

Guatemala, 24 de Abril del 2015

M.Sc. Gerardo Arroyo Catalán
Director General de Investigación
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado M.Sc. Arroyo:

Por este medio le informo sobre el proyecto de investigación, con número de partida **4.8.63.6.61** denominado "**Evaluación de la producción de cuerpos fructíferos de cepas nativas del hongo comestible Panq'oq' (*Lepista nuda* (Bull.: Fr.) Cooke)**" y realizado por el equipo de investigación conformado por la Licda. María del Carm en Bran González coordinadora del proyecto, Lic. Roberto Agustín Cáceres Staackmann investigador, Lic. Osberth Morales, Dr. Roberto Flores y Br. Natalia Gurriarán Quiróz como auxiliar de investigación II, llevado a cabo durante del 1 de febrero del año 2014 a Abril del 2015.

El presente documento fue revisado por esta autoridad en donde se determinó que cumple con los objetivos planteados en el proyecto. Así mismo con las instrucciones de elaboración del informe final y artículo científico establecidos por DIGI. Por tanto se ordena el pago correspondiente para los investigadores.

Atentamente

Dr. Jorge Erwin López Gutiérrez
Director
Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas –IIQB-



**Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Programa Universitario de Investigación en Desarrollo Industrial
-PUIDI-**

INFORME FINAL

**"Evaluación de la producción de cuerpos fructíferos de cepas nativas
del hongo comestible Panq'oq' (*Lepista nuda* (Bull.: Fr.) Cooke)"**

Equipo de investigación:

Licda. María del Carmen Bran González (Coordinadora)
Lic. Roberto Cáceres Staackmann (Investigador)
Lic. Osberth Morales Esquivel (Investigador)
Dr. Roberto Flores (Investigador)
Br. Natalia Gurriarán Quiróz (Auxiliar de Investigación II)

Abril del 2015

Unidad de Investigación de
Biodiversidad, Tecnología y Aprovechamiento de Hongos –BIOTAH-
Departamento de Microbiología
Escuela de Química Biológica
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

M.Sc. Gerardo Arroyo Catalán
Director General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar
Coordinador General de Programas

Inga. Liuba María Cabrera de Villagrán
Coordinadora Programa Universitario de Investigación en
Desarrollo Industrial
-PUIDI-

Licda. María del Carmen Bran González
Coordinadora de Proyecto

Lic. Roberto Cáceres Staackmann
Investigador

Lic. Osberth Morales Esquivel
Investigador

Dr. Roberto Flores
Investigador

Br. Natalia Gurriarán Quiróz
Auxiliar de Investigación II

Partida Presupuestaria
4.8.63.6.61
Años de ejecución: 2014-2015

CONTENIDO GENERAL

	Página
I. Resumen	1
II. Abstract	2
III. Introducción	3
IV. Planteamiento del problema	
4.1 Descripción del problema	4
4.2 Definición del problema	4
4.3 Justificación	5
V. Marco teórico	7
VI. Objetivos	14
VII. Hipótesis	15
VIII. Metodología	16
IX. Resultados	21
X. Discusión de resultados	31
XI. Conclusiones	35
XII. Recomendaciones	36
XIII. Actividades de gestión, vinculación, divulgación y docencia	37
XIV. Bibliografía	43
XV. Firmas	47

CONTENIDO DE ILUSTRACIONES

INDICE DE FIGURAS

No.	Nombre de la figura	Página
1	Porcentaje de Eficiencia Biológica y peso de los cuerpos fructíferos de las cepas de <i>L. nuda</i> en diferentes sustratos.	22
2	Número de cuerpos fructíferos producidos por las cepas de <i>L. nuda</i> en diferentes sustratos.	23
3	Comportamiento general del porcentaje de Eficiencia Biológica de las cepas de <i>L. nuda</i> en los sustratos evaluados.	23
4	Efecto general de los sustratos sobre el porcentaje de eficiencia biológica de las cepas de <i>L. nuda</i> .	25
5	Efecto general de los sustratos sobre el diámetro de los píleos de los cuerpos fructíferos de las cepas de <i>L. nuda</i> .	26
6	Clasificación de los píleos producidos por las cepas de <i>L. nuda</i> , en diferentes sustratos con base al diámetro.	27
7	Producción de cuerpos fructíferos de las cepas de <i>L. nuda</i> en el sustrato S1 para las cepas 50.09, 21.10 y 17.01	28
8	Producción de cuerpos fructíferos en el sustrato S2 para las cepas de <i>L. nuda</i> 21.10 y 17.01.	29
9	Cuerpos fructíferos obtenidos de la cepa 21.10 en el sustrato S3.	29

INDICE DE TABLAS

No.	Nombre de la tabla	Página
1	Eficiencia Biológica de las cepas de <i>L. nuda</i> en diferentes sustratos.	22
2	Diámetros de los píleos de las cepas de <i>L. nuda</i> en diferentes sustratos.	26

"Evaluación de la producción de cuerpos fructíferos de cepas nativas del hongo comestible Panq'oq' (*Lepista nuda* (Bull.: Fr.) Cooke)"

I. RESUMEN

En el presente estudio se determinó la producción de cuerpos fructíferos de cinco cepas nativas de *Lepista nuda* sobre tres sustratos, a través del porcentaje de eficiencia biológica y la medición del diámetro de los píleos. Se encontró que el mayor porcentaje de eficiencia biológica de las cepas en los sustratos evaluados fue de 57.06 que correspondió al sustrato constituido por paja de trigo mas 25 % de salvado de arroz (S2) y obtenido por la cepa 21.10, la cual fructificó en todos los sustratos evaluados. Las cepas 17.01 y 50.09 solamente fructificaron en el sustrato S1. Con respecto al diámetro de píleos de los cuerpos fructíferos, el mayor diámetro (6.19 cm) lo obtuvo la cepa 21.10 en el sustrato conformado por compost de champiñón (S1). Se recomienda que en futuras investigaciones o transferencia de tecnología a comunidades o entidades interesadas en el cultivo de este hongo, utilizar paja de trigo suplementada con 25% de salvado de arroz, ya que en dicho sustrato se obtuvieron los mayores porcentajes de eficiencia biológica.

Palabras claves: Hongos comestibles, cultivo, cepas nativas, sustrato, eficiencia biológica.

"Evaluation of the fruiting bodies production of native strains of the edible mushroom Panq'oq' (*Lepista nuda* (Bull.: Fr.) Cooke)"

II. ABSTRACT

This study determined the production of fruiting bodies of five native strains of *Lepista nuda* on three different substrates, measuring the biological efficiency percentage and the diameter of pileus. It was found that the highest biological efficiency percentage of the five strains on the three substrates was 57.06, that corresponded to substrate formulated with 75% of wheat straw and 25% of rice husk (S2) and the strain 21.20, which also produced fruiting bodies in all the researched substrates. Strains 17.01 and 50.09 fructified only on substrate S1 (*Agaricus* compost). The highest diameter of pileus (6.19 cm) was obtained on the 21.10 strain. It is recommended for future reaserches on this mushroom or when transferring this knwoledge to communities, to use wheat Straw with 25% of rice husk, due that it showed the highest biological efficencies.

Key words: Edible mushrooms, culture, native strains, substrate, biological efficiency.

III. INTRODUCCIÓN

Guatemala posee gran diversidad de hongos comestibles que se conocen desde tiempos inmemoriales. Uno de ellos es *Lepista nuda*, especie que es utilizada como alimento por personas de las etnias Kaqchikel y Mam de los departamentos de Chimaltenango y Huehuetenango (Bran, Morales, Cáceres y Flores, 2003a; Bran, et al., 2003b; Flores, et al., 2002; Morales, 2001; Morales, Bran y Cáceres, 2010). Además también se consume en varios países de Europa, América y Australia (Stott, Broderick & Nair, 1996). Contiene más del 40% de proteína por 100 gramos en peso seco y un alto valor energético, es rica en vitamina B₁ y varios minerales y posee propiedades antibacterianas, antitumorales e hipoglucémicas (Volz, 2000).

