



TRABAJO FINAL DE
GRADUACION

Licenciatura en Nutrición

Composición nutricional y el contenido de
cafeína en hongos cultivados en borra de café y
en yerba mate

Roma, Romina

Tutora: Lic. Calo, Maria Carla

Co Tutora: Mg. Lic. Riba, Guillermina

Asesoramiento metodológico: Dra.Mg Vivian Minnaard

2025

“El papel de lo infinitamente pequeño en la naturaleza es infinitamente grande”
Louis Pasteur

A Nahuel, Martina, Julian y a mi papá.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, mis hijos y mi marido, que me acompañaron en este proceso, con cambios de rutina, complementando tareas, y entendiendo mi compromiso y amor por esta profesión, y lo difícil que fue sobre todo este último año.

A mi mamá, mis hermanos y sobrinos, siempre presentes y un poco dejados de lado.

A mi papá, que me acompañó en todo momento desde otro lugar, que extraño todos los días y me dio fuerzas para seguir adelante.

A mis amigas incondicionales, a mis amigos y compañeros de la vida y los amigos que me dio la facultad, por comprender las ausencias y por celebrar juntos los logros.

A Carla, por contagiarme las ganas de investigar y explorar este camino, por su acompañamiento, generosidad de tiempo y amabilidad.

A Guillermina, Dolores, Florencia, Paula y Julieta, enormes protagonistas de este grupo de investigación.

A mi asesora metodológica Vivian, por su dedicación a toda hora para este trabajo.

A la Universidad Fasta por ser el medio por el que alcanzo mis conocimientos y experiencia profesional.

A mi, por jugármela y no bajar los brazos.

RESUMEN

Introducción El hongo *Pleurotus spp.* destaca por su buen perfil nutricional, su alto contenido proteico y propiedades funcionales. Su cultivo en residuos como borra de café y yerba mate es una alternativa sustentable que permite producir alimentos nutritivos y de bajo impacto ambiental.

Objetivo Analizar la composición nutricional y el contenido de cafeína en hongos cultivados en borra de café y en yerba mate en la ciudad de Mar del Plata en 2025.

Materiales y métodos La investigación se desarrolla en forma cuasi experimental ya que se identifican variables que el investigador manipula y se considera longitudinal por las etapas que se identifican y que se desarrollan en momentos diferentes.. Los datos fueron analizados a través de análisis bioquímicos y comparándolos con bibliografía.

Resultados: Los hongos cultivados en borra de café presentaron mayor humedad, buen aporte proteico y bajo contenido graso, junto con un valor energético reducido, lo que refuerza su valor como alimento funcional. Además, se identificó una cantidad significativa de cafeína (73 mg/100 g) en los hongos cultivados de elaboración propia, comparable a alimentos estimulantes como el chocolate negro, mientras que los cultivados con yerba mate presentaron niveles mucho menores. Esto sugiere que el tipo de sustrato influye en la bioacumulación de compuestos bioactivo

Conclusiones Estos hallazgos abren nuevas posibilidades de aplicación en nutrición deportiva o funcional, pero también requieren una evaluación cuidadosa según el grupo poblacional, especialmente en personas que deban restringir el consumo de cafeína. Se destaca, además, el valor de los residuos agroindustriales como insumo sustentable en la producción alimentaria.

Palabras claves *Pleurotus spp.*, borra de café, cafeína, alimentos funcionales, sostenibilidad alimentaria.

ÍNDICE

Introducción	6
Estado de la cuestión	10
Materiales y métodos	22
Resultados	25
Conclusiones	40
Referencias Bibliográficas	

Introducción

En la actualidad el cultivo y consumo de hongos se encuentra en auge, impulsado por la innovación en la elección de distintos tipos de sustratos, lo que resulta interesante además para el reciclaje de algunos residuos orgánicos y por las nuevas técnicas de cultivo. La variedad de hongos *Pleurotus* es robusta, una de las más cultivadas dentro de las especies de hongos comestibles, se adapta fácilmente a diferentes tipos de entornos lo que hace su sencilla técnica de cultivo y posee un significativo perfil nutricional, según Irshad et al. (2023)¹.

Los hongos comestibles son una fuente importante de nutrientes, de proteínas, carbohidratos, grasas, fibra, vitaminas y minerales. Son utilizados tanto en una dieta variada y equilibrada como para usos medicinales por sus capacidades antioxidantes, inmunomoduladoras y antiinflamatorias, como sostienen Maftoun et al. (2015)².

Es interesante el análisis del contenido de proteínas en los hongos *Pleurotus spp.*, según el susceptibles al ataque microbiológico y a la contaminación, a las reacciones de pardeamiento enzimático y al daño mecánico, debido a su estructura epidérmica delgada y porosa (Moreno Muñoz et al. 2018)³. Un estudio realizado por Elhusseiny et al. (2021)⁴, revela que es muy completo su perfil de aminoácidos y son particularmente beneficiosos y versátiles para ser incluidos en una alimentación vegetariana y vegana, sumado por su alta biodisponibilidad. La especie *Pleurotus* es la que muestra un mayor contenido proteico, rondando el 25% (Irshad et al., 2023)⁵.

La elección de la borra del café, un residuo sólido que se obtiene luego de la preparación del café, como sustrato para el cultivo de *Pleurotus*, es una solución ecológica y sostenible, y es una alternativa de aprovechamiento de estos residuos, según argumentan Nieto Juárez et al. (2021)⁶.

Este residuo está generado tanto por domicilios particulares, cafeterías y algún otro establecimiento como actividad cotidiana, lo que lo convierte en una ventaja que tiene poca aplicabilidad y alto aprovechamiento como sustrato por sus características composicionales (Arenas Diaz, 2018)⁷

Dentro de las actividades agroindustriales se generan residuos líquidos y sólidos, lo

¹ Los hongos *Pleurotus* tienen potencial de ser utilizados en productos farmacéuticos, poseen propiedades antioxidantes y contienen una concentración de micronutrientes como Na, Ca, K y Mg principalmente, y en menor proporción Mn, Mo, Cr, Cu, Mo, Co, Fe, Se y Zn.

² La investigación se enfocó en analizar las actividades biológicas de estos hongos más allá de sus propiedades nutricionales, con el fin de comprender mejor su potencial medicinal y la aplicación en beneficio a la salud humana.

³ Parte de su estudio fue caracterizar hongos frescos y en conserva.

⁴ Los autores analizaron propiedades de extractos acuosos obtenidos de *Agaricus bisporus*, *Pleurotus columbinus* y *Pleurotus sajor-caju*.

⁵ Destacan que el mundo está en búsqueda de suplementos ricos en proteínas, ya que tienen un papel importante en el desarrollo y mantenimiento del crecimiento del cuerpo. ⁵ Parte de su estudio fue caracterizar hongos frescos y en conserva.

⁶ Evaluación de sustratos de cultivo, rendimiento, optimización y calidad de los hongos cosechados.

⁷ Trabajo de grado para la determinación del sustrato de mayor eficiencia para el cultivo de hongo shiitake a parte de residuos agrícolas con borra de café residual y tusa de maíz.

que motiva a su aprovechamiento, alentando a investigaciones o proyectos que los incluyan, como aseveran Cury et al. (2017).

Otro sustrato con características interesantes para el cultivo de hongos comestibles es la yerba mate, *Ilex paraguariensis Saint Hilaire*, planta nativa de América del Sur. Tras su procesamiento se obtiene una infusión estimulante, de alta aceptación y consumo en Argentina, lo que genera grandes cantidades de desechos una vez consumida, convirtiéndola en un sustrato de fácil acceso y alta disponibilidad. En un ensayo se eligieron tres tipos de sustratos para el análisis de rendimiento de cultivo de *Pleurotus* con la inclusión de la yerba mate. Un primer sustrato estaba compuesto por yerba mate pura, otro con yerba mate suplementada con salvado de trigo y un tercer sustrato tomado como control que solo contenía paja de trigo. Concluyendo el mismo que la yerba mate no es recomendada como sustrato eficiente para el cultivo de hongos *Pleurotus* (Jaramillo Mejia, 2014)⁸.

Estos sustratos poseen cafeína en su composición y su contenido, principalmente en la borra del café y su potencial transferencia a los hongos cultivados, generan interrogantes sobre cuál sería el efecto de este compuesto en la composición nutricional y en las propiedades organolépticas, como el posible poder antioxidante y su acción estimulante (Job, 2004)⁹.

La cafeína, un alcaloide antioxidante presente de forma natural en plantas como el café, el té, el cacao y la yerba mate, es un componente importante a considerar al utilizar borra de café y yerba mate como sustrato en el cultivo de hongos. Por ello resulta fundamental analizar la cantidad de cafeína transferidas del sustrato inicial al hongo cultivado y así poder evaluar las implicancias de dicho contenido para el posterior consumo, tanto en las características organolépticas del hongo como en los beneficios funcionales de su ingesta. Un estudio realizado por Nieto Juárez et al. (2021) indicó que el contenido de cafeína transferido al hongo es despreciable; sin embargo, Torres-Ugaldea et al. (2020)¹⁰ un año antes, concluyó que la cafeína se encuentra en cantidades considerables lo que justifica se su recomendación a ciertas poblaciones que se podrían ver beneficiadas por su consumo como así también la restricción de su consumo, como en el caso de los niños.

En este contexto surge el problema de investigación :

¿Cuál es la composición nutricional y el contenido de cafeína en hongos cultivados en borra de café y en yerba mate en la ciudad de Mar del Plata en 2025.?

El objetivo general de la investigación es

Analizar la composición nutricional y el contenido de cafeína en hongos cultivados en

⁸ Trabajo enfocado en el diseño y realización de estandarización de procesos de producción de hongos pleurotus utilizando métodos de bajo costo, incluyendo la selección de diferentes sustratos, diferentes condiciones de cultivo, y técnicas de inoculación.

⁹ Destaca en su estudio que gran variedad de desechos de lignocelulosa como la paja de varios cereales, aserrín, desechos de algodón, desechos de caña de azúcar, entre otros, están siendo utilizados como sustratos de base para el cultivo de hongos comestibles.

¹⁰ La cafeína es el psicoestimulante más consumido en el mundo.

borra de café y en yerba mate en la ciudad de Mar del Plata en 2025.

Los objetivos específicos son:

Determinar la composición nutricional de los hongos cultivados en borra de café;

Examinar la composición nutricional de los hongos cultivados en yerba mate

Indagar el contenido de cafeína de los hongos cultivados en borra de café;

Sondear el contenido de cafeína de los hongos cultivados en yerba mate ;

Determinar el proceso o las etapas de cultivo del hongo en ambos sustratos.

