

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación de Dos Cepas de Hongo *Pleurotus ostreatus* en Cuatro Diferentes
Sustratos

Por:

ALONDRA GRISELDA ALCANTARA REYNA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México.

Octubre, 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación de Dos Cepas de Hongo *Pleurotus ostreatus* en Cuatro Diferentes
Sustratos

Por:

ALONDRA GRISELDA ALCANTARA REYNA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría



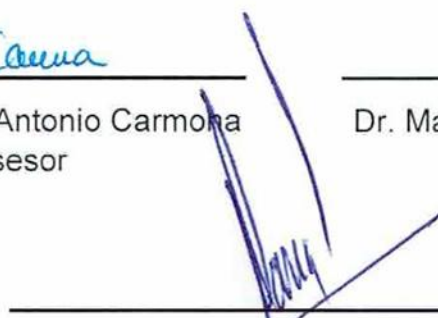
Dra. Felipa Morales Luna
Asesor Principal



Dra. Iveth Dalila Antonio Carmona
Coasesor



Dr. Mario Alberto Cruz Hernández
Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.

Octubre, 2025

Declaración de no plagio

El autor principal quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Autor principal

Alondra G.A.R.

Alondra Griselda Alcantara Reyna.

Firma y Nombre

DEDICATORIAS

Esta tesis representa el esfuerzo, la dedicación y los sueños que he perseguido a lo largo de mi formación. Sin embargo, este logro no sería posible sin el apoyo incondicional de las personas que han sido mi guía y mi fortaleza en todo momento. Con profundo amor y gratitud, dedico este trabajo a mis padres, **Felipe Alcántara** y **Antonia Reyna**, a mis hermanos **J. Eduardo**, **Manuel**, **Daniela**, por su amor infinito, sus sacrificios y su constante apoyo, que han sido la base de mi crecimiento personal y académico.

También dedico esta tesis a **Inocencio Flores** y **Silvia Rodríguez**, quienes con su cariño, enseñanzas y respaldo han sido un pilar fundamental en mi vida.

A todos mis amigos, que han sido mi apoyo constante durante este viaje, gracias por las risas, los momentos de aliento y por estar siempre a mi lado en los buenos y malos momentos. Su amistad ha sido una fuente de motivación y fortaleza, y cada conversación, cada palabra de ánimo, ha sido invaluable en este proceso. Sin su compañía, este camino habría sido mucho más difícil. Este logro también es suyo, porque su amistad ha sido una parte fundamental de mi éxito.

A cada uno de ustedes, gracias por creer en mí, por impulsarme a seguir adelante y por ser mi mayor inspiración.

Este logro es también suyo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la fuerza, la paciencia y la sabiduría para alcanzar este logro. Te agradezco por tu guía y por estar siempre a mi lado, incluso en los momentos más difíciles. Sin ti, no habría sido posible llegar hasta aquí. Este logro es un testimonio de tu gracia y amor en mi vida.

A mi “**Alma Mater**” la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, institución que me ha brindado la oportunidad de crecer tanto académica como personalmente durante mi formación en esta universidad, recibió el conocimiento, la orientación y las herramientas necesarias para afrontar los retos de mi profesión.

A la **Dra. Felipa Morales Luna** por su valiosa guía, paciencia y compromiso a lo largo de la realización de esta tesis. Su conocimiento, dedicación y consejos fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo, brindándome las herramientas necesarias para enfrentar cada desafío con confianza. Gracias por su tiempo, esfuerzo y por compartir su experiencia de manera tan generosa.

A mis compañeros; **Adolfo Gonzales, Lucas Hernández y J. Guadalupe Uc**, por su invaluable apoyo, a lo largo de este proyecto. Su colaboración y conocimientos fueron clave para la realización de esta tesis, gracias por cada idea compartida, por la paciencia en los momentos difíciles y por el compañerismo que hizo que este proceso fuera más enriquecedor.

"De todas las ocupaciones que derivan beneficio alguno, no hay ninguna tan amable, tan saludable y tan merecedora de la dignidad del hombre libre como la agricultura"

Cicerón.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Importancia de los hongos.....	4
Distribución geográfica de los hongos	8
¿Qué son los hongos basidiomicetos?	10
Taxonomía de <i>Pleurotus ostreatus</i>	11
Morfología de <i>Pleurotus</i>	12
Genero <i>Pleurotus</i>	13
El hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	14
Factores ambientales para el desarrollo de <i>Pleurotus ostreatus</i>	15
Temperatura.....	15
Humedad.....	16
Luz	17
Ventilación.....	17
Plagas y enfermedades	18
Plagas	18
Enfermedades	19
Desarrollo de <i>Pleurotus ostratus</i>	20
Composición química de <i>Pleurotus ostreatus</i>	21
Valor biológico de los diferentes sustratos	23
Rastrojo de maíz	23
Avena sativa.....	25
Olote.....	26
Cebada.....	26
ALTERNATIVAS QUE OFRECEN LOS HONGOS	28
A la salud	28
Valor nutricional.....	30
Mejoradores del medio ambiente	31
Hongos alucinantes.....	31

Hongos tóxicos.....	34
Otros usos	35
Cocina	35
Levaduras	35
Micorrizas	36
Salud	36
Pan.....	37
Vinos (alcohol).....	37
Levadura para elaboración de Vino y Panadería	38
Quesos.....	38
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
Materiales.....	40
Variables evaluadas	38
Preparación de sustratos	40
Pasteurización.....	40
Siembra.....	41
Incubación y fructificación	43
Cosecha	44
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	46
V. CONCLUSIÓN	63
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Hongos cultivados.....	4
Figura 2 <i>Molécula de vitamina B2</i>	6
Figura 3 Hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivado en sustrato.....	7
Figura 4 <i>Estructura de basidiomicetos en un hongo</i>	10
Figura 5 <i>Molécula de un polisacárido</i>	10
Figura 6 <i>Morfología de Pleurotus ostreatus</i>	12
Figura 7 <i>Hongos Pleurotus ostreatus</i>	14
Figura 8 <i>Termómetro para monitorear la temperatura</i>	16
Figura 9 <i>Hongo dañado por falta de humedad</i>	16
Figura 10 <i>Mosca de la fruta (Drosophila melanogaster)</i>	18
Figura 11 <i>Cítrico con presencia de moho (Penicillium notatum)</i>	19
Figura 12 <i>Reproducción sexual y asexual de los hongos</i>	20
Figura 13 <i>Rastrojo de maíz</i>	23
Figura 14 <i>Paja de avena</i>	25
Figura 15 <i>Olote de maíz</i>	26
Figura 16 <i>Hongos como alternantes a la salud</i>	28
Figura 17 <i>Hongo Granoderma</i>	29
Figura 18 <i>Vitaminas y minerales</i>	30
Figura 19 <i>María Sabin (Curandera Oaxaqueña)</i>	32
Figura 20 <i>Hongo Amanita muscaria</i>	34
Figura 21 <i>Molécula de levaduras</i>	35
Figura 22 <i>Micorrizas en suelo</i>	36
Figura 23 <i>Vino y Pan elaborados con levadura</i>	37
Figura 24 <i>Quesos artesanales</i>	38
Figura 25 <i>Sustratos seleccionados y pesados listos para hervir (pasteurizar)</i>	40
Figura 26 <i>Pasteurización de sustratos empleados en la siembra</i>	41
Figura 27 <i>Sustratos escurrido o sin exceso de agua listo para sembrar</i>	41
Figura 28 <i>Micelio de Pleurotus ostreatus usados para la siembra</i>	42
Figura 29 <i>Peso fresco de sustrato sembrado</i>	42
Figura 30 <i>Sustratos inoculados con micelio de Pleurotus ostreatus</i>	43
Figura 31 <i>Bolsa 100% colonizada de Pleurotus ostreatus</i>	43

Figura 32 <i>Peso de hongo fresco</i>	44
Figura 33 <i>Diametro de sombrero</i>	45
Figura 34 <i>Diámetro de tallo</i>	45
Figura 35 <i>Diferencias de peso entre los tratamientos de estudio</i>	49
Figura 36 <i>Diferencias de longitud de tallo entre los tratamientos de estudio.</i>	50
Figura 37 <i>Diferencias de diámetro de tallo entre los tratamientos de estudio.</i>	52
Figura 38 <i>Diferencias de diámetro de sombrero entre los tratamientos de estudio</i>	54
Figura 39 <i>Diferencias de peso entre los tratamientos de estudio</i>	56
Figura 40 <i>Diferencias de longitud de tallo entre los tratamientos de estudio.</i>	58
Figura 41 <i>Diferencias de diámetro de tallo entre los tratamientos de estudio.</i>	60
Figura 42 <i>Diferencias de diámetro de sombrero entre los tratamientos de estudio.</i>	62

ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1 Ubicación geográfica y número de cepas preservadas en los ceparios encuestados	9
Tabla 2 Valor nutricional de hongo comestible	21
Tabla 3 Valor nutricional de acelga	21
Tabla 4 Valor nutricional de la leche	22
Tabla 5 Valor nutricional de carne.....	22
Tabla 6 Composición química del rastrojo	24
Tabla 7 Composición química de Avena.....	25
Tabla 8 Composición química Cebada	27
Tabla 9 Desarrollo de micelio en sustratos	41
Tabla 10 Muestra de peso fresco en gr. De los tratamientos de hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> color rosa	46
Tabla 11 Muestra de peso fresco en gr. De los tratamientos de hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> color amarillo	47
Tabla 12 ANVA para la variable peso <i>Pleurotus</i> de color rosa.	47
Tabla 13 Prueba de medias para la variable peso <i>Pleurotus</i> rosa	48
Tabla 14 ANVA para la variable longitud de tallo <i>Pleurotus</i> color rosa	49
Tabla 15 Prueba de medias variable longitud de tallo <i>Pleurotus</i> rosa	50
Tabla 16 Análisis de varianza de la variable diámetro de tallo de <i>Pleurotus</i> color rosa	51
Tabla 17 Prueba de medias de la variable diámetro de talla de <i>Pleurotus</i> color rosa	52
Tabla 18 Análisis de varianza de la variable diámetro de sombrero de <i>Pleurotus</i> color rosa	53
Tabla 19 Prueba de medias para la variable diámetro de sombrero <i>Pleurotus</i> color rosa	54
Tabla 20 Análisis de varianza para la variable peso del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> de color amarillo	55
Tabla 21 Prueba de medias de la variable peso de <i>Pleurotus</i> color amarillo	56
Tabla 22 Análisis de varianza para la variable de longitud de tallo del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> color amarillo	57
Tabla 23 Prueba de medias de la variable longitud de talla de <i>Pleurotus</i> color amarillo	58

Tabla 24 Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> color amarillo.....	59
Tabla 25 Prueba de medias para la variable diámetro de tallo <i>Pleurotus</i> color amarillo	60
Tabla 26 Análisis de varianza para la variable diámetro de sombrero del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> color amarillo	61
Tabla 27 Prueba de medias para la variable diámetro de sombrero <i>Pleurotus</i> color amarillo	62

RESUMEN

La producción de hongos comestibles ha cobrado relevancia en las últimas décadas debido a su potencial agroindustrial. Se pueden cultivar en sustratos, como pajas o residuos agrícolas, lo cual representa una alternativa sostenible para el reciclaje de residuos y la generación de alimentos nutritivos. Asimismo, la biotecnología aplicada al cultivo de hongos abre oportunidades para mejorar su rendimiento y calidad, fortaleciendo su papel como producto de alto valor económico y nutricional.

