

Uso potencial de las glóquidas de tuna como sustrato para la producción de micelio de *Pleurotus* sp.

L. de Jesús-Rivera¹

María Edna Álvarez-Sánchez^{1§}

F. Ramírez-Pérez¹

Ranferi Maldonado-Torres¹

Víctor Manuel Bandala-Muñoz²

¹Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible-Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México Texcoco km 38.5, Chapingo, Texcoco, Estado de México. CP. 56230. ²Instituto de Ecología AC. Carretera Antigua a Coatepec núm. 351, El Haya, Xalapa, Veracruz. CP. 91070.

§Autora para correspondencia: edna-alvarez30@yahoo.com.mx.

Resumen

Se valoró a las glóquidas de frutos de tuna como componente mejorador de sustrato para la producción de micelio de *Pleurotus* sp.; a través, de indicadores de colonización macroscópica y caracterización del micelio a nivel estereoscópico. Se utilizaron glóquidas de tuna producida en Nopaltepec, México. Micelio (F2) procedente de la colección de cepas del Instituto de Ecología, AC, se integró con mezclas en diferentes proporciones (% en peso) de granos de sorgo (S) y glóquidas molidas (EM) o enteras (EE) de acuerdo con los siguientes tratamientos: testigo, 90S-10EM, 80S-20EM, 70S-30EM, 90S-10EE, 80S-20EE y 70S-30EE. Las unidades experimentales se incubaron a 25° C por 11 días. El grado de invasión se evaluó con base en: tipo de crecimiento, textura, color, micelio aéreo y densidad; a través, de escala hedónica por variable. Los resultados se procesaron con pruebas no paramétricas de análisis de medias y contrastes con un nivel de confianza de 95%. Una colonización completa y homogénea con micelio de muy denso a denso se apreció en todos los tratamientos con glóquidas molidas o enteras, lo cual indicó que las condiciones del fueron adecuadas para promover la ramificación de hifas y biomasa. Los mejores tratamientos en cuanto a crecimiento homogéneo y muy alta densidad correspondieron a las mezclas 90S-10EM y 80S-20 EE. La textura y el color fueron significativamente buenas en el tratamiento con mayor proporción de glóquidas enteras (70S-30EE), en tanto que el tipo de crecimiento y la presencia de micelio aéreo se favorecieron con la mayor proporción de glóquidas molidas (70S-30EM). Los resultados fueron concluyentes, las glóquidas son un excelente material que puede ser utilizado para la producción de micelio.

Palabras clave: *Opuntia ficus indica*, caracterización de micelio *Pleurotus* sp., grado de invasión.

Recibido: julio de 2022

Aceptado: septiembre de 2022

Introducción

La tuna *Opuntia ficus indica* es utilizada en la obtención de una amplia variedad de productos. Dentro del proceso de beneficiado de la tuna se produce gran cantidad de glóquidas como 'ahuates', que de acuerdo con Ulloa-Leitón *et al.* (2021), por cada tonelada de tuna limpia se generan 65 kg de ahuates, material carente de utilidad para los productores que, dado el difícil manejo, resistencia a la degradación natural, incluso a la quema, se desecha en bolsas plásticas en los tiraderos, generando un problema de contaminación ambiental. Los estudios de este subproducto indican que su resistencia a la descomposición microbiana se debe a su alto contenido de celulosa (41.14%), hemicelulosa (41.21%) y lignina (5.27%) en estado cristalizado (Ulloa-Leitón *et al.*, 2021).

Algunos autores mencionan que este tipo de estructuras pueden debilitarse por acción de hongos como *Pleurotus ostreatus*, ampliamente conocido por su capacidad de convertir desechos agrícolas lignocelulósicos en alimentos (Nieto y Chegwin, 2010). De hecho, la producción de *Pleurotus ostreatus* (hongos setas) se sustenta en aprovechar residuos agrícolas lignocelulósicos como sustrato para producir alimento de alta calidad proteica valorada entre 17 y 25% dependiendo de las características del sustrato (García-Oduardo *et al.*, 2011; Rodríguez *et al.*, 2021).

