

## Bagazos de *Agave tequilana*, *A. angustifolia* y *A. salmiana* para cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*

Mauricio Larios-Ulloa<sup>1,§</sup>

David Ramírez-Muñoz<sup>1</sup>

1 Centro Universitario de los Lagos-Universidad de Guadalajara. Enrique Díaz de León núm. 1144, Colonia Paseos de la Montaña, Lagos de Moreno, Jalisco, México. CP. 47460. Tel. 474 4724314. davidlll@hotmail.com).

Autor para correspondencia: mauricio.larios9968@academicos.udg.mx.

### Resumen

Los residuos del tequila y el mezcal son un problema al no tener un manejo adecuado, por ello se utilizaron bagazos de tres especies de agave (*A. tequilana*, *A. angustifolia* y *A. salmiana*) como sustrato para el cultivo del hongo *P. ostreatus*, como propuesta de valor agregado al bagazo y evitar tiraderos clandestinos y contaminación. La investigación se llevó a cabo en el Centro Universitario de los Lagos, en Lagos de Moreno, Jalisco en el año 2019. Se realizaron mezclas de cada uno de los sustratos con estiércol bovino o rastrojo de maíz, ambos en proporciones de 20 y 30%, adicional a estas mezclas se realizó otro sustrato 50% de *A. angustifolia* más 50% *A. salmiana*, en total 16 modelos experimentales y un control (100% rastrojo de maíz), todos por cuadruplicado, con el objetivo de determinar qué mezcla puede generar mejor eficiencia biológica (EB), tasa de producción (TP) y rendimiento (Re). La eficacia se obtuvo al comparar las medidas morfológicas del cuerpo fructífero: largo y ancho del píleo, largo y diámetro del pie y el porcentaje de capacidad de degradación de los sustratos al medir la tasa de biodegradación (TB). Se observó una mejoría en la EB, TP y Re para *A. salmiana* y *A. angustifolia*. *A. tequilana* no alcanzó mejoría al realizar la mezcla con rastrojo de maíz o estiércol en comparación con el uso único de *A. tequilana*. Por lo cual la utilización del bagazo de *Agave* spp. es adecuado para el cultivo de *P. ostreatus* al alcanzar una eficiencia biológica mediana que puede mejorar al adicionar nitrógeno, esto permite darle un uso al bagazo y evitar su acumulación en vertederos contaminantes.

### Palabras clave:

*Pleurotus* spp., *Agave* spp., parámetros productivos, sustratos.



## Introducción

Los residuos agroindustriales deben ser considerados materia prima para otros procesos. Esta investigación se enfoca en el bagazo de *Agave* spp. que se emplea para fabricación de ladrillos, papel, alimento de ganado, relleno de colchones, obtención de alcoholes y ácidos orgánicos, pero, no es suficiente para la gran cantidad de bagazo generada en la fabricación de tequila y mezcal (Iñiguez *et al.*, 2005; González *et al.*, 2005). Se ha aplicado el bagazo de *Agave* para sembrar *P. ostreatus* (hongo seta) cultivarlo es económico y sencillo puesto que es una alternativa viable se conoce el antecedente que se ha utilizado para la fabricación de ladrillos, papel, alimento de ganado, así como de relleno de colchones.

El hongo es lignocelulósico, degrada rápida y eficazmente la celulosa, hemicelulosa y lignina, principales compuestos en el bagazo (Heredia *et al.*, 2014), además de que este tiene gran cantidad de nutrientes y proteína, cultivar este hongo es económico y sencillo de cultivar, México ocupa el primer lugar en producción dentro de América Latina, generando alrededor de 80.8% de la producción total de la región, ubicándose como el 13° lugar a nivel mundial.

Algunas de sus ventajas son: la facilidad de su cultivo, la inversión requerida es mínima, no requiere de gran infraestructura, su precio es accesible al consumidor y tiene buen sabor, además de ser un cultivo de reconversión ecológica por lo cual puede ser una alternativa provechosa del bagazo de agave (Heredia *et al.*, 2014; Romero *et al.*, 2018). La zona de denominación de origen del tequila y mezcal tiene constante crecimiento en producción y por ende mayor cantidad de bagazo, según el Consejo Regulador del Tequila en 2019 se produjeron 351.7 millones de litros de tequila y un subproducto de 537.04 mil toneladas de bagazo (Consejo Regulador del Tequila, 2019).

Por ello que se creó una mezcla de bagazo de agave, rastrojo de maíz y estiércol bovino, para obtener un sustrato de gran eficiencia biológica (EB) para cultivar *P. ostreatus*. Esta investigación tuvo como finalidad crear mezclas a base de bagazo de agave junto con rastrojo de maíz y estiércol bovino, con el fin de obtener un sustrato de gran eficiencia biológica (EB) para el cultivo *P. ostreatus*.