Los hongos comestibles son una fuente sustentable de nutrientes, con aplicaciones en alimentación, su importancia nutricional, el cultivo contribuye al desarrollo rural, empleando los desechos agrícolas. Ante esta situación el presente trabajo tiene como objetivo evaluar dos genotipos en la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* de color rosa y amarillo utilizando como sustrato esquilmos de Avena, Cebad, Rastrojo de Maíz y Olote, obteniendo como resultados una mayor producción, el hongo *Pleurotus ostreatus* color rosa en el sustrato de avena, y en *Pleurotus ostreatus* color amarillo el mejor resultado se obtuvo en el sustrato de rastrojo de maíz, lo que significa que las variedades de *Pleurotus ostreatus* tienen la capacidad de producirse en diferentes sustratos siendo una alternativa alimenticia.

Palabras claves: *Pleurotus*, esquilmos, Avena, Cebada, Rastrojo de Maíz, Olote.

I. INTRODUCCIÓN

Los hongos comestibles son organismos pertenecientes al reino fungi, con altas propiedades medicinales y ricos en nutrientes que aportan a una buena alimentación ya que aportan vitaminas y minerales. También tienen un alto valor cultural y culinario, los hongos más conocidos en el mercado son los champiñones (*Agaricus bisporus*), hongo ostra o setas (*Pleurotus ostreatus*), huitlacoche (*Ustilago maydis*).

El contenido de minerales en los hongos comestibles varía entre 6 y 11% según la especie, los que aparecen en mayor cantidad son calcio, potasio, fosforo, magnesio, zinc y cobre. En cuanto al contenido de vitaminas los hongos comestibles son ricos en riboflavina (B2), niacina (B3) y folatos (B9) (Cano Estrada y Romero Bautista., 2016).

El cultivo de *Pleurotus ostreatus* ha estado en crecimiento en los últimos años siendo un cultivo poco demandante y se puede establecer en espacios reducidos, y utilizando desechos agroindustriales como materia prima para su producción.

Los hongos, son potentes agentes biológicos que convierten los residuos orgánicos no comestibles en alimentos humanos palatables. Estos, disminuyen el contenido de lignina, que es el principal componente del tejido leñoso, el cual está ligado a la celulosa formando complejos lignocelulósicos que impiden que los rumiantes puedan utilizar la celulosa como fuente de energía. Una vez degradado el sustrato por la acción de los hongos puede utilizarse en la alimentación animal. Además, estos hongos se reproducen en ausencia de luz solar e independientemente de la ruta fotosintética. La eficiencia de éstos en la conversión en proteína por unidad de área y por unidad de tiempo es muy superior comparada con las fuentes de proteína animal (Rodríguez y Jaramillo., 2004).

Chang y Wasser (2014): citan, a nivel mundial, la producción del cultivo de hongos comestibles ha ido en aumento en un 30% más desde 1978, para 2012 se registraron más de 31 millones de toneladas cultivadas, generando 20,000 millones de dólares, con un consumo “*per cápita*” superando los 4.70 kilogramos anuales.

A nivel internacional, China es el principal productor de hongos cultivados, en el año 2013 la producción fue de más de 30,000 millones de kilos de hongos, esto representa un 87%, por otro lado Estados Unidos en conjunto con otros países produjeron aproximadamente 3,100 millones de kilos. Tan solo en los últimos 10 años la producción del cultivo de hongos ha aumentado un 11.7%, esto genero 423.2 millones de kilos en 2025 Cunha y Pardo (2017).

Romero y col., (2015): mencionan que, en Latinoamérica, México genera alrededor de 80.8% siendo el mayor productor, Brasil se encuentra en segundo lugar con una producción de 7.7% y en tercer lugar con una producción de 5.2% se encuentra Colombia.

Objetivos

Evaluar dos tratamientos en la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* de color rosa y amarillo utilizando como sustrato esquilmos de Avena, Cebad, Rastrojo de Maíz y Olote.

Hipótesis

Ha = El hongo *Pleurotus ostreatus* se desarrolla en todos los esquilmos agrícolas; Avena, Cebad, Rastrojo de Maíz y Olote.

Ho = Al menos uno de los tratamientos se comportó diferente.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia de los hongos

Los hongos son organismos eucariotes ampliamente distribuidos en el mundo, los cuales, tienen un papel importante en el balance del ecosistemas y, en caso de los hongos basidiomicetos, también ayudan en el reciclado del carbono (Cuamatzi Flores y col., 2017).

Son el segundo organismo más numeroso en la tierra, después de los insectos, por lo que tienen gran impacto en el ecosistema mundial, teniendo una amplia capacidad de adaptación y cumplen papeles indispensables para el equilibrio natural. Un ejemplo, es la adaptación a todos los climas, pueden ser invisibles o de gran tamaño, son capaces de cambiar su forma de reproducción de manera sexual o asexual esto ocasionado por cambios químicos o físicos en el entorno donde se encuentren López y Sánchez (2022)

Figura 1

Hongos cultivados



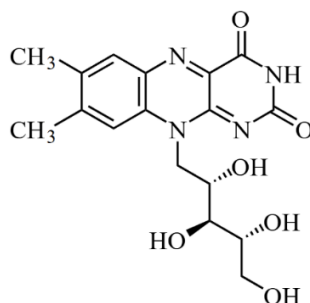
La producción global de los hongos cultivados supera los 6.2 millones de toneladas, este valor se aproxima a los 30 billones de dólares. La tasa de incremento del rendimiento anual es del 11% y esto se debe a la investigación, comprobación y divulgación de sus propiedades medicinales y nutritivas (Cano Estrada y Romero Bautista, 2016).

El mercado de hongos comestibles es muy amplio, siendo una alternativa alimenticia para sustituir la carne, sumado a sus propiedades nutritivas y con la posibilidad de cultivarlos aprovechando los desechos orgánicos de origen agrícola (Caisedo y col., 2024).

Los hongos más comercializados son champiñones (*Agaricus bisporus*), portobello, hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), y el huitlacoche (*Ustilago maydis*). Estos tienen acciones antioxidantes, antiinflamatorias y antirreumáticas. Los hongos comestibles son ricos en nutrientes, vitaminas, minerales y propiedades medicinales. El contenido de vitaminas y minerales en los hongos esta entre 6 y 11% según la especie; los que son aporta en mayor cantidad son; calcio, potasio, fósforo, magnesio, zinc y cobre. Por lo tanto en el contenido de vitaminas, aportan riboflavina (vitamina B2), niacina (vitamina B3) y folatos (vitamina B9). Por otra parte, los macromicetos generan metabolitos secundarios que son compuestos fenólicos, pigmentos carotenoides y ergosterol que reducen el riesgo de contraer enfermedades cancerígenas y trastornos cardiovasculares (Cano y Romero, 2016). Por lo tanto, son un buen complemento para una adecuada nutrición.

Figura 2

Molécula de vitamina B2.



Los hongos comestibles también son importantes como descomponedores de desechos agrícolas lo cual puede ayudar al manejo de estos residuos. De acuerdo a Cárdenas Gonzales (2020), en México se estima que los residuos agrícolas generan 77 millones de toneladas de fibras naturales, de las cuales el 50% corresponde al maíz, seguido del trigo, el sorgo y la caña de azúcar.

El hongo *Pleurotus ostreatus* puede ser ampliamente utilizado en el manejo de desechos agrícolas debido a su habilidad para descomponer eficientemente las paredes celulares compuestas de lignina y celulosa de lo que están formados la mayoría de estos residuos agrícolas como son: pajas de trigo, cebada, maíz, arroz, bagazo de caña de azúcar. Por lo tanto, cuando se usan estos residuos como sustratos para la producción de hongos, se estarían reduciendo significativamente estos desechos, esto generando una opción más redituable y accesible para el desarrollo de este cultivo, al finalizar el ciclo de cultivo el sustrato utilizado se incorpora en el suelo aprovechándolo como abono y siendo una alternativa para reciclar estos desechos.

En los últimos 20 años los hongos del género *Pleurotus* han sido unos de los más cultivados después del champiñón. El valor fresco del hongo *Pleurotus* puede llegar a ser más alto al valor del champiñón esto dependiendo del país donde se genere. Tomando en cuenta la comparativa de la producción de ambos hongos; los hongos del genero *Pleurotus* deberían ser más accesibles en el mercado, tomando en cuenta que el *Pleurotus* requiere una inversión mínima comparado a la inversión que conlleva la producción de champiñón, ya que la producción de *Pleurotus* se puede desarrollar con poca tecnología y bajos costos. Esto es un punto a favor para la rentabilidad del cultivo, por lo que se puede obtener una gran cantidad de hongos con poco esfuerzo e inversión Jaramillo 2019).

Figura 3

Hongo Pleurotus ostreatus cultivado en sustrato.



Distribución geográfica de los hongos

La distribución de los hongos puede cambiar dependiendo de las condiciones del ambiente donde se encuentren, los hongos comestibles silvestres requieren climas cálidos y húmedos, con una adecuada cantidad de materia orgánica o sustrato para su reproducción y desarrollo. Por otra parte, para producir hongos bajo condiciones climáticas controladas consiste en un buen equilibrio de; temperatura, humedad y un sustrato rico en nutrientes.

Como menciona Quintana (2020): México ocupa el primer lugar de producción de hongos en Latinoamérica, siendo el principal productor de hongos comestibles en América Latina, con un total anual de más de 55 mil toneladas, lo que representa el 81% de lo cultivado en todo este continente, el segundo lugar lo ocupa Brasil y el tercer lugar Colombia. Por lo tanto México ocupa el la treceava posición a nivel mundial le anteceden; China, Holanda, Corea y Francia.

Gracias al cultivo de hongos, en el país se tiene registrado un flujo comercial de 200 millones de dólares y 25 mil empleos directos e indirectos, esto gracias a que los principales estados productores son; Estado de México, Guanajuato, Querétaro, Jalisco y Puebla. En México se tienen registradas aproximadamente 250 especies de hongos comestibles silvestres, que se encuentran en los bosques de todo el país Quintana (2022).

En México, el desarrollo e investigación de los hongos comestibles aún no tiene una presencia considerable, sin embargo, se han hecho investigaciones. De acuerdo con Salmones D. y Mata G. (2012), se realizaron encuestas a los encargados de instituciones y ceparios que se dedican a estudiar el desarrollo y cultivo de los

hongos comestibles. Estos ceparios son encontrados en ocho estados de la República y están a cargo de instituciones educativas (Tabla 1).

Tabla 1

Ubicación geográfica y número de cepas preservadas en los ceparios encuestados.

Institución	Entidad	No. De cepas
COLPOS, Colegio de Postgraduados	Puebla	400
Colegio de la Frontera Sur	Chiapas	450
Instituto de Ecología A.C.	Veracruz	356
Instituto tecnológico del Valle de Oaxaca	Oaxaca	24
Universidad Autónoma de Yucatán	Yucatán	21
Universidad Autónoma del Estado de Morelos	Morelos	87
Universidad de Guadalajara	Jalisco	95
UNAM	Ciudad de México	200

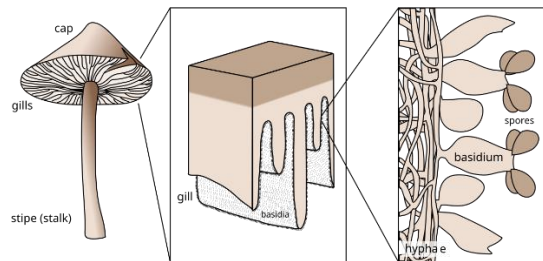
Fuente: CEPARIOS DE HONGOS EN MÉXICO Salmones y Mata (2012).

¿Qué son los hongos basidiomicetos?

Sánchez y Royse (2001): menciona que los hongos basidiomicetos forman un grupo muy amplio y diverso que se diferencian por producir esporas sexuales en cuerpos fructíferos llamados basidiocarpos, también conocidos como basidiomatas o basidiomas, este aporta estructuras conocidas como basidias.

Figura 4

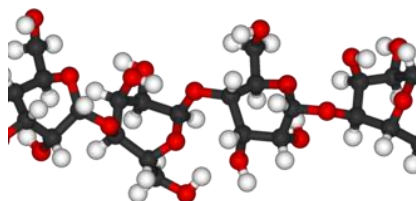
Estructura de basidiomicetos en un hongo.