Estado de la cuestión

Los hongos comestibles tienen una producción a nivel global que ronda aproximadamente los 6 billones de toneladas. En este contexto se destaca el cultivo de hongos ostras, siendo China uno de los mayores productores. En la región latinoamericana, México es uno de los países que perfeccionó y adaptó mejor las técnicas de cultivo. Chile se ubica en segundo lugar en países que modificaron dichas técnicas. Ambos países se propusieron disminuir tanto costos de materiales y de producción y a su vez modificar las técnicas artesanales de producción, optimizando así la eficiencia del cultivo (Acosta Redondo y Tenjo Gaitan, 2023)¹¹

A nivel nacional, hay un importante crecimiento de la producción de hongos comestibles, y precisamente la especie *Pleurotus* se ha destacado por ser una variedad de fácil y conveniente producción gracias a su adaptabilidad a distintos tipos de sustratos y de diferentes condiciones ambientales, siendo a su vez resistente a pestes y otros microorganismos. Se crearon cámaras de productores de distintas regiones del país, promoviendo su cultivo, su producción a través de foros y eventos. Los principales centros de producción son las provincias de Neuquén, Río Negro, Mendoza, Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba. Hay un consumo per cápita aún un poco bajo, rondando los 50 gr por año, pero en franco aumento. (González Matute, Devalis y Curvetto, 2024)¹²

El nivel de producción es cercano a los 4.191 kg al mes dentro de los productores locales, siendo las gírgolas *Pleurotus spp.* la principal especie producida, seguidos por la variedad shiitake, reishi y melena de león. Así mismo se encuentra el crecimiento de distintas actividades asociadas a cultivo de hongos, creación de organismo, dictados de cursos, asesoramientos a emprendedores, eventos y reuniones académico-científicas. (González Matute et al., 2025)¹³

El género *Pleurotus* es un tipo de hongo perteneciente al grupo de los *basidiomycetes*, una de las divisiones más importantes del reino Fungi. Comprende aproximadamente setenta especies destacando entre ellas el *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus sajor-caju*, *Pleurotus florida* y *Pleurotus columbinus*. Estas especies están distribuidas ampliamente en regiones templadas y tropicales, cuya variabilidad en las condiciones ambientales y climáticas puede influir en las distintas características morfológicas con las que luego pueden ser identificadas (Maftoun et al. 2015)¹⁴.

Con respecto a la variedad *Pleurotus*, este tipo de hongo tiene un periodo de vida de siete a ocho semanas, iniciando en la madurez del hongo que suelta sus esporas que dan inicio a la vida del micelio. Luego se dará origen al cuerpo fructífero concluyendo el final del

¹¹ Los investigadores realizaron un plan de negocios para la producción de orellanas o *Pleurotus ostreatus* como alternativa en la nutrición y el acceso a ingresos con enfoque sostenible.

¹² Autores del artículo cultivo de hongos comestibles como forma de reinserción social para el boletín electrónico del Conicet Bahía Blanca.

¹³ El trabajo analiza la situación actual del consumo, la legislación y las especies de hongos comestibles, tanto de producción como nativas silvestres, en Argentina.

¹⁴ Los autores desarrollan mayor información sobre la temática del valor medicinal de los hongos comestibles *Pleurotus spp.*

ciclo cuando al estar maduro se vuelve a repetir el ciclo liberando sus esporas (Olvera-García et al. ,2017)¹⁵

La especie *Pleurotus*, comúnmente conocida como hongos ostras, presenta diferentes tamaños y colores que destacan cada una de las variedades. Su cuerpo fructífero tiene forma característica de ostra y los colores pueden variar dentro los tonos blancos, grises, amarillos, rosados, marrones y azulados. Estas características morfológicas dependen del tipo de sustrato en el que fueron cultivadas, como así también de su hábitat natural y las distintas condiciones ambientales. La capacidad de los hongos *Pleurotus* para adaptarse a diferentes sustratos y condiciones les confiere una ventaja ecológica significativa, permitiendo su cultivo en una amplia variedad de entornos (Raman et al., 2021)¹⁶.

Es relevante mencionar que el Código Alimentario Argentino (CAA) Art. 1249: (Res. Conj. 92/2012 SPReI y 287/2012 SAGyP)¹⁷ considera que “Con la denominación de hongos comestibles, se entiende el cuerpo fructífero de hongos superiores pertenecientes al Reino Fungi, *Ascomycetes* y *Basidiomycetes*, silvestres o de cultivo y que frescos, secos o en conserva, se emplean en alimentación humana.”

El cultivo de la especie *Pleurotus* se realiza en diversos sustratos preparados a tal fin, así como en troncos de distintas especies de árboles. El proceso básico comprende la preparación del medio de cultivo y la elección de las diferentes mezclas de sustratos, ya que de estos dependen los nutrientes que los hongos requieren para su desarrollo. Se debe tener en cuenta que los hongos *Pleurotus* tienen la capacidad de descomponer los compuestos ricos en lignina, hemicelulosa y celulosa. Muchos de estos componentes se encuentran en desechos forestales, agrícolas y agroindustriales. Entre los sustratos más comunes para cultivar hongos se encuentran la paja de trigo y de otros cereales como la cebada y el centeno. También se utilizan bagazos de caña, pulpa y cáscaras de café, virutas de maderas y aserrín de álamo. Para promover un crecimiento óptimo de los hongos *Pleurotus*, se debe realizar una combinación de distintas proporciones de sustratos, lo que aumenta la eficiencia biológica y se diversifica la composición química de los cuerpos fructíferos obtenidos (Jaramillo Mejía y Alberto, 2014)¹⁸.

Si nos referimos a los pasos del proceso tradicional de cultivo de hongos Ojeda,

¹⁵ Estudio enfocado en lacasas, enzimas fenoloxidasas sintetizadas por organismos como insectos, bacterias, plantas y hongos.

¹⁶ Los autores son trabajadores de la División de Investigación de Hongos del Instituto Nacional de Ciencias Hortícolas y Herbales, en la República de Corea e investigan sobre diferentes desechos agrícolas y su preparación para el cultivo de la especie *Pleurotus spp.*

¹⁷ Conjunto de disposiciones higiénico-sanitarias, bromatológicas y de identificación comercial que fue puesto en vigencia por la Ley 18.284, reglamentada por el Decreto 2126/71, y cuyo Anexo I es el texto del CAA. Sancionado en 1969 en constante actualización.

¹⁸ Análisis de los distintos sustratos viables para el cultivo de *pleurotus ostreatus*, el tratamiento previo a la siembra, la influencia del inoculante en la producción y el manejo de la producción propiamente dicha.

(2023)¹⁹ organiza el mismo iniciando con la selección de sustratos lignocelulósicos, tales como paja de trigo, aserrín o restos de cosecha, que deben humedecerse hasta alcanzar una humedad entre el 65 % y 75 % y luego ser pasteurizados o esterilizados para eliminar agentes contaminantes. Una vez que el sustrato se encuentra a temperatura adecuada, se inocula con micelio en polvo o grano comercial en proporciones del 3,5 % al 5 % en peso húmedo, o aun en mayores proporciones, distribuyendo homogéneamente en bolsas de polietileno que pueden estar provistas de filtros para ventilación o no. Durante el periodo de incubación, que se extiende entre 15 y 25 días en condiciones de oscuridad y temperaturas que oscilan entre 20 °C y 30 °C, el micelio coloniza por completo el sustrato. Luego, se induce la fructificación mediante un choque térmico, con reducción de temperatura, aumento de la humedad relativa entre 85-95 %, iluminación tenue y ventilación controlada, lo que favorece la formación de primordios. En un período de 5 a 10 días aparecen los cuerpos fructíferos listos para la cosecha, la cual puede realizarse en hasta tres oleadas por ciclo productivo.

En el cultivo de hongos *Pleurotus* es fundamental tener en cuenta el material con el que se va a preparar el sustrato, ya que éste será el lugar de desarrollo de los mismos. Los componentes adecuados y necesarios para que el hongo se desarrolle deben contener principalmente lignina, además de carbono que actúa como fuente de energía para cumplir con sus actividades metabólicas. El contenido de nitrógeno del sustrato no necesariamente tiene que estar en grandes cantidades, pero su presencia es importante. El nitrógeno contribuye al rápido crecimiento micelial y a la formación de cuerpos fructíferos. Estas características y las distintas cantidades de estos componentes tienen injerencia en el pH del sustrato por lo que puede afectar la fructificación del hongo *Pleurotus*. La estandarización en este tipo de cultivos es esencial para lograr obtener uniformidad, constancia y continuidad con el suministro de los nutrientes (Picornell et al. 2017)²⁰.

Segun Ttupa Chuco y Mercado Cayturo (2022)²¹, el sustrato es el medio de cultivo de características sólidas e inertes que aporta los requerimientos necesarios para el desarrollo de los hongos tales como la humedad, aireación y nutrientes. Estos pueden provenir del hábitat natural del hongo, de una réplica del mismo, o de sustratos de origen residual, orgánicos o minerales. La elección se basará en las distintas propiedades que los diferencien, para obtener la mejor producción. Dentro de ellos se destacan la accesibilidad, disponibilidad, la localización, el costo económico, las características fisicoquímicas y su composición.

Como especifican Bombin et al. (2022)²², la borra de café contiene gran cantidad de

¹⁹ Publicación conjunta del INTA, la secretaría de agricultura, ganadería y pesca y el Ministerio de economía de Argentina sobre producción de hongos comestibles, en este caso gírgolas.

²⁰ Sus estudios están centrados en la suplementación en la elaboración del sustrato nutritivo para lograr un óptimo crecimiento de las especies *pleurotus*.

²¹ Utilización de bagazo de caña de azúcar como sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus*.

²² Estos autores investigan sobre el uso de residuos de café como precursores de biopolímeros y para la producción de compuestos poliméricos.

hidratos de carbono, proteínas, lípidos y minerales. Los carbohidratos incluyen polisacáridos, con un contenido aproximado de 8-15% de celulosa y entre 30-40% de hemicelulosa. Estos componentes son potencialmente hidrolizables resultando así la liberación de arabinosa, glucosa, galactosa y manosa. Se destaca también la lignina dentro de la fibra de la borra de café, rondando el 20-30%. Sumado a lo anterior, la borra de café presenta un contenido proteico de entre 13-17% y lípidos entre 7-21%, dentro de estos últimos se encuentran los ácidos grasos linoleico, palmítico y oleico.