## Materiales y métodos

El trabajo se realizó en un invernadero del Centro Universitario de los Lagos, Universidad de Guadalajara. Av. Enrique Díaz de León No. 1144, Col. Paseos de la Montaña, Lagos de Moreno, Jalisco, México. El bagazo de *A. salmiana* y de *A. angustifolia* se obtuvo en San Felipe, Guanajuato, donado por las fábricas de mezcal Villasuso y DYPICURIAN (Figura 1 y 2), el bagazo de *A. tequilana* fue donado por Tequila Centinela en Arandas Jalisco, el estiércol de bovino y rastrojo de maíz, se obtuvieron en ranchos de la región y se utilizó una cepa comercial (semilla) marca PRODISET variedad BPR-246.



Figura 1. Molino de piedra en fabrica Villasuso en San Felipe, Guanajuato, para obtener bagazo de *A. salmiana* y de *A. angustifolia*



Figura 2. Bagazo de DYPICURIAN en San Felipe, Guanajuato de *A. salmiana* y de *A. angustifolia*



## Preparación de sustrato

Formulación del sustrato (porcentajes en peso seco): fuente de carbono (residuo agroindustrial) 78%, fuente de nitrógeno (excremento de bovino, rastrojo de maíz) 20% azúcar 1% y cal 1% (eleva el pH del sustrato), agua (humedad) 65-75% (López-Rodríguez *et al.* 2008; Zamora, 1998).

## Pretratamiento los sustratos

Previo a la pasteurización el agroresiduo de *A. salmiana*, que al proceder de una empresa de mezcal artesanal tenía dimensiones de 15-20 cm, al requerir partículas más pequeñas para retención de humedad se hicieron cortes con un machete (Figura 3) (Gaitán *et al.*, 2012). Todos los bagazos se expusieron al sol (Figura 4) para secarse, al momento de someterlos a presión manual se fraccionaron (López-Rodríguez *et al.*, 2008). A fin de poder hacer la relación de peso seco con el hongo obtenido al momento de medir la EB.

Figura 3. Cortes con machete de *A. salmiana*



Figura 4. Exposición al sol de *A. Angustifolia* a fin de eliminar humedad.



La exposición al sol de los sustratos fue: *A. salmiana* de tres días, las fibras estaban unidas y retenían humedad; *A. angustifolia* de dos días, sus fibras estaban extendidas y separadas y *A. tequilana* de cuatro días, ya que fue donado inmediatamente después de la extracción de jugo y contenía mayor humedad.

### Temperatura del invernadero

El micelio de *P. ostreatus* crece en temperaturas entre 0-35 °C, la temperatura óptima de crecimiento es 30°C. Mientras que para estimular la fructificación se necesita una temperatura entre los 18 y 25°C (Martínez, 2014; Garzón y Cuervo, 2008), se hicieron mediciones constantes a fin de controlar el parámetro con un Higrotermómetro digital (Steren 0.0).

### Humedad relativa del invernadero

La humedad óptima debe ser de 50-80% (Martínez, 2014; Garzón y Cuervo, 2008), se hicieron mediciones con un Higrotermómetro digital (Steren 0.0) la humedad se reguló con riegos (microaspersión) entre las 11:00 am y 12:00 pm y 4:00 y 5:00 pm al mojar paredes y suelo, así como directos a los sustratos, también se colocaron contenedores con agua. Se realizaron mediciones de temperatura y humedad antes y después de los riegos, a fin de llevar el registro de los parámetros y estandarizar el proceso. Para la fase de fructificación fue necesario aumentar la humedad entre 85 y 90% por lo que se alargaron los tiempos de riego (Martínez, 2014; Garzón y Cuervo, 2008).

### Aireación del invernadero

El espacio se cubrió por completo con plástico de polietileno negro, para evitar corrientes de aire, condición que se mantuvo durante los 20 días de la fase de incubación. Terminada la fase se retiraron dos secciones de plástico: pared trasera y frontal, se dejó malla-sombra (Figura 5), para aumentar la ventilación y oxigenación requerida para la fase de fructificación lo cual permitió ingreso de aire y disminuyó el CO<sub>2</sub> (Martínez, 2014).

Figura 5. Apertura del vivero para ventilación y entrada de luz.



### pH en el medio de cultivo

El crecimiento de *P. ostreatus* tiene un rango óptimo de pH 5.5 y 6.5 se midió y se controló al agregar carbonato de calcio de 20-30 gramos por cada kilo de sustrato húmedo (Garzón y Cuervo, 2008).