Dada la naturaleza saprobia y degradadora de esta especie, puede ser cultivada sobre residuos que se generan de las actividades agrícolas que se llevan a cabo en el país. En la actualidad, ya se han llevado a cabo estudios con varias cepas nativas y se han evaluado sus características de cultivo en diferentes medios de cultivo y temperaturas, así como la producción de inóculo en diferentes vehículos. Asimismo, se logró la producción de primordios del hongo sobre dos sustratos (Bran, Cáceres, Gurriarán, Morales y Flores, 2011). Dado el avance que se tiene en cuanto a lograr el cultivo de las cepas guatemaltecas, se hizo necesario estudiar la producción de cuerpos fructíferos (Bran, et al., 2011).

Por tal razón, el objetivo de este proyecto fue evaluar la fructificación de cepas guatemaltecas de *L. nuda* en diferentes sustratos a través de la cuantificación de la eficiencia biológica y el diámetro de los píleos. Los resultados obtenidos permitirán desarrollar una tecnología apropiada para el cultivo de *L. nuda* en Guatemala, como un paso previo de su transferencia a comunidades campesinas, como una alternativa alimenticia y de desarrollo económico del país, y como un modelo de bioprospección de la diversidad.

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

4.1 Descripción del problema

Datos recientes demuestran que la producción comercial de hongos comestibles frescos es una actividad industrial de rápido crecimiento y que representa 5×10^6 toneladas por año. Durante el período de 1995 a 2005, la producción mundial de hongos se incrementó en un 39.5 % y el monto global se ha estimado en más de 9.8 billones de dólares por año tan solo por el cultivo de algunos pocos géneros (*Agaricus*, *Lentinula*, *Pleurotus*, *Volvariella*, *Flamullina*, *Tremella*, entre otros) (Kües & Liu, 2000).

El cultivo de hongos no solo reduce el impacto de la contaminación por residuos agrícolas y forestales, ya que estos se pueden utilizar como sustratos para su producción, sino que ofrece también una alternativa económicamente aceptable para la producción de alimentos de alta calidad nutritiva y de buen sabor (Omarini, Lechner & Albertó, 2009). En la actualidad algunos estudios se han centrado en la búsqueda de nuevas especies de hongos comestibles silvestres factibles de ser cultivadas, con el fin de aumentar el número de especies disponibles para consumo humano (Omarini et al., 2009).

L. nuda es una especie saprobia y degradadora que crece sobre el lecho foliar de bosques de pino-encino y bosques mixtos de latifoliadas en Guatemala, característica que hace factible su cultivo sobre residuos que generan las actividades madereras y agrícolas del país. La especie es conocida en diversas comunidades de las etnias Kaqchikel y Mam, de los departamentos de Chimaltenango y Huehuetenango (Flores et al., 2002; Morales et al., 2010).

Asimismo, se han aislado varias cepas nativas a nivel de laboratorio y se conocen ya sus características de cultivo *in vitro* en diferentes medios y temperaturas. A nivel de sustrato, se ha logrado únicamente la producción de primordios (Bran et al., 2011). Lo anterior indica que aún faltan estudios que completen la evaluación de la producción de cuerpos fructíferos bajo condiciones artesanales, utilizando diferentes sustratos.

4.2 Definición del problema

Los resultados obtenidos de este estudio permiten establecer cuál es la mejor cepa y el mejor sustrato a través de la determinación de la eficiencia biológica y el tamaño de los píleos, y de esta forma, conjuntamente con los resultados de estudios anteriores, desarrollar la tecnología apropiada del cultivo de

L. nuda en el país, a través de la Universidad de San Carlos de Guatemala, como paso previo a su transferencia en actividades de capacitación en comunidades campesinas.

4.3 Justificación

Es de conocimiento general que enormes cantidades de residuos lignocelulósicos y otros desechos orgánicos se generan anualmente en el mundo, como producto de las actividades agrícolas, forestales y de la industria de alimentos. Más de 3000 millones de toneladas métricas (TM) de rastrojos estaban disponibles en el mundo en el año 1999, y, alrededor de la mitad de estos residuos no se utilizaron con ningún fin. Si se considera que en el cultivo de hongos comestibles se puede obtener eficiencias biológicas del 60 al 75% en una cosecha, y si se lograra cultivar hongos comestibles sobre dichos residuos, se podrían obtener cerca de 803 TM de hongos comestibles frescos (Chang & Miles, 2004)

En tal sentido, las poblaciones silvestres de hongos representan no sólo un potencial para ser cultivados como una fuente alterna de alimento, sino también para la búsqueda de metabolitos secundarios de beneficio para la humanidad. Latinoamérica es una región fundamental en la conservación de la biodiversidad, por lo que se hace necesaria la caracterización y bioprospección del germoplasma fúngico nativo (Sobal, Martínez-Carrera, Morales & Roussos, 2007).

El cultivo de hongos comestibles adquiere cada vez mayor importancia en el mundo por sus beneficios ecológicos, económicos y de dieta. Para Guatemala representa una alternativa que generaría ventajas bastante definidas tanto en el campo ecológico como en el socio-económico, porque además de constituir una opción alimenticia para la población, representa un sistema de producción limpia en la cual se contribuye no sólo a utilizar los desechos agroforestales que pueden contaminar el medio ambiente, sino que además se reutilizan los residuos que quedan después del cultivo (Bran et al., 2002).

En el país, gracias a los estudios financiados por la Universidad de San Carlos, se han aislado cepas nativas de *L. nuda*, a partir de especímenes provenientes de las localidades donde se comercializa y se utiliza como alimento.

Por lo tanto, se hizo necesario realizar estudios adicionales de dichas cepas, para evaluar su productividad a nivel de laboratorio y bajo condiciones artesanales, utilizando diferentes sustratos, con el fin de generar posteriormente una tecnología que en el futuro pueda transferirse y utilizarse para el cultivo en

regiones rurales del país, tomando en consideración la demanda existente como una alternativa alimenticia de desarrollo económico y medicinal.

Además este proyecto, está enmarcado dentro de los Acuerdos de Paz: Acuerdo sobre identidad y Derechos de los Pueblos Indígenas, apartado III: Derechos culturales, sección F: Ciencia y Tecnología, incisos del 1 al 3, que estimulan estudios de este tipo.

V. MARCO TEÓRICO

5.1 Hongos comestibles

Los hongos comestibles se conocen desde tiempos inmemoriales. Se estima que cerca de 7,000 especies poseen varios grados de comestibilidad, y más de 3,000 especies de 31 géneros se consideran como las principales comestibles (Chang & Miles, 2004; Mata, Mueller & Halling, 2003).

5.1.1 Valor nutricional

Los análisis de la composición de los hongos cultivados han revelado que los hongos comestibles son ricos en proteínas y carbohidratos, moderados en fibra y cenizas, y son bajos en grasas. Su valor energético es bajo, y son una buena fuente de aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales. El potasio y el fósforo son dos elementos dominantes en la porción mineral. Los hongos contienen tiamina, riboflavina, niacina y de vitamina B₂. En 100g de proteína cruda hay 32 a 48 g de nueve aminoácidos esenciales. De estos, la lisina es la más abundante, mientras que las cantidades de triptófano y metionina son bajas (Chang & Miles, 2004).

5.1.2 Cultivo de hongos comestibles

Se estima que el primer intento por cultivar hongos tuvo lugar en China hace 1,400 años. La primera especie cultivada fue *Auricularia auricula*, la siguiente fue *Flammulina velutipes*, la cual se cultivó 200 a 300 años después y la tercera fue *Lentinula edodes* (Chang & Miles, 2004).

El cultivo de hongos se ha popularizado en todo el mundo. En 1999, la producción mundial de hongos cultivados fue estimada en más de 7 millones de toneladas. En las últimas dos décadas, se ha incrementado de 1.2 millones de toneladas en 1981 a 6.2 en 1997, siendo China el más grande productor, consumidor y exportador de hongos (Chang & Miles, 2004).