Nieto Juárez et al. (2019)²³ sostienen que para hacer frente a la gran cantidad de residuos sólidos que se generan en los sectores productivos, se piensa en la reutilización de los mismos recuperando parte de lo que sería destinado a la disposición final de los desechos. Distintos tipos de industrias alimentarias y agroindustriales producen grandes volúmenes de residuos sólidos, como es el caso de las industrias cafetaleras y de los espacios gastronómicos denominados cafeterías, de los cuales se recupera la pulpa y/o la borra de café. Esto genera una gran cantidad de residuo aprovechable, convirtiéndose en una alternativa de bajo costo para la producción y el cultivo de hongos comestibles. No requiriendo además el uso de agroquímicos, promoviendo la sustentabilidad y el cuidado del medio ambiente. La característica principal que hace a la borra de café como un sustrato ideal para el cultivo de *Pleurotus* es el contenido de compuestos lignocelulósicos. Además los autores aseveran que el cultivo de hongos comestibles en borra de café les aporta a los mismos altos valores nutricionales, proteicos y de perfil saludable.

Para el comienzo del cultivo de hongos, se requieren distintos tratamientos previos a la inoculación. Esta etapa se denomina acondicionamiento, donde se incluye la pasteurización del sustrato a utilizar y la esterilización de los distintos elementos de trabajo. La esterilización del mismo, la cual se puede realizar en autoclaves para de esta manera evitar contaminaciones externas que interfieran en el desarrollo del hongo (Arenas Diaz, 2018)²⁴.

La pasteurización es uno de los tratamientos de acondicionamiento del sustrato y se realiza a una temperatura menor que la esterilización, con el objetivo de eliminar los microorganismos patógenos mientras se preservan aquellos que pueden ser beneficiosos y evitar degradar los compuestos que puedan aportar nutrientes para el desarrollo de los hongos allí inoculados (Kumar et al., 2023)²⁵.

Es fundamental considerar la composición inicial de la borra de café. En la

²³ Estudio preliminar realizado en pulpa de café, donde se analizó la composición nutricional de hongos comestibles de la especie *pleurotus*.

²⁴ Los autores presentan un estudio enfocado en la utilización de residuos agrícolas a escala de laboratorio para el cultivo de shiitake o *lentinula edodes* y determinación del sustrato que presenta mayor eficiencia para su crecimiento.

²⁵ Reseña de beneficios saludables de diversas especies de hongos, abordando técnicas de cultivo y análisis nutricional de los hongos cultivados.

caracterización realizada por Pereira Montero (2022)²⁶, se identificaron diversos compuestos que pueden variar según el tipo de café utilizado cómo de la forma de preparación de la bebida. Dentro de los compuesto químicos encontrados en el análisis de la borra de café se destaca la presencia de nitrógeno total 1.90-2.30%, carbono total 47.80-69.50%, polifenoles 0.50-2.50%, taninos 0.02-0.12%, cafeína 0.2-0.45%, lignina 32.50-33.60, celulosa 8.50-15.30 mg/kg, hemicelulosa 31.70-41.70 mg/kg, proteína 6.70-23.70 mg/kg, lípidos 5-20 mg/kg y un contenido de humedad que ronda en 1.18-65.7%. Con respecto a la capacidad de degradación de la cafeína, sostiene que el hongo *Pleurotus ostreatus* tiene la habilidad de descomponer la cafeína presente en la borra de café. Lo que implica que se reduce la cantidad de cafeína que puedan absorber los cuerpos fructíferos.

Dentro de la diversidad de sustratos para el cultivo de girgolas, la yerba mate presenta un gran potencial. Esta hierba es ampliamente consumida en países sudamericanos, como Argentina, Paraguay y sur de Brasil, generando grandes cantidades de residuos a nivel doméstico principalmente. La yerba mate presenta en su composición un buen equilibrio en su contenido de carbono y nitrógeno. No obstante, en el análisis de distintas combinaciones de sustratos para hacer más eficiente el cultivo, se evaluó la adición a la yerba mate de aserrín de eucalipto, como así también se utilizó yerba mate desechada en el mismo momento del consumo y una yerba mate con descomposición parcial. Se incluyó además muestras con y sin esterilización. Los resultados de los mismos sugieren entonces que la combinación de la yerba mate junto a otros sustratos que aporten aireación al medio, como lo es en este caso el aserrín de eucalipto, conforman un sustrato no tóxico, con mayor eficiencia biológica y que produce un hongo comestible más saludable. (Klotz Neves et al., 2022)²⁷.

El perfil fisicoquímico de los hongos ostras es sumamente interesante y representa un cultivo de cosecha sencilla ofreciendo múltiples beneficios tanto nutricionales como medicinales. Esto se debe a los distintos compuestos que lo conforman, destacando el contenido proteico en *Pleurotus columbinus*, que es de 22,15%, carbohidratos 65,66%, fib 6,21%, grasas 2,02% y micronutrientes relevantes como calcio, potasio, fósforo, magnesio, sodio, cobre, zinc y hierro (Irshad et al., 2023)²⁸.

El contenido de humedad presente en los cuerpos fructíferos de los hongos *Pleurotus*, puede mostrar variaciones de acuerdo al tipo de especie específica que se esté estudiando. Generalmente la humedad oscila entre el 85-90%, según diferentes estudios,

²⁶ Tesis de graduación cuyo objetivo fue analizar parámetros de producción en el cultivo de hongos utilizando bagazo de caña de azúcar y borra de café, enfocado en eficiencia biológica, crecimiento micelial, tasas de producción, periodo productivo y composición final de los sustratos gastados.

²⁷ En este trabajo se evaluó si la especie *Pleurotus* controla los hongos patógenos encontrados en este tipo de desecho como es la yerba mate

²⁸ Los autores no sólo investigan sobre la especie *Pleurotus columbinus*, si no que amplían el estudio a otras especies de *Pleurotus* como *p. sajor-caju*, *p. ostreatus*, y *p. sapidus*, analizando la composición química, el potencial uso farmacéutico y las propiedades antioxidantes de los mismos.

citados por Agarwal et al. (2017)²⁹ más concretamente entre un 86% en el *Pleurotus ostreatus* hasta muestras que presentan un 89.17%. Esto se debe a que están relacionadas con los factores ambientales involucrados en el cultivo como la humedad ambiente, la temperatura, la ventilación, la calidad del sustrato. También juegan un papel importante los tiempos que transcurren durante el proceso desde la inoculación a la cosecha, como así también la influencia de la genética de los propios hongos que pueden afectar su capacidad para retener agua.

Otras investigaciones relacionadas al contenido de humedad fueron las realizadas por Valenzuela Cobos et al. (2019)³⁰ que arrojan resultados similares, en donde analizan diferentes muestras de *Pleurotus* cultivadas en distintas mezclas de sustratos. Muestran hasta un 91.06% a 92.55% de humedad en sustratos que contienen por ejemplo paja de trigo y musgo.

Tome Ramos (2022)³¹ lleva a cabo un análisis de humedad dentro de la composición proximal de los hongos *Pleurotus*, especialmente en aquellos que fueron cultivados en diferentes sustratos. En dicho estudio los resultados obtenidos rondan dentro de 72,23 al 89,36% de humedad, y que este contenido se ve influenciado por el balance de carbono/nitrógeno (C/N) presente en el sustrato de cultivo. En particular arroja un valor de 75% de humedad en los cuerpos fructíferos de hongos cultivados en un balance de C/N de 30. Medida entonces a tener en cuenta si se quiere obtener hongos comestibles con un contenido de humedad superior al 70%. De esta manera resalta la importancia de considerar el balance de nitrógeno y carbono como factor influyente para asegurar niveles óptimos de humedad.

El perfil de aminoácidos del *Pleurotus* es prácticamente completo por lo cual su incorporación en la dieta contribuye al buen funcionamiento del organismo. Son particularmente ricos en leucina y lisina, dos aminoácidos que no están presentes en el grupo de los cereales. Esta composición hace que ésta especie sea ideal para ser utilizada como sustituto de la proteína animal en una alimentación vegetariana o vegana. (Holgado Rojas et al., 2019)³².

El contenido proteico de la especie *Pleurotus* es comparable al de diversas proteínas encontradas en otros alimentos que son base de dietas occidentales, como huevos, distintos tipos de carne y legumbres, siendo estos de gran importancia para la diversificación de la alimentación actual. Al cuantificar el total de proteínas, mediante el método de Kjeldahl, en

²⁹ Amplían en este estudio con información de perfil nutricional completo de los hongos *Pleurotus*, analizan en otros ensayos propiedades antioxidantes y aplicaciones terapéuticas.

³⁰ Composición y propiedades biológicas de la especie *Pleurotus*, cultivada en sustratos a base de paja de trigo y musgo. Realizan caracterización química de los sustratos y de los cuerpos fructíferos. Además participan de diversos ensayos de análisis de sustratos y suplementos de los mismos de diferentes especies de hongos comestibles.

³¹ Tesis dedicada a la fructificación del hongo comestible *Pleurotus*, y su análisis del sustrato haciendo énfasis en el contenido de carbono y nitrógeno para su eficiencia y reutilización de residuos, principalmente el obtenido de las áreas verdes de la Universidad Nacional de Callao, Perú.

³² Análisis de composición nutricional de dos tipos de hongos en regiones de Cusco, Perú.

cuatro especies distintas: *P. djamor*, *P.ostreatus*, *R.oligosporus* y *A.oryzae*, se determinó que las especies con mayor contenido proteico fue *P. djamor* con 23.7% y *P.ostreatus* con 22.7% (Abril Alfaro et al., 2021)³³.

En relación a los hidratos de carbono presentes en los hongos comestibles *Pleurotus*, Moran Reascos (2024)³⁴ menciona su alto contenido y destaca la fibra que aportan los betaglucanos, uno de los polisacáridos más relevantes. Dentro de su estudio cuantificó el contenido de hidratos de carbono en distintas especies de *Pleurotus* encontrando valores que rondan el 45,62% para el hongo ostra gris y un 37,64% para el hongo *Pleurotus djamor*.

Vega et al. (2022)³⁵ aseguran que el tipo de sustrato utilizado influye en la cantidad total de carbohidratos encontrados y que estos valores están ubicados entre el 41,45% y el 51,06%. También confirma que sustratos con un bajo ratio de carbono/nitrógeno mostraron el contenido mayor de hidratos de carbono subrayando la importancia de controlar este balance para obtener diferencias en la cuantificación final de los mismos. También destacan la presencia de glucoproteínas, quitina y betaglucanos.

