

I. MESA DE TRABAJO: INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

II. PROYECTO: CULTIVO DE HONGOS COMESTIBLES TIPO GÍRGOLAS SOBRE RESIDUOS VITIVINICOLAS, MANEJO POST COSECHA Y APLICACIONES EN LA INDUSTRIA GASTRONÓMICA.

III. OBJETIVO GENERAL:

Evaluar productividad, conservación y aspectos nutricionales del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado de forma sustentable aprovechando residuos agrícolas, a fines de promover su aplicación en la industria gastronómica.

IV. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Determinar la tasa de producción y eficiencia biológica del hongo *Pleurotus ostreatus* en sustratos locales (vid y orujo), bajo condiciones controladas.
2. Caracterizar aspectos de conservación, características morfológicas u organolépticas y aspectos nutricionales de relevancia en cuerpos fructíferos de *P. ostreatus*.
3. Evaluar el posible efecto de los sustratos sobre las mismas (que sugiera tipicidad en el producto obtenido).
4. Desarrollar talleres, charlas, jornadas técnicas que fomenten el consumo y el cultivo de hongos comestibles como así también su aplicación en gastronomía como alimento funcional.

V. BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:

Las especies del género *Pleurotus* tienen la capacidad para degradar la celulosa y hemicelulosa de restos vegetales secos, para producir energía y fuentes de carbono.

Entonces, esta capacidad saprofitica del hongo le estaría permitiendo crecer en diferentes materiales, subproductos o desechos de las actividades agrícolas y agroindustriales, tales como: pajas, pulpas, bagazos, rastrojos y residuos forestales. No hay estudios en Mendoza, del efecto de su cultivo en vid y otros residuos locales, en las características organolépticas, de conservación u otras que permitan tipificar un producto gastronómico.

Es incipiente en la zona Cuyo, un sistema de producción agroecológica bajo condiciones controladas, que transforma residuos agroindustriales en un alimento rico en proteína sostenible. Actualmente es insuficiente su presencia en los canales de distribución, aunque su demanda es creciente y se venden de forma directa y discontinua en el ámbito de la alta gastronomía. Los hongos comestibles, en fresco, producto primario directo de

este sistema productivo, son altamente perecederos por su rápido deterioro y su venta se debe realizar inmediatamente. No se tienen métodos de almacenaje y de transporte adecuados para llevar los hongos hasta los sitios de venta, por lo que la calidad con la que lleguen al mercado es importante para determinar su precio.

El presente proyecto permitirá profundizar conocimiento en aspectos tecnológicos de producción, ya que se evaluará eficiencia biológica y tasa de producción en bolsas de cultivo conteniendo sustratos locales como vid (3 tratamientos: testigo (1) y restos de poda de vid, poda de vid formulado con escobajo u orujo (2)) partiendo de un diseño estadístico al azar con 10 repeticiones de cada tratamiento. Se realizará análisis de parámetros químicos del sustrato (Ph, humedad, relación C/N, micronutrientes y macronutrientes). Se determinarán aspectos que permitirán establecer pautas para mejorar la conservación (medición de indicadores como sólidos solubles, acidez, grados Brix, respiración (oxígeno-CO₂), se estudiarán las características organolépticas (color, firmeza) y se determinarán aspectos nutricionales (capacidad antioxidante u otro). El análisis de los resultados permitirá evaluar la existencia de un efecto de tipicidad otorgado al alimento utilizando el sustrato local.

VI. ANTECEDENTES DEL PROYECTO:

La transformación del perfil de consumidores y hábitos alimenticios hacia productos agroecológicos nutricionales, naturales y saludables, impulsa a la industria agroalimentaria, como también al sector gastronómico, a la elaboración de alimentos funcionales.

Los hongos comestibles constituyen un alimento funcional con propiedades nutricionales y medicinales que promueven la salud. Su cultivo como alimento es un mercado con gran potencial que puede contribuir a la economía de Mendoza y básicamente a la industria gastronómica local. La tecnología de su producción es amigable con el medio ambiente al utilizar residuos vegetales agrícolas que no están siendo aprovechados y no tienen ningún costo como materia prima. Por ello, resulta promisorio en Mendoza, el cultivo de hongos saprobios en condiciones ambientalmente controladas, logrando un alimento a partir de la transformación de esos residuos.