La propagación y cultivo de *Pleurotus* sp., requiere de un inóculo desarrollado principalmente en granos de cereales. Entre los sustratos más utilizados para la obtención de micelio destacan granos de sorgo, trigo, mijo, maíz y cebada, los cuales presentan contenidos de celulosa entre 23% y 35%, hemicelulosa de 26% a 67% y lignina entre 0.1% y 21% (Wilson y Godiño, 2000; Chuck-Hernández *et al.*, 2011). Este sustrato debe suministrar carbono (a partir de celulosa, hemicelulosa y lignina), nitrógeno y compuestos inorgánicos como fuentes nutritivas, un tamaño de partícula que permita el manejo adecuado de la humedad y el oxígeno (Ríos *et al.*, 2010). Estas últimas condiciones podrían ser cubiertas con las glóquidas de tuna, debido a que su conformación y tamaño puede generar mayor superficie de contacto, cualidad indispensable para el desarrollo del inóculo primario (Jennings y Lysek, 1999; Harris, 2008).

De acuerdo con Suárez-Arango (2010) cuando el sustrato proporciona las condiciones adecuadas, el micelio se desarrolla de forma densa homogénea y en poco tiempo (aproximadamente dos semanas), color blanco, de textura algodonosa, densidad regular con presencia de hifas aéreas. A detalle microscópico, las hifas están muy ramificadas, con paredes generalmente delgadas y presencia de fíbulas (Pérez-Roldán, 2006). Con base en lo anterior la presente investigación tuvo como objetivo a) valorar las glóquidas de tuna como componente mejorador de sustrato para la producción de micelio de *Pleurotus* sp.; a través, de indicadores de colonización macroscópica y características del micelio a nivel estereoscópico. Esta investigación contribuye a generar valor agregado a un subproducto del sistema de producción tunero que en la actualidad, constituye un desecho de difícil manejo con impacto ambiental negativo en las zonas de cultivo.

Materiales y métodos

Características de las glóquidas

Se utilizaron glóquidas de tuna obtenidas de la producción del poblado de San Felipe Teotitlán, Nopaltepec, Estado de México. De acuerdo con Ulloa-Leitón *et al.* (2021), las glóquidas contienen 41% (± 0.2) de celulosa, 41% (± 0.2) de hemicelulosa y 5.27% (± 0.2) de lignina, miden 1 667 μm (± 292) de largo y 67.3 μm (± 9.56) de diámetro, con densidad de 0.1574 g ml^{-1} .

El micelio (F2) de la colección de cepas del Instituto de Ecología, AC (INECOL), se sembró en mezclas de granos de sorgo (S) y glóquidas molidas (EM) o enteras (EE), de acuerdo con los tratamientos indicados en el Cuadro 1. Previo a la preparación de los tratamientos, se limpió el material, retirando las basuras grandes. El sorgo se lavó con agua corriente por inmersión, para eliminar impurezas y granos rotos, se escurrió y secó durante 12 h extendiendo el material sobre papel absorbente. Posteriormente, se prepararon los tratamientos indicados.

Cuadro 1. Proporciones en peso de los materiales utilizados en la preparación del sustrato por tratamiento.

Tratamiento	Sorgo (%)	Glóquidas molidas (%)	Glóquidas enteras (%)
Testigo	100	0	0
90S-10EM	90	10	0
80S-20EM	80	20	0
70S-30EM	70	30	0
Testigo	50	0	0
90S-10EE	40	0	10
80S-20EE	30	0	20
70S-30EE	20	0	30

S= sorgo; EM= glóquida molida; EE= glóquida entera.

Las muestras de cada unidad experimental se colocaron en frascos con capacidad de 200 y 450 ml para glóquida molida y entera, respectivamente. Una vez realizadas las mezclas, se registraron los pesos secos de cada unidad experimental, se taparon y homogeneizaron. Posteriormente, se les adicionó hasta saturación una solución alcalina compuesta por hidróxido de calcio comercial $\text{Ca}(\text{OH})_2$ al 1.8% y bicarbonato de sodio comercial (NaHCO_3) al 1%, permaneciendo por 12 h en esta condición aquellas con glóquida molida y por 24 h las de glóquida entera, dado que ésta lleva más tiempo para su hidratación (Figura 1).

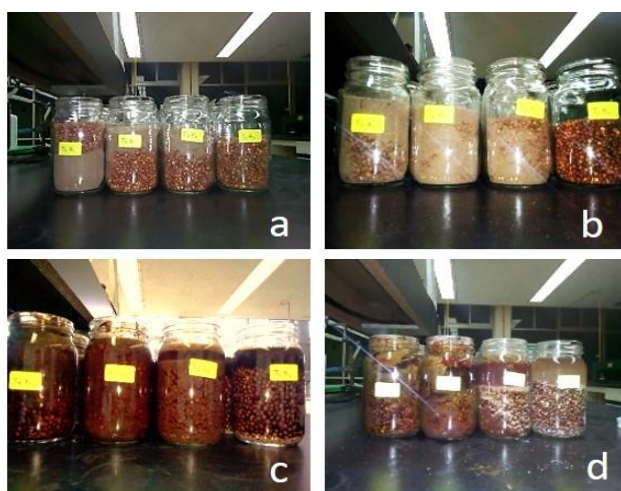


Figura 1. Unidad experimental, a) pesado; b) homogeneizado; c) saturación con solución alcalina; y d) tiempo de reposo.