La gran cantidad de especies de basidiomicetos que existen en la naturaleza, y que constituyen fuentes naturales potenciales de componentes bioactivos, ha motivado en las últimas décadas el interés en estudiar estos organismos (Cruz, 2020).

Figura 5

Molécula de un polisacárido.



Los basidiomicetos son hongos que se reproducen de manera sexual, por lo tanto las células encargadas de producir esporas sexuales llevan por nombre basidios y en la punta de ellas se forman las basidiosporas. En el ciclo sexual común, al germinar las basidiosporas forman micelio aploide unicelulares o micelios primarios, estos tienen un ciclo de vida corto ya que después se genera la plasmogamia. Este suceso ocasiona un micelio diacrítico o micelio secundario, provocando que se forme el cuerpo fructífero o basidioma y en el himenio se producen los basidios Kuhar y col. (2013).

Taxonomía de *Pleurotus ostreatus* Kumm (1871)

Reino: Fungi

División: Basidiomycota

Clase: Homobasidomycetes

Orden: Agaricales

Familia: Pleurotaceae

Género: *Pleurotus*

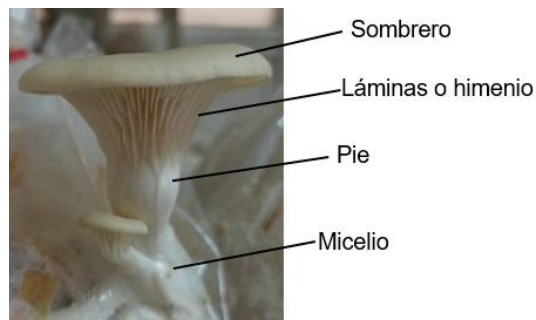
Especie: *P. ostreatus*

Morfología de *Pleurotus*

Los hongos del género *Pleurotus* son de tamaño grande tienen un sombrero que puede medir de 6 a 20 cm de diámetro, y su especial forma simula una concha u ostra de mar. Su cutícula de color gris varía en tonalidades dependiendo la especie, por lo que se puede presentar en gris oscuro a gris claro, dependiendo de la variedad, sus láminas varían en color blanco a crema, su pie es corto y de color blanco, su carne es blanca algo aspera y fibrosa, despiden un olor común de hongo y un sabor dulce López Sánchez (2022).

Figura 6

*Morfología de *Pleurotus ostreatus*.*



Genero *Pleurotus*

Los hongos *Pleurotus* son el género más cultivados en Latinoamérica, el primer lugar lo obtiene el champiñón, desde aproximadamente 20 años Sánchez y Royse (2017).

El género *Pleurotus* pertenece a la familia *Pleurotaceae*, orden *Agaricales*, al filo de los basidiomicetos, estos a pesar de ser clasificados como hongos de pudrición blanca por su capacidad de crecer sobre madera, descomponiendo la lignina a través de un proceso multienzimático. Estos organismos constituyen un grupo de hongos universal comestibles con un elevado valor nutritivo, con propiedades curativas y diversas aplicaciones biotecnológicas Cuamatzi Flores y col. (2017).

El género *Pleurotus* está formado por diferentes especies comestibles que son producidas con fines experimentales y comerciales en diversas regiones del mundo. La definición taxonómica de las especies y la validez de los nombres asignados es un tema muy discutido, que se ha abordado morfológica, genética y molecularmente, sin que se hayan logrado opiniones completamente aceptadas. De las cuales un aproximado de 50 especies han sido registradas taxonómicamente para el género, al menos 12 han sido cultivadas, entre ellas *P. ostreatus*, *P. pulmonarius*, *P. eryngii* y *P. djamor* por su alta importancia comercial Sánchez y Royse (2017).

El hongo *Pleurotus ostreatus*

Las setas u hongos ostra (*Pleurotus ostreatus*) es una de las especies de hongos comestibles más cultivadas y comercializadas a nivel mundial Cuamatzi y col. (2017)

Según Sánchez y Royse (2017): esta especie presenta sombreros de distintos colores que van de gris oscuro a gris claro, café oscuro, hasta tonalidades cálidas o con reflejos azulados. Esta especie ha sido de las más citadas en la literatura, por consecuencia es más conocida provocando ser la una de las más cultivadas en distintas regiones del mundo.

Este hongo es utiliza por sus propiedades antiinflamatorias, por aliviar dolores musculares, contracturas, por sus propiedades antivirales, antibacterianas y por su capacidad de controlar la presión arterial y disminuir los niveles de colesterol en la sangre López Sánchez (2022).

Figura 7

*Hongos *Pleurotus ostreatus*.*



Factores ambientales para el desarrollo de *Pleurotus ostreatus*.

La temperatura adecuada para el desarrollo de *Pleurotus ostreatus* varía entre 23° a 32°C. la temperatura ideal para el desarrollo del micelio es de 28° y para la formación de primodios o cuerpo fructífero es de 18° a 20°. Un Ph ideal de 5.5 este puede variar de 4.5-7, y una humedad relativa de 80 a 90% procurando mantener el sustrato con humedad arriba del 50% y menos del 70%.

Citando a García Rollan (1982): estos hongos se pueden encontrar de forma natural en bosques con climas húmedos y templados, especialmente en la base de los árboles de hojas ancha o follaje frondoso.

Temperatura

Para cultivar hongos, la temperatura es fundamental para un buen desarrollo de las setas, la temperatura adecuada está en un rango de 18 a 28°C.

La temperatura es un factor que no podemos controlar, ya que el clima es variante, pero si podemos tener un control; cuando la temperatura exceda los 28°C, los riegos son más constantes, aunque también se puede regar agua en el piso, así como abrir ventanas para regular el ambiente en caso de que esta, este por debajo a los 18°C, se cierran ventanas y fuentes de ventilación para lograr mantener el calor y lograr un buen desarrollo de los hongos.

Figura 8

Termómetro para monitorear la temperatura.



Humedad

La humedad optima se encuentra entre el 60 y 90%, cuando la humedad se encuentre arriba del 90% se debe de abrir una ventana para ventilar el espacio donde se encuentra nuestro cultivo y así poder regular la humedad; si la humedad se encuentra por debajo del 60% se deben cerrar las ventanas o fuentes de ventilación para mantener o aumentar la humedad del ambiente, también se riegan los hongos y se puede ayudar regando agua en el piso.

Figura 9

Hongo dañado por falta de humedad.



Luz

El ambiente adecuado para el cultivo es mayormente permanecer en penumbra 100 luxes (para tener una referencia a plena luz del día se presentan 2000 luxes) esto ocasiona una calidad de primera, gracias a que el hongo crece de manera delicada y con una coloración adecuada, alcanzando los 12 a 15 cm. Contreras y Flores (2017).

Para lograr un ambiente en penumbra se pueden colocar cortinas en las ventanas donde se tenga luz directa.

Ventilación

El flujo de aire es importante para mantener los niveles adecuados de temperatura y humedad, como se menciona anteriormente la ventilación o el flujo de aire se regula abriendo o cerrando ventanas cuando sea necesario, es importante estar pendiente de estos factores para que el cultivo se desarrolle adecuadamente y no tener inconvenientes en la producción.

Plagas y enfermedades

Plagas

Plagas principales que atacan al cultivo son la cochinilla (*Armadiididium vulgare*) y las babosas (*Deroceras reticulatum*). El daño que se ocasionan estas es que los hongos son roídos causando que el hongo ya no sea apto para la venta. El manejo de estas plagas se puede hacer con cal, aplicándola en piso, paredes o en lugares estratégicos para disminuir o eliminar la plaga.

Otra plaga importante es *Drosophila melanogaster* (mosca de la fruta), estas afectan en el hongo cuando las moscas depositan sus huevecillos dentro de las bolsas sembradas ya que las larvas de esta se alimentarán de los hongos, también es foco de infección de moho.

Figura 10

Mosca de la fruta (Drosophila melanogaster).



Enfermedades

Al cultivo de setas los ataca particularmente el hongo *Penicillium notatum*, mejor conocido como moho, el cual se presenta en una coloración verdosa; el control de este se debe hacer cortando o retirando la parte infectada de las bolsas de cultivo y desinfectar con cloro o alcohol, o retirar la bolsa de cultivo si la infección está muy presente.

Entre las bacterias que atacan al cultivo, se encuentran la *Pseudomonas tolaasi*, o mancha bacteriana, la cual afecta al cultivo sin importar su edad, disminuyendo la producción, *Pseudomonas gingeri* (mancha roja) o *Pseudomonas agarici* (que ocasionan coloraciones o manchas amarillas crema con mucosidades).

Figura 11

Cítrico con presencia de moho (Penicillium notatum).



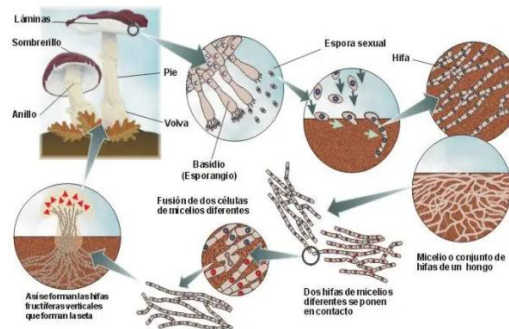
El hongo *Dactylium dandroides*, produce un moho blanquecino denso y harinoso; en los hongos viejos aparecen puntos rojos, el producto infectados adquiere una textura flácida con tonalidades amarillas y una descomposición acelerada, esto incluso puede afectar a hongos cultivados.

Desarrollo de *Pleurotus ostratus*

Existen dos fases de desarrollo en los hongos que son la vegetativa, y la fase de fructificación, la fase vegetativa la inicio con la liberación de esporas, procediendo a la germinación dan origen al micelio primario, estos se unen con otros micelios compatibles mediante la plasmogamia, esta unión da origen a un micelio secundario este se caracteriza por tener células haploides y fíbulas en los septos de las células. La siguiente fase se conoce como cariogamia, se lleva a cabo mediante el micelio bi-nucleado este se desarrolla y llega a formar uno o varios cuerpos fructíferos en los cuales en su himenio terminará la reproducción sexual con la formación de basidiosporas en los basidios Velázquez (1995).

Figura 12

Reproducción sexual y asexual de los hongos.



Fuente: Reproducción de los hongos (Junio 2024).

Composición química de *Pleurotus ostreatus*.

Tabla 2

Valor nutricional de hongo comestible.

100 gr. de Hongos comestibles.			
Calorías	22	Azúcares	2 g
Grasa tot.	0.3 g	Proteínas	3.1 g
Ácido graso sat.	0.1 g	Vitamina C	2.1 mg
		Hierro	0.5 mg
Colesterol	0 mg	Vitamina B6	0.1 mg
Sodio	5 mg	Magnesio	9 mg
Potasio	318 mg	Calcio	3 mg
Carbohidratos	3.3 g	Vitamina D	7 IU
Fibra alimentaria	1 g	Vitamina B12	0 µg

Fuente: (SNAP-Ed Conexión, s.f.)

Tabla 3

Valor nutricional de Acelga.

100 gr. de Acelga			
Calorías	19	Azúcares	1.1 g
Grasas totales	0.2 g	Proteínas	1.8 g
Ácido graso sat.	0 g	Vitamina C	30 mg
Colesterol	0 mg	Hierro	1.8 mg
Sodio	213 mg	Vitamina B6	0.1 mg
Potasio	379 mg	Magnesio	81 mg
Carbohidratos	3.7 g	Calcio	51 mg
Fibra alimentaria	1.6 g	Vitamina D	0 IU
		Vitamina B12	0 µg

Fuente: (SNAP-Ed Conexión, s.f.)