A nivel mundial, la diversidad de especies de hongos es sorprendente y se han caracterizado aproximadamente un 10% de las mismas. De este número apenas un total de mil son especies comestibles, entre estas especies comestibles se encuentran variedades del género *Pleurotus* conocida en nuestro medio, como gírgolas.

Las gírgolas son los hongos de incorporación histórica más reciente, en la relación a los cultivados de mayor importancia industrial en el mundo, ya que su primer registro histórico data de 1910 y en nuestro país desde 1980.

La dinámica de su expansión ha sido relevante, especialmente en las dos últimas décadas y se encuentran actualmente en el segundo lugar de producción y consumo de nuestro país, después de los champiñones (*Agaricus* spp.). Esto favorecido en nuestra zona de

cuyo, por la versatilidad de disponer de varias especies adaptables a diferentes exigencias climáticas, los avances tecnológicos para su cultivo en condiciones controladas y la oportunidad de aprovechar una amplia gama de residuos lignocelulósicos.

A estas circunstancias hay que sumarle su atractivo sabor y su alto valor nutritivo porque contienen y aportan mayor contenido de proteína de calidad que los vegetales ya que disponen de todos los aminoácidos esenciales, entre ellos incluido leucina y lisina, también minerales, antioxidantes, vitaminas y carbohidratos, con beneficios en la salud y lo que hace que su utilización en la industria gastronómica sea de alto impacto.

También cabe señalar su versatilidad en gastronomía, como ingrediente ya sea principal o complementario en diversas preparaciones, con características y texturas favorables que logran la capacidad de fusionarse a la perfección en diferentes tipos de preparaciones y lograr productos finales no sólo agradables al paladar sino también de alto valor nutritivo.

Las especies del género *Pleurotus*, además de tener las cualidades antes mencionadas, pueden utilizar como sustrato para su cultivo una variedad mayor de materiales que otros hongos. Su mayor potencial de bioconversión es debido a su rápido crecimiento micelial, a las demandas nutricionales simples necesarias para su desarrollo, que deben ser proporcionadas por el sustrato, y a su sistema enzimático potente y eficiente.

Con base en lo anterior, se plantea la necesidad de determinar la incidencia del sustrato en aspectos nutricionales y en el comportamiento postcosecha de *P. ostreatus* cultivado en condiciones controladas cultivadas sobre diferentes sustratos en Mendoza de aplicación en la gastronomía.

El laboratorio de Agroalimentos de la EEA Mendoza, cuenta con una cámara piloto que funciona como sitio de validación de tecnologías de producción a nivel de investigación y se cuenta con un equipo de trabajo con conocimientos difundidos, capacidades y fortaleza en los temas del proyecto. En nuestra zona no se ha valorado el potencial productivo, ecológico y aplicación en gastronomía de muchos residuos agrícolas locales como restos de poda de vid y/o orujo de fácil acceso, por lo que el presente trabajo aportará información de interés sobre la producción de un producto alimenticio de buena calidad utilizando residuos locales con impacto directo en la sociedad y matriz productiva agrícola de Mendoza.

VII. IMPACTO ESPERADO DEL PROYECTO:

El cultivo de hongos comestibles y su utilización de sus subproductos en la industria gastronómica, genera una alternativa valiosa para el consumo de un alimento saludable, fuente de fungiproteína de origen “no animal” de calidad comparable y otros nutrientes esenciales como vitaminas y minerales, entre otros.

Además, la producción de hongos tiene un bajo impacto ambiental en comparación con otras fuentes de proteínas animales y vegetales, lo que lo convierte en una opción sostenible, agroecológica y alineada con la economía circular. Asimismo, una

diversificación de la matriz productiva, ofreciendo una fuente de ingresos para productores de la provincia.

La tecnología de su producción es amigable con el medio ambiente al utilizar residuos vegetales agrícolas que no están siendo aprovechados y no tienen ningún costo como materia prima. Por ello, resulta promisorio en Mendoza, el cultivo de hongos en condiciones ambientalmente controladas, logrando un alimento a partir de la transformación de esos residuos.