### Inoculación

Debido a que la cepa había permanecido en refrigeración fue necesario exponerla a temperatura ambiente por 40 h previo al cultivo y reactivar su metabolismo (Martínez, 2014). En un área cerrada y limpia se procedió a la inoculación del sustrato, en máxima asepsia, con el uso de guantes y cubrebocas (Escobedo, 2008). El 23 de abril se inocularon las bolsas 1-16 y 21-28, el 24 se inocularon 29-64 y el 25, 17-20 y 65-72. Cada repetición se acomodó en distintos sectores del invernadero, nivel superior y medio, a excepción del estiércol puro, rastrojo puro y *A. salmiana* con *A. angustifolia* las cuales se colocaron en el nivel inferior (Cuadro 1).

Cuadro 1. Número de bolsas que corresponde a cada una de las mezclas a utilizar

N° bolsas	Mezcla de sustrato	Núm. bolsas	Mezcla de sustrato	Núm. bolsas	Mezcla de sustrato
1-4	R	29-32	A+R20%	57-60	S+R30%
5-8	T	33-36	A+E20%	61-64	S+E30%
9-12	T+R20%	37-40	A+R30%	65-68	S+A
13-16	T+E20%	41-44	A+E30%	69-72	E
17-20	T+R30%	45-48	S	73-76	R

N° bolsas	Mezcla de sustrato	Núm. bolsas	Mezcla de sustrato	Núm. bolsas	Mezcla de sustrato
21-24	T+E30%	49-52	S+R20%	57-60	S+R30%
25-28	A	53-56	S+E20%		

R= rastrojo; E= estiércol; T= *A. tequilana*, S= *A. salmiana*; A= *A. angustifolia*

El sustrato dentro de la bolsa se comprimió levemente. El micelio añadido fue equivalente a 5% del peso total del sustrato húmedo, después se cerró sin aire para evitar la muerte por intoxicación y se rotularon (fecha de inoculación, # bolsa y código de mezcla) (Martínez, 2014; Varnero *et al.*, 2010).

Las bolsas se perforaron al día siguiente de la siembra con un cúter desinfectado para promover una condición de semi-anaerobiosis (fase de incubación), la luminosidad fue baja (inferior a 100 lux) esto se comprobó con un luxómetro marca AMPROBE modelo LM-120 (Gaitán *et al.*, 2006; Varnero *et al.*, 2010).

### Fructificación

En esta fase se retiró parte del plástico para dar ventilación e ingreso de aire fresco, reducir el CO<sub>2</sub> y aumentar la luminosidad a 200 lux, luz óptima para la fructificación. Dado que esta fase es aeróbica, se agrandaron los agujeros de las bolsas de plástico y posteriormente se quitaron (Martínez, 2014) para dar paso a los primordios.

### Cosecha, pesaje y medición de los carpóforos

Los primordios emergieron en una semana (Figura 6), se cosecharon cuando el sombrero estuvo plano, momento máximo de crecimiento (Figura 7), se realizó un corte en la base del tallo para evitar que el tejido sea susceptible de pudrirse y contaminar el área de fructificación. En promedio se producen de dos a cuatro cosechas, pero se consideraron solo tres para que la calidad del hongo no disminuya (Gaitán *et al.*, 2006).



Figura 6. Primordio en la bolsa núm. 35 A+E20%



Figura 7. Primera fructificación de la muestra núm. 3



El peso de los carpóforos se calculó después del corte, se separaron de los racimos, y se dejó el pie y sombrero, con una báscula digital (Precisa BJ4100D), se obtuvo el largo y ancho del sombrero y tallo con un Vernier (KARLEN exactitud  $\pm 0.2$  mm), este procedimiento se realizó durante las tres cosechas (López *et al.*, 2008).

### Variables EB, TP y Re

La eficiencia biológica (EB) consiste en la bioconversión de la energía y la biodegradación del sustrato, así expresar el rendimiento de los cuerpos fructíferos frescos (Heredia-Solis *et al.*, 2014). La EB depende básicamente de la composición de sustrato y estas pueden tener un valor dentro de un rango, que va desde un 20% utilizando como sustrato hojas, hasta aproximadamente 160% utilizando como sustrato pulpa de café (Heredia-Solis *et al.*, 2014).

La tasa de producción (TP) es la relación entre la eficiencia biológica y el tiempo en días desde la inoculación a la cosecha (Martínez *et al.*, 2014). El rendimiento (Re) se define como la relación en porcentaje del peso de las setas frescas sobre el peso húmedo del sustrato (Garzón y Cuervo *et al.*, 2008).