Tabla 4*Valor nutricional de la leche.*

100 gr. de leche			
Calorías	42	Azúcares	5 g
Grasas totales	1 g	Proteínas	3.4 g
Ácido graso sat.	0.6 g	Vitamina C	0 mg
		Hierro	0 mg
Colesterol	5 mg	Vitamina B6	0 mg
Sodio	44 mg	Magnesio	11 mg
Potasio	150 mg	Calcio	125 mg
Carbohidratos	5 g	Vitamina D	1 IU
Fibra alimentaria	0 g	Vitamina B12	0.5 µg

Fuente: (SNAP-Ed Conexión, s.f.)

Tabla 5*Valor nutricional de carne.*

100 gr. de carne de res			
Calorías	250	Azúcares	0 g
Grasas totales	15 g	Proteínas	26 g
Carbohidratos	0 g	Vitamina C	0 mg
Ácido graso sat.	1.1 g	Hierro	2.6 mg
Colesterol	90 mg	Vitamina B6	0.4 mg
Sodio	72 mg	Magnesio	21 mg
Potasio	318 mg	Calcio	18 mg
Ácidos grasos saturados	6 g	Vitamina D	7 IU
		Vitamina B12	2.6 µg

Fuente: (SNAP-Ed Conexión, s.f.)

Valor biológico de los diferentes sustratos

Rastrojo de maíz

El rastrojo de maíz es un alimento altamente fibroso con una composición de celulosa 40%, hemicelulosa 25% y lignina 17%, respectivamente, contiene más del 70% de fibra detergente neutra (FDN), más del 40% de fibra detergente ácido (FDA), 4.90% de proteína cruda (PC).

Figura 13

Rastrojo de maíz.



Tabla 6*Composición química del rastrojo.*

Materia seca %	Ph	Cenizas	Proteína bruta	EE(grasas crudas)	FB (fibra bruta)	FND(fibra detergente neutra)
20-25 %	3.91	6.31	8.41	4.35	27	53.7
FAD (fibra detergente ácido)	LAD Lignina	Almidón		Microelementos %		
				Calcio	Fosforo	Magnesio
33.3	4.12	10.3		0.31	0.18	0.15

Fuente: (FEDNA Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, s.f.)

Avena sativa

La avena es un cereal con menor valor energético en comparación de otros, ocasionado por su alto contenido en fibra y lignina y su bajo nivel de almidón. Su contenido en glucanos es elevado, pero menos al de la cebada (FEDNA, s.f.).

Figura 14

Paja de avena.



Tabla 7

Composición química de Avena.

Cenizas	PB (Proteína bruta)	EE(gra sas crudas)	FB(fibra bruta)	FAD (fibra detergente acido)	LAD lignina	Almidon	Azucares
2.80%	9.90%	4.90%	12.80%	14.20%	2.60%	36.10%	1.50%
Microelementos %							
calcio	fosforo	Na	Cl	Mg	K	S	
0.02	0.33	0.02	0.08	0.12	0.36	0.18	
Microelementos y vitaminas mg/kg							
Cu	Fe	Mn	Zn	Vit. E	Biotina		
5	80	44	25	13	0.18		

Fuente: (FEDNA, s.f.)

Olote

El olote es un desecho orgánico generado por el desgrane del maíz cuando llega a su punto de maduración. Este contiene un 45% de celulosa, 15% de lignina, 33% de hemicelulosa Beristain (2023).

Figura 15

Olote de maíz.



Cebada

La cebada (*Hordeum vulgare*) contiene proteínas y minerales así también como un alto contenido de carbohidratos, fibra, celulosa, hemicelulosa, lignina, grasas, micronutrientes como se muestra a continuación (Tabla 8).

Tabla 8

Composición química del Cebada.

Cenizas	PB Proteína bruta	EE (grasas crudas)	FB fibra bruta	FND fibra detergente neutra	FAD fibra detergente acido	LAD lignina		
2.2	11.3	1.7	4.7	18.1	5.5	1.1		
Almidón	Azúcares	Micronutrientes %						
51.9	1.6	Ca	P	Na	Cl	Mg	K	S
		0.06	0.32	0.02	0.12	0.1	0.4	0.15
Vitaminas y minerales (mg/kg)								
Cu	Fe	Mn		Zn	Vit. E		Biotina	
6	75	15		30	20		0.16	

Fuente: (FEDNA, s.f.).

ALTERNATIVAS QUE OFRECEN LOS HONGOS

A la salud

Una gran cantidad de hongos ha sido utilizada a lo largo de los años en muchas culturas diferentes para la conservación de la salud, así como en la cura y el tratamiento de enfermedades a través de sus propiedades autoinmunes y antineoplásicas Mohammad y Rahman (2021).

Figura 16

Hongos como alternantes a la salud.



Este género, también conocido como hongos ostra, tiene aproximadamente 40 especies. Además de su valor nutricional, poseen propiedades medicinales y otros efectos beneficiosos para la salud. Estas especies se han utilizado como hongos medicinales durante mucho tiempo ya que contienen varios compuestos con importantes propiedades farmacológicas/nutracéuticas. Algunas de estas sustancias son lectinas con actividades inmunomoduladoras, antiproliferativas y antitumorales; compuestos fenólicos con actividades antioxidantes; y polisacáridos (polisacaropéptidos y proteínas polisacáridicas) con actividades inmunoestimulantes y anticancerígenas. Los β -glucanos aislados de *Pleurotus*

pulmonarius demostraron una respuesta antiinflamatoria en ratas con colitis, y *P. ostreatus* inhibió la migración de leucocitos a tejidos lesionados por ácido acético. Un extracto de *P. florida* suprimió la inflamación. También se ha informado que *Pleurotus* tiene actividades hematológicas, antivirales, antitumorales, antibacterianas, hipocolesterólicas e inmunomoduladoras, y propiedades antioxidantes (Valverde María y col., 2015).

En Asia, *Ganoderma* se ha administrado durante siglos como tratamiento para el cáncer; exhibe efecto anticancerígeno solo o en combinación con quimioterapia y radioterapia (Valverde María y col., 2015).

Figura 17

Hongo Ganoderma.



Valor nutricional

El valor nutricional de los hongos comestibles es atribuido a su alto contenido en proteínas, fibra, vitaminas y minerales, y a sus bajos niveles de grasa. Son muy útiles para las dietas veganas o a base de vegetales porque proporcionan todos los aminoácidos esenciales que necesitan los adultos, además, los hongos tienen un mayor contenido de proteínas que la igual que las verduras Valverde y col. (2015). Esto los convierte en una buena alternativa para sustituir la carne.

Figura 18

Vitaminas y minerales



Mejoradores del medio ambiente

Los hongos son heterótrofos esto quiere decir que al igual que algunos animales pueden obtener nutrientes del medio donde se encuentran, mediante materia orgánica presente por presencia de otros organismos. Sin embargo, los hongos no pueden consumir la materia orgánica y digerirla internamente como lo hacen los animales, los hongos requieren que el material orgánico sea de un tamaño pequeño para poder segregar enzimas que fungirán como descomponedoras de las moléculas orgánicas transformándolas en azúcares minerales etc. (Cubas P., 2007). Siendo así una buena fuente para descomponer materia orgánica derivada de la agroindustria, acelerando el proceso de descomposición de materia y así incorporarla al suelo.

Un grupo de científicos del Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV Unidad Zacatenco) han estado experimentando con un método que combina los hongos, nano partículas y nanotecnología para tratar aguas negras. La presencia de hongos podrían dar como resultado la recuperación de estas aguas negras y depurar el agua dando una mejor calidad incluso la posibilidad de eliminar microorganismos y patógenos como la *salmonella*, *E. coli* entre otras. Ocasionadas por descargas de aguas negras de la Ciudad de México (Mercado Rubio M. y Flores Rosales I., 2013).

Hongos alucinantes

María Sabina nació un 22 de julio del 94, en un pueblo de Oaxaca llamado Huasca de Jiménez. Las ceremonias de María Sabina, consistían en el uso de hongos alucinantes con fines espirituales, abriendo portales hacia dimensiones inexplicables. Sus métodos y conocimientos se basaban en prácticas que habían

sido adquiridas empíricamente a lo largo de generaciones. Basado en experiencias previas, sabiduría ancestral y un amplio conocimiento de la flora local fueron pilares de su reputación como curandera (Tapia S., 2024).

Figura 19

María Sabin (Curandera Oaxaqueña).



Aproximadamente se conocen 230 especies de hongos alucinógenos a nivel mundial, lo que indica que 50 se encuentran en México. Entre las especies más mencionadas en los ritos mazatecos y zapotecos se encuentran *P. mexicana*, *P. cubensis* (San Isidro); *P. caerulea* (Derrumbe) y *P. zapotecorum* (Corona de cristo). Estos rituales se pueden llevar a cabo por dos motivos, curativos o recreativos, el consumo de estos hongos provoca alucinaciones alteraciones de la percepción el tiempo y espacio, variación de las emociones y sentimientos así como también ansiedad o paranoia. Estos efectos se pueden relacionar con visitas a otras dimensiones o mundos, según las creencias mazatecas en estas experiencias se encuentran espíritus divinos de la naturaleza (Luna Vásquez., 2023).

El hongo *Amanita muscaria* produce una sustancia llamada psilocibina y ácido iboténico y muscimol a estas se les atribuyen propiedades psicoactivas. Estas

moléculas se han usado para tratar desórdenes psiquiátricos, como depresión y ansiedad. Pese a su uso no se han elaborado algún medicamento, pero se propone siguen estudiando dichas moléculas relacionadas con los compuestos alucinógenos, para tratar sobre todo problemas y trastornos mentales (Guzmán y Rojas, 2022).

Hongos tóxicos

Entre la gran variedad de hongos macroscópicos hay algunos que como parte de su metabolismo producen compuestos tóxicos que tienen la capacidad de generar efectos nocivos al ser consumidos por los humanos (Lincoff y Mitchel., 1977).

Amanita muscaria es una de las especies tóxicas más populares en México (Ramírez Terrazo A. y col. 2014); *Lactarius indigo* considerado como tóxico en Acambay, Estado de México es de color azul y tiene látex de este mismo color; *Boletus erythropus*, considerado como tóxico, debido a que se mancha de un color oscuro al maltrato; *Gyromitra infula* especie mortal si es consumida cruda, esta especie se considera apto para consumo después de haberla hervido varias veces.

Figura 20

Hongo Amanita muscaria



Otros usos

Cocina

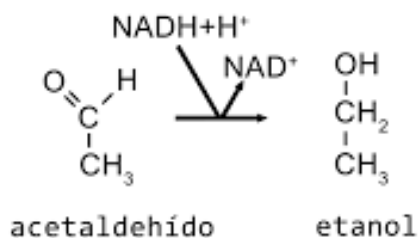
Debido a la experiencia psicodélica que producen las setas u hongos alucinantes se han empleado distintas formas de consumo ya que el sabor de estas no es agradable para algunas personas consumidoras, gracias a esto se les están dando otras formas de consumo esto va desde triturar la seta hasta convertirla en polvo e ingerirla con jugo de naranja o elaborar galletas, chocolates, infusiones e incluso capsulas con setas alucinógenas.

Levaduras

Las levaduras cuentan con una gran diversidad en relación a su tamaño color y formas. Estas están consideradas como hongos unicelulares y ocasionalmente sus células son ovaladas, al igual que se pueden encontrar en forma cilíndrica, o esférica (Suárez y col., 2016).

Figura 21

Molécula de levaduras.



Micorrizas

Las micorrizas en pocas palabras se refieren a la relación de raíz-hongo en una asociación simbiótica (“vivir conjuntamente dos o más organismos”), asociados mutuamente, no patógenas, entre raíz de la plantas y micelios de hongos, esto resulta en que ambos son beneficiados. El carácter heterótrofo de los hongos les permite obtener su fuente carbonada a partir de otros organismos. Los hongos micorríticos reciben directamente los azúcares y carbohidratos de las plantas que necesitan para su desarrollo. A cambio captan del suelo y ceden a sus hospedantes vegetales los nutrientes minerales y el agua que éstos necesitan para crecer (Honrubia M. 2009).