La presencia de ciertos hidratos de carbono es fundamental para el adecuado funcionamiento del sistema digestivo. Actúan en el organismo aumentando la viscosidad intestinal, principalmente por parte de la fracción de los glucanos, como así también estimulando la excreción de ácidos biliares mediante la fracción de la quitina y del quitosano. Sumado a esto, los glucanos tienen la capacidad de influir en la absorción de azúcares de los alimentos contribuyendo a disminuir los niveles de glucosa en la sangre. Además colaboran en la disminución de la presión arterial (Salata et al.,2018)³⁶.

Con respecto al contenido de lípidos en los hongos *Pleurotus* estos se consideran un alimento que contiene una baja concentración de grasas, cercano a 0.2–0.7%, y que poseen en su perfil lipídico, ácidos grasos esenciales como el oleico, el linoleico y el linoléico, pero no son considerados como fuente de grasas. Sande et al. (2019)³⁷ realizó una comparación a nivel mundial de distintas especies de hongos, sus sustratos de cultivo, su hábitat natural y la influencia de factores como la temperatura, la ventilación, la humedad, la exposición a la luz y los componentes del sustrato, que determinan las diferentes morfologías y composiciones nutricionales y como en este caso influye en la cuantificación de lípidos. Los

³³ Proponen la utilización de los hongos pleurotus en forma liofilizada como materia prima para suplementos proteicos pudiendo así elevar el contenido de proteínas de otras preparaciones como batidos, yogures, sopas, entre otros.

³⁴ El autor realiza su trabajo como magister en biotecnología evaluando las propiedades funcionales, nutricionales y actividades biológicas en harinas y concentrados proteicos obtenidos del hongo ostra rosado y del hongo ostra gris.

³⁵ Presentan un trabajo que incluye la actividad antioxidante de hongos *Pleurotus djamor* según la combinación de sustratos, principalmente en pulpa de café y mazorcas de maíz, como así también sus propiedades nutraceuticas del producto obtenido.

³⁶ Análisis de la actividad biológica de los hongos *Pleurotus*, que incluyen potenciales actividades terapéuticas, como por ejemplo para situaciones de dislipemias por la presencia de lovastatina.

³⁷ En este estudio se amplía la diversificación de hongos por el mundo, haciendo un relevamiento de las distintas especies y su contenido de ácidos grasos según la región de origen, dividida por continentes.

hongos presentan altos niveles de ácidos grasos poliinsaturados, rondando en 0.0 - 81.1% de ácido linoleico, entre 1.0 - 60.3% de ácido oleico y un 0.0 - 28.8% de ácido linolénico. Presentando para la especie *Pleurotus*, un contenido de ácido linoleico en un rango desde 29.5 - 53.8 % según la región de cultivo, y de 16.4 a 21.3% de ácido oleico. En comparación con otras fuentes de ácidos grasos, el contenido de linoleico es una fuente vegetariana superior que en las pechugas de pollo y que en la carne vacuna y de cerdo. Los autores además añaden la importancia del consumo de estos ácidos grasos esenciales en forma equilibrada para prevenir enfermedades como la obesidad y para la prevención de enfermedades cardiovasculares, ya que están asociados al transporte lípidos al hígado, con las proteínas de alta densidad, HDL.

Es relevante nombrar que dentro de las características nutricionales de los hongos *Pleurotus* se destaca la presencia de compuestos fenólicos, flavonoides y alcaloides, con propiedades antioxidantes y antimicrobianas y se destacan la bufenina, baecositina, bisnoriagonina, aeruginasina, psilocibina como alcaloides. Dentro de los fenólicos se encuentran el ácido gálico, ácido propiónico, metil-galato, ácido elágico, ácido siríngico, catequina e hispidina. (Del Moral Hernández et al., 2021)³⁸.

Cómo analizan Angelini et al. (2021)³⁹, el género de hongos *Pleurotus* posee una amplia actividad antioxidante y propiedades antimicrobianas, antibacterianas, antifúngicas e inmunomoduladoras. Todas estas características se ven influenciadas por el tipo de sustrato en el que son cultivados aportando la evidencia que en una muestra inoculada en un sustrato compuesto por borra de café junto a paja de trigo y aserrín de madera de roble se obtuvo como resultado una actividad antioxidante de media a baja.

Se puede agregar como propiedad funcional, su capacidad inmunoestimuladora, antineoplásica, con un efecto positivo en la prevención de la diabetes, y propiedades antioxidantes, antibacterianas, antiinflamatorias y con impacto beneficioso en enfermedades cardiovasculares evitando aterosclerosis, como evidencian en su estudio de compuestos bioactivos Golak Siwulska et al. (2018)⁴⁰.

Dentro del contenido vitamínico y mineral se destaca la presencia de potasio, fósforo, calcio, magnesio, sodio, cobre, zinc y cadmio dentro de los minerales y una gran fuente de vitaminas como niacina, riboflavina, folatos, vitamina C, tiamina, piridoxina, retinol y ergocalciferol (Torres Martínez et al., 2022)⁴¹.

³⁸ Perteneciente a la Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, México, formaron parte de un coloquio de investigación multidisciplinaria en 2021, para el área de Ingeniería química, y se analizó el potencial como alimento funcional del hongo *Pleurotus*.

³⁹ Investigación sobre la influencia de diferentes residuos agroalimentarios como sustrato para el cultivo de hongos *Pleurotus*, *columbinus* en el perfil químico bioactivo y sus potenciales propiedades antioxidantes y antimicrobianas.

⁴⁰ Investigadores que forman parte del departamento de cultivos vegetales de la Facultad de Horticultura y Arquitectura Paisajística, en Polonia, donde analizan los compuestos bioactivos y las propiedades medicinales de hongos *Pleurotus*.

⁴¹ Analizan el uso de la especie *Pleurotus*, como ingrediente para la manufactura de productos cárnicos, incrementando el potencial nutricional y las propiedades que promueven un estado saludable, como así también aumentan las características sensoriales de los mismos.

En referencia a la cantidad de cafeína presente en los hongos *Pleurotus* cultivados en borra de café, es relevante considerar al estudio realizado por Nieto Juarez et al. (2021)⁴². Llevaron a cabo un análisis del contenido de cafeína en estos hongos y obtuvieron como resultado un valor de 60 µg/g. Esto es significativo ya que estiman que el hongo absorbe un 65% de la cafeína que se encuentra en el sustrato donde fue cultivado y el resto queda en el medio y no se llega a absorber. A pesar de que se pudo cuantificar la presencia de cafeína, el contenido es bajo.

Beltran Delgado (2020)⁴³ considera que la especie *Pleurotus ostreatus* que es cultivada en sustratos que contienen residuos de café, tiene la capacidad de degradar la cafeína y que el cuerpo fructífero aumenta su contenido durante el proceso de desarrollo.

No es común que los hongos *Pleurotus* contengan cafeína en su composición nutricional, sobre todo en hongos cultivados en sustratos tradicionales o en su hábitat natural, por lo que se determina el contenido de cafeína en aquellos que fueron cultivados en sustratos que puedan contener este compuesto en su composición química, como lo es la borra de café como residuo. Esto también es influyente en las propiedades antioxidantes de los hongos *Pleurotus* por la presencia de los ácidos cafeico y clorogénico de la borra de café, potenciando el poder antioxidante propio de la seta, razón por la cual, Ramalho et al. (2018)⁴⁴ determinaron el contenido de cafeína en su ensayo al cultivar hongos en distintas composiciones de sustrato, con contenido de borra de café, y obtuvieron una cuantificación de 0,65 mg/g de cafeína y en comparación con distintas etapas de la toma de la muestra, se comprobó que la cantidad disminuye hacia el momento de la fructificación, pero aun así, la cafeína se acumula y no sufre total degradación. Se demostró entonces que los hongos que fueron cultivados sólo en borra de café absorbieron tanto el micelio como los cuerpos fructíferos una gran cantidad de cafeína, ya que no tenían otro compuesto diferencial para ser absorbido. La determinación del contenido de cafeína presente en estos hongos es de importancia ya que debe ser tomada en cuenta al considerarlos parte de la ingesta dietaria, por su aporte tanto de antioxidantes como por su potencial efecto estimulante.

La cafeína es un compuesto psicoestimulante que puede aumentar el estado de alerta y provocar una reducción de la fatiga. Por consecuencia es fundamental evaluar el contenido en este tipo de alimentos y poder así ofrecer recomendaciones nutricionales que sean seguras y adecuadas, teniendo en cuenta la población a la cual está dirigida. Como expone Torres Ugalde et al. (2020)⁴⁵, aún no está claro el efecto de la cafeína en población

⁴² Estudio realizado con el propósito de evaluar la potencialidad del cultivo de *Pleurotus*, en borra de café para la valorización de dicho residuo.

⁴³ Estudio de los procedimientos para producción de hongos *Pleurotus*, con potencial aplicación farmacológica, análisis de sustrato de cultivo y determinación química de compuestos de los cuerpos fructíferos.

⁴⁴ Investigadores pertenecientes al departamento de química y de ingeniería en alimentos realizaron un ensayo con énfasis en los métodos de extracción y análisis de cafeína en hongos cultivados en borra de café y su potencial propiedad antioxidante.

⁴⁵ Revisión sistemática de la literatura en los efectos fisiológicos y cognitivos de la cafeína en la infancia.

infantil, por lo que toman como sugerencias de ingesta en menores de 12 años debe ser por debajo de 2,5 mg/kg/día. Igualmente, es un compuesto que no está recomendado su consumo en la infancia por sus posibles efectos adversos a nivel de desarrollo cognitivo principalmente. Por el contrario, las recomendaciones para adultos de consumo de cafeína diaria se encuentra en el rango de 100-300mg/día. Dentro de estos valores, el consumo de cafeína tiene potenciales efectos benéficos, como la mejora del rendimiento físico y cognitivo.

En lo que respecta al contenido de cafeína en la yerba mate, en su análisis como producto comercial en su estado seco listo para su consumo se ha podido estimar que en 45 gramos de yerba mate contiene aproximadamente 124,4 mg de cafeína (Benitez Villalba et al. 2021)⁴⁶.

Por otro lado, Castro et al. (2018)⁴⁷ realizaron un relevamiento del consumo de cafeína en estudiantes analizando las distintas bebidas que consumen a lo largo del día. En este estudio se logró cuantificar los valores de 0,33 mg/mL de cafeína en muestras de 250 cc de mate cebado.

