

Incremento de la productividad de *Pleurotus ostreatus* mediante el uso de inóculo como suplemento

Productivity increase in the cultivation of *Pleurotus ostreatus* by the use of inoculum as supplement

Santiago Jaramillo Mejía, Edgardo Albertó

Laboratorio de Micología y Cultivo de Hongos Comestibles. Instituto Tecnológico de Chascomús (INTECH), Universidad Nacional de San Martín (UNSAM)-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), CC 164. 7130, Chascomús, Buenos Aires, Argentina.

RESUMEN

Antecedentes: El aumento de la rentabilidad en un cultivo puede obtenerse incrementando los rendimientos, la productividad o ambos, de modo de obtener mayor cantidad de hongos con el mismo esfuerzo.

Objetivos: Buscar la tasa de inoculación óptima para incrementar la productividad del cultivo de una cepa altamente productiva de *Pleurotus ostreatus*.

Métodos: Usamos como sustrato paja de trigo, se inocularon bolsas de 1 kg peso húmedo con diferentes porcentajes de inóculo (producido sobre sorgo) variando del 1 al 16.6 %.

Resultados y conclusiones: Se obtuvieron fructificaciones en todos los tratamientos; el tiempo de incubación se redujo una semana inoculando al 13 y 16.6 %. Observamos un aumento en los rendimientos a medida que aumentaba el porcentaje de inóculo. Los porcentajes de eficiencia biológica más altos se alcanzaron en las muestras con 13 y 16.6 %, obteniéndose valores de 116,08 y 116.04 % respectivamente, sin mostrar diferencias significativas entre ellos, pero si con el resto de los tratamientos. El número de ciclos de cultivo por año se incrementó a 5.5. Cuando evaluamos los kilogramos totales producidos en un año y los comparamos con el costo del inóculo, el balance económico muestra que al usar un porcentaje del 13 %, el productor casi duplica sus ganancias.

Palabras clave: inóculo, hongos comestibles, productividad, hongo ostra

ABSTRACT

Background: To increase profitability, it can be obtained by increasing yields, productivity or both, and in this way to obtain more fungi with the same effort.

Objective: To seek for the optimal inoculation rate to increase the productivity of the culture of a highly productive commercial strain of *Pleurotus ostreatus*.

Methods: Wheat straw was used as a substrate; bags of 1 kg wet weight were inoculated with different percentages of inoculum (produced on sorghum) varying from 1 to 16.6 %.

Results and conclusions: Fruit bodies were obtained in all treatments; the incubation time was reduced by one week inoculating at 13 and 16.6 %. We observed an enhance in yields as the percentage of inoculum increased. The highest biological efficiency percentages were reached in the samples inoculated with 13 and 16.6 %, obtaining values of 116.08 and 116.04 % respectively, without showing significant differences between them even though there were differences among treatments. The number of growing cycles per year was increased to 5.5 inoculating to 13-16.66 %. When we evaluated the total kilograms produced in one year and compared them with the cost of the inoculum, the economic balance showed that by using a percentage of 13 %, the producer doubled his profits.

Keywords: spawn, edible mushrooms, productivity, oyster mushroom

ARTICLE HISTORY

Received 14 January 2019 / Accepted 19 June 2019
Published on line 12 July 2019

CORRESPONDING AUTOR

✉ Edgardo Albertó, ealberto@intech.gov.ar
ORCID: 0000-0001-7690-4602

INTRODUCCIÓN

Los hongos del género *Pleurotus* son los más cultivados en los países latinoamericanos, después del champiñón, desde hace más de 20 años y en menos

de un siglo de desarrollo, y es actualmente el segundo hongo más cultivado en el mundo después del shiitake (Sánchez et. al., 2018; Sánchez & Royse, 2017). El valor de los hongos frescos del género *Pleurotus* en el mercado es muchas veces superior al del champi-