Figura 22

Micorrizas en suelo



Salud

Ya se habló anteriormente del hongo *Penicillium* como patógeno, pero este hongo suele ser de benéfico medicinal siendo uno de los antibióticos más eficaces en el mundo.

La penicilina es un antibiótico usado a nivel mundial para combatir infecciones bacterianas en los humanos, existe en diversas presentaciones y es un medicamento controlado.

Pan

Las levaduras para la elaboración de panes se conocen como *Saccharomyces cerevisiae*, con estos se lleva a cabo la fermentación de azúcares presentes en las harinas esto produce etanol y dióxido de carbono el resultado de estos dos proporcionan la estructura y el sabor característico del pan Rojkes y col. (2015).

Vinos (alcohol)

La *Saccharomyces cerevisiae* es la levadura más utilizada en la elaboración de vinos. Su eficiente forma de fermentar y producir vinos con ciertas características favorables. Por otro lado esta levadura es resistente al alcohol lo que le permite sobrevivir en presencia de altas concentraciones de azúcares (Bodegas romale, s.f.)

Figura 23

Vino y Pan elaborados con levadura



Levadura para elaboración de Vino y Panadería

La levadura de panadería está diseñada para producir grandes cantidades de dióxido de carbono, lo que permite que el pan suba. Por otro lado, la levadura de vino está optimizada para producir alcohol y potenciar los aromas y sabores del vino (Bodegas romale, s.f.)

Quesos

La elaboración de quesos artesanales cuenta con una gran variedad de especies de levaduras utilizadas, pertenecientes a los géneros *Debaryomyces*, *Geotrichum*, *Kluyveromyces*, *Candida*, *Pichia* y *Yarrowia*, aunque la permanencia de algunas especies puede estar influenciada por el tipo de queso, el tiempo de maduración, y su elaboración Arispe y col. (2021).

Figura 24

Quesos artesanales.



III. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Agrotecnia, del Departamento de Fitomejoramiento, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro la cual se ubica en Buenavista, Saltillo, Coahuila.



La siembra se llevó a cabo el día 26 de septiembre del año 2023.

El experimento se realizó empleando sustratos de residuos de cosecha de rastrojo de maíz, olote, cebada y avena; diseñando cuatro tratamientos como son.

- Tratamiento 1: Rastrojo de maíz.
- Tratamiento 2: Olote.
- Tratamiento 3: Cebada.
- Tratamiento 4: Avena, como testigo.

Se pesaron cuatro repeticiones de 50 g. de sustrato en cada tratamiento, empleando una báscula granataria marca Ohaus.

Materiales

- Material genético: micelio del hongo *Pleurotus ostreatus* de color amarillo, y rosa, obtenido de forma comercial.
- Bolsas de hule de dos kg.
- Ligas.
- Alcohol.
- Cloralex.
- Vernier digital.
- Bascula granataria

Los sustratos se picaron en residuos de 3 a 5 cm, procediendo a hervir a una temperatura de 120° C, por un tiempo de una hora.

Posteriormente se pusieron los sustratos en una mesa limpia, para enfriar y drenar el agua.

La siembra o inoculación se realizó empleando la bolsa de hule con capacidad de dos kilogramos, agregando el sustrato más el micelio del hongo *Pleurotus ostreatus* de los colores amarillo y rosa. Se obtuvo el peso fresco de cada tratamiento y sus repeticiones.

Después de la inculpación y obtención del peso fresco se procedió a incubar a una temperatura de 26 a 30°C y con un 85% de humedad relativa, para realizar las diferentes observaciones como son: presencia de hifas, evaluado a las 24 y 48 horas, desarrollo micelar y formación del cuerpo fructífero.

Para medir el desarrolló o germinación de las hifas se consideró lo siguiente: valores de X (Tabla 9).

Tabla 9

Desarrollo de micelio en sustratos.

	Presencia de pocas hifas	Presencia de más hifas	Presencia de más y más hifas	Presencia de muchas hifas
X	X			
XX		XX		
XXX			XXX	
XXXX				XXXX

Donde:

x = 0 - 25% colonizado.

xx = 25 - 50 % colonizado.

xxx = 50 - 75% colonizado.

xxxx = 75 - 100% colonizado.

Variables evaluadas

Las variables evaluadas son:

- La germinación en los distintos tratamientos empleados, esto mediante la observación y registro diario.
- El peso en gramos del hongo *Pleurotus ostratus* de cada tratamiento con sus repeticiones, usando una balanza granataria.
- Longitud de tallo en centímetros de cada hongo cosechado, utilizando un vernier.
- Diámetro de tallo y diámetro de sombrero en centímetros, de igual manera se utilizó un vernier para medir.

La investigación fue de tipo cualitativo y cuantitativo, se observó la presencia de hifas y micelio. Para evaluar los cuerpos fructíferos se tomaron en cuenta las fechas de aparición de los primordios, en donde la primera oleada o corte se midió la longitud de tallo con la ayuda de una regla del sistema métrico decimal; para medir el diámetro del tallo y sombrero; se utilizó un vernier digital, y posteriormente se tomó el peso fresco de cada tratamiento y de sus respectivas repeticiones.

Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente de acuerdo con el modelo de bloques completamente al azar, en dónde los resultados se transformaron de acuerdo a Steel y Torre (1985) que señala para tener una distribución normal empleando la fórmula;

$$\sqrt{X+.5}$$

se analizaron con el paquete estadístico SAS, en donde se presentaron las diferentes estadísticas del 95%, por lo que se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey de acuerdo con Steel y Torrie (1985).

Preparación de sustratos

Todos los sustratos se pesaron en seco, 50 gramos de cada tratamiento con sus repeticiones se depositaron arpilleras y en un recipiente con abundante agua potable (Figura 25).

Figura 25

Sustratos seleccionados y pesados listos para hervir (pasteurizar).



Pasteurización

Teniendo los sustratos pesados se procedió a la pasteurización, se puso a calentar el agua hasta hervir, las arpilleras con los sustratos se dejaron por dos horas a una temperatura de 80-120°C aproximadamente; pasando el tiempo indicado se ponen a enfriar y escurrir el exceso de agua (Figura 26 y 27).

Figura 26

Pasteurización de sustratos empleados en la siembra (Sep.2023).



Figura 27

Sustratos escurrido o sin exceso de agua listo para sembrar (Sep.2023).



Siembra

La siembra se llevó acabo en el laboratorio de Agrotecnia de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista Saltillo, Coahuila, Mex. Se usaron cepas de *Pleurotus ostreatus* Rosa y amarillo (Figura 28).

Figura 28

Micelio de Pleurotus ostreatus usados para la siembra (Sep. 2023).



En las bolsas de plástico se depositó una capa de sustrato, una capa de micelio; en total fueron cuatro capas de sustrato y cuatro capas de micelio. Para cerrar las bolsas se usaron ligas de hule; esto se repitió con todas las bolsas sembradas. Después de esto se pesaron las bolsas ya sembradas para determinar el peso fresco de los sustratos (Figura 29 y 30).

Figura 29

Peso fresco de sustrato sembrado (Sep. 2023).



Figura 30

Sustratos inoculados con micelio de Pleurotus ostreatus (Sep. 2023).



Incubación y fructificación

La incubación de los sustratos se llevó a cabo el Laboratorio de Agrotecnia, los tratamientos permanecieron a una temperatura de 26 - 28°C. En esta etapa se regaron las bolsas con agua potable y se cuidó de no tener presencia de plagas u alguna contaminación. Cuando los sustratos estaban colonizados al 100% se incrementan los riegos para tener un buen desarrollo de los hongos (Figura 31).

Figura 31

Bolsa 100% colonizada de Pleurotus ostreatus (Oct. 2023).



Cosecha

La primera cosecha se realizó a los 26 días después de la siembra, La cosecha se llevó a cabo utilizando una navaja previamente desinfectada y cuidando de no dañar el micelio o los hongos jóvenes que estuvieran por desarrollarse. Después del primer corte se realizaron dos cortes más, en total fueron tres cortes.

En cada corte que se realizó se midió el peso de cada hongo con una balanza granataria (Figura 32).

Figura 32

Peso de hongo fresco (Nov. 2023).



La longitud de tallo, diámetro de tallo y diámetro de sombrero se midieron con un vernier graduado en centímetros (Figura 32 y 33).

Figura 33

Diámetro de sombrero (Nov. 2023).



Figura 34

Diámetro de tallo (Nov. 2023).



IV. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las diferentes variables de estudio, en las (Tablas 10 y 11) se presenta el peso fresco de los diferentes tratamientos con sus respectivas repeticiones.

Cabe mencionar que el peso seco de los tratamientos fue de **50 gramos** para cada repetición.

Tabla 10

*Muestra el peso fresco en g. de los tratamientos, del hongo *Pleurotus ostratus* rosa.*

Fecha de muestreo: 27/09/23					
Tratamiento	R1	R2	R3	R4	Media
Maíz	330.5	345.5	285.5	335.5	324.25
Avena(T)	220	227.5	202.5	228.5	219.625
Olote	186.5	181.5	194	178.5	185.125
Cebada	277	294.5	270.5	275	279.25

Tabla 11

Muestra el peso fresco en gramos de los tratamientos, del hongo Pleurotus ostratus amarillo.

Fecha de muestreo: 27/09/23					
Tratamiento	R1	R2	R3	R4	Media
Maíz	311.5	293.5	347.5	343.5	324
Avena (T)	241	217.5	241	233	233.125
Olote	152.8	184	194	154.5	171.325
Cebada	271	265.5	262.5	270.5	267.375

A continuación, se presenta la (Tabla 12) del análisis de varianza en donde se observan diferencias estadísticas al 95 % de probabilidad entre cortes y tratamientos, lo que indica que los sustratos se expresan de forma diferente debido al contenido nutricional de los sustratos.

Tabla 12

ANVA para la variable peso Pleurotus de color rosa.

FV	GL	S.C	C.M	F. C	Pr>F
Corte	2	3.19	1.59	0.96*	0.39
Tratamiento	3	15.08	5.02	3.02*	0.04
Error	6	69.89	11.64		
Total	11				
C.V. %	30				

*= significancia al 95% de probabilidad.

En la (Tabla 13) se presentan los resultados de la prueba de medias de la variable peso en g, para el hongo *Pleurotus ostreatus* de color rosa debido a que se registraron diferencias estadísticas, con una probabilidad del 95 % de acuerdo a Tukey, en donde el mayor peso lo obtuvo el tratamiento que contiene esquilmos de avena la que rica en azules lo que permite el desarrollo de *Pleurotus ostreatus* rosa que registra una media de 2.39, que es el tratamiento testigo, el cual no fue superado por los demás tratamientos seguida por el tratamiento que contiene rastroja de maíz con media de 1.38, así mismo se observa en el tratamiento que contiene olote que presenta una media 1.21 y finalmente el sustrato que contiene esquilmos de cebada con una media de 0.89.