También cabe señalar la versatilidad de las gírgolas en gastronomía, como ingrediente ya sea principal o complementario en diversas preparaciones, con características y texturas favorables que logran la capacidad de fusionarse a la perfección en diferentes tipos de preparaciones y lograr productos finales no sólo agradables al paladar sino también de alto valor nutritivo.

Las gírgolas en la industria gastronómica aportan gran diversidad culinaria, ya que presentan una variedad única de sabores y texturas que no se encuentran en otros alimentos.

El desarrollo del presente proyecto aporta al fortalecimiento de la competitividad regional a través de contribución al conocimiento de distintos aspectos de cultivo de la cadena productiva de hongos, fomentando el consumo de hongos comestibles.

Asimismo, facilitará una articulación consolidada, con Empresas del medio interesadas en el tema.

Además, el presente proyecto muestra consistencia con muchos de los Estándares Ambientales y Sociales del Marco Ambiental y Social del Banco Mundial. Por ejemplo, se alinea con objetivos del Estándar Ambiental y Social 1: Evaluación y Gestión de Riesgos e Impactos Ambientales y Sociales (propone cumplir con regulaciones y procedimientos ambientales para la ejecución de la idea cuando sea necesario y requerido); el 3: Eficiencia en el uso de los recursos y prevención y gestión de la contaminación (se promueve el uso sostenible de recursos, energía y materias primas, evitando contaminación proveniente de las actividades de la idea proyecto, evitando emisiones de contaminantes climáticos o desechos peligrosos, sin la utilización de pesticidas en la producción de materia prima); el 6: Conservación de la biodiversidad y gestión sostenible de los recursos nativos (se fomenta el cultivo artificial de especies de hongos contempladas en el Código Alimentario Argentino vs la recolección irresponsable de la "funga" silvestre); 10: Participación de las partes interesadas en la divulgación de la información (promueve la participación de 1° consumidores y demás involucrados en la divulgación de la información adecuada de riesgos, impactos ambientales).

VIII. ESTADO DE AVANCE DEL PROYECTO:

El proyecto se desarrolla en el laboratorio de Agroalimentos de la EEA Mendoza. El mismo, cuenta con cámaras piloto de incubación y fructificación de hongos, que funcionan como sitio de validación de tecnologías de producción a nivel de investigación y se cuenta con un equipo de trabajo con conocimientos difundidos, capacidades y fortaleza en los temas del proyecto (hongos comestibles).



Figura 1. Cámara de incubación de hongos comestibles de Lab. AgroAlimentos EEA Mza.



Figura 2. Cámara fructificadora con monitoreo remoto de datos y acondicionamiento ambiental para cultivo de hongos comestibles de Lab. AgroAlimentos EEA Mza.

Se utilizaron residuos agrícolas locales aportados por INTA como restos de poda de vid y viruta de álamo. Asimismo, se utilizó escobajo y orujos preprocesados como aditivos para distintos tratamientos.

La especie cultivada fue el hongo *Pleurotus ostreatus*.

Para los ensayos, se utilizó el diseño de parcelas completamente al azar 4 trat. x 11 rep. Las unidades de análisis consisten en un bloque de cultivo de 2 kilos por repetición. Los datos serán evaluados por métodos de análisis multifactorial con programa XLStat2019 y de análisis de imágenes ImageJ.

ACTIVIDADES REALIZADAS:

Se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Selección y acopio de los sustratos locales (viruta de madera de álamo, sarmientos de vid de la Experimental EEA Mza, orujo, escobajo).
- Preprocesamiento del sustrato (chipeado y tamizado)
- Acondicionamiento de instalaciones y equipamiento necesario para el cultivo.
- Recepción de 43 bloques de cultivo (servicio contratado) correspondientes a los 4 tratamientos evaluados. Los tratamientos fueron:

Testigo: bloques de madera de alamo aditivada con salvado de trigo.

Entrada a incubación a 25°C en oscuridad constante el 12/08/2024.

TV1: bloques de vid aditivada con salvado de trigo.

Entrada a incubación a 25°C en oscuridad constante el 9/08/2024.

TV2: bloques de vid aditivada con escobajo.

Entrada a incubación a 25°C en oscuridad constante el 5/08/2024.