La tasa de biodegradación (TB) es la variable que mide el porcentaje de degradación efectuada por un agente biológico y está determinada por la diferencia del peso seco del sustrato inicial y el peso seco del sustrato final dividido entre el peso seco del sustrato inicial multiplicado por 100 (Romero *et al.*, 2018). Se realizó análisis estadístico ANOVA (Tukey,  $p \# 0.05$ ) para cada variable con el programa SAS versión 9.4.

## Resultados

### Temperatura, humedad relativa y luz

El experimento se realizó en primavera-verano del 2019, con temperaturas de 20.5-38°C y humedad de 50-80%. Se realizó una medición visual del crecimiento del micelio 15 días previos a la inoculación, se calificó de 1-5, donde 1 es crecimiento mínimo y 5 cuando el micelio se encuentra en todo el sustrato (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Crecimiento del micelio en los sustratos utilizados después de 15 días de la siembra.**

Sustrato	Crecimiento	Sustrato	Crecimiento	Sustrato	Crecimiento
R	5	A	2.25	S+R20%	1.5
T	4.75	A+R20%	4.25	S+R30%	2.25
T+R20%	3.5	A+R30%	5	S+E20%	2.25
T+R30%	4.25	A+E20%	3.25	S+E30%	1.75
T+E20%	4.5	A+E30%	3.75	S+A	1.25
T+E30%	4.5	S	1.25		

R= rastrojo; E= estiércol; T= *A. tequilana*; S= *A. salmiana*; A= *A. angustifolia*

La luz fue de 2-20 luxes. Los primordios emergieron 19 días después de la inoculación en sustratos R, T+R y T+E, conforme se presentaban se agrandaron los agujeros hasta retirar por completo las bolsas, el día 21 se quitó una sección trasera y frontal para darle oxigenación y luz, (80 -170 luxes).

### Variables EB, TP y Re

El crecimiento del cuerpo fructífero fue satisfactorio. La EB superó a el sustrato control (Cuadro 3). La TP es la relación producto tiempo y se obtiene al dividir la EB entre la cantidad de días que se tardó en producir las tres cosechas desde su inoculación.

**Cuadro 3. Comparación de EB de cada especie. 1) *A. tequilana*; 2) *A. angustifolia*; 3) *A. salmiana*; y 4) *A. salmiana* + *A. angustifolia*.**

<sup>1</sup> Sustrato	EB (%)	<sup>2</sup> Sustrato	EB (%)	<sup>3</sup> Sustrato	EB (%)	<sup>4</sup> Sustrato	EB (%)
T	55.41 <sup>A</sup>	A	31.435 <sup>C</sup>	S	27.15 <sup>B</sup>	A	31.435 <sup>AB</sup>
T+R20%	26.445 <sup>B</sup>	A+R20%	54.83 <sup>AB</sup>	S+R20%	50.725 <sup>A</sup>	S	27.15 <sup>B</sup>
T+E20%	48.52 <sup>A</sup>	A+E20%	41.075 <sup>BC</sup>	S+E20%	52.04 <sup>A</sup>	S+A	36.89 <sup>A</sup>
T+R30%	54.735 <sup>A</sup>	A+R30%	67.72 <sup>A</sup>	S+R30%	45.305 <sup>A</sup>		
T+E30%	54.015 <sup>A</sup>	A+E30%	49.825 <sup>B</sup>	S+E30%	55.935 <sup>A</sup>		

Valores con la misma letra en cada tabla, son estadísticamente iguales entre sí (Tukey,  $p \leq 0.05$ ). R= rastrojo; E= estiércol; T= *A. tequilana*; S= *A. salmiana*; A= *A. angustifolia*.

El Cuadro 4 muestra que el sustrato control obtuvo la mejor tasa de producción a pesar de haber tardado más días en su ciclo (59.25 días) en comparación A+E30% (50.5 días) esta diferencia es determinada por la EB, la cual es muy superior para el sustrato R.

**Cuadro 4. Tasa de producción obtenida por cada sustrato.**

Sustrato	TP (%)	Sustrato	TP (%)	Sustrato	TP (%)
R	1.997775 <sup>A</sup>	A	0.4373 <sup>FG</sup>	S+R20%	0.596375 <sup>EF</sup>
T	0.9603 <sup>BCD</sup>	A+R20%	0.987325 <sup>BC</sup>	T+E20%	0.885275 <sup>CDE</sup>

Sustrato	TP (%)	Sustrato	TP (%)	Sustrato	TP (%)
T+R20%	0.467225 <sup>FG</sup>	A+E20%	0.713975 <sup>CDEF</sup>	S+R30%	0.68605 <sup>DEF</sup>
T+E20%	0.885275 <sup>CDE</sup>	A+R30%	1.214575 <sup>B</sup>	S+E30%	0.88035 <sup>CDE</sup>
T+R30%	0.96885 <sup>BCD</sup>	A+E30%	0.982625 <sup>BC</sup>	S+A	0.45395 <sup>FG</sup>
T+E30%	1.003025 <sup>BC</sup>	A+E20%	0.713975 <sup>CDEF</sup>		

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (Tukey,  $\leq 0.05$ ). R= rastrojo; E= estiércol; TA. *tequilana*; S= *A. salmiana*; A= *A. angustifolia*.