Tabla 13

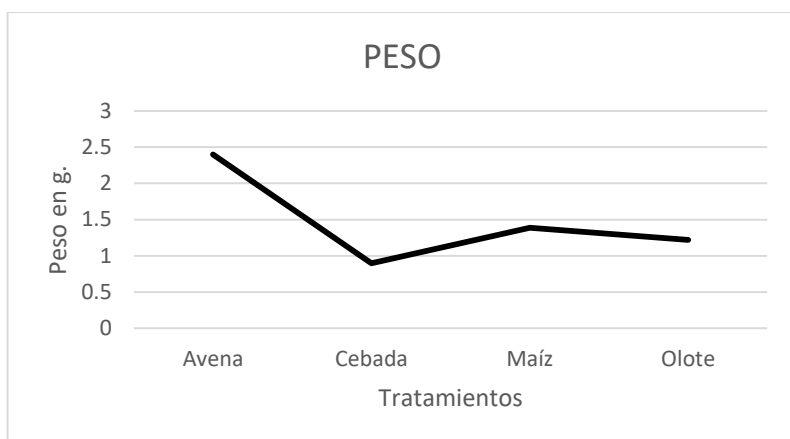
Prueba de medias para la variable peso Pleurotus rosa

Tratamiento	Peso	Significancia
Avena (T)	2.39	a
Cebada	0.89	d
Maíz	1.38	b
Olote	1.21	c

A continuación, se presenta la (Figura 35) en donde muestra las diferencias estadísticas al 95% de probabilidad de peso entre los tratamientos de estudio.

Figura 35

Diferencias de peso entre los tratamientos de estudio.



A continuación se muestran los resultados obtenidos para la variable longitud de tallo encontrando resultados significativos al (95%) de probabilidad entre cortes en tratamientos como se muestra en la (Tabla 14).

Tabla 14

ANVA para la variable longitud de tallo Pleurotus color rosa.

FV	GL	S.C	C.M	F. C	Pr>F
Corte	2	1.13	0.56	0.96*	0.38
Tratamiento	3	7.65	2.55	4.35*	0.0094
Error	6	24.65	4.10		
Total	11				
C.V. %		30			

*= significancia al 95% de probabilidad.

En la (Tabla 15) se presentan los resultados de la prueba de medias de la variable longitud de tallo, para el hongo *Pleurotus ostreatus* de color rosa en donde el mayor peso lo obtuvo el tratamiento que contiene esquilmos de avena que registra una media de 1.84, que es el tratamiento testigo, el cual no fue superado por los demás tratamientos seguida por el tratamiento que contiene rastroja de maíz con media de 1.09, así mismo se observa en el tratamiento que contiene olote que presenta una media 1.05 y finalmente el sustrato que contiene esquilmos de cebada con una media de 0.76.

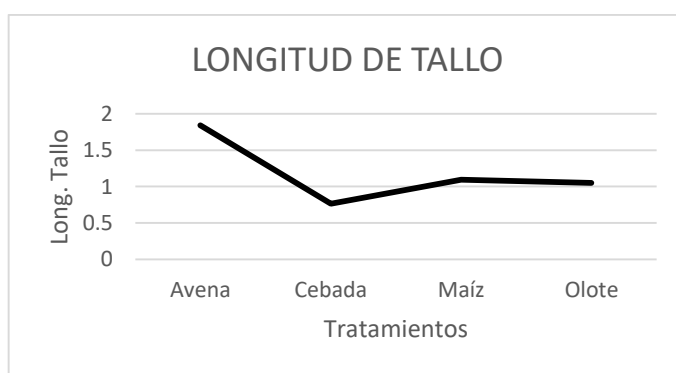
Tabla 15

Prueba de medias variable longitud de tallo *Pleurotus* rosa.

Tratamiento	Longitud de tallo	Significancia
Avena (T)	1.84	a
Cebada	0.76	d
Maíz	1.09	b
Olote	1.05	c

Figura 36

Diferencias de longitud de tallo entre los tratamientos de estudio.



En la (Tabla 16) se presentan los resultados para la variable diámetro de tallo donde los análisis estadísticos muestran diferencias al (95%) de probabilidad como se muestra a continuación.

Tabla 16

Análisis de varianza de la variable diámetro de tallo de *Pleurotus color rosa*.

FV	GL	S.C	C.M	F. C	Pr>F
Corte	2	1.02	0.51	1.67*	0.19
Tratamiento	3	4.05	1.35	4.4*	0.008
Error	6	12.90	2.15		
Total	11				
C.V. %	30				

*= significancia al 95% de probabilidad.

En la (Tabla 17) se presentan los resultados de la prueba de medias de la variable diámetro de tallo, donde el mayor peso lo obtuvo el tratamiento que contiene esquilmos de avena, registrando una media de 1.53, que es el tiramiento testigo, el cual no fue superado por los demás tratamientos seguida por el tratamiento que contiene rastrojo de maíz con media de 0.97, así mismo se observa en el tratamiento que contiene olote que presenta una media de 0.88 y finalmente el sustrato que contiene esquilmos de cebada presentando una media de 0.78.

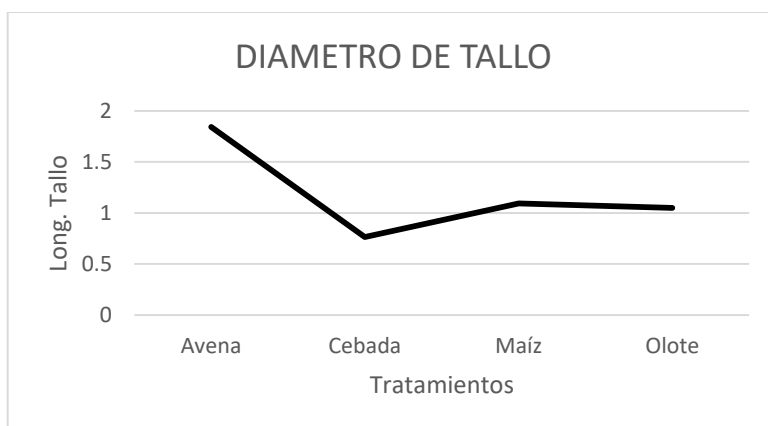
Tabla 17

Prueba de medias de la variable diámetro de talla de *Pleurotus color rosa*

Tratamiento	Diámetro de tallo	Significancia
Avena (T)	1.53	a
Cebada	0.78	d
Maíz	0.97	b
Olote	0.88	c

Figura 37

Diferencias de diámetro de tallo entre los tratamientos de estudio.



A continuación se muestran los resultados obtenidos del análisis estadístico en donde se observa diferencias estadísticas al (95 %) para las variables diámetro de sombrero como se muestra en la (Tabla 18).

Tabla 18

Análisis de varianza de la variable diámetro de sombrero de *Pleurotus* color rosa.

FV	GL	S.C	C.M	F. C	Pr>F
Corte	2	7.43	3.71	1.61*	0.21
Tratamiento	3	31.54	10.51	4.56*	0.0075
Error	6	96.84	16.14		
Total	11				
C.V. %	30				

*= significancia al 95% de probabilidad.

En el (Tabla 19) se presentan los resultados de la prueba de medias de la variable diámetro de sombrero, en donde el mayor peso lo obtuvo el tratamiento testigo el cual no fue superado por los demás tratamientos, registrando una media de 3.06, seguida por el tratamiento que contiene rastroja de maíz con media de 1.41, así mismo se observa en el tratamiento que contiene olote que presenta una media 1.37 y finalmente el sustrato que contiene esquilmos de cebada con una media de 0.94.

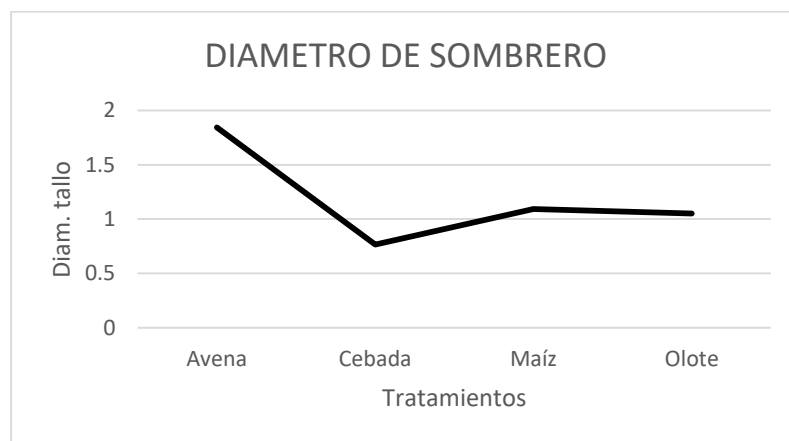
Tabla 19

Prueba de medias para la variable diámetro de sombrero Pleurotus color rosa

Tratamiento	Diámetro de sombrero	Significancia
Avena (T)	3.06	a
Cebada	0.94	d
Maíz	1.41	b
Olote	1.37	c

Figura 38

Diferencias de diámetro de sombrero entre los tratamientos de estudio



Los resultados obtenidos del análisis de varianza muestran diferencias estadísticas al (95%) de probabilidad entre cortes y tratamientos de las variables de estudio (Tabla 20).

Tabla 20

Análisis de varianza para la variable peso del hongo *Pleurotus ostreatus* de color amarillo.

FV	GL	S.C	C.M	F. C	Pr>Fb
Corte	2	3.99	1.99	1.27*	0.29
Tratamiento	3	6.03	2.01	1.28*	0.29
Error	6	66.03	11.00		
Total	11				
C.V. %	30				

*= significancia al 95% de probabilidad.

En la (Tabla 21) se presentan los resultados de la prueba de medias de Tukey de la variable peso en g. para el hongo *Pleurotus ostreatus* de color amarillo, en donde el mayor peso lo obtuvo el tratamiento que contiene rastrojo de maíz con una media de 1.94, en seguida se muestra al tratamiento testigo con esquilmos de avena con una media de 1.77, así mismo se observa en el tratamiento que contiene olote que presenta una media 1.45 y finalmente el sustrato que contiene esquilmos de cebada mostrando una media de 1.01.

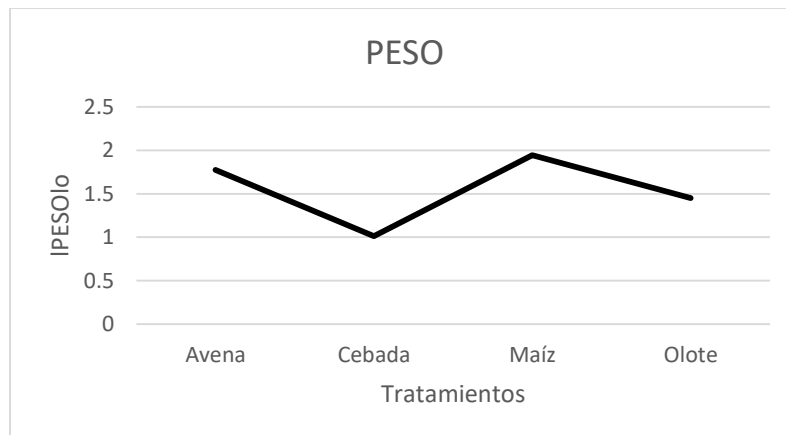
Tabla 21

Prueba de medias de la variable peso de *Pleurotus* color amarillo

Tratamiento	Peso	Significancia
Avena (T)	1.77	b
Cebada	1.01	d
Maíz	1.94	a
Olote	1.45	c

Figura 39

Diferencias de peso entre los tratamientos de estudio.



A continuación se presentan los resultados del análisis de varianza en donde la variable longitud de tallo entre cortes mostro diferencias estadísticas (1.45*), lo que obedece que las cepas evaluadas se comportan de forma diferente entre corte y corte, no encontrando diferencias significativas entre tratamientos lo que significa que el desarrollo de las cepas evaluadas se va a desarrollar de manera similar entre tratamientos (Tabla 22).

Tabla 22

Análisis de varianza para la variable de longitud de tallo del hongo *Pleurotus ostreatus* color amarillo.

FV	GL	S.C	C.M	F. C	Pr>F
Corte	2	1.49	0.74	1.45*	0.24
Tratamiento	3	0.92	0.30	0.6	0.61
Error	6	21.64	3.60		
Total	11				
C.V. %		30			

*= Diferencia significativa al 95% de probabilidad.