Dentro de su análisis de la ingesta de alimentos con contenido de cafeína, Zummer et al. (2024)⁴⁸ presentaron valores de este compuesto en diferentes preparaciones a base de yerba mate y mostraron concentraciones en el rango de 180 mg/lit en mate cocido y de 950 mg/lit en mate cebado.

Para finalizar en una de las últimas investigaciones publicadas sobre cultivo en borra de café enfatiza la importancia del sustrato utilizado a la hora de cultivar hongos comestibles y la influencia en particular de la borra de café como parte del mismo. De esta manera resalta la viabilidad de su uso tanto en la eficiencia biológica, como en ciertas propiedades nutricionales que se ven incrementadas. En este estudio se utilizaron cuatro diferentes cultivos, con distintas concentraciones de borra de café. En una muestra se usaron 25% de borra de café, 25% de aserrín de roble y 50% paja de colza. la segunda muestra con 25% de borra de café, 25% de fibra de habas y 50% de aserrín de roble, una tercera muestra con 50% de borra de café y 50% de aserrín de roble y una cuarta muestra con sustrato tradicional, que fue comprado en un comercio especializado de cultivo y no describe su composición. De este análisis se obtuvieron parámetros de composición nutricional y análisis sensorial. Se destacan en estos resultados valores elevados del contenido de proteínas en la muestra con mayor concentración de borra de café y con un buen perfil de aminoácidos, todo esto altamente relacionado a la buena cantidad de nitrógeno orgánico presente en la borra de café, compuesto esencial en la composición de

⁴⁶ Estudio enfocado en la validación de metodologías analíticas para la determinación y cuantificación de cafeína en yerba mate comercial.

⁴⁷ Estudio publicado en la Revista de Toxicología basado en el cálculo de ingesta de cafeína en estudiantes de etapa escolar y de educación superior de San Salvador de Jujuy, Argentina.

⁴⁸ Realizan una descripción de la alimentación según la calidad del sueño percibida en adultos del Área Metropolitana de Buenos Aires y Mar del Plata, febrero de 2023.

los aminoácidos. Dentro de los aminoácidos libres en mayor presencia se encuentran la alanina, glutamina y ácido glutámico, en la muestra con mayor contenido de borra de café como así también la mayor cantidad de aminoácidos esenciales. Los hongos cultivados en sustratos con mayor concentración de borra de café comparados con los sustratos en menor concentración o en sustratos tradicionales, presentaron a su vez mayores diferencias en contenido de cenizas, levemente mayor en contenido de lípidos y una mayor cantidad de proteínas, siendo este último parámetro de importancia relevante (Juvik, 2022)⁴⁹.

⁴⁹ Tesis de Maestría en Ingeniería química y biotecnología sobre el análisis de calidad y aceptación de hongos cultivados en borra de café, con una completa evaluación sensorial y actitudes de consumo, perfil de aminoácidos y proteico, de lípidos, de cenizas y de materia seca en diferentes sustratos con concentraciones de borra de café en comparativa con el sustrato tradicional.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolla en forma cuasi experimental ya que se identifican variables que el investigador manipula y se considera longitudinal por las etapas que se identifican y que se desarrollan en momentos diferentes. En el presente estudio se realizó el cultivo de la variedad de hongos *Pleurotus columbinus* en diferentes sustratos compuestos principalmente por borra de café reutilizada y yerba mate, además del agregado o no de aserrín según la muestra a preparar. Se llevaron a cabo los procesos de cultivos tradicionales, en condiciones establecidas para el mismo, con diferentes características de preparación y acondicionamiento, y luego se ejecutaron las etapas de inoculación, incubación, inducción, fructificación, cosecha y análisis de las muestras obtenidas.

Se presenta a continuación el listado de variables:

- Presencia g de Hidratos de Carbono totales /100 g de muestra
- Presencia g de Proteínas totales /100 g de muestra
- Presencia g de Materia grasa /100 g de muestra
- Presencia mg de Cafeína /100 g de muestra
- Valor energético
- Presencia de humedad/ cada 100 g

Análisis de datos

Para la siguiente investigación se analizaron y compararon la composición nutricional y el contenido de cafeína de cuerpos fructíferos de *Pleurotus* cultivados en dos tipos de sustratos residuales , borra de café y yerba mate, con aquellos ejemplares cultivados en su hábitat natural o en sustratos tradicionales de cultivo. Se llevaron a cabo diferentes determinaciones bioquímicas bajo métodos estandarizados de laboratorio. Las muestras analizadas fueron cosechadas al alcanzar la madurez óptima para el consumo

Características de preparación





Se realizaron diferentes protocolos, cada uno para cada etapa del proceso del cultivo, en los mismos se fijaron la fecha de inicio del cultivo, los objetivos a cumplir en todos los pasos del proceso del cultivo. Se fijan los tiempos de cada etapa. Se listan los materiales a utilizar. Se plantean los requisitos de presentación de vestuario y accesorios tanto del personal docente como del personal auxiliar. Se describen los pasos, etapas, tiempos, tipo y tiempo de pasteurización a realizar, insumos, y sustratos elegidos. En este estudio se analizaron dos muestras diferentes en dos fechas diferentes pero bajo las mismas condiciones. La muestra “A” estuvo compuesta por borra de café, micelio, aserrín y yerba. La muestra “B” estuvo compuesta por yerba, borra de café y micelio.

Características del acondicionamiento

El acondicionamiento comienza con la preparación de cada uno de los componentes del sustrato de cada muestra a inocular. Pueden ser trozados a un menor tamaño. En el presente estudio se eligieron como sustratos, borra de café, yerba mate, aserrín y micelio. Realizándose dos muestras con diferentes mezclas.

Una vez obtenidas las características esperadas de cada compuesto, se inició la pasteurización por hervido en el laboratorio, a temperatura y tiempo preestablecido en protocolo de la borra de café y de la yerba mate . Cada compuesto del sustrato se filtró por separado. Luego se enfrió en bandejas adecuadas en la mesada y luego se colocaron en refrigeración hasta que se obtuvo la temperatura esperada. Al salir de la refrigeración se controló temperatura, pH y, luego se procedió con la siguiente etapa que es la inoculación.

Cuadro 1: Etapa de acondicionamiento en proceso de cultivo de hongos

Etapa de acondicionamiento	
	
<p>Acondicionamiento del sustrato: Yerba mate y borra de café.</p>	<p>Acondicionamiento del sustrato: Aserrín no tratado.</p>
	
<p>Pasteurización de borra de cafe</p>	<p>Pasteurización de yerba mate</p>



Control de pH en borra de café luego del proceso de pasteurización

Fuente: elaborado sobre datos de la investigación



Etapa de inoculación


Para la etapa de inoculación se trabajó en un ambiente con condiciones controladas, se pesaron todos los sustratos previamente acondicionados junto con el micelio, el cual requiere de mayor control en su manipulación.

Se realizó la mezcla en bolsas bajo buenas prácticas para evitar contaminación externa, utilizando guantes, barbijos, cofia.

Una vez que se obtuvieron las mezclas establecidas en el protocolo, se colocaron en bolsas especialmente preparadas , se etiquetan con el número de muestra y se pasa a la etapa de incubación .

Cuadro 2: Etapa de inoculación del proceso de cultivo de hongos

Etapa Inoculación	
	
Pesaje de los sustratos para el armado de las mezclas a inocular	Incorporación del micelio al sustrato

	
<p>Sustrato mezclado listo para embolsar</p>	<p>Muestra embolsada: borra de café, micelio, aserrín, yerba mate</p>
	
<p>Muestra embolsada: yerba mate, borra de café, micelio</p>	<p>Muestras preparadas para la etapa de incubación .</p>

Fuente: elaborado sobre datos de la investigación

Etapa de incubación

En la etapa de incubación, se llevaron las muestras a un ambiente con temperatura controlada sin luz, se realizaron controles a diario de temperatura y humedad.

Cuadro 3: Etapa de incubación del proceso de cultivo de hongos

Etapa de incubación	
	
Muestra de yerba mate en etapa de incubación	Muestra de borra de café en etapa de incubación
	
Muestra de borra de café en colonización lista para llevar a inducción	Muestra de sustrato de yerba mate ya colonizado en etapa de incubación avanzada.

Fuente: elaborado sobre datos de la investigación

Etapa de inducción



En esta etapa se llevaron las muestras que ya están colonizadas a refrigeración por un tiempo y temperatura determinadas, para provocar un cambio en las condiciones de la muestra que promuevan su fructificación.

Etapa de fructificación

La etapa de fructificación se realizó en un invernadero con control de temperatura, humedad, luz y ventilación del ambiente. En esta etapa se espera que con el cambio de

condiciones ambientales comiencen a aparecer los primordios, es decir la primera etapa del crecimiento de los cuerpos fructíferos de los hongos. Se observaron longitudinalmente en el tiempo controlando las características de su crecimiento, si sufren algún tipo de alteraciones, contaminación y se esperó a su maduración.

Cuadro 4: Etapa de fructificación del proceso de cultivo de hongos

Etapa de Fructificación	
	
<p>Muestra con Borra de café en etapa de fructificación</p>	<p>Muestra con yerba mate el día de inicio de la fructificación.</p>
	
<p>Muestra etapa de fructificación, toma de medidas longitudinales para determinar cosecha.</p>	<p>Muestra inoculada en yerba mate, etapa de fructificación, primera oleada de primordios, estos son la primera etapa de crecimiento del cuerpo fructífero.</p>


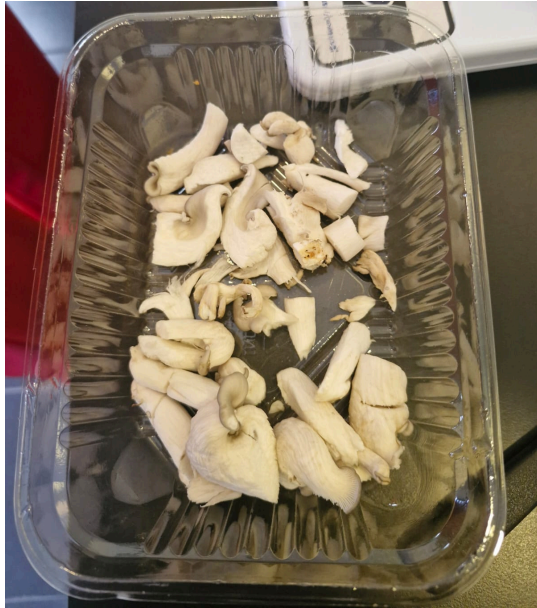
	
<p>Muestras en etapa de fructificación.</p>	<p>Muestras en etapa de fructificación</p>

Fuente: elaborado sobre datos de la investigación

Cosecha y análisis de las muestras obtenidas.