TV3: bloques de vid aditivada con orujo.

Entrada a incubación a 25°C en oscuridad constante el 11/09/2024.

- Se realizó la entrega de muestras para el análisis químico de sustratos preinoculación (humedad, PH, C/N, otros).
- Se efectuó el monitoreo telemétrico de datos en el marco de la colaboración en el PID ASECME0008759TC de la UTN Facultad Regional Mendoza.
- Seguimiento diario de la Incubación e inducción de fructificación a 12 °C durante 24 h.
- Se llevó a cabo el seguimiento diario de fructificación hasta segunda oleada.
- Recolección diaria de cuerpos en el estado óptimo comercial de desarrollo. Hasta el momento se cosecharon dos oleadas del tratamiento TV2 (9/09 y 26/09), dos oleadas del tratamiento Testigo (28/09 y 1/10) y una oleada TV3 (14/10).



Figura 3. Cosecha de gorgonzolas cultivadas en vid en Lab. AgroAlimentos EEA Mza.

- Para cada tratamiento evaluado cosechado se llevó a cabo la conservación de muestras de cuerpos fructíferos de *Pleurotus* en freezer a -80°C y en freezer a -20°C para procesamiento y análisis de aspectos nutricionales.
- En cada cosecha realizada se realizaron determinaciones de indicadores postcosecha y características organolépticas (firmeza, color, respiración en los 20 días mantenidos en frío).
- Estado sanitario a través de la valoración visual de insectos o daños.
- Pérdida de peso: expresadas en gramos, como % con respecto al peso inicial (pretratamiento luego de la cosecha) de los cuerpos fructíferos antes de la conservación que se considera 100%.
- Color: con colorímetro Minolta modelo CR 300 en 2 puntos situados en cuatro zonas de cada carpóforo. Se determinan brillo (L^*), color verde al rojo (a^*) y color azul al amarillo (b^*).
- Firmeza de la pulpa: con equipo Durofel (CTIFL), con una escala de 0 a 100, en la que mayor valor indica mayor firmeza. El resultado expresa la resistencia que ofrece el carpóforo a la deformación provocada por la presión de un émbolo de 2.5 mm.
- Contenido de Sólidos solubles (%): mediante un refractómetro con compensación automática de temperatura marca ATAGO (pendiente).
- Acidez total titulable (% ácido málico): mediante la titulación con hidróxido de sodio 0.1 N hasta pH 8.2. Cálculo de la relación CSS / ATT (pendiente).
- Se presentó una muestra para la evaluación gastronómica por AEHGA.

RESULTADOS:

En el presente estudio sobre el cultivo de hongos comestibles tipo gírgola (*Pleurotus ostreatus*), se emplearon residuos agrícolas locales, como viruta de álamo, sarmientos de vid, orujo y escobajo, preprocesados para su uso como sustrato. Las instalaciones y equipos necesarios fueron acondicionados para garantizar condiciones ambientales adecuadas para el crecimiento del micelio y la fructificación de los hongos. Se utilizaron 44 bloques de cultivo de 2 kilos, correspondientes a cuatro tratamientos experimentales. Previo a la inoculación del hongo, se realizaron análisis químicos de los sustratos para evaluar parámetros como humedad, pH y la relación C/N.

El ensayo se llevó a cabo desde la entrada a incubación del tratamiento TV2 en cámara a 25°C y oscuridad de Laboratorio AgroAlimentos EEA Mza de INTA, el día 5 de agosto de 2024 hasta la actualidad (noviembre 2024), en que se continúan fructificando los tratamientos realizados. El ciclo productivo por tratamiento fue de aproximadamente 60 días.

Seguimiento de contaminaciones: no se detectaron contaminaciones de los tratamientos Testigo, TV2 y TV3 evaluados en fructificación en ninguna etapa del proceso hasta cosecha.

Tiempo de colonización determinado por los días de incubación del inóculo en los sustratos utilizados:

Testigo: alcanzó el 100% de colonización en 28 días.

TV1: No hubo colonización eficiente. Se observó entre 50 y 60 % de micelio tenue a los 15 días. Se descartó el tratamiento. No entró en etapa de fructificación.

TV2: alcanzó 100% de colonización con color blanco denso en 17 días.