En la (Tabla 23) se presentan los resultados de la prueba de medias de Tukey, de la variable longitud de tallo, para el hongo *Pleurotus ostreatus* de color amarillo, en donde la mayor longitud la obtuvo el tratamiento que contiene rastrojo de maíz que presenta una media 1.29, seguida por el tratamiento testigo que contiene esquilmos de avena la que registra una media de 1.23, que es el tiramiento testigo, en tercer lugar se encuentra el tratamiento con olote con media de 1.17, así mismo se observa en el tratamiento que contiene esquilmos de cebada con media de 0.93.

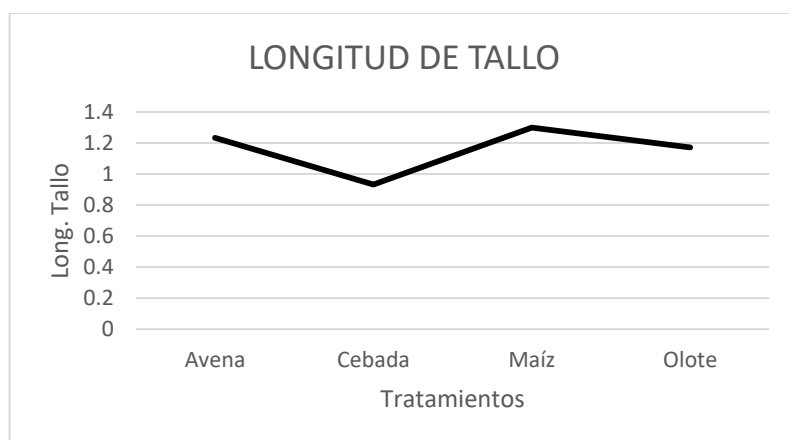
Tabla 23

Prueba de medias de la variable longitud de talla de Pleurotus color amarillo

Tratamiento	Longitud de tallo	Significancia
Avena (T)	1.23	B
Cebada	0.93	D
Maíz	1.29	A
Olote	1.17	c

Figura 40

Diferencias de longitud de tallo entre los tratamientos de estudio.



A continuación se presentan los resultados del análisis de varianza para la variable diámetro de tallo donde se observa que entre cortes hay diferencia significativa al (95%) de probabilidad (1.89*) lo que significa que entre corte y corte los resultados fueron diferentes, así mismo en tratamientos se encontraron diferencias significativas con (1.41*) (Tabla 24).

Tabla 24

Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo del hongo *Pleurotus ostreatus* color amarillo.

FV	GL	S.C	C.M	F. C	Pr>F
Corte	2	0.58	0.29	1.69*	0.19
Tratamiento	3	0.73	0.24	1.41*	0.25
Error	6	7.32	1.22		
Total	11				
C.V. %	30				

*= significancia al 95% de probabilidad.

En la (Tabla 25) se presentan los resultados de la prueba de medias de la variable diámetro de tallo, para el hongo *Pleurotus ostreatus* de color amarillo, en donde el mayor peso lo obtuvo el tratamiento testigo que contiene esquilmos de avena que registra una media de 1.10, seguida por el tratamiento que contiene rastroja de maíz con media de 1.08, así mismo se observa en el tratamiento que contiene olote que presenta una media 0.94 y finalmente el sustrato que contiene esquilmos de cebada con una media de 0.79.

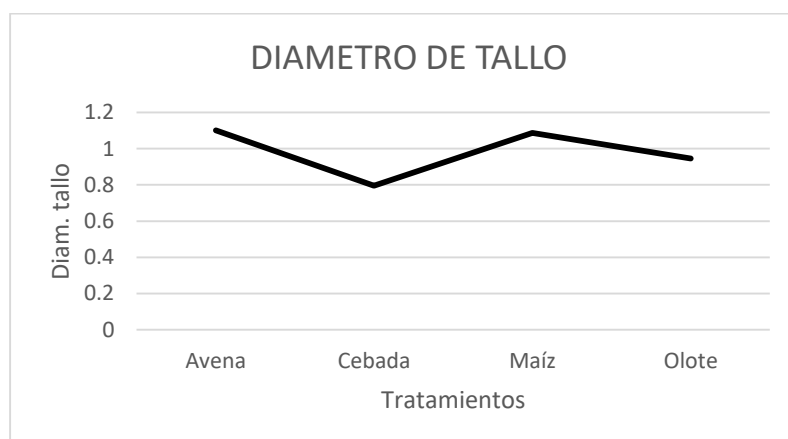
Tabla 25

Prueba de medias para la variable diámetro de tallo Pleurotus color amarillo

Tratamiento	Diámetro de tallo	Significancia
Avena (T)	1.10	a
Cebada	0.79	d
Maíz	1.08	b
Olote	0.94	c

Figura 41

Diferencias de diámetro de tallo entre los tratamientos de estudio.



En la (Tabla 26) se presentan el análisis estadístico para la variable diámetro de sombrero, encontrándose resultados significativos al (95%) de probabilidad entre las variables corte (1.37*) y tratamiento (1.1*) estudios similares los obtuvo Martínez Carrera, (2007).

Tabla 26

*Análisis de varianza para la variable diámetro de sombrero del hongo *Pleurotus ostreatus* color amarillo.*

FV	GL	S.C	C.M	F. C	Pr>F
Corte	2	4.36	2.18	1.37*	0.26
Tratamiento	3	5.26	1.75	1.1*	0.35
Error	6	66.86	11.14		
Total	11				
C.V. %	30				

*= significancia al 95% de probabilidad.

En la (Tabla 27) se presentan los resultados de la prueba de medias de la variable diámetro de tallo, para el hongo *Pleurotus ostreatus* de color amarillo, en donde el mayor peso lo obtuvo el tratamiento testigo que contiene esquilmos de avena que registra una media de 1.85, seguida por el tratamiento que contiene rastroja de maíz con media de 1.83, así mismo se observa en el tratamiento que contiene olote que presenta una media 1.46 y finalmente el sustrato que contiene esquilmos de cebada con media de 1.03.

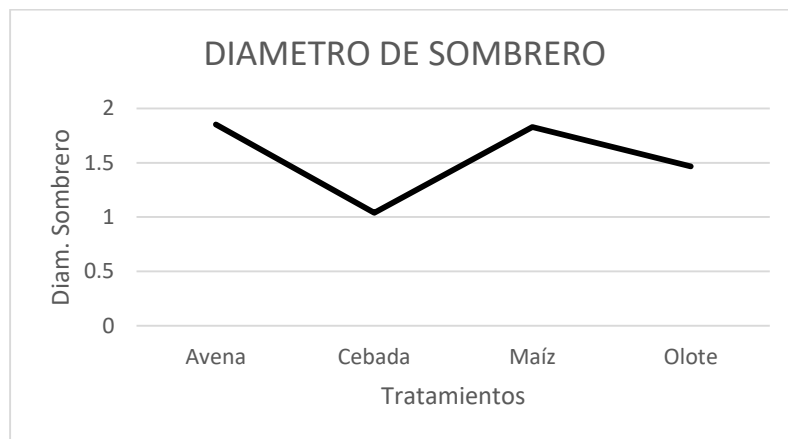
Tabla 27

Prueba de medias para la variable diámetro de sombrero Pleurotus color amarillo

Tratamiento	Diámetro de sombrero	Significancia
Avena (T)	1.85	a
Cebada	1.03	d
Maíz	1.83	b
Olote	1.46	c

Figura 42

Diferencias de diámetro de sombrero entre los tratamientos de estudio.



V. CONCLUSIÓN

A continuación se presentan conclusiones de los resultados obtenidos de las diferentes variables de estudio de las cepas del hongo *Pleurotus ostreatus*, evaluadas en los diferentes sustratos que son; avena que participo como testigo, cebada, olote y rastrojo de maíz.

En la evaluación de la variable longitud de tallo de *pleurotus ostreatus* color rosa y amarillo, se determinó que en el sustrato que mejor se desarrollo fue en Avena, con la cepa de color rosa y en la cepa de color amarillo su mejor desarrollo fue en el sustrato de rastrojo de maíz.

Para la variable de diámetro de tallo se observó que ambas cepas se comportaron similar, siendo el sustrato de avena el que mayor rendimiento presento.

En la variable diámetro de sombrero se observó una diferencia notable ya que el desarrollo de este se vio más notorio en el sustrato de avena con la cepa de *Pleurotus ostreatus* de color rosa con una media de (3.06), en el caso de *Pleurotus ostreatus* de color amarillo la media fue de (1.85) en el sustrato de avena.

Los resultados para la variable de peso demuestran que la mejor eficiencia biológica se obtuvo con la cepa de *Pleurotus ostreatus* color rosa sembrada en el sustrato de avena con una media de (2.39), en comparativa de *Pleurotus ostreatus* color amarillo con una media de (1.94) en sustrato de rastrojo de maíz.

Los resultados obtenidos demuestran que los sustratos de avena favorecen a una mayor eficiencia biológica ya que aceleran el tiempo de colonización del hongo y acelera la aparición de primordios, aumentando el rendimiento y la calidad del cuerpo fructífero de estos.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Adebayo, E. A., D. Martinez-Carrera. 2015. Los hongos ostra (*Pleurotus*) son útiles para utilizar biomasa lignocelulosicas. Revista Africana de Biotecnología. 14(1): 52-67.
- Akinyele B.J., Fakoy S., y Adetuyi Clemente F. 2012. Factores anticresimiento asociados con *Pleurotus ostreatus* en una fermentación líquida sumergida. Revista Malaya de Microbiología. 8(3):p.p.135-140.
- Andrino, A., A. Morte., y M. Honrubia. 2011. Caracterización y cultivo de tres cepas de *Pleurotus eryngii* (Fries) Quélet sobre sustratos basados en residuos agroalimentarios. Revista Anales de Biología. 33(1): p.p. 53-66.
- Arispe Vazquez, J. L., Sanchez Arizpe, A., & Galindo Cepeda, M. E. (2021). Microbiota Fúngica en Quesos Artesanales en Saltillo, Coahuila, México. *Revista ION*, 34(1), 7–13. [<https://doi.org/10.18273/revion.v34n1-2021001>]
- Beristain González, C. (2023). Desarrollo de una línea de productos con potencial efecto antioxidante a base de olote morado. Repositorio Institucional.
- Brizuela, M.A. García, L. Pérez, L. Mansur, M. (1998). Basidiomicetos: nueva fuente de metabolitos secundarios. Revista iberoamericana de Micología. No 15, 69-74. [<https://reviberoammicol.com/1998-15/069074.pdf>]
- Caicedo Ruiz, W. Cuadrado Cano, B. Infante Jiménez, C. (2024). Apreciación de residuos orgánicos agrícolas como sustrato para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus pulmonarius*. Rev. Colomb. Biotecnol. Vol. XXVI No. 1, 81 – 90. [<https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/download/111029/92622/690828>]
- Cano Estrada, A. Romero Bautista, L. (2016). Valor económico, nutricional y medicinal de hongos comestibles silvestres. Revista chilena de nutrición, vol.43 No.1. [<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182016000100011>]

Cárdenas Gonzales, M. (2020). Residuos agroindustriales: ¿basura o dinero?. Rev. Diálogos del consejo de ciencia y tecnología del estado de tabasco. No.59, 14-18.
[\[https://www.ccytet.gob.mx/Divulgaci%C3%B3n-Cient%C3%ADfica/Revista.html\]](https://www.ccytet.gob.mx/Divulgaci%C3%B3n-Cient%C3%ADfica/Revista.html)

Chang, S.T., and S. P. Wasser. 2012. The role of culinary medicinal mushrooms on human welfare with a pyramid model for human health. Int J Med Mushrooms. 1: 95-134.

Colavolpe, M.B., S. Jaramillo Mejia, E. Albertó, 2014. Efficiency of treatments for controlling *Trichoderma* sp. during spawning in mushroom cultivation. Brazilian Journal of Microbiology 45: 1263-1270.