Los hongos pueden ser cultivados a través de una variedad de métodos. Algunas técnicas son simples y requieren de poca o casi nada de experiencia por parte del cultivador. Otros, demandan técnicas sofisticadas ya que incluyen procedimientos como el cultivo de tejido estéril. Los métodos simples toman poco tiempo, pero también requieren mayor paciencia por parte del cultivador. A medida

que se progresa hacia métodos más técnicos la probabilidad de éxito se ve incrementada (Quimio & Chang, 1990).

El cultivo de hongos comestibles requiere el cumplimiento de diferentes fases las cuales comprenden: a) selección del hongo, b) determinación de los requerimientos para el cultivo, c) producción de inóculo, d) preparación del sustrato, e) desarrollo del micelio y f) desarrollo de los cuerpos fructíferos (Huerta, 2002; Chang & Miles, 2004).

Actualmente en el mundo, se han estudiado para fines de cultivo, alrededor de 200 especies, de las cuales aproximadamente 60 se cultivan comercialmente y cerca de 10 se cultivan a escala industrial. Las 10 especies cultivadas más populares a nivel mundial son *Agaricus bisporus/bitorquis*, *L. edodes*, *Pleurotus* spp., *Auricularia* spp., *Volvariella volvacea*, *F. velutipes*, *Tremella fuciformis*, *Hypsizygus marmoreus*, *Pholiota nameko* y *Grifola frondosa*. En años recientes, se cultivan también varias nuevas especies de hongos comestibles, entre ellos, *Hericium erinaceus*, *Dictyophora indusiata*, *Stropharia rugoso-anulata*, *L. nuda*, *A. cylindracea*, *Pleurotus citrinopileatus* y *Cantharellus cibarius* (Chang & Miles, 2004).

5.1.3 Cultivo de hongos comestibles en Guatemala

El cultivo de hongos comestibles en Guatemala comenzó en el año 1955, con el cultivo de champiñón (*Agaricus bisporus* (Lange) Imbach) con cepas de origen norteamericano. Posteriormente, se inició con el cultivo de *Pleurotus* a nivel de laboratorio en el Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI), empleando una cepa inglesa de *P. flabellatus* (Berk. & Br.) Sacc., (De León, Morales, Agreda & Rolz, 1983; De León, Guzmán y Martínez-Carrera, 1988).

En el año 1977, se estableció la primera planta productora de *A. bisporus* y su actividad continúa hasta ahora. La producción de *Agaricus* en Guatemala es de 68,504 kg por año, el 70% de esta producción se consume en el país y el resto se exporta (De León, 2003).

La primera planta productora de *L. edodes* se estableció en 1979. La producción comercial de *Pleurotus* inició en 1986. La producción anual de *Pleurotus* es de aproximadamente de 29,580 Kg y la mayoría se consume en Guatemala. Este tipo de hongo se vende en los mercados y supermercados (De León, 2003).

La producción total de hongos comestibles en Guatemala ha sido estimada en 132,104 kg por año, incluyendo *A. bisporus* y *A. bitorquis* (51.9%), *L. edodes* (25.7%), y *Pleurotus* spp. (22.4%) (De León, 2003).

El cultivo de *Pleurotus* a nivel comunitario inició en el año 1990, financiado por Christian Children Foundation, en el que se capacitaron personas de Santa María de Jesús, Sacatepéquez. En un proyecto financiado por Helvetas en 1991 se capacitaron a campesinos de Totonicapan. En 1995 se capacitaron campesinos de san José Ojetenam, San Marcos. En 2002 se fundaron pequeños proyectos en Huehuetenango (San Sebastián Coatán, San Rafael La Independencia y Cooperativa Joya Hermosa, Aguacatán), así como en San Marcos la Laguna, Sololá. En la actualidad se calcula que existen 300 familias o personas involucradas en este cultivo, quienes venden el producto de la cosecha en mercados locales (De León, 2007).

En 2005, la Dirección General de Investigación –DIGI-, financió el entrenamiento de 245 personas en comunidades del occidente del país, cultivándose varias especies de *Pleurotus* (*P. djamor*, *P. ostreatus* y *P. levis*), en 205 módulos, logrando producir alrededor de 1,200 libras durante el año 2005 (Bran et al., 2005).

5.2 *Lepista nuda* (Bull.: Fr.) Cooke

Lepista es un género con una amplia distribución mundial, se le cita en América, Europa, Asia, Africa y Australia. *L. nuda* es la especie más estudiada, comúnmente se le conoce como "pie azul" (Stamets, 1993; Gaytán-Hernández y Baéz-Rodríguez, 2008). Es un hongo comestible de excelente aceptación mundial y se encuentra creciendo en forma silvestre y se consume en Europa, América y Australia. La combinación de su color lila, estructura sólida fresca, aspecto, delicioso sabor y aroma lo hace una especie atractiva como comestible (Stott, et al., 1996). Su cultivo industrial se realiza en Francia y otros países de Europa. En algunos mercados de Madrid se comercializa fresca todo el año procedente de cultivos franceses (Sierra, López y García, 2002).

Se clasifica en el Phylum Basidiomycota, Clase Basidiomycetes, Subclase Agaricomycetidae, Orden Agaricales, Familia *Tricholomataceae* (Hawksworth, Kirk, Sutton & Pegler, 1995; Sierra et al., 2002).

Es una especie saprobia (Sánchez, Honrubia y Torres, 2000) que crece de manera silvestre en bosque de *Pinus* y *Quercus* sobre el mantillo (Stott et al., 1996; Gaitán-Hernández & Baéz-Rodríguez, 2008). En Guatemala se le ha

encontrado creciendo en bosque de *Pinus* y *Quercus* (Bran et al., 2003a; Morales et al., 2010).

5.2.1 Características morfológicas

Píleo de 105 a 140 mm de diámetro, plano convexo a plano, centro deprimido, margen recto en jóvenes a un poco ondulado en adultos, borde entero e incurvado en jóvenes, decurvado a ondulado y finamente estriado en adultos. Superficie higrófana, lisa y cerosa en seco. Cutícula poco desprendible. Contexto lleno, 6 mm de grosor, consistencia carnosa-esponjosa, color blanquecino violáceo en el margen y rosáceo pálido en el centro y parte del margen. En adultos, color violáceo en el borde y violáceo en el margen y centro. Himenio con láminas adheridas, muy juntas, angostas, levemente onduladas, borde liso, color violáceo en jóvenes y rosáceo-café en adultos. Lamélulas subtruncadas. Estípites de 50 a 60 mm de longitud, 10 mm de diámetro en el ápice y 9 mm de diámetro en la base, cilíndrico, fibriloso longitudinalmente con superficie de color violácea con fibras blanquecinas a rosáceo. Contexto lleno, fibriloso, de color violáceo. Esporas de 6.0-10.0 x 3.0-4.0 μm , subglobosas, finamente punteadas a verrucosas, hialinas (Bran et al., 2003a).

5.2.2 Etnomicología

Este hongo es popular en el Departamento de Chimaltenango. Es utilizada como alimento por personas de la etnia Kaqchikel que habitan los municipios de Comalapa, San Martín Jilotepeque y Tecpán Guatemala (Chimaltenango) donde se le conoce como panq'oq' (lo de adentro del chilacayote) así también se vende en los mercados municipales (Bran et al., 2003a; 2003b). También se le conoce en el municipio de Todos Santos Cuchumatán, Huehuetenango, donde los habitantes de la etnia Mam se refieren al hongo como Xew (Flores et al., 2002; Morales et al., 2010).

5.2.3 Características miceliales

En estudios realizados en el medio Melin-Norkrans (MMN) la colonia presenta: Micelio pardo claro, micelio aéreo blanco, poco abundante, distribuido por toda la superficie de la colonia. Margen irregular blanquecino. Reverso pardo claro. El diámetro de la colonia tras cuatro semanas de crecimiento es de 2.6 cm. Las hifas son hialinas o ligeramente pigmentadas de paredes delgadas, de 1 a 5.2 μm de diámetro, con ramificaciones simples y fíbulas (Sánchez, Honrubia y Torres, 2000). En otros medios como el Agar Extracto de Malta (MEA), adicionado con

2% de extracto de levadura el micelio presenta tonalidades lilas o azuladas (Gaitán-Hernández y Baéz-Rodríguez, 2008).