Para la cosecha de las muestras se buscó obtener una medida adecuada, a la cual se llega luego de varios días de fructificación. Se cosechó la cantidad de muestra requerida para poder realizar su análisis de composición nutricional y se llevó a laboratorio de análisis bioquímicos de alimentos.

Cuadro 5: Cosecha de hongos cultivados

Cosecha	
	
Muestra de la cosecha de sustrato con yerba mate.	Muestra de la cosecha de sustrato con borra de café.

Fuente: elaborado sobre datos de la investigación

Análisis de resultados

Una de las muestras analizadas se obtuvo a partir de un cultivo desarrollado sobre un sustrato compuesto predominantemente por residuo de borra de café previamente tratado. Para su análisis, se remitieron al laboratorio 40 gramos de esta muestra. La segunda muestra correspondió a un cultivo realizado en un sustrato conformado por una mezcla de yerba mate usada, igualmente acondicionada previamente, entregando 17 gramos al laboratorio. La elección de ambos sustratos respondió a su elevada disponibilidad como residuos de origen agroindustrial, así como a su contenido significativo de compuestos lignocelulósicos, lo que los convierte en matrices potencialmente adecuadas para su valorización biotecnológica.

Para el análisis de composición nutricional de macronutrientes y cafeína se tomó una muestra de *Pleurotus* cosechados de un sustrato compuesto por el 80% de borra de café, yerba mate, aserrín y micelio. Para la cuantificación de cafeína en un sustrato con yerba mate, se analizó una muestra cuyo contenido era un 50% de yerba mate, borra de café y micelio. Obteniendo como resultados los siguientes valores:

Tabla 1: Valores obtenidos en el análisis de composición química de los hongos cultivados en borra de café

Determinación de...	Método/Técnica	Muestra cultivada en borra de café
Humedad	Método AOAC 925.10 (estufa de secado)	Valor obtenido 89,8 g/100 g
Carbohidratos totales	Cálculo por diferencia, según el método de composición proximal	Valor obtenido 3,9 g/100 g.
Proteínas totales	Método de Kjeldahl, siguiendo la norma AOAC 2001.11	Valor obtenido 5,2/100 g.
Materia Grasa	Método por extracción Soxhlet, bajo el método AOAC 920.39	Valor obtenido 0,1 g/100 g.
Valor energético total	Cálculo	Valor obtenido 36,4 kcal/100g.
Cafeína	Método de desarrollo interno por cromatografía líquida de alta resolución acoplada a	Valor obtenido 73 mg/100 g.

	detector de arreglo de diodos (HPLC-DAD)	
--	--	--

Fuente: elaborado sobre datos de análisis bioquímicos realizados en laboratorio

Tabla 2: Valores obtenidos en el análisis de composición química de los hongos cultivados en yerba mate.

Determinación de	Método/Técnica	Muestra cultivada yerba mate
Cafeína	Método de desarrollo interno por cromatografía líquida de alta resolución acoplada a detector de arreglo de diodos (HPLC-DAD)	Valor obtenido 2,3 mg/100 g.

Fuente: elaborado sobre datos de análisis bioquímicos realizados en laboratorio

A través de estos procedimientos se realizó una comparación directa entre los perfiles nutricionales obtenidos y los reportados en la literatura científica. La elevada humedad en la muestra cultivada en borra de café concuerda con los valores reportados por Agarwal et al. (2017) y Valenzuela Cobos et al. (2019), quienes destacan que dicha característica se debe al tipo de sustrato y a su relación carbono/nitrógeno. Las condiciones de cultivo en borra de café permiten una retención adecuada de humedad en los cuerpos fructíferos, lo cual es importante para su calidad y la conservación de sus propiedades nutritivas. Asimismo, el contenido de proteínas observado es inferior a los máximos reportados en otras investigaciones (Abril Alfaro et al., 2021), lo cual podría atribuirse a distintos procedimientos o condiciones del método de cultivo utilizado, al tratamiento previo, a la etapa de cosecha y a la formulación específica del sustrato. El bajo contenido lipídico concuerda con la naturaleza hipograsa de los hongos *Pleurotus*, tal como lo sostienen Sande et al. (2019).

El contenido de cafeína hallado en la muestra con borra de café es coherente con los estudios de Nieto Juárez et al. (2021) de 60 µg/g y Ramalho et al. (2018), quienes evidencian la capacidad del *Pleurotus ostreatus* para absorber este alcaloide del medio de cultivo. Sin embargo, la muestra analizada con mayor porcentaje de borra de café supera a los resultados obtenidos en las conclusiones de estudios anteriores. Estos datos aportan información relevante sobre la implicancia del tipo de sustrato en la bioacumulación de compuestos bioactivos, lo que puede ser tenido en cuenta en los beneficios funcionales de este tipo de hongo destinado al consumo humano. Esta característica de alimento funcional lo diferencia de los hongos comerciales principalmente en su contenido de cafeína, lo que es interesante tener en cuenta a realizar preparaciones culinarias destacando esta funcionalidad energizante, pensando en la población a la que estará destinada y si debe tener un momento específico de consumo para aprovechar al máximo esta característica, como por ejemplo en un contexto deportivo.

COMPARACIÓN ENTRE DIFERENTES BEBIDAS y ALIMENTOS QUE CONTIENEN CAFEÍNA

El contenido de cafeína en alimentos y bebidas es altamente heterogéneo y depende del tipo de producto y su método de preparación. Por ejemplo, el café espresso puede contener hasta 279 mg/100 mL, mientras que el café filtrado aporta aproximadamente 90 mg/100 mL, y el descafeinado solo retiene entre 2 y 5 mg/100 mL (Tfouni et al., 2022; EUFIC, 2016). Las infusiones también suministran cantidades moderadas: 50–55 mg/250 mL para té negro, y 38–43 mg/250 mL para té verde (EUFIC, 2016). En bebidas industrializadas, las bebidas energéticas rondan 80 mg/250 mL, y las bebidas tipo cola contienen entre 36 y 46 mg/355 mL (Health Canada, 2022). Otros productos como la leche con cacao aportan cerca de 34 mg/200 mL (EUFIC, 2016), mientras que el chocolate negro (70–85 % cacao) contiene 80–86 mg/100 g, y el chocolate con leche solo 20 mg/100 g (USDA, 2022). Estos datos confirman que, aunque el café es la principal fuente de cafeína, existen múltiples fuentes importantes cuya ingesta acumulada puede ser significativa.

Tabla 3: Comparación del contenido de cafeína en alimentos o bebidas que la contienen

Producto	Contenido de Cafeína en mg	Unidad de medida en ml O grs
Cafe espresso	hasta 279	100 ml
Cafe filtrado	90	100 ml
Cafe descafeinado	2-5	100 ml
Te negro	50-55	250 ml
Té verde	38-43	250 ml
Bebida energética	80	250 ml
Bebida Cola	36-46	355 ml
Leche con cacao	34	200 ml
Chocolate negro (70-85% cacao)	80-86	100 gr
Chocolate con leche	20	100 gr
Hongos Pleurotus cultivados en borra de cafe *	73	100 gr
Hongos Pleurotus cultivados en yerba mate *	2.3	100 grs

Fuente: Tfouni et al., 2022; EUFIC, 2016; Health Canada, 2022; USDA, 2022; * elaborado por laboratorio de análisis bioquímico

En su revisión sobre los efectos de la cafeína, Cuartas Agudelo et al. (2024) destacan que el contenido de cafeína en los alimentos está influido por factores como el tipo de producto, las condiciones ambientales de cultivo, así como los métodos de procesamiento y preparación. Además, describen la cafeína como un alcaloide que actúa como antagonista competitivo de los receptores de adenosina, explicando sus múltiples efectos fisiológicos sobre los sistemas nervioso, cardiovascular, digestivo y endocrino. Este metabolismo variable y la amplia gama de efectos implican una notable interindividualidad en la respuesta al

consumo, marco esencial para la interpretación de estudios nutricionales y decisiones clínicas.

Considerar estas variaciones es fundamental para el control y recomendación dietaria. Los diferentes niveles de cafeína en alimentos y bebidas, sumados a las condiciones individuales como edad, metabolismo y embarazo, pueden generar efectos adversos tales como aumento de la frecuencia cardíaca, insomnio, ansiedad o alteraciones gastrointestinales . O por el contrario ser utilizados como suplemento dietario, por sus propiedades energéticas y ampliamente utilizada en el ámbito nutricional deportivo.. Por ello, las directrices nutricionales deben contemplar estas fuentes múltiples, así como su influencia en poblaciones vulnerables, para promover un consumo seguro y adaptado a cada individuo.

Conclusiones

La presente investigación permitió profundizar en el conocimiento del hongo comestible *Pleurotus columbinus* cultivado en sustratos no convencionales conformados por residuos orgánicos como la borra de café y yerba mate, ambos ampliamente disponibles en la ciudad de Mar del Plata. A lo largo del trabajo se analizaron aspectos relacionados con la viabilidad del cultivo, la elección y definición del sustrato adecuado y de las condiciones ambientales idóneas a tal fin, el perfil nutricional resultante de los cuerpos fructíferos obtenidos y la presencia de cafeína residual como componente bioactivo transferido desde el sustrato. Este último punto resultó destacable entre la bibliografía analizada superando los datos de los últimos estudios.

Desde una perspectiva nutricional, los resultados obtenidos permiten afirmar que los hongos *Pleurotus* cultivados en estos residuos conservan un perfil valioso para la alimentación humana, con aportes significativos de proteínas de buena calidad biológica, fibra dietaria, minerales como potasio, fósforo y hierro, y bajo contenido de grasas. Esto los convierte en un alimento funcional con gran potencial de incorporación en la dieta diaria, especialmente en contextos donde se promueve una alimentación sostenible, vegetariana o vegana y con bajo impacto ambiental.