Cuamatzi Flores, J. L. Nava Galicia, S. B. Naranjo, U.E. Bibbins Martínez, M.D. (2017). LA VIDA SEXUAL DE UN HONGO EXTRAORDINARIO LLAMADO “*PLEUROTUS*”. Revista frontera biotecnológica, No. 8, 13-17.
[\[https://www.revistafronterabiotecnologica.cibatlaxcala.ipn.mx/index.html\]](https://www.revistafronterabiotecnologica.cibatlaxcala.ipn.mx/index.html)

Cubas, P. (2017). Hongos [archivo PDF].
[\[https://www.aulados.net/Botanica/Curso_Botanica/Hongos/31_hongos_general_texto.pdf\]](https://www.aulados.net/Botanica/Curso_Botanica/Hongos/31_hongos_general_texto.pdf)

Cunha, Z. D., and G. A. Pardo. 2017. Edible and Medicinal Mushrooms: Technology and Applications. Ed. John Wiley & Sons Ltd. U.S.A. 592 p.

Guzmán Aguilar, F. y Rojas, D. (2022). Hongos alucinógenos contra la depresión y la ansiedad. UNAM global revista.
[\[https://unamglobal.unam.mx/global_revista/hongos-alucinogenos-contra-la-depresion-y-la-ansiedad/\]](https://unamglobal.unam.mx/global_revista/hongos-alucinogenos-contra-la-depresion-y-la-ansiedad/)

Huerta Palacios, G. (2001). Generalidades sobre los hongos, con énfasis en los basidiomicetos. En J.E Sánchez Vázquez y D. J. Royse (Ed.), La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. 1ª edición (pp. 27-47). Uteha (Noruega editores)-Ecosur.
[\[https://www.researchgate.net/publication/256526787_Book_La_biologia_y_el_cultivo_de_Pleurotus_spp\]](https://www.researchgate.net/publication/256526787_Book_La_biologia_y_el_cultivo_de_Pleurotus_spp)

Kuhar, F. Castiglia, V. y Papinutt, L. (2013). Reino Fungi: morfologías y estructuras de los hongos, Revista Boletín Biológica, No 28, 11-18. [\[https://core.ac.uk/download/pdf/52479411.pdf\]](https://core.ac.uk/download/pdf/52479411.pdf)

Levaduras en el vino ¿para qué sirven? (s.f.). Bodegas romale. [\[https://romale.es/blog\]](https://romale.es/blog)

López Sánchez, C.O. (2022). México tierra de hongos. INPI Instituto Nacional de los pueblos Indígenas. [\[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/727530/Libro-Mexico-tierra-de-hongos-INPI.pdf\]](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/727530/Libro-Mexico-tierra-de-hongos-INPI.pdf)

López, R., C. Hernández., C. R. Suárez., y F. C. Borrero. 2008. Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales. Universitas Scientiarum. 13(2): 128-137.

Luna Vázquez, Francisco Javier. (2023, julio-agosto). Alcaloides en la cultura: plantas y hongos alucinógenos mexicanos. Revista Digital Universitaria (rdu), 24(4). [\[http://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2023.24.4.6\]](http://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2023.24.4.6)

Martínez-Carrera, D. , P. Morales., M. Sobal., M. Bonilla., W. Martínez., eY. Mayett . 2012. Los hongos comestibles, funcionales y medicinales: su contribución al desarrollo de las cadenas agroalimentarias y la seguridad alimentaria en México. *In*: Memorias Reunión General de la Academia Mexicana de Ciencias: Ciencia y Humanismo (Agrociencias). Academia Mexicana de Ciencias, México, D.F. pp: 449-474.

Martínez-Carrera, D., A. Larqué-Saavedra., A. Tovar-Palacio., N. Torres., M. E. Meneses., M. Sobal-Cruz., P. Morales-Almora., M. Bonilla-Quintero., U. H. Escudero., I. Tello-Salgado., T. Bernabé-González., W. Martínez-Sánchez., e Y. Mayett. 2016. Contribución de los hongos comestibles funcionales y medicinales a la construcción de un paradigma sobre la producción, la dieta, la salud y la cultura en el sistema agroalimentario de México. *In*: Martínez-Carrera D., J. Ramírez Juárez (eds); Ciencia, tecnología e innovación en el sistema agroalimentario de México. Editorial del Colegio de Postgraduados-AMC-CONACYT-UPAEP-IMINAP, San Luis Huexotla, Texcoco, México, pp: 581-640.

Mercado Rubio, M. & Flores Rosales, I. (2013). Hongos como alternativa para la contaminación. Revista de divulgación científica de la Sociedad Estudiantil de ingeniería biotecnológica IBIO, 1 (No 3), 18-19. [https://issuu.com/ibio_upibi-ipn/docs/ibio_0813_1_/21]

Mohammad A. Rahman. (2021). Uso de hongos con fines culinarios y medicinales., Revista Aditum de Investigación Clínica y Biomédica, 3(3); DOI: <http://doi.org/011.2021/1.1062>.

Mundo microscópico I: la levadura. (s.f.). UNL Facultad de ingeniería química. [<https://www.fiq.unl.edu.ar/culturacientifica/extension-fiq/mundo-microscopico-i-la-levadura/>]

Ortiz, G., M.B. Colavolpe, E. Albertó , 2017. Artificial spawn generation based on alginate encapsulated mycelium as inoculum for mushroom cultivation. African Journal Biotechnology 16: 1776-1783.

Quintana Rodríguez, E. (3-6 de Noviembre de 2020). Cultivo de hongos comestibles. CIATEC. [<https://www.ciatec.mx/archivos/6157afff15854bf734b93d71f0d99125.pdf>]

Ramírez-Terrazo A, Garibay-Orijel R, Reyes-Chilpa R, Casas A, Méndez-Espinoza C. Alternativas para la atención oportuna de las intoxicaciones por consumo de hongos en México y Centroamérica. Gac Med Mex. 2023;159(4):309-321. Available from: [<http://dx.doi.org/10.24875/GMM.23000101>]

Rodríguez Valencia, N. y Jaramillo López, C. (2004). CULTIVO DE HONGOS COMESTIBLES DEL GÉNERO *Pleurotus* SOBRE RESIDUOS AGRÍCOLAS DE LA ZONA CAFETERA. CENICAFÉ. (p.7).

Romero-Arenas, O. , M. A. Martínez., M. A. Damián ., B. Ramírez., y J. López-Olguín. 2015. Producción de hongo Shiitake (*Lentinula edodes* Pegler) en bloques sintéticos utilizando residuos agroforestales. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 6(6): 1229-1238.

Romero-Arenas, O., M. Huerta., M. A. Damián., A. Macías., J. A. Rivera., F. C. Parraguirre., y J. Huerta. 2010. Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* con el uso de hoja de plátano (*Musa paradisiaca* L., cv. Roatan) deshidratada, en relación con otros sustratos agrícolas. *Agronomía Costarricense*. 34(1): 53-63.

Royse, D. J., J. Baars., and Q. Tan. 2016. Current overview of mushroom production in the world. In: Zied DC, editor. *Edible and medicinal mushrooms: technology and applications*. New York, Wiley. 462 p.

Salmones, D. & Mata, G. (2012). Ceparios de hongos en México. En J. E Sánchez V & G Mata (Ed.), *Hongos comestibles y medicinales en Iberoamérica: investigación y desarrollo en un entorno multicultural* 2da edición (pp. 69-78). Editorial ECOSUR. <https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/1016/1/0000522251>

Sánchez, J.E. , D. Zied, E. Albertó , 2018. Edible mushroom production in the Americas. Abstracts of the 9th International conference on mushroom biology and mushroom products. Shanghai, China. Pp. 2-11.

Sánchez, J.E. , D.J. Royse , 2017. La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas *Pleurotus* spp. Uteha-Ecosur, San Cristóbal de las Casas .

Suárez-Machín, C., Garrido-Carralero, NA, & Guevara-Rodríguez, CA (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 50 (1), 20-28.

Suárez-Machín, C., Garrido-Carralero, NA, & Guevara-Rodríguez, CA (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 50 (1),20-28.[fecha de Consulta 5 de Marzo de 2025]. ISSN: 0138-6204. Recuperado de: [\[https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223148420004\]](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223148420004)

Tapia Sandoval, A. (16 de Julio de 2024). Quién fue María Sabina, la curandera que usaba hongos alucinógenos y conoció a Walt Disney y John Lennon. Infobae.

[\[https://www.infobae.com/mexico/2024/07/16/quien-fue-maria-sabina-la-curandera-que-usaba-hongos-alucinogenos-y-conocio-a-walt-disney-y-john-lennon/\]](https://www.infobae.com/mexico/2024/07/16/quien-fue-maria-sabina-la-curandera-que-usaba-hongos-alucinogenos-y-conocio-a-walt-disney-y-john-lennon/)

Valverde, M. E., Hernández-Pérez, T., & Paredes-López, O. (2015). Edible mushrooms: improving human health and promoting quality life. *International journal of microbiology*, 2015, 376387. [\[https://doi.org/10.1155/2015/376387\]](https://doi.org/10.1155/2015/376387)

[\[https://fdc.nal.usda.gov/food-details/169991/nutrients\]](https://fdc.nal.usda.gov/food-details/169991/nutrients)

[\[https://www.farmacia.bio/cebada/ \]](https://www.farmacia.bio/cebada/)

[\[https://www.fundacionfedna.org/forrajes/ensilado-de-ma%C3%ADz\]](https://www.fundacionfedna.org/forrajes/ensilado-de-ma%C3%ADz)

[\[https://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/avena#:~:text=El%20grano%20est%C3%A1%20compuesto%2C%20como,climatolog%C3%ADa%20y%20condiciones%20de%20cultivo. \]](https://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/avena#:~:text=El%20grano%20est%C3%A1%20compuesto%2C%20como,climatolog%C3%ADa%20y%20condiciones%20de%20cultivo.)

[\[https://www.fundacionfedna.org/node/495\]](https://www.fundacionfedna.org/node/495)

[\[https://www.infobae.com/mexico/2024/07/16/quien-fue-maria-sabina-la-curandera-que-usaba-hongos-alucinogenos-y-conocio-a-walt-disney-y-john-lennon/\]](https://www.infobae.com/mexico/2024/07/16/quien-fue-maria-sabina-la-curandera-que-usaba-hongos-alucinogenos-y-conocio-a-walt-disney-y-john-lennon/)

Cruz Velázquez, S.M. (2020). Evaluación química, nutricional y biológica de cinco especies de bacidiomicetos para el diseño y formación de un producto con aplicación medicinal, cosmética y alimenticia [Informe Final, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-CONCYT, Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología-SENACYT, Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología-FONACYT, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala]. [\[https://biblioteca.senacyt.gob.gt/library/images/b/b3/FODECYT_2017.54.pdf#:~:text=Componentes%20estructurales%20con%20actividad%20biol%C3%B3gica:%20La%20gran,d%C3%A9cadas%20el%20inter%C3%A9s%20en%20estudiar%20estos%20organismos.\]](https://biblioteca.senacyt.gob.gt/library/images/b/b3/FODECYT_2017.54.pdf#:~:text=Componentes%20estructurales%20con%20actividad%20biol%C3%B3gica:%20La%20gran,d%C3%A9cadas%20el%20inter%C3%A9s%20en%20estudiar%20estos%20organismos.)

SNAP-Ed Conexión, s.f. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

[\[https://snaped.fns.usda.gov/resources/nutrition-education-materials/seasonal-produce-guide/mushrooms\]](https://snaped.fns.usda.gov/resources/nutrition-education-materials/seasonal-produce-guide/mushrooms)

FEDNA Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, s.f. Avena.

[\[https://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/avena\]](https://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/avena)

FEDNA Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, s.f. Paja de cereales trigo y cebada. [https://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/paja-de-cereales-trigo-y-cebada]

FEDNA Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, s.f. Maíz. [<https://www.fundacionfedna.org/node/370>]