5.2.4 Requerimientos para el crecimiento micelial

Para el crecimiento micelial de las cepas se ha recomendado el uso de los medios de cultivo MEA, MEA + 2% levadura (Stott et al., 1996), Caseína hidrolizada o con peptona, a un pH de 7 (Gaitán-Hernández y Baéz Rodríguez, 2008) y Melin Norkrans –MMN- (Sánchez et al., 2000).

Se ha encontrado que la mayor tasa de crecimiento micelial de *L. nuda* es a pH 7, y la menor tasa de crecimiento a pH 8, aunque otros estudios indican que la mayor tasa de crecimiento se observa a pH menores de 6 (Wright & Hayes, 1978; Gaitán-Hernández y Baéz-Rodríguez, 2008).

Bran et al. (2011) al estudiar cinco cepas guatemaltecas de diferentes localidades del país, encontraron que el medio de cultivo donde las cepas obtuvieron el mayor crecimiento micelial fue el MEA a 26°C. La mayoría de las cepas en todos los medios (MEA, PDA y SAB) y temperaturas evaluados (18 y 26°C) presentaron colonias de color blanco a lila, textura algodonosa y bordes irregulares, hifas hialinas con abundantes fíbulas.

5.2.5 Producción de inóculo

Se ha informado que el inóculo para el crecimiento micelial puede prepararse en granos de cereales (Stamets, 1993) como arroz suplementado con CaCO₃ al 0.5% (Stott, et al., 1996). Bran et al. (2011) informaron que el mejor cereal para la producción de inóculo es el trigo, para la mayoría de las cepas a 26° C.

5.2.6 Producción de cuerpos fructíferos

El sustrato utilizado para la producción de cuerpos fructíferos de *L. nuda* en cultivos industriales, es el compost que se emplea para la producción comercial de champiñón (*Agaricus* sp), con una relación C:N de 15-16 (Vedder, 1996). Se ha recomendado para la inducción de cuerpos fructíferos aplicar choque frío (Stott et al., 1996; Sierra et al., 2002). También fructifica sobre aserrín o viruta de encino y aliso suplementado. Además se pueden utilizar madera de sauce, álamo, chopo y maple. Se recomienda el uso de bolsas de polipropileno para contener los sustratos que se usen para la fructificación (Stamets, 1993).

Guinberteau, Olivier y Bordaberry, (1989) determinaron una mezcla de 3 sustratos para el cultivo de *L. nuda*, en los cuales se logró un crecimiento exitoso de esta especie. Estos tres sustratos son a base de abonos orgánicos o tipo compost los cuales se producen a partir de estiércol de caballo con un suplemento de nitrógeno y algunos aditivos adicionales, a los cuales se les aplica un proceso de fermentación aerobia previa. Al obtener una cobertura completa del sustrato con micelio del hongo (colonización), se adiciona una capa de suelo de cobertura humedecida. Según los resultados obtenidos en este estudio, a las tres semanas de esta última fase, se obtuvieron los primeros carpóforos de la especie.

Stott et al. (1996) realizaron un estudio similar cultivando *L. nuda* en compost de *Agaricus* producido comercialmente y uno de compost de *Agaricus* con un 10% de paja no compostada. En este estudio se logró un mejor estímulo del crecimiento micelial sobre el compost comercial con la aparición de primordios, pero no fue posible la obtención de cuerpos fructíferos.

Danai, Ezov, Levanon & Masaphy (2008) cultivaron algunas especies de hongos exóticos utilizando el sistema de cultivo de *A. bisporus*, entre las que se encontraba *L. nuda*. Este sistema se basa en la utilización de un sustrato tipo compost pasteurizado, un sistema de cama, una habitación con una atmósfera o ambiente controlado (temperatura, humedad, iluminación y ventilación). Al aplicar la técnica mencionada, dichos autores lograron la producción de cuerpos fructíferos de *L. nuda* con un rendimiento por debajo del 5%.

Garbaye, Kabre, Le Tacon, Mousain & Piou (1979) indican que el compost compuesto por estiércol maduro y paja suplementada con el fertilizante mineral NPKCa, induce la formación de cuerpos fructíferos de *L. nuda*.

Se determinó que las mejores condiciones para una fructificación exitosa de *L. nuda* son una humedad relativa de 75 a 95%, una temperatura de 12 a 15°C, suficiente ventilación y poca luminosidad. Además se ha encontrado que la aplicación de choque frío entre 5 y 8°C induce la fructificación (Guinberteau et al., 1989; Stott et al., 1996; Stott, 1998; Danai et al., 2008).

En un estudio realizado en Guatemala con cepas nativas, se logró la producción de primordios solo de una cepa de *L. nuda*, al utilizar como sustratos paja de trigo y compost de *Agaricus*. Sin embargo se hizo la recomendación de efectuar evaluaciones para determinar la productividad de las cepas utilizadas (Bran et al., 2011).

5.2.7 Propiedades nutritivas y medicinales de *L. nuda*

Contiene más del 40% de proteína por 100 gramos en peso seco y un alto valor energético, es rico en vitamina B₁ y varios minerales (Volz, 2000). Se le considera un hongo medicinal, ya que en investigaciones previas se ha encontrado que el extracto acuoso del micelio inhibe el crecimiento de algunas bacterias, además posee propiedades antitumorales, inhibe el sarcoma 180 y el carcinoma de Ehrlich al 90 y 100% respectivamente (Ying, Mao, Ma, Zong & Wen, 1987); también se ha reportado que actúa como hipoglucémico (Volz, 2000).

VI. OBJETIVOS

6.1 General

Producir cuerpos fructíferos de cepas guatemaltecas de *Lepista nuda* en diferentes sustratos a nivel de planta piloto.

6.2 Específicos

1. Determinar la productividad de las cepas nativas de *L. nuda* sobre diferentes sustratos a través de la cuantificación de la eficiencia biológica.
2. Establecer la productividad de las cepas nativas de *L. nuda* sobre diferentes sustratos a través de la cuantificación del diámetro de los píleos.

VII. Hipótesis

Las eficiencias biológicas de por lo menos una cepa de *L. nuda*, presentan valores mayores al 10% en por lo menos uno de los sustratos a evaluar.

Los diámetros de los píleos producidos por las cepas de *L. nuda* son mayores de 3 cm, en por los menos uno de los sustratos a evaluar.

VIII. METODOLOGÍA

8.1 Descripción de la ubicación geográfica de la propuesta de investigación

Se evaluaron cepas nativas recolectadas en diferentes localidades del altiplano de Guatemala. La propuesta de investigación fue ejecutada en el Campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la ciudad de Guatemala, en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. La adquisición del compost, la paja de trigo y suplementos se realizó en los Departamentos de Chimaltenango, Sacatepéquez y Guatemala.

8.2 Período de la investigación

La investigación fue realizada del 1 de febrero del 2014 al 24 de abril del 2015.

8.3 Descripción del método, técnicas, procedimientos e instrumentos a utilizar

- **Revitalización de las cepas de *L. nuda*:** Las cepas que se utilizaron se encuentran depositadas en el Cepario de Hongos Saprobios y Micorrícicos, del Departamento de Microbiología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. El código y procedencia de las cepas es el siguiente: 17.01 (Tecpán Guatemala, Chimaltenango), 54.02 (Km 94 carretera interamericana, Chimaltenango), 50.09 (San Juan Comalapa, Chimaltenango), 4.10 (San Jorge Muxbal, Guatemala) y 21.10 (Mercado Municipal de Tecpán Guatemala, Chimaltenango).
- Cada una de las cuales fueron revitalizadas sembrándolas en agar MEA (por sus siglas en inglés Malt Extract Agar –MEA-) e incubándolas a 26°C, por 30 días.
- **Biomasa:** Al final del período de incubación de las cepas revitalizadas, se produjo biomasa para cada cepa siguiendo el procedimiento recomendado por Quimio y Chang (1990) y Bran et al. (2011):
 - Preparar los medios de cultivo.
 - Esterilizar los medios por 15 minutos a 121°C.
 - Tomar el pH de los medios preparados, el cual debe estar entre 5.5 y 6.8.