ñón, dependiendo esto de los países. Si comparamos el esfuerzo en producir un hongo u otro, los hongos del género *Pleurotus* deberían tener un precio de mercado menor que el de los champiñones porque el cultivo de este último requiere una mayor inversión y equipamiento. Este alto precio que tienen las especies de *Pleurotus* se debe en gran parte, al bajo desarrollo y la poca tecnología disponible que tienen los cultivadores (Ortiz *et al.*, 2017). Para aumentar la rentabilidad y la competitividad, uno de los caminos posibles es el de mejorar los rendimientos, la productividad o ambos, de modo de obtener mayor cantidad de hongos con el mismo esfuerzo. Uno de los procesos importantes en el cultivo de *Pleurotus* es la etapa de siembra donde además se deben mantener condiciones asépticas que eviten la contaminación del sustrato ya pasteurizado (Colavolpe *et al.*, 2014). El inoculante es conocido generalmente como "semilla" o "blanco de hongo"; no existiendo una palabra específica en la lengua española para este término como si existe en la lengua inglesa denominado "spawn". El inoculante se prepara sembrando el micelio de la cepa a cultivar sobre granos de cereal estériles colocados en botellas o en bolsas siendo esta una práctica muy difundida desde hace más de 80 años (Sinden 1932). Este método, solo ha sido levemente modificado a lo largo de los años no habiendo grandes cambios al respecto. Recientemente Ortiz *et al.* (2017) describieron un método basado en el encapsulamiento de micelio en esferas de alginato como inoculante para la producción de hongos comestibles mejorando la calidad microbiológica del inóculo. El inóculo líquido también ha sido empleado en el cultivo de hongos (Smita, 2011). En general, este se basa en el cultivo en agitación de un medio rico en fuentes de carbono, nitrógeno y algunas sales. Abdullah *et al.* (2013) produjeron basidiomas de *P. pulmonarius* usando inóculo líquido con buenos resultados. En general es muy poco empleado porque resulta engorroso su almacenamiento y muchas veces produce tasas de contaminación muy elevadas.

El porcentaje de inoculación recomendado es variable entre los diferentes autores. La mayoría de los cultivadores emplean para la siembra porcentajes de inoculación que van del 2 al 5 % (Albertó, 2008). Sánchez y Royse hablan de que para el género *Pleurotus* se han usado tasas de inoculación que varían entre 0.8 y 15% (Sánchez y Royse, 2001). Gaitán-Hernández *et al.* (2006) recomiendan inocular del 3 al 5%. Stamets (2000) indica

que el inóculo en grano puede ser usado para sembrar paja, aserrín, etc., en proporciones de 3 a 15 %, en cambio para el uso de inóculo a base de aserrín recomienda 5 a 20%. El inóculo es uno de los insumos que los cultivadores deben adquirir y forma parte de los costos. Hay pocos trabajos que estudian la inoculación con cantidades de inóculo superiores al 5 %; probablemente por el incremento en los costos que implica para el cultivador aumentar la tasa de siembra. Royse (2002) empleó diferentes porcentajes de inóculo que iban de 1.25 % a 5 % para *P. cornucopiae*. Royse *et al.* (2004) ensayaron porcentajes de inóculo para la misma especie, empleando otros sustratos y suplementos ensayando también tasas de inoculación que fueron del 2.5 al 5 %. Zhang *et al.* (2002) evaluaron 12, 16 y 18% de inóculo para *Pleurotus sajor-caju* en paja de arroz.

El objetivo de este trabajo es encontrar la tasa de inoculación óptima para incrementar la productividad de una cepa comercial del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* considerando los costos del inóculo y los ciclos productivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cepa estudiada

Para todos los ensayos realizados en este trabajo se empleó la cepa de *Pleurotus ostreatus* (ICFC 153/99), cepa comercial seleccionada (origen Austria) depositada en la colección de cultivos fúngicos del IIB-INTECH (WFCC 826).

Preparación del sustrato

El sustrato empleado fue paja de trigo (*Triticum aestivum*). Se utilizó un picador triturador forrajero (TRAPP- TRF-70) lográndose un tamaño final de 0.5 a 3 cm de longitud. La paja de trigo se hidrató hasta llegar a una humedad final de 70 % empleando agua desmineralizada denominada como calidad tipo C (50-55 $\mu\text{S cm}^{-1}$). Se agregó carbonato de calcio (CaCO_3) al 2 % del peso seco en todas las formulas ensayadas. El carbonato se adicionó a la paja después de la hidratación, y con la ayuda de un tambor rotatorio se favoreció el mezclado y la distribución homogénea del polvo. Se emplearon bolsas de polipropileno de 30 x 40 cm, sin fuelle. Se llenaron 10 bolsas de 1 kg (peso húmedo) de sustrato para cada tratamiento. Cada bolsa fue cerrada empleando un cilindro de PVC y tapones de algodón para permitir el intercambio gaseoso. Las bolsas con

sustrato fueron esterilizadas en un autoclave de tipo Chamberlain durante 2 h a una temperatura de 121 °C y una presión de 1.2 psi.