El Re permite saber si el sustrato es adecuado, se obtiene mediante la división del peso fresco de los hongos sobre el peso fresco del sustrato, un medio viable debe obtener al menos 10% de rendimiento (Bermúdez *et al.*, 2007) (Cuadro 5), los sustratos no aptos fueron los de T+R20% y S, el mejor resultado fue el R con 27.68% y A+R30% con 20.7%. La TB la mide la degradación realizada por un agente biológico descomponedor, se obtiene por la diferencia del peso seco del sustrato inicial menos el peso seco del sustrato final dividido entre el peso seco inicial (Romero *et al.*, 2018) (Cuadro 6).

**Cuadro 5. Rendimiento para cada sustrato.**

Sustrato	Re (%)	Sustrato	Re (%)	Sustrato	Re (%)
R	27.6795A	A	10.59075EFG	S+R20%	16.2883BCDE
T	17.947125BCD	A+R20%	17.565825BCD	S+E20%	18.1818BCD
T+R20%	7.93335G	A+E20%	14.314825CDEF	S+R30%	13.87425DEFG
T+E20%	15.746075BCDE	A+R30%	20.700625B	S+E30%	19.3721BC
T+R30%	15.8634BCDE	A+E30%	17.220225BCD	S+A	13.098275DEFG
T+E30%	17.5807BCD	S	9.654375FG		

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (Tukey,  $\leq 0.05$ ). R= rastrojo; E= estiércol; TA. *tequilana*; S= *A. salmiana*; A= *A. angustifolia*.

**Cuadro 6. Comparación de Re de sustrato por cada especie de Agave. 1) *A. tequilana*; 2) *A. angustifolia*; 3) *A. salmiana*; y 4) *A. salmiana* + *A. angustifolia*.**

<sup>1</sup> Sustrato	Re (%)	<sup>2</sup> Sustrato	Re (%)	<sup>3</sup> Sustrato	Re (%)	<sup>4</sup> Sustrato	Re (%)
T	17.947125A	A	10.59075C	S	9.6543B	A	10.5907AB
T+R20%	7.93335B	A+R20%	17.565AB	S+R20%	16.288A	S	9.65437B
T+E20%	15.746075A	A+E20%	14.314BC	S+E20%	18.181A		
T+R30%	15.8634A	A+R30%	20.7006A	S+R30%	13.87B		
T+E30%	17.5807A	A+E30%	17.220AB	S+E30%	19.372A		

Valores con la misma letra, en cada tabla, son estadísticamente iguales entre sí (Tukey,  $p \leq 0.05$ ). R= rastrojo; E= estiércol; T= *A. tequilana*; S= *A. salmiana*; A= *A. angustifolia*.

## Discusión

### Temperatura, humedad relativa y luz

Las condiciones de temperatura óptima deben ser 30°C y humedad de 50-80% (Martínez, 2014; Garzón y Cuervo, 2008), al igual que como se indica en la hoja de recomendación del proveedor (PRODISSET). Se han reportaron temperaturas de 25-27 °C (Heredia *et al.*, 2014), 12-32°C y 18.4-25°C (Bermúdez *et al.*, 2007) y humedad de 60-65% (Heredia *et al.*, 2014), 75-80% y 70-75% (Bermúdez *et al.*, 2007), en este trabajo se obtuvieron resultados similares. La cepa BPR-246 de

PRODISSET fue adecuada y su crecimiento estable. En los cuerpos fructíferos no hubo alteración de propiedades organolépticas: consistencia y coloración (UNAM, 2012).

El desarrollo del micelio fue estable, los sustratos tuvieron una brotación continua, a partir del día 20 de incubación, excepto de los a base de bagazo de *A. salmiana*, con ciclos más amplios. El ciclo fue similar para cada sustrato, de 55-60 días, con excepción de los que contenían S ya que su ciclo duró de 63-90 días, congruente a lo citado por Varnero *et al.*, (2010); Bermúdez *et al.*, (2007) con ciclos de 54-104 y 45-63 días.