- Inocular las cajas de agar con cada una de las cepas revitalizadas, con un segmento de 5 mm de diámetro del cultivo.
- Identificar con referencia, nombre de la cepa, fecha de inoculación, medio, temperatura de incubación.
- Sellar las cajas inoculadas con papel Parafilm, para evitar su deshidratación.
- Incubarlas durante un máximo de 21 días.

Este procedimiento se realizó periódicamente en medio de cultivo MEA y PDA (por sus siglas en inglés Potato Dextrose Agar –PDA-), e incubadas nuevamente a 26°C durante 15 a 20 días como máximo.

- **Producción de inóculo:** El inóculo se preparó utilizando como vehículo granos de trigo, de conformidad con el procedimiento recomendado por Quimio & Chang (1990) y Bran et al. (2011):
 - Hidratar los granos de trigo por 24 horas, hasta alcanzar aproximadamente el 80% de humedad.
 - Someter los granos hidratados a un proceso de cocción durante 20 minutos. Enfriar y escurrir.
 - Colocar los sustratos individualmente en bolsas de polipapel con 200 gramos en peso húmedo y suplementarlos con 1% p/p de CaCO₃.
 - Esterilizar los granos por una hora a 121°C a 15 lbs/pulgada² de presión. Enfriar.
 - Cortar porciones de aproximadamente 1.0 cm² del micelio que ha crecido en el medio de cultivo, de cada una de las cepas.
 - Inocular los granos de trigo esterilizados con cinco fragmentos de agar con micelio de cada una de las cepas (20 repeticiones por cepa/tratamiento).
 - Identificar las bolsas con referencia, nombre de la cepa, fecha de inoculación, sustrato, temperatura de incubación.
 - Incubar en oscuridad y a una temperatura de 26°C.
 - Observar el crecimiento del micelio sobre el sustrato cada cinco días, hasta que se observa la colonización completa, la cual se evidencia mediante el crecimiento del micelio en el interior y exterior del sustrato.
- **Sustratos para fructificación:** Para la adquisición de sustratos se realizaron giras de campo en distintas localidades del interior del país. El compost de champiñón (*Agaricus*) fue obtenido en Chimaltenango, la paja de trigo en Sacatepéquez, en el caso de ésta última, cabe mencionar que la paja de trigo además debió ser tratada para su deshidratación, picado y almacenamiento. El salvado de arroz fue adquirido en Palencia, Guatemala.

- **Sustrato 1:** Compost de champiñón (Sierra Fernández et al., 2002; Stott et al., 1996 y Bran et al., 2011).
- **Sustrato 2:** Paja de trigo suplementado con salvado de arroz al 25%.
- **Sustrato 3:** Paja de trigo suplementado con harina de soya 5%.
- Se prepararon 10 repeticiones por sustrato y por cepa de 1.0 Kg de cada uno, colocados en bolsas de polipropileno (polipapel) y esterilizados por 2 horas a 121°C.
- **Determinación del porcentaje de humedad y peso seco de los sustratos:** Se tomaron aleatoriamente cinco muestras de los sustratos, el porcentaje de humedad fue determinado utilizando una balanza medidora de humedad, luego se calculó el promedio del peso seco para cada uno de los sustratos (gramos).
- **Incubación y fructificación:** Procedimiento para incubación y fructificación mediante la metodología propuesta por Guinberteau et al., en 1989; Stott et al., 1996; Sierra Fernández et al., 2002 y Bran, Cáceres, Gurriarán, Morales y Flores, 2012.
 - Los sustratos fueron inoculados con 200 g del inóculo previamente preparado e incubados a temperatura de 26°C, hasta que el micelio colonizó totalmente cada sustrato.
 - En el caso del compost, cuando el micelio cubrió completamente el sustrato, se recubrió con una capa de turba de aproximadamente 5 cm de grosor. Se disminuyó la temperatura a 8°C (choque térmico), para inducir la producción de cuerpos fructíferos.
 - Se implementó el módulo de fructificación, controlando el aporte de luz y ventilación, utilizando una estructura de aluminio y plástico en las instalaciones de los laboratorios del Departamento de Microbiología y de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
 - Los parámetros medioambientalistas que se registraron durante los meses de producción fueron temperatura y humedad.
 - Los sustratos fueron hidratados por medio de aspersores tres veces al día.
- **Evaluación de la producción de cuerpos fructíferos:** El procedimiento se realizó de acuerdo con lo recomendado por Chang y Miles (2004). Se tomó solamente la fructificación de la primera cosecha.

- Los cuerpos fructíferos fueron cosechados y pesados, expresando la cantidad en gramos.
- Se determinó la eficiencia biológica (EB) mediante la fórmula:

$$\frac{\text{Peso fresco de los cuerpos fructíferos}}{\text{Peso seco de los sustratos}} \times 100$$

- Se contabilizaron y midieron los diámetros de los píleos de las fructificaciones obtenidas, clasificándolas: grupo 1 (G1) < 2 cm, grupo 2 (G2) 2-4 cm y (G3) >4 cm.

8.4 Definición de las variables

Variables dependientes: Cepas de *L. nuda* inoculadas en tres sustratos.

Variables independientes: Cuerpos fructíferos (% EB) y diámetro de los píleos.

Variables cuantitativas: Diámetro de los píleos de los cuerpos fructíferos obtenidos, peso de cada cuerpo fructífero y porcentaje de eficiencia biológica.

6.5 Metodología de análisis de la información

Diseño:

El diseño general de la investigación se presenta de acuerdo con los objetivos presentados:

Objetivo 1: Diseño factorial: 5 x 3 x 10 (5 cepas, 3 sustratos, 10 réplicas). Se elaboró una base de datos en el programa EXCEL® con los siguientes parámetros: Cepa (c/u de las 5 cepas), sustrato (1, 2, y 3), eficiencia biológica (%). Posteriormente se importará hacia el programa estadístico SPSS 16.0®, para su análisis estadístico y elaboración de gráficos de interacción, para determinar la productividad expresada en porcentaje de eficiencia biológica de cada una de las cepas.

Objetivo 2: Se elaboró una base de datos en el programa EXCEL® con los siguientes parámetros: Cepa (5 cepas), sustrato (1, 2 y 3), Diámetro de los píleos (G1, G2 y G3 en cm) y diámetro total.

Análisis estadístico:

Objetivo 1: Se efectuaron análisis de varianza y prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($\alpha = 0.05$), para evidenciar las diferencias significativas en función de la eficiencia biológica obtenida para cada una de las cepas en los diferentes sustratos.

Adicionalmente se realizó un análisis de varianza y pruebas de comparaciones múltiples de Tukey ($\alpha = 0.05$) para evidenciar las diferencias significativas en función del número de días transcurridos desde la inoculación de los sustratos hasta la primera cosecha, obtenido para cada una de las cepas en los diferentes sustratos.

Objetivo 2: Se efectuaron análisis de varianza y prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($\alpha = 0.05$), con respecto de la media del diámetro total de los píleos. Además, los diámetros fueron clasificados en los grupos G1, G2 y G3, Además se elaboraron gráficas de interacción.

IX. RESULTADOS

De acuerdo con los resultados obtenidos (Tabla 1), se determinó que todas las cepas fructificaron en el sustrato S1. Solo la cepa 21.10 produjo cuerpos fructíferos en los sustratos S2 y S3. La cepa 4.10 no produjo cuerpos fructíferos en ninguno de los sustratos evaluados y la 54.02 no colonizó los sustratos.

En general todas las cepas fructificaron en menor tiempo en el sustrato S1. Sin embargo, la cepa 21.10 fue estadísticamente significativa ($p=0.000$), por presentar el tiempo más corto. Las cepas 17.01 y 50.09 no presentaron diferencia en este mismo sustrato ($p=1.000$) (Tabla 1).

El tiempo de fructificación en los sustratos S2 y S3 (cepa 21.10) fue estadísticamente significativo ($p=0.003$) y presentaron los tiempos más largos de fructificación (Tabla 1).