Preparación del inóculo, siembra e incubación

El inóculo se preparó en granos de sorgo de acuerdo al método utilizado por Omarini *et al.* (2009) y se incubó entre 14 y 21 días en oscuridad y a 25 °C. Las bolsas con sustrato fueron inoculadas con diferentes cantidades de inóculo: 10, 30, 50, 70, 100, 150 y 200 g cuyos porcentajes de inoculación corresponden a 1, 2.9, 4.7, 6.5, 9, 13 y 16.6 % según el tratamiento. Se incubaron en oscuridad a 25 °C. Se realizaron 10 repeticiones por tratamiento. Cuando el micelio invadió completamente el sustrato, las bolsas fueron llevadas al cuarto de producción.

Inducción y cosecha

Las bolsas fueron colocadas en un recinto de 2 m x 4 m, con condiciones controladas para inducir la producción. La temperatura fue mantenida entre 18-20 °C; la humedad se mantuvo por encima del 80 %, mediante un sistema de riego por micro aspersión, con un programa automático de 5 min de riego cada 3 h. El fotoperiodo fue ajustado a 9 horas/luz/día empleando tubos fluorescentes de luz blanca de 20 W. Como procedimiento estándar, al colocar las bolsas en el cuarto de cultivo, se realizaron 6 cortes verticales de 4 cm de largo en cada una para permitir el desarrollo de los hongos.

Evaluación de los rendimientos

Se pesaron y contaron el número de basidiomas producidos. Se determinó para cada caso el número de cosechas obtenidas por cada tratamiento, observando los ciclos de producción y de descanso. Se calculó la Eficiencia Biológica (EB) mediante la fórmula: $\text{kg de hongos (peso fresco) / kg de sustrato (peso seco)} \times 100$, considerando el peso seco del inóculo adicionado a cada tratamiento. También se calculó la Productividad (TP) mediante la fórmula: $\text{EB / (días de incubación + producción)}$. Se evaluó además la producción de las muestras por un periodo total (incubación + producción) de entre 66 y 81 días.

Evaluación económica

Se compararon los costos del uso de mayor proporción de inóculo con los rendimientos obtenidos al

cabo del período de cosecha. Se determinó la cantidad de ciclos por año de producción empleando la fórmula: $\text{ciclos por año} = 365/\text{días totales del ciclo de cultivo por tratamiento}$. Se consideró el precio del inóculo según el promedio del costo del mismo en la Argentina (sin costo de envío) y el valor promedio de los hongos comercializados a escala mayorista y minorista. Estos valores fueron expresados en dólares americanos.

Análisis estadístico

Se realizó una prueba de ANOVA de un factor, mediante el programa estadística GraphPad Prism 5, ©2014 GraphPad Software, Inc.®

RESULTADOS

Se obtuvieron fructificaciones en todos los tratamientos evaluados; el tiempo de incubación fue menor en los tratamientos 1 y 2 (16.6 y 13 % de inóculo) requiriendo 14 días para una completa colonización del sustrato; el resto de los tratamientos requirió tiempos mayores (Tabla 1). Cuando se analizó la eficiencia biológica se observó que los valores mayores se obtuvieron con los tratamientos 1 y 2, con valores de 116.04 a 116,08 % respectivamente, con la particularidad que no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos 1, 2, 3 y 4. La menor EB se obtuvo con el tratamiento 7 con 43,93 %. De igual modo, la productividad TP aumentó a medida que aumentaba el porcentaje de inóculo. Los tratamientos 1 y 2 mostraron una TP de 1.75 (Tabla 1).

La menor TP se obtuvo con 1 % de inóculo con 0,54. La variable número de basidiomas mostró el mismo comportamiento que la variable EB, a medida que aumentó el porcentaje de inóculo también lo hizo el número de basidiomas cosechados a excepción del tratamiento 1. El mayor número se obtuvo con el tratamiento 2 que presentó un promedio de 25.40 basidiomas por bolsa, sin mostrar diferencias significativas con los tratamientos de 16.6 % (21.80) y 9 % (22.20) pero sí con el resto de los tratamientos.

El mayor valor para la variable peso promedio de basidiomas se obtuvo en el tratamiento de 1 % (33.27 g) y mostró diferencias significativas solo con el tratamiento 9 % (15.84 g) (Tabla 1). Los demás tratamientos mostraron valores desde 18.03 a 23.17 g.