### Variables EB, TP y Re

La EB del sustrato control fue positiva, presentó un promedio de 118% mayor al 64.3% reportado por Romero *et al.*, (2018) y dentro del rango 20-154 % alcanzada en distintas especies de *Pleurotus* (Piña *et al.*, 2015). El resultado obtenido pudo ser al tamaño de partícula del rastrojo de maíz al permitir el intercambio gaseoso y de nutrientes, ya que el agrónomo que dono el rastrojo comentó que tenía mucho grano de maíz, según Rivera-Omen *et al.* (2013), *Pleurotus* posee una capacidad enzimática degradadora de polímeros grandes (lignina y celulosa); Bermúdez *et al.*, (2007) mencionan que los sustratos de mejor colonización son los que tienen mayor contenido de carbohidratos estructurales (lignina, celulosa y hemicelulosa), encontrados en el maíz, coincidente con Amador y Boschini (2000), que señalan que la mazorca contiene un 31% de lignina y celulosa.

La EB de *A. tequilana* varió entre 48-55%, con excepción de sustrato al que se le añadió 20% de rastrojo puesto que, se obtuvo una EB de 26.4%. Estos resultados son contrastantes a los mencionado por Lara *et al.* (2002) quienes señalan una EB de 69.1%. La EB de *A. angustifolia* fue de 31.4% con el sustrato A, y 67.7% con A+R30%, lo que mostró una diferencia significativa, esto se puede atribuir a la adición de rastrojo de maíz al bagazo de *A. angustifolia*, estos resultados son mayores a los obtenidos por Heredia *et al.* (2016) con 10% en bagazo de *A. angustifolia*, 33.2% en una mezcla de 65% de *A. angustifolia*, 35% en viruta de nogal y 5% en salvado de trigo.

En *A. salmiana* la EB con fuente de nitrógeno fue de 27.1% por medio de bagazo de *A. salmiana* y de 45.3-55.9% para las demás mezclas, concordante con Ruilova y Monzón, (2014); no obstante, no se observa diferencia significativa entre las proporciones de 20 y 30% al ser resultados alentadores al compararlos con la EB de 12-18.9% reportados por Heredia *et al.* (2016). La mezcla S+A tiene una mejora en la EB en comparación con S, sin embargo, no hay diferencia significativa contra A.

La TP lograda para el sustrato control fue muy superior a los demás sustratos, con una alta EB. La TP para los sustratos con base *A. angustifolia* mostró el mismo resultado de la EB, A+R30% fue la mezcla más sobresaliente. La TP del sustrato de A fue menor ya que presentó un ciclo más largo que los sustratos adicionados con fuente de nitrógeno, conducta similar a lo reportado por Heredia *et al.* (2016).

Los sustratos de base *A. salmiana* adicionados con fuente de nitrógeno acortaron el ciclo del hongo, obteniendo una TP de 0.6-0.88%, una diferencia significativa contra 0.29% del sustrato con únicamente *A. salmiana*. El sustrato S+A no tiene diferencia significativa en TP contra A. Las TP de este proyecto son correctas para la producción de *P. ostreatus* y similares a resultados de otros estudios como son 0.68% en bagazo de *A. tequilana*; 0.68% con masilla de cerveza (25%)/bagazo *A. tequilana* (75%) y 48.5% en masilla de cerveza (50%)/bagazo de *A. tequilana* (50%) descritos por Lara *et al.* (2002) y paja de trigo, paja de cebada, rastrojo de maíz y alfalfa con resultados de 1.06, 0.84, 0.53 y 0.29% obtenidos por Romero *et al.* (2018).

Los sustratos de *A. salmiana* presentaron una mejora al añadir fuente de nitrógeno, sin embargo, no se obtuvo diferencia significativa contra S contra S+R30%, aunque la EB y TP S+R30% fue superior a S, el Re se vio afectado debido a que contenía 30% de rastrojo y este tiene mayor retención de agua por lo cual su peso húmedo fue elevado. El sustrato S+A no logró una diferencia significativa al compararlo contra A.

Bermúdez *et al.*, (2007) reportan Re de 58.7% en sustrato de pulpa de café; 23.6% en virutas de cedro y 22.4% con mezcla 1:1 de dichos sustratos, resultados con un mejor Re comparados

con los de este experimento; sin embargo, Bermúdez *et al.* (2007) refieren que en una producción aceptable el Re debe ser superior a 10%, los resultados obtenidos en este proyecto con excepción de S superaron ese 10%.

Ningún sustrato superó los resultados del control, se observó que la adición de la fuente de nitrógeno ayuda a aumentar la EB como lo menciona Gil *et al.* (2012), la TB mejoró la biodegradación en los sustratos de *A. angustifolia* cuando se les añadió la fuente nitrogenada.