Una vez concluida la hidratación, las muestras se filtraron en cedazo de organza, se pesaron y colocaron nuevamente en su frasco (previamente lavado con jabón), finalmente, se les colocó una tapa de papel aluminio (Figura 2).

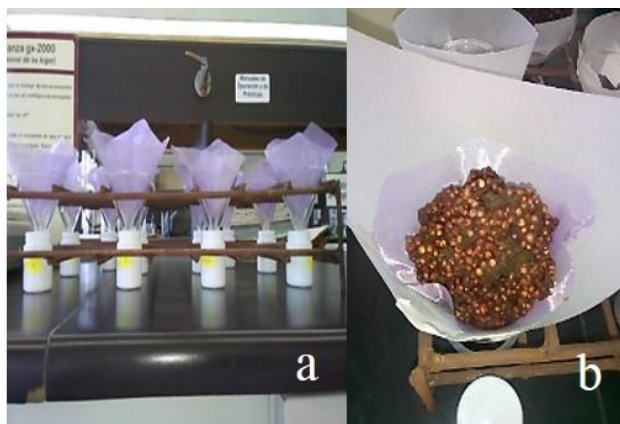


Figura 2. a) filtrado de muestras; y b) muestra filtrada.

Las unidades se esterilizaron en olla de presión a 20 libras durante 20 min, se enfriaron a temperatura ambiente y se inocularon con 3 g del micelio de *Pleurotus* sp., en campana de flujo laminar. Se incubaron a 25 °C por 11 días, tiempo en el cual alcanzaron 100% de colonización. En este periodo, cada tres días se homogeneizaban las muestras (Figura 3). Previo a la siembra del micelio, se registró el peso en húmedo de cada unidad experimental para valorar este parámetro en la mezcla de sustrato.



Figura 3. a, b) muestras en incubación; y c, d) muestras colonizadas.

Variables evaluadas

El grado de invasión del micelio se evaluó con base en: tipo de crecimiento, textura, color, micelio aéreo y densidad, para lo cual se construyó una escala hedónica por variable (Cuadro 2), de acuerdo con la propuesta por (Rodríguez-Macías, 1996) modificada para los fines de este experimento (Figura 4).

Cuadro 2. Parámetros de escala hedónica.

Tipo de crecimiento	Textura	Color	Micelio aéreo	Densidad (patrón de desarrollo)
1= homogéneo	1= algodonosa	1= blanco	1= regular	1= muy alta
2= irregular	2= abortada	2= blanquecino	2= escaso	2= alta
3= ralo	3= venosa	3= amarillento	3= ausente	3= mediana
4= con anillos	4= aterciopelada			4= baja
	5= cerosa			



Figura 4. Parámetros evaluados. a) tipo de crecimiento; b) textura; c) color; d) micelio aéreo; y e) densidad del micelio.

Desde el punto de vista del crecimiento ideal del micelio de *Pleurotus* en los sustratos, en la valoración del parámetro tipo de crecimiento, éste debe tender a la homogeneidad, la textura debe ser algodonosa; el color preferentemente blanco, con presencia de micelio aéreo y densidad alta a muy alta.

Con el objetivo de confirmar que el micelio se desarrolló en las glóquidas de tuna en las diferentes mezclas, se tomaron muestras de los mejores tratamientos y se realizaron observaciones en estereoscopio. Las variables evaluadas se procesaron con pruebas no paramétricas de análisis de medias y contrastes en el paquete Estadístico Statistical Analysis Software (SAS) con número de licencia 70074773 con un nivel de confianza de 95%.

Resultados y discusión

Grado de invasión del micelio

El análisis de varianza de las características evaluadas con escala hedónica indicó que al menos dos tratamientos fueron significativamente distintos en cada una de las variables (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación de medias de los parámetros de grado de invasión evaluados obtenidos por escala hedónica.