TABLA 1. Eficiencia biológica, productividad, número de basidiomas y peso promedio de basidiomas obtenidos con la cepa ICFC 153/99 de *Pleurotus ostreatus* cultivada en paja de trigo con diferentes % de inóculo

TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	6	7
% Inóculo	16.6	13	9	6.5	4.7	2.9	1
EB	116.04a	116.08a	96.63ac	82.90ad	71.07bd	51.88bd	43.93bd
TP	1.75	1.75	1.19	1.02	0.87	0.64	0.54
# Bas	21.80ac	25.40c	22.20ac	15.33ad	11.25bd	8.50bd	5.14b
P/B	23.17ab	18.03ab	15.84a	19.37ab	22.19ab	21.37ab	33.27b
Días inc	14	14	21	21	21	21	21
Días prod	52	52	60	60	60	60	60
Total días	66	66	81	81	81	81	81

Los datos mostrados son el Promedio de 10 repeticiones. EB: eficiencia biológica. # Bas: promedio de número de basidiomas. P/B: promedio de peso de los basidiomas. TP: tasa de productividad calculada en base a la EB. Días inc: días de incubación. Días prod: días de producción. Letras diferentes en la misma fila indican que hay diferencias significativas ($P < 0.05$).

El número de cosechas se vio afectada por el porcentaje de inóculo. Para los tiempos evaluados, se obtuvieron 2 cosechas en el tratamiento 6 y 7, mientras que para los demás tratamientos se obtuvo una cosecha más es decir tres cosechas (Figuras 1 y 2). De este modo, al inocular el sustrato con porcentajes igual o mayores al 4.7 % aumenta el número de cosechas por ciclo y por ende la EB.

Los tratamientos que obtuvieron 3 cosechas, mostraron un comportamiento esperado para la variable EB, donde la primera cosecha fue superior a las demás cosechas y estas luego fueron decreciendo (Figura 1).

Los valores del porcentaje de la cosecha para cada cosecha también fueron los esperados, una primera cosecha muy alta y las siguientes más bajas. La primera cosecha obtuvo entre el 40 y 64 % del total de la cosecha, la segunda entre 27 y 37 % y la tercera cosecha (para los tratamiento que la tuvieron) 13 y 24 % (Figura 2).

Los tratamientos con porcentaje de inóculo igual o mayor a 6.5 % (Tratamientos 1-4) mostraron una diferencia entre la primera y la segunda cosecha de tan solo un 6 %, salvo en el tratamiento 2 que la diferencia entre ambas cosechas fue de 27 %

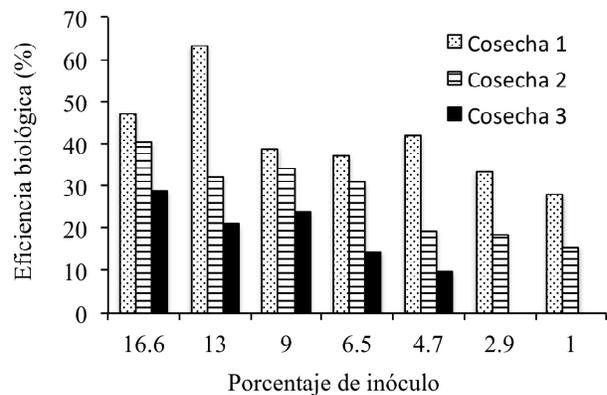


FIGURA 1. Eficiencia biológica obtenida en diferentes cosechas con la cepa ICFC 153/99 de *Pleurotus ostreatus* cultivada con distintos porcentajes de inóculo, usando como sustrato paja de trigo.

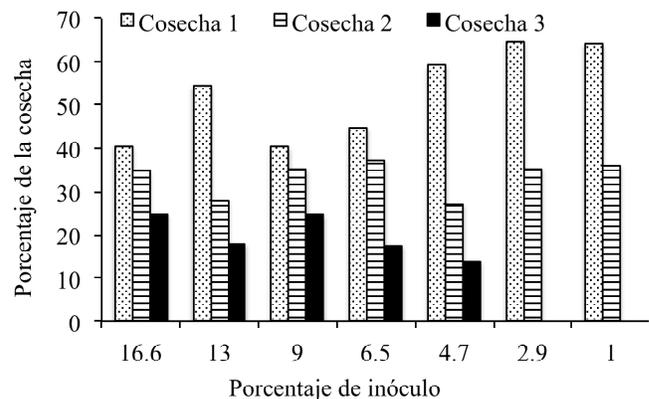


FIGURA 2. Porcentaje de la producción obtenida por cosecha con la cepa ICFC 153/99 de *Pleurotus ostreatus* sembrada con diferentes porcentajes de inóculo, usando como sustrato paja de trigo.