El mayor porcentaje de eficiencia biológica lo obtuvo la cepa 21.10 en el sustrato S2, el cual fue estadísticamente significativo respecto a las otras cepas y sustratos evaluados ($p<0.05$). El porcentaje de eficiencia biológica para esta misma cepa en los sustratos S1 y S3 no presentó diferencia significativa entre si ($p=0.508$). Sin embargo, el porcentaje de eficiencia biológica del sustrato S3, no presentó diferencia estadísticamente significativa con los resultados obtenidos con las cepas 17.01 y 50.09 en los sustratos evaluados ($p>0.05$). Esta última obtuvo el menor porcentaje de eficiencia biológica en el sustrato S1 (Tabla 1, Figuras 1 y 2).

Tabla 1. Eficiencia biológica de las cepas de *L. nuda* en diferentes sustratos

Cepa	Sustrato	Días ^{1,2}	Eficiencia Biológica (%) ²
21.10	S1	121.80 ± 3.96 a ³	32.80 ± 08.90 b ³
	S2	186.40 ± 1.82 c	57.06 ± 26.34 a
	S3	196.60 ± 1.82 d	18.27 ± 18.08 b, c
17.01	S1	137.60 ± 2.61 b	09.01 ± 02.46 c
	S2	0	0
	S3	0	0
50.09	S1	137.40 ± 6.58 b	02.08 ± 00.79 c
	S2	0	0
	S3	0	0

¹Días transcurridos desde la inoculación de los sustratos hasta la primera cosecha. ²Media ± la desviación estándar. ³Letras distintas en la misma columna indican diferencia estadísticamente significativa, de acuerdo con la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($\alpha=0.05$).

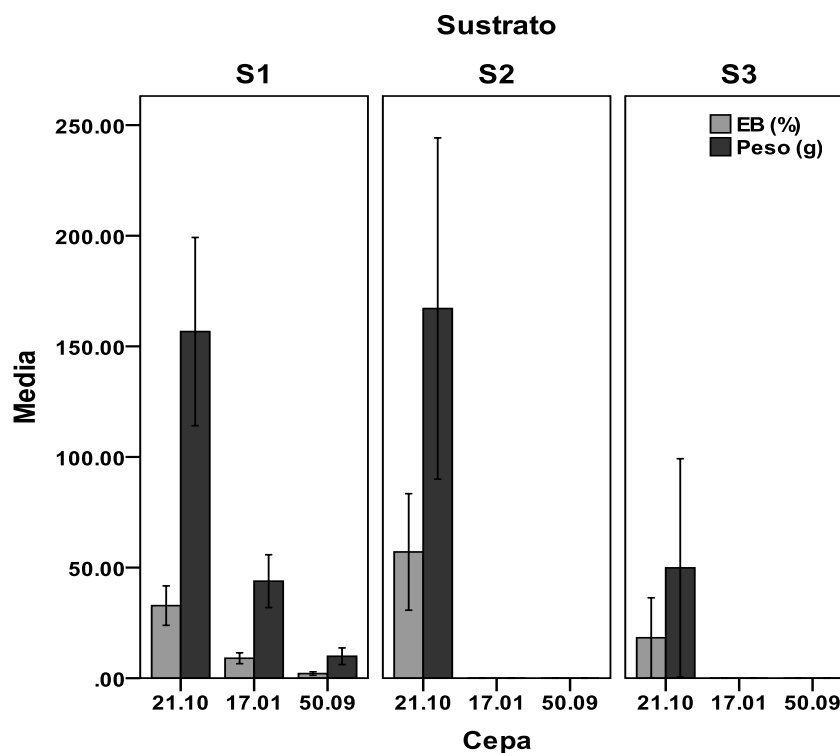


Figura 1. Porcentaje de Eficiencia Biológica y peso de los cuerpos fructíferos de las cepas de *L. nuda* en diferentes sustratos. Las barras representan la media del porcentaje de la eficiencia biológica y el peso de los cuerpos fructíferos obtenidos en los sustratos evaluados. Las barras de error indican ± la desviación estándar de la media a 95% de intervalo de confianza.

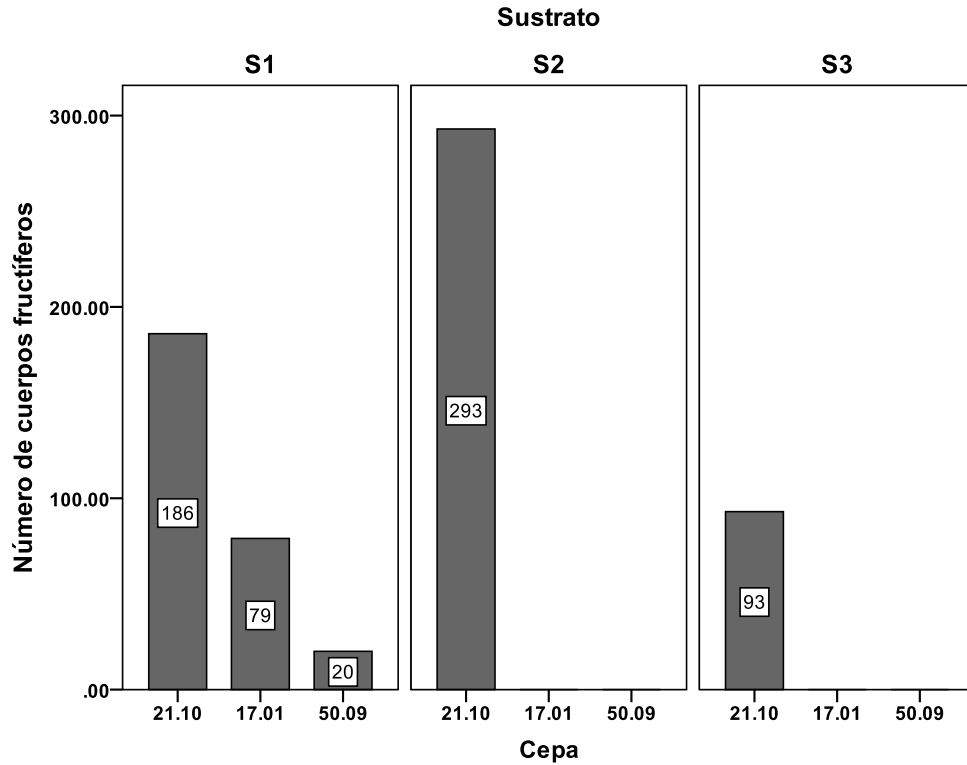


Figura 2. Número de cuerpos fructíferos producidos por las cepas de *L. nuda* en diferentes sustratos. Las barras y el cuadro inserto en ellas, indican la suma total de cuerpos fructíferos cosechados.

El efecto general de las cepas sobre el porcentaje de eficiencia biológica mostró que la cepa 21.10 fue estadísticamente significativa respecto a las demás ($p=0.000$). Las cepas 17.01 y 50.09 no presentaron diferencia entre ellas ($p=0.836$) (Figura 3).