Tratamiento	Tipo de crecimiento	Textura	Color	Micelio aéreo	Densidad
Testigo1	31 a	25.75 ab	15.75 cd	20.33 bc	30.33 a
90S10EM	15.5 b	33.42 a	24.67 abc	8.83 d	10.58 c
80S-20EM	23.83 ab	20.75 bc	30.17 ab	13.17 cd	19.17 abc
70S-30EM	15.33 b	25 ab	31.58 a	14.5 cd	26.92 a
90S-10EE	28.18 a	21.67 abc	20.83 abc	34.33 a	25.83 a
80S-20EE	13.18 b	11.83 c	8.17 d	28.17 ab	13.08 bc
70S-30EE	23.5 ab	12.08 c	19.33 bcd	31.17 a	24.58 ab
Pr> F	0.036*	0.0109*	0.0033**	<0.0001**	0.0204*
DMS	12.39	12.14	11.65	9.75	12.48

S= sorgo; EM= glóquida molida; EE= glóquida entera; DMS= diferencia mínima significativa letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa con un nivel de confianza de 95%.

Con base en las variables evaluadas, a los 11 días de inoculación de los sustratos con *Pleurotus* sp., los tratamientos 90S-10EM y 80S-20EE presentaron características ideales esperadas en el desarrollo del micelio y superiores al testigo. El tratamiento 90S-10EM presentó crecimiento homogéneo, textura aterciopelada, color amarillento, micelio aéreo presente y muy alta densidad, en 80S-20EE el crecimiento fue homogéneo, textura algodonosa, color blanco y muy alta densidad, aunque sin presencia de micelio aéreo (Figura 5).

Los tratamientos restantes en glóquida molida (EM) y entera (EE), alcanzaron la colonización completa y homogénea a los 11 días, obteniendo una calidad cercana a la ideal en atributos como tipo de crecimiento, textura y densidad, incluso mejor que el testigo (Figura 5). Cuando las condiciones nutricionales del sustrato son favorables, se beneficia la ramificación de las hifas, así como la cantidad de biomasa producida (Prosser y Tough, 1991; Arana-Gabriel *et al.*, 2014), en consecuencia, los resultados del experimento muestran que las glóquidas molidas contribuyen a mejorar las condiciones del sustrato tradicional para el desarrollo del micelio de *Pleurotus*. Si bien las mejores mezclas fueron las antes señaladas, de forma cualitativa, en los seis tratamientos con glóquidas molidas o enteras, se apreció una colonización completa y homogénea con micelio de muy denso a denso.

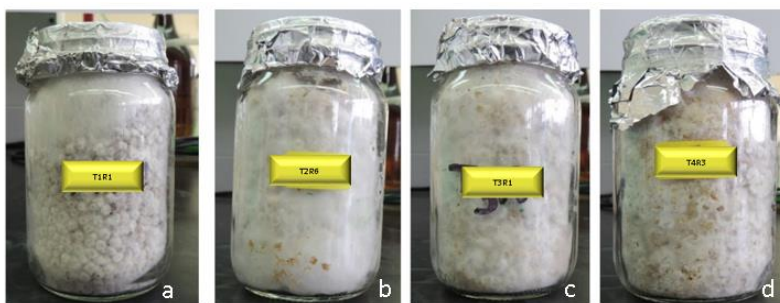


Figura 5. Grado de colonización del micelio a los 11 días de incubación. a) testigo; b) 90S-10EM; c) 80S-20EM; y d) 70S-30EM.

La textura del micelio fue de algodonosa a aterciopelada, que de acuerdo con López-Ramírez (2014) este tipo de textura se alcanza cuando las hifas están bien ramificadas y compactas. El color del micelio fue de amarillento a blanquecino, el color amarillento puede deberse a que algunas glóquidas se adhieren a las paredes del frasco y evidencian la pigmentación de estas estructuras, ya que al hidratarse desprenden colores que van del amarillo a rosa intenso (Figura 6).



Figura 6. Comparación de color, a) testigo; y b) 70S-30EM.

El parámetro micelio aéreo es importante pues de acuerdo con Rahardjo *et al.* (2002) su presencia es indicativa de una favorable difusión de oxígeno para el proceso respiratorio del hongo. En este sentido, todos los tratamientos con EM al igual que el testigo, facilitaron este tipo crecimiento y en particular la mezcla 90S-10EM. En cambio, con EE su presencia fue menor y no se reflejó en la comparación de medias.