Los tratamientos 1 y 2 necesitaron menor tiempo de incubación (14 días) y de producción (52 días) que el resto de los tratamientos (Tabla 1), por ende, permiten realizar un mayor número de ciclos de cultivo por año pasando de 4.5 para los tratamientos 3-7, a valores de 5.5 para el caso de los tratamientos 1 y 2 (Tabla 2).

En la Tabla 3, se calcula en forma comparativa, el incremento de los costos por el uso de mayor porcentaje de inóculo con el ingreso de ventas por la mayor producción de hongos. Se ha tomado los valores de venta promedio del mercado al por menor y al por mayor para el año 2017 en la Argentina. Se observa que el aumento en la cantidad de inóculo produce un incremento muy sensible de los costos pasando de 182.3 dólares por año para 1 %, a 3711 dólares por año para 16.6 %. De igual modo, se observa un aumento en los kilogramos de hongos cosechados y en los valores de

los hongos vendidos tanto a nivel minorista como mayorista, pasando de 5989.8 minorista y 4003.1 dólares precio mayorista, para 1 % de inoculación, a valores de 19344.7 minorista y 12928.4 dólares precio mayorista para 16.6 %, para ciclos de cultivo empleando 1 ton de paja húmeda en cada uno de ellos (Tabla 3). Además, la Tabla 3 muestra las diferencias entre lo obtenido por las ventas a nivel tanto minorista como mayorista menos los costos del inóculo (rentabilidad), allí observamos que para 13 % de inoculación la rentabilidad para el segmento minorista fue de 16449.0 dólares mientras que para el segmento mayorista fue de 10032.7 dólares. En cambio, para valores mayores de inóculo del 16.6 %, la rentabilidad para el segmento minorista fue de 15627.0 dólares mientras que para el segmento mayorista fue de 9212.9 dólares, valores levemente menores al T2.

TABLA 2. Total de semilla empleada y total de hongos producidos al cabo de un año usando diferentes porcentajes de inoculación a la siembra

T	% I	CICLOS/AÑO	EB	KG I/T	KG H/C	IT/AÑO	HT/AÑO
1	16.6	5.5	116.04	166.6	348.12	916.3	1914.66
2	13	5.5	116.08	130	348.24	715.0	1915.32
3	9	4.5	96.63	90	289.89	405	1304.50
4	6.5	4.5	82.90	65	248.70	292.5	1270.49
5	4.7	4.5	71.07	47.5	213.21	213.75	959.44
6	2.9	4.5	51.88	29	155.64	130.5	700.38
7	1	4.5	43.93	10	131.79	45	593.05

T: tratamiento. % I: porcentaje de inóculo empleado en la siembra. EB: eficiencia biológica. KG I/T: kg de inóculo necesario para sembrar una tonelada de sustrato. KG H/C: kg de hongos cosechados por ciclo; IT/AÑO: inóculo total empleado en un año (kg); HT/AÑO: hongos totales cosechados en un año (kg).

TABLA 3. Balance económico en US dólares del inóculo empleado para la siembra en relación al valor total de hongos al por menor y al por mayor al cabo de un año usando diferentes porcentajes de inoculación

T	% I	IT/AÑO	HT/AÑO	US\$ I	US\$ H MIN	US\$ H MAY	‡ H MIN - I	‡ H MAY - I
1	16.6	916.3	1914.66	3711.0	19338.0	12923.9	15627.0	9212.9
2	13	715.0	1915.32	2895.7	19344.7	12928.4	16449.0	10032.7
3	9	405	1304.50	1640.2	13175.4	8805.3	11535.2	7165.1
4	6.5	292.5	1270.49	1184.6	12831.9	8575.8	11647.3	7391.2
5	4.7	213.75	959.44	865.7	9690.3	6476.2	8824.6	5606.5
6	2.9	130.5	700.38	528.5	7073.8	4727.5	6545.3	4199.0
7	1	45	593.05	182,3	5989.8	4003.1	5807.5	3820.8

T: tratamiento. % I: porcentaje de inóculo empleado en la siembra. IT/AÑO: inóculo total empleado en un año (kg). HT/AÑO: hongos totales cosechados en un año (kg). US\$ I: total del costo del inóculo en US\$ a valores actuales (4.05 US\$/kg); US\$ H MIN: total de venta al por menor de los hongos producidos en US\$ a valores actuales (10.1 US\$/kg); US\$ H MAY: total de venta al por mayor de los hongos producidos en US\$ a valores actuales (6,75 US\$/kg). Valores expresados en dólares estadounidenses.