TV3: alcanzó 100% de colonización con color blanco denso en 19 días

Cálculo de ciclo total por tratamiento:

Testigo: 28 días de incubación + 44 días hasta cosecha de segunda oleada.

TV2: 17 días de incubación + 37 días hasta segunda oleada.

TV3: 19 días de incubación + 58 días aprox. hasta cosecha segunda oleada(28/10).



Figura 4. Fructificación de *P. ostreatus* 1° oleada evaluación del ensayo de sustratos en viruta de álamo aditivada con salvado de trigo.



Figura 5. Fructificación de *P. ostreatus* 1° oleada evaluación del ensayo de sustratos en vid aditivada con escobajo (TV2).



Figura 6. Fructificación de *P. ostreatus* 1° oleada evaluación del ensayo de sustratos en vid aditivada con orujo.

Tiempo de aparición de primordios para cada tratamiento evaluado:

Testigo (álamo con salvado de trigo): 30 días.

TV2 (vid con escobajo): 10 días.

TV3 (vid con orujo): 35 días.

Eficiencia biológica y Tasa de producción de frutos: tomando como base de cálculo sólo la 1° oleada de cada tratamiento, se calculó el peso de los hongos frescos cosechados (kg) por cada tratamiento (4 sustratos) y repetición (11 bloques de cultivo por tratamiento) y se calculó EB (eficiencia biológica).

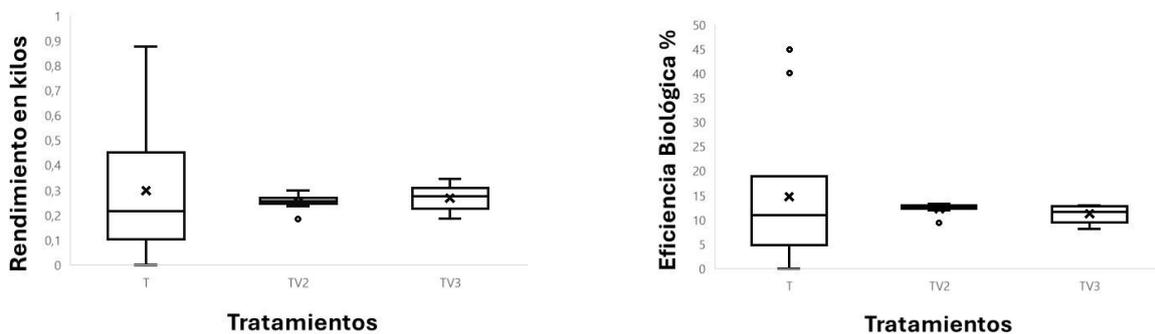


Figura 7 a y b. Diagramas Box plots¹ que ilustran la distribución de kilos cosechados en 1° oleada de carpóforos de *P. ostreatus* y Eficiencia Biológica en condiciones de fructificación experimental para los distintos sustratos evaluados. ¹ La línea sólida y el signo + dentro de la caja corresponden a la mediana y media, respectivamente. Las barras tope de cada caja corresponden a 25 percentil (inferior) y 75 percentil (superior) de los datos. Las barras externas representan percentiles 10 y 90 y los puntos representan los valores mínimo y máximo (percentiles 5 y 95).

Los frutos cosechados son conservados en freezer a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a fines de poner a punto futuros análisis nutricionales.

Análisis químico de sustrato estéril no inoculado: las muestras correspondientes a los cuatro sustratos no inoculados (tratamientos) fueron analizadas por el Laboratorio de suelo, agua y material vegetal de la EEA Mza, según Compendio de métodos analíticos para la caracterización de residuos, compost efluentes de origen agropecuario y agroindustrial INTA ISBBN 978-987-679-369-4. Se obtuvieron los siguientes resultados para 3 de los 4 tratamientos evaluados.