Todas las características morfológicas del micelio valoradas en este estudio concuerdan con las reportadas por Gaitán-Hernández (2005) quien indica que el micelio debe ser blanco, algodonoso y con una densidad regular, así como lo expuesto por Bermúdez-Savón *et al.* (2007) al describir a las colonias como blancas, algodonosas de regular densidad y micelio aéreo presente.

Asimismo, Suárez-Arango y Holguín-Hernández (2011) lograron un desarrollo homogéneo, denso, blanco y con crecimiento abundante en dos semanas de incubación en grano de trigo. Para *Flammulina mexicana* y *Lyophyllum* aff. *Shimeji* también se reportan desarrollos de micelio denso,

con porcentaje de colonización de 98.3% a los 20 días de inoculación en granos de trigo (Arana-Gabriel *et al.*, 2014). Desde el punto de vista del productor de setas, un micelio homogéneo y con alta densidad refleja que tiene el suficiente vigor para obtener una cosecha rápida y abundante.

Al igual que en la selección de semilla para los cultivos agrícolas, el productor se asegura que la ‘semilla’ a utilizar sea la adecuada y la reconoce como adecuada cuando la estructura del micelio es abundantemente algodonosa y compacta (López-Ramírez, 2014), esta apreciación del productor es acertada ya que es un indicador de que existe mayor cantidad de micelio.

La prueba de contrastes con lo observado en el Cuadro 4, en el C1, muestra que el tratamiento 90S-10EM presentó las mejores características de desarrollo del micelio, pues existen diferencias altamente significativas en tres de cinco variables evaluadas. Con este contraste se confirma el resultado obtenido en la prueba de medias. Para el caso de 70S-30EE (C3), también resultó altamente significativo en cuanto a textura, color y micelio aéreo. El contraste que compara a todos los tratamientos que contienen glóquidas molidas *vs* glóquida entera, muestra que cuando la mezcla contiene EM, el desarrollo del micelio se ve muy favorecido a través de las variables cualitativas tipo de crecimiento, micelio aéreo y densidad, en tanto que con EE destaca en textura y color. Estos resultados son concluyentes de que las glóquidas son un excelente material que puede ser utilizado para la producción de micelio en cualquiera de las dos formas de manejo, la elección dependerá de lo que resulte más práctico para el productor.

Cuadro 4. Prueba de contrastes de los parámetros para valorar grado de invasión del micelio de *Pleurotus* sp.

Tratamientos	Tipo de crecimiento	Textura	Color	Micelio aéreo	Densidad
90S-10EM <i>vs</i> 90S-10EE	0.0454**	0.0573	0.5085	<0.0001**	0.018**
C1: $\mu_2 - \mu_5$	-12.68	11.75	3.84	-25.5	-15.25
80S-20EM <i>vs</i> 80S-20EE	0.0893	0.1448	0.0005**	0.0036**	0.329
C2: $\mu_3 - \mu_6$	10.65	8.92	22	-15	6.09
70S-30EM <i>vs</i> 70S-30EE	0.1896	0.0377**	0.0398**	0.0014	0.7065
C3: $\mu_4 - \mu_7$	-8.17	12.92	12.25	-16.67	2.34
EM <i>vs</i> EE	0.3429	0.0026**	0.0005**	<0.0001**	0.5251
C4: $\mu_{2+} \mu_{3+} \mu_{4-} \mu_{5-} \mu_{6-} \mu_7$	-10.2	33.59	38.09	-57.17	-6.82
Testigo <i>vs</i> T2-T4 EM	0.0148**	0.8966	0.0085**	0.0447	0.0288**
C5: $3\mu_1 - \mu_2 - \mu_3 - \mu_4$	38.34	-1.92	-39.17	24.49	34.32
Testigo <i>vs</i> T5-T7 EE	0.0679	0.0375**	0.939	0.0088**	0.0763
C6: $3\mu_1 - \mu_5 - \mu_6 - \mu_7$	28.14	31.67	-1.08	-32.68	27.5

*= significancia al 0.05; **= significancia al 0.01. El signo de las medias abajo de la significancia indica la mejor respuesta del contraste. Signo negativo mejor respuesta en EM y signo positivo mejor respuesta en EE.