### Variables morfológicas

A pesar de que al utilizar *A. salmiana* se aprecia una tendencia a aumentar el tamaño de los cuerpos fructíferos, no se puede estipular una diferencia significativa, ya que la cantidad de cuerpos estudiados no son equivalentes, este escenario se presenta en todos los sustratos. Forero *et al.* (2008) obtuvieron en los píleos diámetros de 4.2 cm y 3.8 cm en pasto King Grass y residuos de ají (Chile), cada uno con 5% de salvado de trigo y 2% de sulfato de calcio. Bermúdez *et al.* (2007) reportan diámetros de 9.26 cm, 4 cm y 5.15 cm para sustratos de pulpa de café, viruta de cedro y pulpa 50% + viruta 50%, respectivamente.

En la mayoría de los sustratos el diámetro de los píleos fue aproximado a 5 cm, similar a los resultados anteriores. El tamaño y cantidad de los cuerpos fructíferos disminuyó conforme se cosechaban; ya que, el hongo agota el sustrato; los sustratos que produjeron prontamente sus tres cosechas generaron cuerpos fructíferos en dos ocasiones más, sin embargo, eran muy pequeños y escasos y no se contemplaron, como lo indican Fracchia *et al.* (2009), (solo las tres primeras cosechas se deben tomar con fines estadísticos) (Cuadro 2).

### Conclusiones

Las condiciones y el micelio fueron adecuados para el experimento. La adición de estiércol de bovino o rastrojo de maíz como suplemento de nitrógeno en los bagazos de *A. angustifolia* y *A. salmiana* mejora la EB, TP y Re. La mezcla S+A no presentó mejoría al ser comparada contra el bagazo *A. angustifolia* con excepción de la variable TB. La adición de suplementos en el sustrato no produjo una mejora para la TB.

La utilización de *P. ostreatus* para el decremento del bagazo de agave es una gran opción ya que los residuos del sustrato son más fáciles de compostar. Las medidas morfológicas no se ven afectadas al agregar suplementos. El sustrato S presentó mayor tamaño en las mediciones, sin embargo, fue a la baja producción de cuerpos fructíferos. Cultivar *P. ostreatus* en bagazo de agave es recomendable dando valor agregado al agroresiduo y se pueden obtener tres cosechas al menos.

### Bibliografía

- 1 Amador, R. A. L. y Boschini, F. C. 2000. Fenología productiva y nutricional de maíz para la producción de forraje. *Revista Agronomía Mesoamericana*. 11(1):171-177.
- 2 Bermúdez-Savón, R. C.; García-Oduardo, N. y Murlot-López, A. 2007. Fermentación sólida para la producción de *Pleurotus sp.* Sobre mezclas de pulpa de café y viruta de cedro. *Revista Tecnología Química*. 27(2):55-62.
- 3 Escobedo, R. 2008. Producción de hongos seta (*Pleurotus ostreatus*). Ficha técnica emitida por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural. México. 8 p. <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Producci%C3%B3n%20de%20Hongo%20Seta.pdf>.
- 4 Forero, C. L.; Hoyos, O. L. y Bazante, W. E. 2008. Evaluación de residuos de ají (*capsicum* spp.) como sustrato en la producción de setas comestibles (*P. ostreatus*). *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias*. 6(1):42-53.