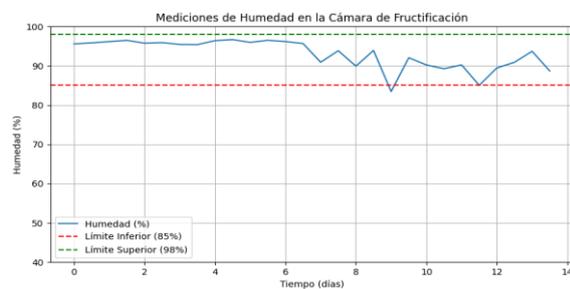
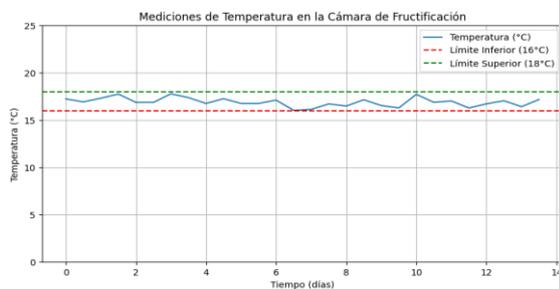
Muestra N°	17292	17293	17294
Identificación:	TV1 Vid + salvado	TV2 Vid + escobajo	Testigo álamo + salvado
Salinidad			
pH Rel 1:5 p/v	7,22	7,24	7,21
Humedad - Materia Orgánica - Cenizas			
Humedad en base húmeda (%)	46,20	55,82	58,66
Materia Orgánica en base húmeda (%)	50,78	41,23	39,13
Cenizas en base húmeda (%)	3,02	2,95	2,21
Materia Orgánica en base seca (%)	94,41	93,34	94,66
Cenizas en base seca (%)	5,59	6,66	5,34
Macronutrientes			
Nitrógeno Total en base seca (%)	1,38	0,83	1,24
Fósforo Total en base seca (%)	0,44	0,12	0,54
Relación Carbono: Nitrógeno	38,31	62,97	42,75

Figura 8. Resultados del análisis de sustrato sin inocular.

El proceso de incubación y fructificación fue monitoreado teleméricamente, manteniendo condiciones controladas. A nivel general, la temperatura para la sala de fructificación INTA se mantuvo dentro del rango óptimo para la fructificación de $16\text{-}18^{\circ}\text{C}$. La humedad relativa fue durante los primeros 7 días, dentro del rango óptimo para la formación de primordios de 95%.

En los 7 días siguientes, se mantuvo dentro del rango óptimo para el crecimiento de los cuerpos (fructificación) de 81 a 92%. Las gráficas generadas en ThingSpeak proporcionaron una visualización clara y en tiempo real de las condiciones ambientales en la cámara de fructificación, destacando la efectividad del uso de tecnologías IoT en el monitoreo de datos.

La gráfica adjunta muestra las variaciones de temperatura a lo largo de 14 días (una oleada).



Parámetros de calidad: se evaluó firmeza, color de carpóforo y longitud de carpóforo, ancho, largo de pie y diámetro de pie. Se están procesando los datos obtenidos de todas las mediciones realizadas.

IX. CONCLUSIONES:

En nuestra zona no se ha valorado el potencial productivo, ecológico y aplicación en gastronomía de muchos residuos agrícolas.

El uso de sarmientos de vid como sustrato para el cultivo de hongos tipo gírgola ha demostrado ser una alternativa prometedora e innovadora, con resultados alentadores en cuanto a datos productivos y organolépticos, en comparación con el tratamiento testigo en álamo.

La utilización de estos residuos vitivinícolas no solo optimiza el aprovechamiento de recursos locales, sino que también aporta una tipicidad distintiva al producto final, lo cual puede generar un valor agregado en mercados que valoran la sostenibilidad y la diferenciación de origen.

El presente trabajo aporta información de interés sobre la producción de un producto alimenticio de buena calidad utilizando residuos locales con impacto directo en la sociedad y matriz productiva agrícola de Mendoza.

X. ORGANIZACIONES QUE INTERVIENEN:

- INTA
- AEHGA

XI. RESPONSABLES DEL PROYECTO:

- Dra. Cecilia Césari - EEA Mendoza INTA
- Ing Agrónoma María Isabel Quiroga - EEA Mendoza INTA
- Ing Agrónoma Laura Lafalla - EEA Mendoza INTA
- Dra. Mariela Assof - EEA Mendoza INTA
- Téc. Alejandro Ambrogeti - EEA Mendoza INTA
- Ing. Matías Bismach – AEHGA / Restaurante Centauro