Contenido de humedad del sustrato

La humedad del sustrato es un factor crítico para el desarrollo óptimo del micelio, este parámetro promedio en la mezcla con EM al 10% fue de 39.7 ($\pm 1.5\%$), para 20% de 46.3% ± 2.2 (H) y en la de 30% de 50.9% ± 1.1 (H), en tanto que la del sorgo fue de 33.7% ± 0.4 (H). Para las mezclas con EE al 10% H fue de 47.2 $\pm 2.2\%$, para 20% de 55.1 ± 3.8 (H) y en 30% de 62.3 ± 1.9 (H). De acuerdo

con Sánchez y Royse (2001), contenidos de humedad inferiores a 50% no son adecuados y mayores a 80% tienen un efecto negativo en el crecimiento de *Pleurotus* sp. Garzón-Gómez y Cuervo-Andrade (2008) señalan que el contenido óptimo de humedad depende de la especie de hongo y del sustrato seleccionado, ya que cada sustrato posee características particulares de capacidad de retención de agua, por tanto, la humedad óptima en cada sustrato estará condicionada por esta característica. Con base en estos referentes, los resultados obtenidos en las mezclas ensayadas en la presente investigación indicaron que las glóquidas favorecen la retención de humedad del sustrato dentro de las condiciones óptimas para el desarrollo del micelio.

Observaciones estereoscópicas del micelio en el sustrato

Las observaciones del desarrollo del micelio en las mezclas con mayor proporción de EM y EE muestran, por una parte, que las glóquidas tienden a adherirse a los granos de sorgo (Figura 7a y 7b) debido a la presencia de barbas retrorsas, por otra parte, también se aprecia que las glóquidas se agrupan formando agregados granulares (Figura 7b).

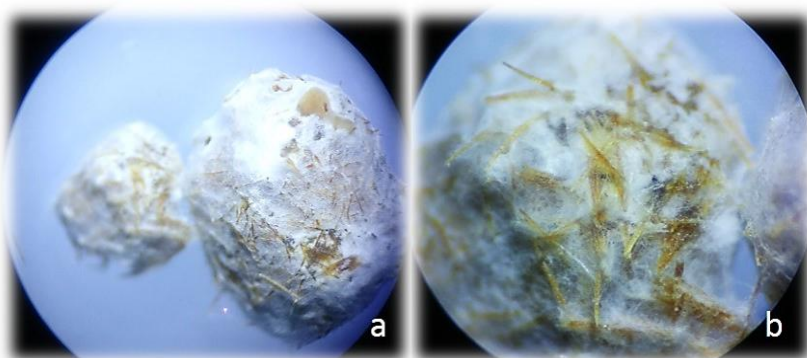


Figura 7. a) glóquidas adheridas al grano de sorgo invadido con micelio; y b) gránulo de glóquidas enteras colonizado por *Pleurotus* sp.

Estas imágenes evidencian que el micelio se desarrolló envolviendo a las glóquidas y esta invasión es favorecida por los espacios intra y entre gránulos (Figura 8a y 8b) derivados de la conformación de agregados por las estructuras, que favorecen la aireación y la retención apropiada de humedad.

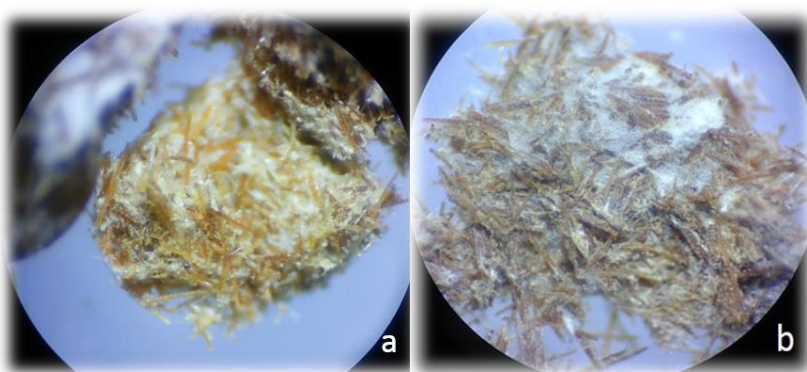


Figura 8. a) gránulo de glóquidas molidas invadidas por micelio; y b) invasión del micelio dentro del gránulo de glóquidas.

De acuerdo con Harris (2008), el tamaño de partícula del sustrato es determinante para el desarrollo del micelio, con ventajas en el grado de colonización cuando se usan materiales que aumenten la superficie de contacto. Por tanto, puede concluirse que las glóquidas mezcladas con granos de sorgo funcionan como mejorador del sustrato para la producción de la ‘semilla’ de setas.