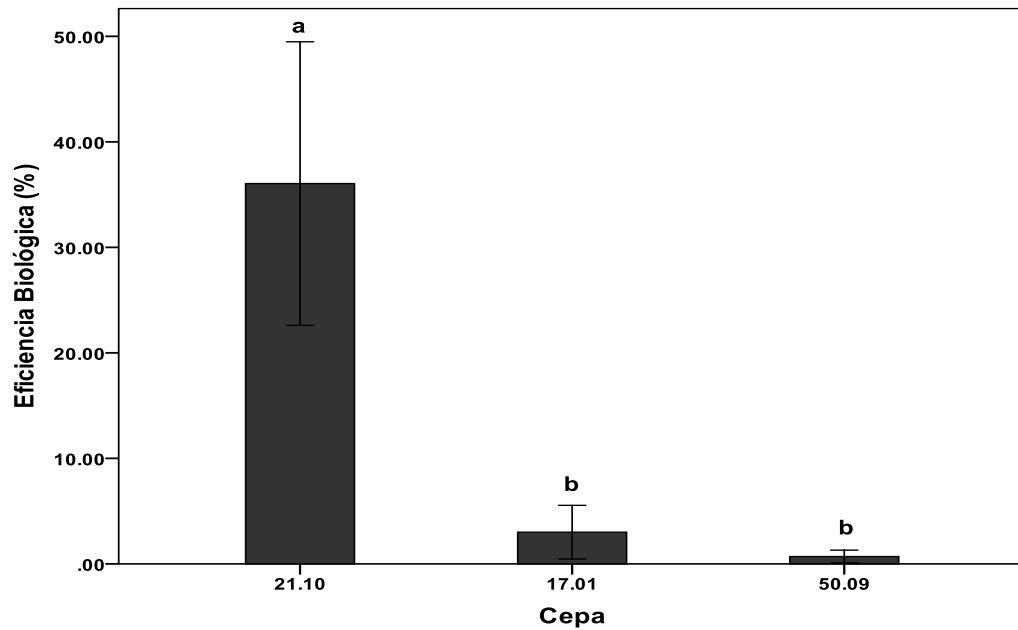


Figura 3. Comportamiento general del porcentaje de Eficiencia Biológica de las cepas de *L. nuda* en los sustratos evaluados. Las barras representan la media del porcentaje de la eficiencia biológica obtenido en los sustratos evaluados. Las barras de error indican \pm el 95% de intervalo de confianza. Letras distintas indican diferencia estadísticamente significativa, de acuerdo con la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($\alpha=0.05$).

De igual forma, al comparar el efecto general de los sustratos en el porcentaje de eficiencia biológica, se encontró que no existió diferencia significativa entre ellos ($p>0.05$) (Figura 4).

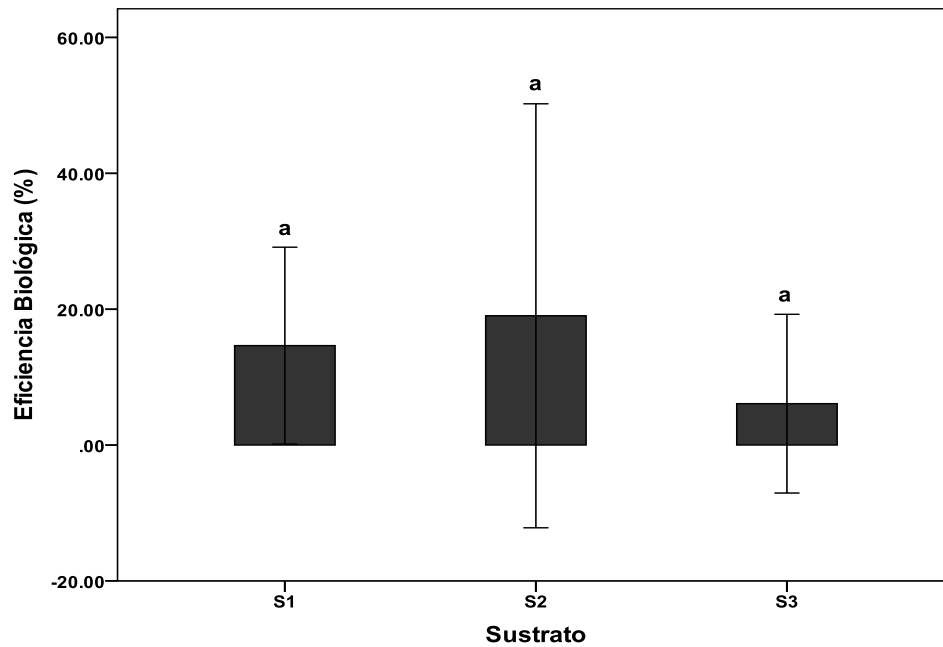


Figura 4. Efecto general de los sustratos sobre el porcentaje de eficiencia biológica de las cepas de *L. nuda*. Las barras representan la media del porcentaje de la eficiencia biológica obtenido en los sustratos evaluados. Las barras de error indican \pm la desviación estándar de la media a 95% de intervalo de confianza. Letras distintas indican diferencia estadísticamente significativa, de acuerdo con la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($\alpha=0.05$).

En cuanto al diámetro se observó que todas las cepas produjeron cuerpos fructíferos con píleos en las tres categorías de clasificación (G1, G2 y G3), en el sustrato S1. Solo la cepa 21.10 produjo cuerpos fructíferos de las tres categorías en los sustratos S2 y S3 (Tabla 2, Figuras 5-9).

La cepa 21.10 obtuvo el mayor diámetro de los píleos en el sustrato S1, el cual fue estadísticamente significativo con respecto a los demás ($p=0.000$). Los diámetros de los píleos obtenidos por esta misma cepa en los sustratos S2 y S3, así como por las cepas 17.01 y 50.09 en el sustrato S1, no evidenciaron diferencia significativa ($p>0.05$) (Tabla 2, Figuras 5 y 6).

Tabla 2. Diámetros (cm) de los píleos de las cepas de *L. nuda* en diferentes sustratos.

Cepa	Sustrato	G1*	G2*	G3*	Total *	
21.10	S1	1.37 ± 0.23	2.90 ± 0.43	6.19 ± 0.61	3.91 ± 2.30	a**
	S2	1.32 ± 0.04	2.75 ± 0.19	5.47 ± 0.44	2.61 ± 1.65	b
	S3	1.31 ± 0.15	2.13 ± 1.22	3.36 ± 3.15	2.34 ± 1.48	b
17.01	S1	1.37 ± 0.15	2.37 ± 01.34	04.84 ± 0.36	2.64 ± 1.39	b
	S2	0	0	0	0	
	S3	0	0	0	0	
50.09	S1	0.73 ± 0.69	2.58 ± 1.45	4.41 ± 2.57	2.95 ± 2.08	b
	S2	0	0	0	0	
	S3	0	0	0	0	

*Media ± la desviación estándar. **Letras distintas en la columna indican diferencia estadísticamente significativa, de acuerdo con la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($\alpha=0.05$).

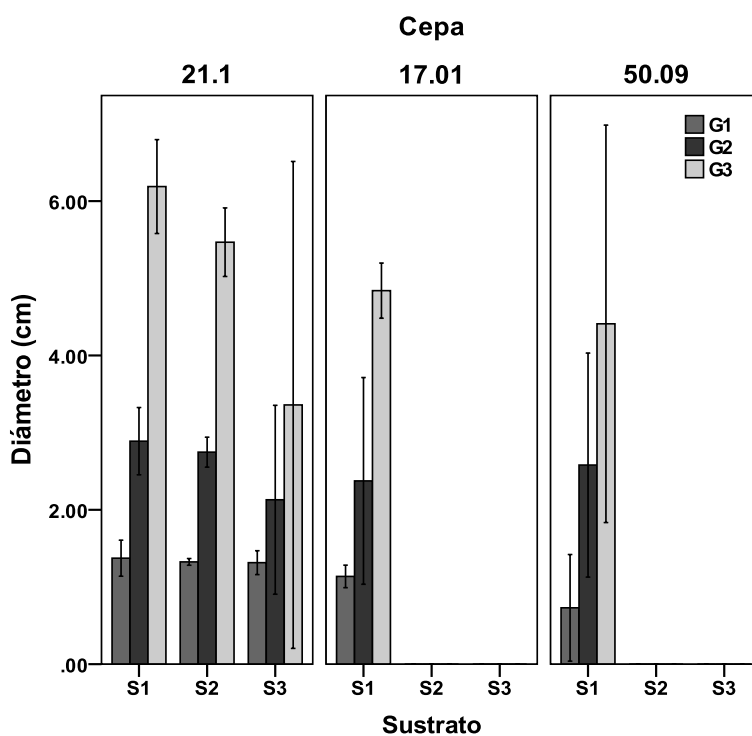


Figura 5. Efecto general de los sustratos sobre el diámetro de los píleos de los cuerpos fructíferos de las cepas de *L. nuda*. Las barras representan la media del diámetro de los píleos obtenidos en los sustratos evaluados. Las barras de error indican ± la desviación estándar de la media a 95% de intervalo de confianza.