En cuanto al contenido de cafeína, se detectaron concentraciones cuantificables, particularmente en los cuerpos fructíferos desarrollados sobre borra de café. La cafeína es una metilxantina con efectos estimulantes conocidos, cuyo consumo moderado ha sido asociado con beneficios cognitivos y de rendimiento físico, pero que también puede presentar efectos adversos en individuos sensibles o en ciertas condiciones fisiopatológicas. Si bien las cantidades reflejadas en los hongos en la bibliografía evaluada fueron bajas, el hallazgo resulta relevante ya que demuestra que ciertos compuestos bioactivos pueden transferirse desde los residuos del sustrato hacia el alimento final. Puntualmente en este estudio donde se obtuvo un contenido de cafeína Este hecho abre interrogantes sobre la seguridad alimentaria, la regulación y el etiquetado en productos obtenidos mediante biotransformaciones en sustratos enriquecidos o contaminados con sustancias activas.

Desde el punto de vista ambiental, la utilización de residuos agroindustriales como la yerba mate y el café representa una estrategia sustentable para reducir el volumen de residuos sólidos urbanos y revalorizar materiales que, de otro modo, serían descartados. Esta práctica se enmarca en los principios de la economía circular, al transformar desechos en insumos para la producción de alimentos. La factibilidad de esta alternativa fue comprobada en el presente estudio, ya que ambos residuos permitieron el desarrollo exitoso del hongo *Pleurotus columbinus*, sin necesidad de incorporar aditivos químicos ni enriquecer el sustrato con materiales de alto costo.

Por otra parte, el desarrollo de este trabajo permitió visibilizar el potencial que posee la micología aplicada a la nutrición como campo emergente de estudio. Si bien los hongos comestibles son reconocidos en la gastronomía y en la medicina tradicional de diversas culturas, aún son poco explorados desde el punto de vista académico-nutricional, especialmente en relación a sus posibles usos funcionales, a la caracterización de sus compuestos bioactivos y a la interacción con matrices de cultivo alternativas. El presente estudio contribuye a acercar nuevos datos para futuras líneas de trabajo, a considerar el uso de hongos *Pleurotus* cultivados en borra de café como alimento funcional y posible sugerencia de uso en la elaboración de suplementos energéticos, cognitivos y de uso en el ámbito deportivo.

En relación con los objetivos planteados inicialmente, puede afirmarse que fueron cumplidos. Se logró establecer un método de cultivo eficaz, se caracterizó la composición nutricional de los hongos obtenidos y se cuantificó el contenido de cafeína, generando así información original que puede ser utilizada para futuras evaluaciones de seguridad alimentaria, formulación de productos innovadores o programas de promoción de consumo de alimentos no convencionales.

Finalmente, es importante destacar que esta línea de investigación posee una fuerte proyección en términos de salud pública, ya que los hongos *Pleurotus* podrían incorporarse en estrategias de alimentación comunitaria, programas de comedores escolares o campañas de educación alimentaria en poblaciones vulnerables, brindando una fuente local, económica y de bajo impacto ecológico de nutrientes esenciales. La posibilidad de cultivar estos hongos en entornos urbanos, con mínima infraestructura y utilizando residuos disponibles en cantidad, permite su reproducción en escenarios de producción descentralizada, con enfoque agroecológico.

En conclusión, el presente trabajo aporta evidencia concreta sobre la viabilidad de una propuesta de producción de alimentos sustentable, teniendo una base en la valorización de residuos y el aprovechamiento de los hongos comestibles con gran valor de nutrientes y compuestos funcionales. Esta experiencia refuerza la necesidad de que los y las profesionales en nutrición participen activamente en la promoción de sistemas alimentarios sostenibles, desde una mirada integral que contemple la salud humana, el cuidado del ambiente y la seguridad alimentaria a largo plazo.

Se presentan los siguientes interrogantes para futuras investigaciones:

¿Cuál es la biodisponibilidad real de la cafeína presentes en los hongos cultivados en borra de café?

¿Cuál es el grado de información sobre la acumulación de otros compuestos bioactivos además de la cafeína, como los polifenoles presentes en el café?

¿ Qué tipo de efecto ergogénico podría generar el contenido de cafeína en el ámbito deportivo?

Referencias bibliográficas

- Abril Alfaro, D., Marbello, A., Cárdenas, M., y Bolaños, N. (2021). *Comparación del contenido proteico de la biomasa de Aspergillus oryzae, Rhizopus oligosporus, Pleurotus ostreatus y Pleurotus djamor como potenciales productos alimenticios*. [Tesis de grado, Universidad de los Andes] <http://hdl.handle.net/1992/53960>
- Acosta Redondo, J. E., y Tenjo Gaitán, J. A. (2023). *Plan de negocios para la producción de orellanas (Pleurotus ostreatus) como alternativa en la nutrición y el acceso a ingresos con enfoque sostenible*. [Tesis de grado. Universidad Santo Tomás] <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/49540/2022jairoacostajairotenjo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Agarwal, S., Kushwaha, A., Verma, V., & Singh, M. P. (2017). Nutritional attributes of *Pleurotus* mushroom. En *Incredible World of Biotechnology* (pp. 13-24). Nova Science Publishers, Inc.
- Agudelo, Y. S. C., Yanez, D. V., Palacio, S. C., Echeverri, L. D., Valencia, M. E. S., & Sánchez, L. M. M. (2024). Efectos de la cafeína en la salud. *Medicina Interna de México*, 40(3), 211–220.
- Angelini, P., Pellegrino, R. M., Tirillini, B., Flores, G. A., Alabed, H. B., Ianni, F., ... & Ferrante, C. (2021). Metabolomic profiling and biological activities of *Pleurotus columbinus* Qué. cultivated on different agri-food byproducts. *Antibiotics*, 10(10), 1245. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10101245>
- Arenas, G. A. (2018). *Determinación del sustrato de mayor eficiencia para el cultivo de Shiitake (Lentinula edodes) a partir de residuos agrícolas a escala de laboratorio*. [Tesis de grado, Universidad pontificia Bolivariana] <http://hdl.handle.net/20.500.11912/5373>
- Beltrán-Delgado, Y., Morris-Quevedo, H., Llauradó-Maury, G., Bermúdez-Savón, R. C., y García-Oduardo, N. (2020). Procedimientos para la producción de setas del género *Pleurotus* con potencial aplicación farmacológica. *Revista Cubana de Química*, 32(2), 245-261. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-54212020000200245&script=sci_art_text
- Benítez-Villalba, J. C., Grau-Torales, M. L., Cristaldo-López, O. D., Bogado-Fernández, A. I., Arrúa-Martínez, L. A., & Villalba, N. M. (2021). Validation of two analytical methods for the determination and quantification of caffeine in yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) commercial, UV-visible and HPLC. *Reportes Científicos de la FACEN*, 12(1), 48-58.
- Bomfim, A. S. C. D., Oliveira, D. M. D., Voorwald, H. J. C., Benini, K. C. C. D. C., Dumont, M. J., & Rodriguez, D. (2022). Valorization of spent coffee grounds as precursors for biopolymers and composite production. *Polymers*, 14(3), 437. <https://doi.org/10.3390/polym14030437>
- Castro, B. V., Escalera, A. R., Romero, A. E., y Carreras, N. Á. (2018). Cálculo de ingesta de cafeína en estudiantes de etapa escolar y de educación superior de San Salvador de Jujuy, Argentina. *Revista de Toxicología*, 35(1), 28-32.

<https://www.redalyc.org/journal/919/91956202008/html/>

- Cury, R. K. A., Aguas, M. Y., Martínez, M. A., Olivero, V. R., y Chams, C. L. (2017). Residuos agroindustriales: su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 9(S1), 122–132. <https://doi.org/10.24188/recia.v9.nS.2017.530>
- Del Moral-Hernández, A., Lozada-García, J. A., Carmona-Hernández, O., y Barrientos-Salcedo, C. (2021). Metabolitos bioactivos en *Pleurotus spp.* y su potencial como alimento funcional. [Archivo pdf] https://www.researchgate.net/profile/Oscar-Hernandez-41/publication/360099358_Metabolitos_bioactivos_en_Pleurotus_spp_y_su_potencial_como_alimento_funcional/links/652a94bb1a05311a23fe7b3b/Metabolitos-bioactivos-en-Pleurotus-spp-y-su-potencial-como-alimento-funcional.pdf
- Elhusseiny, S. M., El-Mahdy, T. S., Awad, M. F., Elleboudy, N. S., Farag, M. M., Aboshanab, K. M., & Yassien, M. A. (2021). Antiviral, cytotoxic, and antioxidant activities of three edible agaricomycetes mushrooms: *Pleurotus columbinus*, *Pleurotus sajor-caju*, and *Agaricus bisporus*. *Journal of Fungi*, 7(8), 645. <https://doi.org/10.3390/jof7080645>
- Golak-Siwulska, I., Kałużewicz, A., Spiżewski, T., Siwulski, M., & Sobieralski, K. (2018). Bioactive compounds and medicinal properties of Oyster mushrooms (*Pleurotus spp.*). *Folia Horticulturae*, 30(2), 191-201. <https://doi.org/10.2478/fhort-2018-0012>
- González Matute, R., Devalis, R., & Curvetto, N. (2024). *Cultivo de hongos comestibles como forma de reinserción social*. *Boletín del CCT Bahía Blanca*, 29. https://bahiablanca.conicet.gov.ar/boletin/boletin29/index56c7.html?option=com_cont
- González Matute, R., Postemsky, P., Bidegain, M., & Robledo, G. L. (2025). Hongos comestibles en Argentina: Saberes, normativas, panorama actual, oportunidades y perspectivas. *Lilloa*, 62(S1), 253–287. <https://doi.org/10.30550/l.lil/2200>
- Holgado-Rojas, M. E., Aranzabal Carrasco, R. L., Lazarte Lovaton, R., Quispe Peláez, A., Pérez Leguía, K. A., Aguilar Mainicta, F. B., y Aguilar Pumahuilca, F. (2019). *Cultivo de pleurotus spp. y lentinula edodes bajo condiciones artesanales en comunidades campesinas de la región Cusco / Perú*. *Ecología Aplicada*, 18(2), 125-132. <https://doi.org/10.21704/rea.v18i2.1331>
- Irshad, A., Tahir, A., Sharif, S., Khalid, A., Ali, S., Naz, A., ... y Ameen, A. (2023). Determination of nutritional and biochemical composition of selected *Pleurotus spp.* *BioMed Research International*, 2023(1), 8150909. <https://doi.org/10.1155/2023/8150909>
- Jaramillo Mejía, S. y Alberto, E. (2014) *Estandarización y desarrollo de tecnologías de bajo costo para la producción de hongos comestibles del género Pleurotus (Basidiomycota)*; [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de General San Martín] <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/79201>