DISCUSIÓN

Cuando se evaluó la producción de *P. ostreatus* en paja de trigo sin suplementar, se pudo comprobar que a medida que aumentaba el porcentaje de inóculo también aumentaba la EB obtenida. Royse (2002) utilizó diferentes porcentajes de inóculo (1.25, 2.50, 3.75 y 5 %) usando como sustrato una mezcla de cascara de semilla de algodón y paja de trigo para el cultivo de *P. cornucopiae* obteniendo una EB en la primera cosecha de 38.7, 40.6, 48.4 y 62.8 % respectivamente. Siendo estos valores mayores a los obtenidos en este trabajo cuando se comparan con porcentajes dentro de ese rango de inoculación, pero semejantes cuando son comparados con los valores obtenidos para porcentajes de inoculación mayores como 13 y 16.6 % donde se alcanzaron EB de 65 y 47 % respectivamente. Zhang et al. (2002), obtuvieron para *P. sajor-caju* EB totales del 131 % usando paja de arroz inoculada al 18 %. Estos valores fueron mayores a los obtenidos en este trabajo empleando tasas de inoculación de 16.6 % y 13 %, ya que se alcanzaron EB de 116.04 y 116.08 % respectivamente. Si bien se están comparando diferentes especies de *Pleurotus*, en estos últimos dos trabajos, se observó que también empleando porcentajes mayores de inóculo se obtienen mayores valores de EB. Dado que el incremento en la tasa de inoculación produce un aumento en el peso de las bolsas, es que se consideró el peso seco (62 %) que adiciona los diferentes % de inóculo para cada tratamiento. Es lógico pensar que el incremento en la EB se logra porque el inóculo funciona como un suplemento de alta calidad que aporta hidratos de carbono y nutrientes aprovechables por el hongo existentes en el grano que se emplea para producirlo. Además, con la gran ventaja que se trata de un material previamente esterilizado y luego colonizado por la cepa a cultivar. En este caso el grano de sorgo aporta 12.3 % de proteína, 1.67 % cenizas, 3.6 % aceite, 73.8 % almidón, 4.5 mg/100 g de Niacina, 0.13 mg/100 g de Riboflavina y 0.47 mg/100 g de Pridoxina (Hubbard et al., 1950). Introduciendo el suplemento en el inóculo, se evitan las contaminaciones que son frecuentes cuando se emplean suplementos en el sustrato para aumentar los rendimientos. Alananbeh et al. (2014) ensayaron 3 porcentajes de inóculo de *P. ostreatus* sobre hojas de palmera y también observaron que hubo incrementos en la eficiencia biológica obtenida. Los resultados obtenidos en este trabajo difieren

con los de Smita (2011) quien determinó que para el caso del hongo comestible shiitake (*Lentinula edodes*) la mayor eficiencia biológica fue obtenida cuando utilizó 8 % y no obtuvo diferencias significativas cuando aumentó la tasa de inoculación. De todos modos esto podría deberse a que se trata de dos especies muy diferentes.

La productividad también se vio beneficiada por un incremento en la tasa de inoculación. Gaitán-Hernández et al. (2009) obtuvieron productividades (llamadas en su trabajo como tasa de producción) que variaron desde 0.52 a 1.32 cultivando *P. pulmonarius* en paja de cebada y empleando 5 % de inóculo. En este trabajo, para una tasa similar de inoculación, se obtuvo un valor intermedio de 0.87. La mayor TP obtenida en este trabajo se alcanzó en los tratamientos con altos porcentaje de inóculo. El incremento de inóculo genera un mayor número de unidades formadoras de colonia, favoreciendo la rápida colonización del sustrato y disminuyendo el riesgo de contaminación por haber una mayor competencia del micelio a sembrar con respecto a los posibles microorganismos que pudieran estar aún presentes en el sustrato al momento de la siembra (Colavolpe et al., 2014).

Cuando se considera la variable peso promedio de los basidiomas, se observó que a partir de 2.9 % de tasa de inoculación, el porcentaje de inóculo no modifica drásticamente el peso promedio de los basidiomas. La variable número de basidiomas mostró el mismo comportamiento que la variable EB, a medida que se aumenta el porcentaje de inóculo también lo hacía el número de basidiomas cosechados a excepción del tratamiento con 16.6 % de inóculo. De modo que cuando aumenta la tasa de inoculación, los mayores rendimientos se obtienen debido a un incremento en la biomasa fúngica cosechada por un mayor número de basidiomas y no a un incremento en el peso promedio de los mismos. Shah et al. (2004) obtuvieron 14.55 basidiomas promedio por bolsa, pero obteniendo en verdad EB menores a las presentadas en este trabajo con valores promedios de 44.72 %. El comportamiento de las cosechas obtenidas resultó ser una variable interesante. Para aquellos tratamientos en los que se obtuvieron tres cosechas, los porcentajes de cosecha por cosecha variaron de 42 a 64 % para la primera, 28 a 39 % para la segunda y 10 a 22 % para la tercera cosecha. Estos valores son similares a los obtenidos por Sánchez et al. (2008) donde evaluaron los rendimien-