- 5 Fracchia, S.; Aranda, A. y Terrizzano, E. 2009. Cultivo de una cepa comercial de *P. ostreatus* en desechos de *Simmondsia chinensis* y *Jatropha macrocarpa*. Revista Mexicana de Micología. 29:37-42.
- 6 Gaitán, H. R.; Salmenes, D.; Pérez-Merlo, R. y Mata, G. 2006. Manual práctico del cultivo de setas aislamiento, siembra y producción. 1<sup>er</sup> Ed. 2<sup>da</sup>. reimp. Instituto de Ecología AC. Xalapa, Ver. México 55 pp.
- 7 Gaitán, H. R.; Mata-Rosas, M.; Agripino, J. C. y Muñoz, E. C. 2012. Elaboración de abono bocashi con la paja obtenida del cultivo de *Pleurotus pulmonarius*. In: Sanchez J. Mata G. Hongos Comestibles y Medicinales en Iberoamérica. 1<sup>ra</sup> Ed. ECOSUR. Tapachula, Chiapas. 181-190 pp.
- 8 Garzón, G. J. P. y Cuervo, A. J. L. 2008. Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. Rev. NOVA. 6(10):126-140.
- 9 Gil, L. M.; Manjarrez-Pinzón, K.; Piñeros-Castro Y. y Rodríguez-Sandoval, E. 2012. Influencia de la adición de una fuente de nitrógeno en la producción de ligninasas. Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 10(1):173-181.
- 10 González, G. Y.; González-Reynoso, O. y Nungaray-Arellano, J. 2005. Potencial del bagazo de agave tequilero para la producción de biopolímeros y carbohidrasas por bacterias celulolíticas y para la obtención de compuestos fenólicos. e-Gnosis. 3:1-18.
- 11 Heredia, S. A.; Esparza-Ibarra, E.; Romero-Bautista, L.; Cabral-Arellano, F. J.; Echavarría-Chairez, F. G. y Bañuelos-Valenzuela R. 2016. Evaluación de mezclas para sustrato y producción de *P. ostreatus* (Jacq. ex Fr.) P. Kumm. Agroproductividad. 9(6):67-72.
- 12 Heredia-Solís, A.; Esparza-barra, E.; Romero-Bautista, L.; Cabral-Arellano, F. y Bañuelos-Valenzuela. R. 2014. Bagazos de *Agave salmiana* y *Agave weberi*. utilizados como sustrato para producir *Pleurotus ostreatus*. Revista Iberoamericana de Ciencias. 1(5):103-110.
- 13 Iñiguez, G.; Acosta, N.; Martínez, L.; Parra, J. y González, O. 2005. Utilización de subproductos de la industria tequilera. Parte 7. Compostaje de bagazo de agave y vinazas tequileras. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. 21(1):37-50.
- 14 Lara, A.; Arias, A. and Villaseñor, L. 2002. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and *P. pulmonarius* on spent brewer's grain and tequila maguey bagasse. International conference on mushroom biology and mushroom products, Cuernavaca, México. 323-330 pp.
- 15 López-Rodríguez, C.; Hernández-Corredor, R.; Suárez-Franco, C. y Borrero, M. 2008. Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca Universitas. Scientiarum. 13(2):128-137.
- 16 Martínez-Miranda, D. N. 2014. Producción de tres especies de *Pleurotus* spp. Utilizando diferentes sustratos. Tesis. Universidad Rafael Landívar. Nuevo progreso, San Marcos, Guatemala. 33-55 pp.
- 17 Piña, G. A. B.; Nieto-Monteros, D. A. y Robles-Martínez, F. 2015. Utilización de residuos agrícolas y agroindustriales en el cultivo y producción del hongo comestible SETA (*Pleurotus* spp.). Revista Internacional de Contaminación Ambiental. 32(especial):141-151.
- 18 Rivera-Omen, R.; Martínez-Mamián, C. y Morales-Velasco, S. 2013. Evaluación de residuos agrícolas como sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus*. Revista Luna Azul. 37(1):89-100.
- 19 Romero, A. O.; Valencia-De Ita, M. A.; Rivera-Tapia J. A.; Tello-Salgado, I.; Villarreal Espino-Barros, O. A. y Damián-Huato, M. A. 2018. Capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* utilizando alfalfa deshidratada como suplemento en diferentes sustratos agrícolas. Agricultura, sociedad y desarrollo 15(2):145-160.
- 20 Ruilova, C. M. B. y Monzón, H. A. 2014. Evaluación de residuos agrícolas para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*. Revista ICIDCA. 48(1):54-59.

- 21 UNAM. 2012. Manual de cultivo de hongo seta (*Pleurotus ostreatus*) de forma artesanal. <http://huertofenologico.filos.unam.mx/files/2017/05/Cultivo-de-hongo-seta.pdf>. Accedido 24/01/9. 7-35 pp.
- 22 Varnero, M. T.; Quiroz, M. S. y Álvarez, C. H. 2010. Utilización de residuos forestales lignocelulósicos para producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*). Rev. Infor. y Tecnología. 21(2):13-20.
- 23 Zamora-Martínez, M. C. 1998. Guía para el cultivo de las setas (*Pleurotus* spp.). SAGAR, INIFAP. Folleto técnico núm. 12. 10-37 pp.



**Bagazos de *Agave tequilana*, *A. angustifolia* y *A. salmiana* para cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus***

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 August 2024
Date accepted: 01 October 2024
Publication date: 22 November 2024
Publication date: Oct-Nov 2024
Volume: 15
Issue: 7
Electronic Location Identifier: e3394
DOI: 10.29312/remexca.v15i7.3394

**Categories**

Subject: Artículo

**Palabras clave:****Palabras clave:***Pleurotus spp.**Agave spp.*

parámetros productivos

sustratos

**Counts**

Figures: 7

Tables: 6

Equations: 0

References: 23

Pages: 0