Por otra parte, un aspecto importante de la invasión del micelio a las glóquidas, fue el comprobar que las hifas lograron romper su organización cristalina. La Figura 9 muestra que la estructura originalmente sólida y rígida (Figura 9a), fue fracturada por el ataque de las hifas (Figura 9b), puesto que se pueden apreciar espacios entre las microfibrillas de celulosa y hemicelulosa que componen a la estructura de la glóquida.

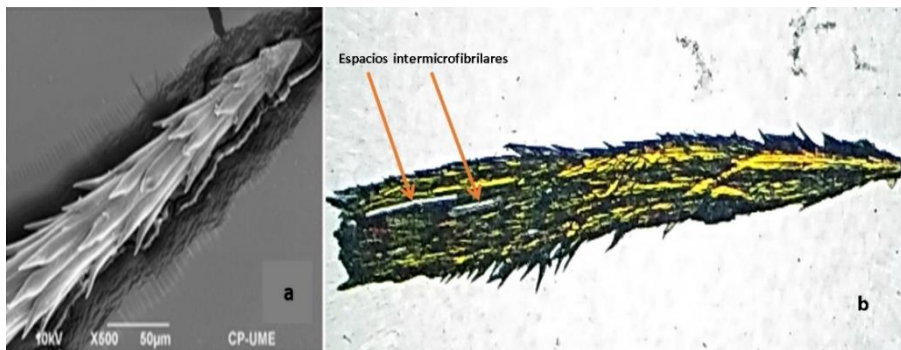


Figura 9. a) estructura de glóquida previo al proceso de invasión; y b) estructura de glóquida después del proceso de invasión de *Pleurotus* sp., 4x.

Pleurotus sp., corresponde al grupo de hongos basidiomicetos tipificado como ‘de la pudrición blanca’, que provocan un reblandecimiento de los tejidos orgánicos acompañado de una pérdida significativa de peso. De acuerdo con Salmones (2005), esta pudrición se caracteriza por una preferencia de la lignina de la fracción lignocelulosa, lo que conduce a la formación de cavidades microscópicas dentro de la fibra orgánica y a veces, produce una decoloración y un patrón de grietas similares a la pudrición oscura. Lucas *et al.* (2001) mencionan que los hongos de la pudrición blanca al degradar los diferentes polímeros lignocelulósicos de la madera la transforman en un material de aspecto esponjoso y fibroso.

Según Deacon (2013) los basidiomicetos pueden lograr la degradación total de la lignina en forma simultánea; es decir, se degradan más o menos de manera sincrónica y en la misma proporción la celulosa, hemicelulosa y lignina o pudrición selectiva, donde la lignina la degradan más rápidamente al inicio del proceso de pudrición (Blanchette, 1984). Se considera que las especies de *Pleurotus* pertenecen al tipo de la pudrición blanca selectiva (Lucas *et al.*, 2001). Esto explicaría la presencia de los espacios interfibrilares mostrados en la (Figura 9b).

Conclusiones

Los resultados de la presente investigación indicaron que las glóquidas como subproducto del beneficiado de la tuna, ya sea en forma molida o entera, puede ser utilizado como mejorador de sustrato para la producción de micelio de *Pleurotus* sp., su mezcla con el sustrato tradicional para tales fines contribuyó a aumentar la precocidad de invasión, promover una colonización completa y homogénea, con micelio muy denso de textura algodonosa. Las observaciones estereoscópicas mostraron que las hifas rompen la estructura cristalina de las glóquidas.

