, E., & Soares, A. (2020). Biological efficiency and nutritional value of *Pleurotus ostreatus* cultivated in agroindustrial wastes of palm oil fruits and cocoa almonds. *Arquivos do Instituto Biológico*, 87.

Singh, M., Pandey, K., Pandey, A., Srivastava, A., Vishwakarma, N., & Singh, V. (2008). Production of xylanase by white rot fungi on wheat straw. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences*, 10(4), 859-862.

Stamets, P. (2008). U.S. Patent Application No. 11/899,562.

Sultana, R., Hossain, M., Saifullah, A., & Chakraborty, R. (2018). Influence of Substrate pH and Watering Frequency on the Growth of Oyster Mushroom. *International Journal of Plant Biology and Research*, 6(4), 1097. Tomado de <https://cutt.ly/nRuFoAO>

Tembe, N. (2018). Effects of Carbon, Nitrogen, Particle size and moisture on Oyster Mushroom Production in KwaZulu Natal-Cedara (Doctoral dissertation, University of Zululand).

Tesfaw, A., Tadesse, A., & Kiros, G. (2015). Optimization of oyster (*Pleurotus ostreatus*) mushroom cultivation using locally available substrates and materials in Debre Berhan, Ethiopia. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, 3(1), 15-20.

Tisdale, T., (2004) Cultivation of the oyster mushroom on wood substrates in Hawaii. Tesis de grado para optar al título de Master in Science in Topical Plant and Soil science en la Universidad de Hawaii. Valera, A. (2019). Rendimiento del hongo comestible *Pleurotus*

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca

Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414

www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co

NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 65 de 66

ostreatus cultivado en diferentes sustratos a base de residuos agroindustriales de la ciudad de Tacna.

Van, S., Sonnenberg, A., Baars, J., Hendriks, W., & Cone, J. (2015). Fungal treated lignocellulosic biomass as ruminant feed ingredient: a review. *Biotechnology advances*, 33(1), 191-202.

Villalobos G. (2016) Diagnóstico de los residuos sólidos y peligrosos generados en la universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá.

Vlasenko, E., Kuznetcova, O., & Stepnevskaya, J. (2017). Influence of mineral substances on the synthesis of volatile organic compounds by *Pleurotus ostreatus* in the process of solid phase cultivation. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 8(4), 489-496.

Wang, S., Xu, F., Li, Z.; Zhao, S., Rong, C., Geng, X., Liu, Y. (2015) The spent mushroom substrates of *Hypsizigus marmoreus* can be an effective component for growing the oyster mushroom *Pleurotus ostreatus*. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v.186, p.217-222

Xiao, Q., Ma, F., Li, Y., Yu, H., Li, C., & Zhang, X. (2017). Differential proteomic profiles of *Pleurotus ostreatus* in response to lignocellulosic components provide insights into divergent adaptive mechanisms. *Frontiers in microbiology*, 8, 480.

Yang, W., Guo, F., & Wan, Z. (2013). Yield and size of oyster mushroom grown on rice/wheat straw basal substrate supplemented with cotton seed hull. *Saudi journal of biological sciences*, 20(4), 333-338.

Zahid, A., Ramzan, M., Bashir, M. A., Khatana, M. A., Akram, M. T., Nadeem, S., ... & Yassin, M. T. (2020). Effect of humic acid enriched cotton waste on growth, nutritional and chemical composition of oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Lentinus sajor-caju*). *Journal of King Saud University-Science*, 32(8), 3249-3257. Zapata, O., & Medrano, J. (2018). Uso de rastrojo de maíz más bovinaza en raciones para novillas de levante.

Zárate, J., Santos, M., Caballero, E., Martins, O., & Herrera, Á. (2020). Use of lignocellulosic corn and rice wastes as substrates for oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* Jacq.) cultivation. *SN Applied Sciences*, 2(11), 1-10.

 UDEC UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 66 de 66

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*