tos producidos por una cepa de *P. pulmonarius* y una mezcla de paja de trigo y rastrojo de tomate. Se observó que al inocular el sustrato con porcentajes iguales o mayores al 4.7 % aumentó el número de cosechas por ciclo y por ende la EB. Además, en términos generales, se observó que altos porcentajes de inóculo producen una muy buena segunda cosecha con poca diferencia con respecto a la primera. Estos dos aspectos, el aumento del número de cosechas y el incremento del rendimiento en la segunda cosecha, contribuyen al aumento de la EB cuando las tasas de inoculación son mayores.

Se observó que para los tratamientos 1 y 2, los días necesarios para completar la incubación y producción fueron menores, reduciendo el ciclo en 15 días con respecto al resto de los tratamientos. Estos resultados indican que al usar altos porcentajes de inóculo (13 y 16.6 %), se logra una disminución importante en el tiempo de incubación y en el tiempo de cosecha (Tabla 1) aumentando entonces también la productividad. Esto permitiría también aumentar el número de ciclos de cultivo por año (Tabla 2). Se puede observar que para los tratamientos 1 y 2 el número de ciclos por año es de 5.5 mientras que para los tratamientos 3-7 baja a 4.5 ciclos por año. Por consiguiente, el uso de tasas de inoculación de 13-16.6 % conduce a un aumento en la producción de hongos cosechados por año (Tabla 2). Dado que en este trabajo se ha pretendido dar un enfoque también económico, para que le sea de utilidad al productor, se han utilizado los cálculos de EB, de modo que se pueda observar cómo se incrementan los kg de hongos cosechados a medida que se incrementa la tasa de inoculación y poder compararlos con los mayores costos que derivan de la compra de mayores cantidades de inóculo.

En la tabla 2, la fila del tratamiento 5 corresponde a los valores de la tasa de inoculación promedio utilizada actualmente en Argentina. Si se proyectan estas diferencias basadas en una determinada cantidad de sustrato, en este caso de 1 ton de sustrato húmedo por ciclo, se observa que la producción se incrementa de 959.44 kg/año para tasas de inoculación del 4.7 %, a 1915.32 kg/año para tasas del 13 %, lo que significa un incremento del 99.62 %. Si se comparan las ventas obtenidas cuando se inocula con 4.7 % con los tratamientos en los que se usaron altos porcentajes de inóculo (13 y 16.6 %), se observa que las ventas casi se duplican (Tabla 3). Esto ocurre tanto para las ventas al por mayor

(12928.4 US\$ sembrando al 13 % contra 6476.2 US\$ sembrando al 4.7 %) como al por menor (19344.7 US\$ sembrando al 13 % contra 9690.3 US\$ sembrando al 4.7 %). Téngase en cuenta que muchos productores emplean tasas de inoculación aun menores, cercanas al 2 % siendo en este caso las diferencias aún mayores. Se observó que la diferencia entre las ventas y el costo del inóculo cuando se usa 16.6 % de semilla es menor que cuando se usa 13 % de semilla (Tabla 3), por lo que es recomendable inocular con tasas del 13 %, ya que al usar 16.6 % aumentan los rendimientos en forma menor, pero también los costos del inóculo, disminuyendo las ganancias.

CONCLUSIONES

Se observó que la eficiencia biológica, la productividad y la rentabilidad del cultivo de una cepa comercial del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* varían con el incremento de la tasa de inoculación. El uso de altos porcentajes de inóculo del 13 y 16.6 % reducen los tiempos de incubación, al menos en siete días y los de producción en al menos ocho días, aumentado por ende considerablemente la productividad por una reducción en el tiempo del ciclo productivo. Por esta causa, el número de ciclo por año es mayor pasando de 4.5 para tasas de inoculación de 4.7 %, a 5.5 ciclos para tasas de inoculación de 13 y 16.6 %. A su vez, los altos porcentajes de inóculo producen cosechas mayores, lográndose EB de 116 para tasas de 13 %. Los mayores rendimientos son consecuencia de tener tres cosechas en el ciclo productivo y una segunda cosecha con rendimientos similares a la primera. Por todo esto es recomendable sembrar el sustrato con una tasa de inoculación del 13 % lográndose de ese modo la máxima productividad, aumentando los rendimientos y duplicando la rentabilidad anual de un cultivo.