- Job, D. (2004). La utilización de la borra del café como sustrato de base para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kummer. *Revista Iberoamericana de Micología*, 21, 195-197. <https://reviberoammicol.com/2004-21/195197.pdf>
- Juvik, B. S. A. (2022). *Quality and acceptance of mushrooms cultivated on spent coffee grounds* [Tesis de Master, Norwegian University of Science and Technology] <https://hdl.handle.net/11250/3023097>
- Klotz-Neves, A. L., Putzke, J. ., Bertazzo-Silva, F. A., Maggio, L. P. ., Heberle, M. de A. ., & Putzke, M. T. L. . (2022). Yerba mate residue (*Ilex paraguariensis* – Aquifoliaceae) in the production of edible mushroom *Pleurotus ostreatus* . *Research, Society and Development*, 11(10), e529111033086. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i10.33086>
- Kumar, S., Nath, S., Kumar, A., y Singh, A. K. (2023). Evaluation of different substrates for the production and economics of oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*). *Journal of Krishi Vigyan*, 11(2), 120-123. <http://dx.doi.org/10.5958/2349-4433.2023.00028.4>
- Maftoun, P., Johari, H., Soltani, M., Malik, R., Othman, N. Z., y El Enshasy, H. A. (2015). The edible mushroom *Pleurotus spp.*: I. Biodiversity and nutritional values. *International Journal of Biotechnology for Wellness Industries*, 4(2), 67. <https://doi.org/10.6000/1927-3037.2015.04.02>.
- Monteiro, R. E. P. (2022). *Fermentação em estado sólido da borra de café para o cultivo de shimeji-preto (Pleurotus ostreatus Jacq.)*. [Tesis de grado, Universidad Federal de Paraíba] <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/22325>
- Morán Reascos, R. C. (2024). *Evaluación de propiedades funcionales, nutricionales y actividades biológicas en harina y concentrados proteicos de hongos ostra rosado (Pleurotus djamor) y hongo ostra gris (Pleurotus ostreatus)* [Tesis de Maestría, Universidad Estatal de Milagro] <https://repositorio.unemi.edu.ec/xmlui/handle/123456789/7198>
- Moreno Muñoz, K. S., y Rojas Rodríguez, D. C. (2018). *Producción de orellanas (Pleurotus ostreatus) a partir de bagazo de caña panelera y evaluación de productos en fresco y en conserva desarrollados con el hongo*. [Trabajo de grado, Universidad de Nariño] <http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/9280>
- Nieto Juárez, J. I., Cuzcano Ruiz, Á. D., y Reyes López, W. A. (2019). Estudio preliminar de la composición nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en pulpa de cafe <https://doi.org/10.37761/rsqp.v85i4.256>
- Nieto-Juárez, J. I., Cuzcano-Ruiz, Á. D., y Reyes-López, W. A. (2021). Evaluación del cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* y de su composición nutricional en borra de café. *Tecnia*, 31(2), 27-32.
- Ojeda, A. D. (2022). *Producción de hongos comestibles*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria Sáenz Peña.

[https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/15397/INTA_CRChaco-Fo
mosa_EEASaenzPe%C3%B1a_Ojeda_AD_Produccion_de_hongos_comestibles.pdf?
sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/15397/INTA_CRChaco-Fo
mosa_EEASaenzPe%C3%B1a_Ojeda_AD_Produccion_de_hongos_comestibles.pdf?
sequence=1&isAllowed=y)

- Picornell, M. R., Pardo-Giménez, A., Navarro, M. J., y Gea, F. J. (2017). Actualizaciones sobre la preparación del sustrato para cultivar setas *Pleurotus spp.* En *La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas Pleurotus spp.* (pp. 83-104). El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.
- Ramalho, A. N., Kultz, T. W., Byczkovski, G. M., Groff, D. B., Dalla Santa, H. S., y Torres, Y. R. (2018). Content of caffeine in the edible mushroom *Pleurotus ostreatus* grown in coffee residues. *Orbital: The Electronic Journal of Chemistry*, 174-182.
- Raman, J., Jang, K. Y., Oh, Y. L., Oh, M., Im, J. H., Lakshmanan, H., y Sabaratnam, V. (2021). Cultivation and nutritional value of prominent *Pleurotus spp.*: An overview. *Mycobiology*, 49(1), 1-14. <https://doi.org/10.1080/12298093.2021.1915740>
- Salata, A., Lemieszek, M., y Parzymies, M. (2018). The nutritional and health properties of an oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* (Jacq. Fr) P. Kumm.). *Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus*, 17(2).
- Sande, D., de Oliveira, G. P., Moura, M. A. F., de Almeida Martins, B., Lima, M. T. N. S., y Takahashi, J. A. (2019). Edible mushrooms as a ubiquitous source of essential fatty acids. *Food Research International*, 125, 108524. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108524>
- Ttupa Chuco, J. S., y Mercado Cayturo, J. C. (2022). *El bagazo de caña de azúcar como sustrato para la producción de Pleurotus ostreatus (hongo de ostra).*
- Tome Ramos, C. O. (2022). *Fructificación del hongo comestible Pleurotus afín ostreatus sobre un sustrato según su balance de relación con una base del césped residual de jardines.*
- Torres-Martínez, B. D. M., Vargas-Sánchez, R. D., Torrescano-Urrutia, G. R., Esqueda, M., Rodríguez-Carpena, J. G., Fernández-López, J., ... y Sánchez-Escalante, A. (2022). *Pleurotus* genus as a potential ingredient for meat products. *Foods*, 11(6), 779. <https://doi.org/10.3390/foods11060779>
- Torres-Ugalde, Y. C., Romero-Palencia, A., y Román-Gutiérrez, A. D. (2020). Efectos fisiológicos y cognitivos de la cafeína en la infancia: Revisión sistemática de la literatura. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 24(4), 345-356.
- Valenzuela-Cobos, J. D., Rodríguez-Grimón, R. O., Zied, D. C., Grijalva-Endara, A., Garcés-Moncayo, M. F., Garín-Aguilar, M. E., ... y Del Toro, G. V. (2019). Chemical composition and biological properties of *Pleurotus spp.* cultivated on peat moss and wheat straw. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 31(11), 830-836.
- Vega, A., De León, J. A., Miranda, S., y Reyes, S. M. (2022). Agro-industrial waste improves the nutritional and antioxidant profile of *Pleurotus djamor*. *Cleaner Waste Systems*, 2,

100018. <https://doi.org/10.1016/j.cwsystems.2022.100018>

XVI, C. A. A. C. (2013). Correctivos y coadyuvantes.

Zummer, E., Cuesta, C. D. C., Hartstein, D. M., Manganello, M. J., y Santecchia, V. L.

Descripción de la alimentación según calidad del sueño en adultos.

café y en yerba mate

Introducción El hongo *Pleurotus spp.* destaca por su buen perfil nutricional, su alto contenido proteico y propiedades funcionales. Su cultivo en residuos como borra de café y yerba mate es una alternativa sustentable que permite producir alimentos nutritivos y de bajo impacto ambiental.

Objetivo Analizar la composición nutricional y el contenido de cafeína en hongos cultivados en borra de café y en yerba mate en la ciudad de Mar del Plata en 2025.

Materiales y métodos La investigación se desarrolla en forma cuasi experimental ya que se identifican variables que el investigador manipula y se considera longitudinal por las etapas que se identifican y que se desarrollan en momentos diferentes.. Los datos fueron analizados a través de análisis bioquímicos y comparándolos con bibliografía.

Resultados Los hongos cultivados en borra de café presentaron mayor humedad, buen aporte proteico y bajo contenido graso, junto con un valor energético reducido, lo que refuerza su valor como alimento funcional. Además, se identificó una cantidad significativa de cafeína (73 mg/100 g) en los hongos cultivados de elaboración propia, comparable a alimentos estimulantes como el chocolate negro, mientras que los cultivados con yerba mate presentaron niveles mucho menores. Esto sugiere que el tipo de sustrato influye en la bioacumulación de compuestos bioactivo

Conclusiones Estos hallazgos abren nuevas posibilidades de aplicación en nutrición deportiva o funcional, pero también requieren una evaluación cuidadosa según el grupo poblacional, especialmente en personas que deban restringir el consumo de cafeína. Se destaca, además, el valor de los residuos agroindustriales como insumo sustentable en la producción alimentaria.



REPOSITORIO DIGITAL DE LA UFASTA AUTORIZACION DEL AUTOR⁵⁰

En calidad de TITULAR de los derechos de autor de la obra que se detalla a continuación, y sin infringir según mi conocimiento derechos de terceros, por la presente informo a la Universidad FASTA mi decisión de concederle en forma gratuita, no exclusiva y por tiempo ilimitado la autorización para:

- ✓ Publicar el texto del trabajo más abajo indicado, exclusivamente en medio digital, en el sitio web de la Facultad y/o Universidad, por Internet, a título de divulgación gratuita de la producción científica generada por la Facultad, a partir de la fecha especificada.
- ✓ Permitir a la Biblioteca que sin producir cambios en el contenido, establezca los formatos de publicación en la web para su más adecuada visualización y la realización de copias digitales y migraciones de formato necesarias para la seguridad, resguardo y preservación a largo plazo de la presente obra.

1. Autor:

Apellido y

Nombre _____

Tipo y N° de Documento _____

Teléfono/s _____

E-mail _____

Título obtenido _____

2. Identificación de la Obra:

TITULO de la obra (Tesina, Trabajo de Graduación, Proyecto final, y/o denominación del requisito final de graduación)

Fecha de defensa ____/____/20____

3. AUTORIZO LA PUBLICACIÓN BAJO CON LALICENCIA Creative Commons (recomendada, si desea seleccionar otra licencia visitar

<http://creativecommons.org/choose/>)



Este obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/).

4. NO AUTORIZO: marque dentro del casillero []

NOTA: Las Obras (Tesina, Trabajo de Graduación, Proyecto final, y/o denominación del requisito final de graduación) **no autorizadas** para ser publicadas en TEXTO COMPLETO, serán difundidas en el Repositorio Institucional mediante su cita bibliográfica completa, incluyendo Tabla de contenido y resumen. Se incluirá la leyenda "Disponible sólo para consulta en sala de biblioteca de la UFASTA en su versión completa

Firma del Autor Lugar y Fecha

⁵⁰ Esta Autorización debe incluirse en la Tesina en el reverso ó pagina siguiente a la portada, debe ser firmada de puño y letra por el autor. En el mismo acto hará entrega de la versión digital de acuerdo a formato solicitado.