Literatura citada

- Arana, G. Y.; Burrola, A. C.; Garibay, O. R. y Franco, M. S. 2014. Obtención de cepas y producción de inóculo de cinco especies de hongos silvestres comestibles de alta montaña en el centro de México. *Rev. Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 20(3):213-226.
- Bermúdez, S. R. C.; García, O. N. y Murlot, L. A. 2007. Fermentación sólida para la producción de *Pleurotus* sobre mezclas de pulpa de café y viruta de cedro. *Tecnología Química*. 27(2):55-62.
- Blanchette, R. A. 1984. Screening wood decayed by white rot fungi for preferential lignin degradation. *Applied and Environmental Microbiology*. 48(3):647-653.
- Chuck, H. C.; Pérez, C. E.; Heredia, O. E. y Serna, S. S. O. 2011. Sorgo como un cultivo multifacético para la producción de bioetanol en México: tecnologías, avances y áreas de oportunidad. *Rev. mexicana de ingeniería química*. 10(3):529-549.
- Deacon, J. W. 2013. *Fungal biology*. Blackwell Publishing. 4th edition. 122-141 pp.
- Gaitán, H. R. 2005. Evaluación *in vitro* del hongo comestible *Pleurotus eryngii*: Efecto de diferentes suplementos. *Revista Mexicana de Micología*. 21:77-84.
- García, O. N.; Bermúdez, S. R. C. y Serrano, A. M. 2011. Formulaciones de sustratos en la producción de setas comestibles *Pleurotus*. *Tecnología química*. 31(3):272-282.
- Garzón, G. J. P. y Cuervo, A. J. L. 2008. Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos linocelulósicos de diferente procedencia. *Ciencias Biomedicas*. 6(10):101-236.
- Harris, S. D. 2008. Branching of fungal hyphae: Regulation, mechanisms and Mycologia. 100(6):823-832.
- Jennings, D. H. and Lysek, G. 1999. *Fungal Biology: Understanding the Fungal Lifestyle*. Bios scientific. Oxford. 2nd edition. 35-65 pp.
- López, R. M. A. 2014. Manual de producción de micelio de hongos comestibles. Xalapa, Veracruz, México. Universidad Veracruzana. 21-22 pp.
- Lucas, L. R.; Robles, G. A.; Gálvez, D. P. A.; García, G. T.; Pérez, P. R. y Álvarez, C. G. 2001. Biodegradación de la celulosa y la lignina. Junta Andalucía Consejería EDU. 40-53 pp.
- Nieto, I. J. y Chegwin, A. C. 2010. Influencia del sustrato utilizado para el crecimiento de hongos comestibles sobre sus características nutraceuticas. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 12(1):169-178.
- Pérez, R. B. J. 2006. Descripción de las características macroscópicas de cultivo *in vitro* de cepas de *pleurotus* aisladas en Guatemala. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 29-30 pp.
- Prosser, J. I. and Tough, A. J. 1991. Growth mechanisms and growth kinetics of filamentous microorganisms. *Critical reviews in biotechnology*. 10(4):253-274.
- Rahardjo, Y. S.; Weber, F. J.; Le Comte, E. P.; Tramper, J. and Rinzema, A. 2002. Contribution of aerial hyphae of *Aspergillus oryzae* to respiration in a model solid-state fermentation system. *Biotechnology and Bioengineering*. 78(5):539-544.
- Ríos, M. D. P.; Hoyos, J. L. y Mosquera, S. A. 2010. Evaluación de los parámetros productivos de la semilla de *Pleurotus ostreatus* propagada en diferentes medios de cultivo. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 8(2):86-94.
- Rodríguez, M. R. 1996. Caracterización de cepas del hongo comestible *Pleurotus* spp. en medios de cultivo y su evaluación en sustratos lignocelulósicos forrajeros para la producción de carpóforos. Tesis de grado, Maestría en ciencias en producción agrícola. Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León. 33-34 pp.

- Rodríguez, M. E.; Domínguez, E. M. H.; De Lucio, B. S. V.; García, M. V. y Cervantes, J. Á. 2021. Productividad y análisis químico proximal de *Pleurotus* spp. crecidos sobre bagazo de *Agave salmiana* como sustrato alternativo. *Agrociencia*. 55(7):569-581.
- Salmones, D. 2005. Actividad de enzimas lignocelulolíticas en cultivos de *Pleurotus* spp. en pulpa de café y la relación con su capacidad productiva y defensiva. Tesis Doctoral. México: Instituto Tecnológico de Veracruz. 63-82 pp.
- Sánchez, J. E. y Royse, D. J. 2001. La Biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. México: Limusa.
- Suárez, A. C. 2010. Obtención *in vitro* de micelio de hongos comestibles, Shiitake (*Lentinula edodes*) y Orellanas (*Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius*) a partir de aislamientos de cuerpos fructíferos, para la producción de semilla. Trabajo de grado presentado para optar al título de Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Bogotá: Universidad Nacional De Colombia, Facultad de Ciencias. 57-60 pp.
- Suárez, A. C. y Holguín, H. M. S. 2011. Evaluación de medios de cultivo sintéticos y cereales para la producción de semillas de setas comestibles. *Rev. Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 5(1):130-140.
- Ulloa, L. A.; Álvarez, S. M. E.; García, O. C.; Gavi, R. F. y Maldonado, T. R. 2021. Glóquidas del fruto de *Opuntia albicarpa* Scheinvar y su hidrólisis para uso potencial agronómico. *Rev. Fitotec. Mex.* 44(2):201-201.
- Wilson, H. y Godíño, M. 2000. Tecnología de almacenamiento de granos de trigo. INIA Serie Técnica.