LITERATURA CITADA

- Abdullah, N., R. Ismail, N.M.K. Johari, M.S.M. Anuar, 2013. Production of liquid spawn of an edible grey oyster mushroom, *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél by submerged fermentation and sporophore yield on rubber wood sawdust. *Scientia Horticulturae* 161: 65-69.
- Alanbeh, K.M., N.A. Bouqellah, N.S. Al Kaff, 2014. Cultivation of oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* on date-palm leaves mixed with other agro-wastes in Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences* 21: 616-625.
- Albertó, E., 2008. Cultivo intensivo de los hongos comestibles. Hemisferio Sur, Buenos Aires.

- Colavolpe, M.B., S. Jaramillo Mejía, E. Albertó, 2014. Efficiency of treatments for controlling *Trichoderma* sp. during spawning in mushroom cultivation. *Brazilian Journal of Microbiology* 45: 1263-1270.
- Gaitán-Hernández, R., D. Salmones, R. Pérez Merlo, G. Mata, 2006. Manual práctico del cultivo de setas. Aislamiento, siembra y producción. Instituto de Ecología A.C., Xalapa.
- Gaitán-Hernández, R., D. Salmones, R. PérezMerlo, G. Mata, 2009. Evaluación de la eficiencia biológica de cepas de *Pleurotus pulmonarius* en paja de cebada fermentada. *Revista Mexicana de Micología* 30: 63-71.
- Hubbard, J.E., H.H. Hall, F.R. Earle, 1950. Composition of the component parts of the sorghum kernel. *Cereal Chemistry* 27: 415-420.
- Omarini, A., B.E. Lechner, E. Albertó, 2009. *Polyporus tenuiculus*: a new naturally occurring mushroom that can be industrially cultivated on agricultural waste. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 36: 635-642.
- Ortiz, G., M.B. Colavolpe, E. Albertó, 2017. Artificial spawn generation based on alginate encapsulated mycelium as inoculum for mushroom cultivation. *African Journal Biotechnology* 16: 1776-1783.
- Royse, D.J., 2002. Influence of spawn rate and commercial delayed release nutrient levels on *Pleurotus cornucopiae* (oyster mushroom) yield, size, and time to production. *Microbiology and Biotechnology* 58: 527-531.
- Royse, D.J., T.W. Rhodes, S. Ohga, J.E. Sánchez, 2004. Yield, mushroom size and time to production of *Pleurotus cornucopiae* (oyster mushroom) grown on switch grass substrate spawned and supplemented at various rates. *Bioresource Technology* 91: 85-91.
- Royse, D.J., J. Baars, Q. Tan, 2017. Current overview of mushroom production in the world. In: Zied, D.C., A. Pardo-Giménez (eds.), *Edible and medicinal mushrooms. Technology and applications*. Wiley-Blackwell, Oxford. Pp. 5-13.
- Sánchez, A., M. Esqueda, R. Gaitán-Hernández, A. Cordova, M.L. Coronado, 2008. Uso potencial del rastrojo de tomate como substrato para el cultivo de *Pleurotus* spp. *Revista Mexicana de Micología* 28: 17-24.
- Sánchez, J.E., D.J. Royse, 2001. La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. Uteha-Ecosur, San Cristóbal de las Casas.
- Sánchez, J.E., D.J. Royse, 2017. La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas *Pleurotus* spp. Uteha-Ecosur, San Cristóbal de las Casas.
- Sánchez, J.E., D. Zied, E. Albertó, 2018. Edible mushroom production in the Americas. Abstracts of the 9th International conference on mushroom biology and mushroom products. Shanghai, China. Pp. 2-11.
- Shah, Z.A., M. Ashraf, M.C. Ishtiaq, 2004. Comparative study on cultivation and yield performance of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on different substrates (wheat straw, leaves, sawdust). *Pakistan Journal of Nutrition* 3: 158-160.
- Sinden, J., 1932. Mushroom spawn and method of making same. USA Patent INS. 1.869.517.
- Smita, P., 2011. Agricultural wastes as substrate for spawn production and their effect on shiitake mushroom cultivation. *International Journal of Science and Nature* 2: 733-736.
- Stamets, P., 2000. *Growing gourmet and medicinal mushrooms*. Ten Speed Press, Hong Kong.
- Zhang, R., X. Li, J.G. Fadel, 2002. Oyster mushroom cultivation with rice and wheat straw. *Bioresource Technology* 82: 277-284.