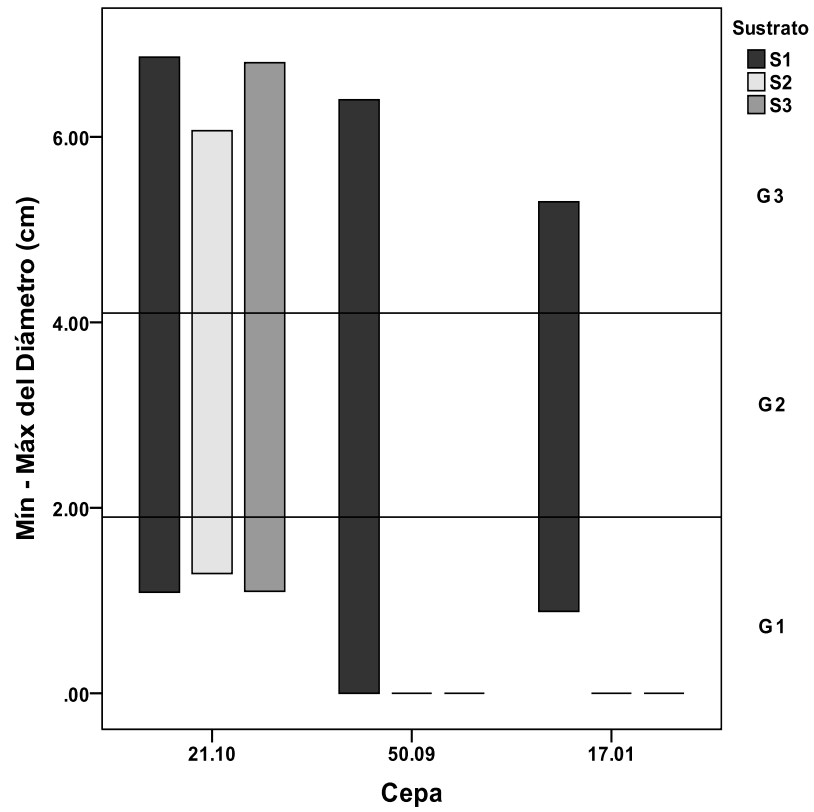


Figura 6. Clasificación de los púleos producidos por las cepas de *L. nuda*, en diferentes sustratos con base al diámetro. Las barras representan los rangos de los valores mínimos y máximos del diámetro de los púleos. Las líneas horizontales indican los grupos de clasificación de los púleos, G1, G2 y G3.



Figura 7. Producción de cuerpos fructíferos de las cepas de *L. nuda* en el sustrato S1. A, B. 50.09. C. 21.10 y D. 17.01.

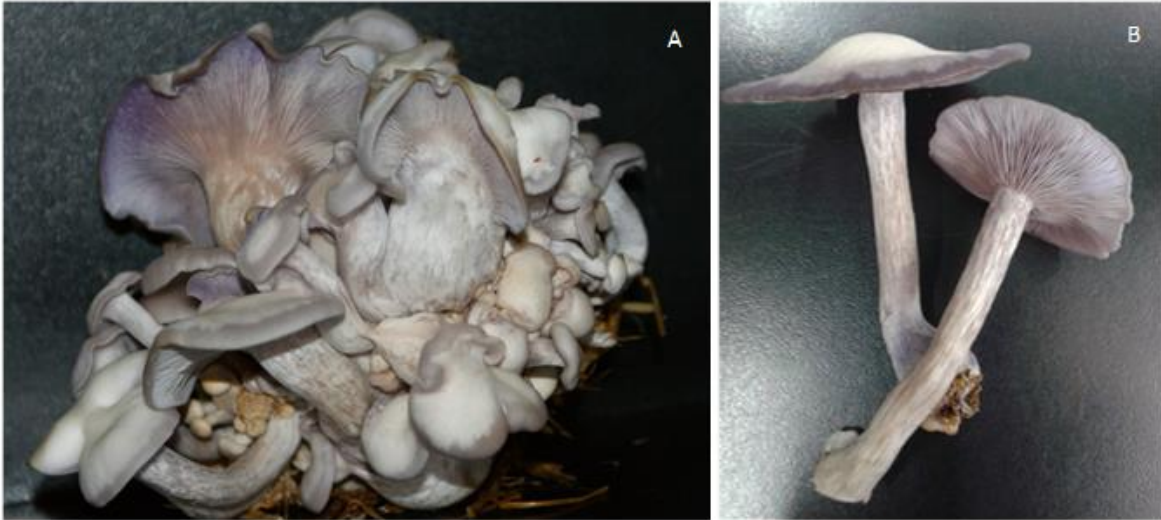


Figura 8. Producción de cuerpos fructíferos en el sustrato S2 para las cepas de *L. nuda* A. 21.10 y B. 17.01.



Figura 9. Cuerpos fructíferos obtenidos de la cepa 21.10 en el sustrato S3. A. Cuerpos fructíferos de 10 cm de diámetro de píleo. B. Grupo de cuerpos fructíferos de 3 a 10 cm de diámetro.

9.1 Matriz de resultados esperados y los resultados concretos obtenidos

Objetivo específico	Resultado esperado	Resultado obtenido
Determinar la productividad de las cepas nativas de <i>L. nuda</i> sobre diferentes sustratos a través de la cuantificación de la eficiencia biológica.	Conocer la cepa y sustrato, con mayor eficiencia para la producción de los cuerpos fructíferos de cepas nativas de <i>L. nuda</i>	Cepa con mayor porcentaje de eficiencia biológica: 21.10 en el sustrato S2.
Establecer la productividad de las cepas nativas de <i>L. nuda</i> sobre diferentes sustratos a través de la cuantificación del diámetro de los píleos	Conocer la cepa y sustrato, con mayor diámetro del píleo de los cuerpos fructíferos de cepas nativas de <i>L. nuda</i>	Cepa con mayor diámetro de los píleos: 21.10 en el sustrato S1.

X. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

L. nuda es una especie comestible que crece en forma silvestre y se consume en varios países de Europa, América y Australia. La combinación de su color lila, estructura sólida, su aspecto fresco, delicioso sabor y aroma, hacen de ella una especie comestible atractiva (Stott et al., 1996). Contiene más del 40% de proteína por 100 gramos en peso seco y un alto valor energético, es rica en vitamina B₁ y varios minerales. Además tiene propiedades medicinales, antitumorales e hipoglucémicos (Volz, 2000).

Respecto a la producción de cuerpos fructíferos, la literatura informa que el proceso de colonización del sustrato en general contempla un período entre 25 y 60 días. Luego, la fructificación se lleva a cabo entre 24 y 52 semanas (168-364 días). Además, se ha establecido que empleando micelio inoculado en camas de estiércol de caballo y paja se produjeron cuerpos fructíferos luego de la aparición de cordones miceliales, en un período comprendido entre 7 y 14 meses (Stamets, 1993). Otros autores informan que la incubación para la colonización del sustrato con base de compost de champiñón dura de 7 a 10 semanas (49-70 días), después del agregado de tierra de cobertura y el tratamiento con choque frío, se producen una o dos cosechas con un intervalo de 14 a 20 días (Sierra et al., 2002).

En el presente estudio, en el sustrato S1 (compost de champiñón) el micelio colonizó y produjo la primera cosecha entre 121-137 días en las tres cepas que fructificaron, lo cual es un tiempo más prolongado que lo informado por Sierra, et al., (2002), aunque está dentro del lapso comunicado por Stamets & Chilton (1983). En el caso de este sustrato, el tiempo de colonización y fructificación fue menor a lo observado en los sustratos S2 y S3, lo cual puede deberse a la relación C/N de 20.6, el cual es muy cercano a la relación idónea para el desarrollo del champiñón (15-16) (Vedder, 1996). Por tal razón, se puede inferir que *L. nuda* requiere una relación C/N muy parecida a la que se utiliza para el cultivo de *Agaricus*, ya que este sustrato, que se obtiene a través de un proceso de fermentación, contiene nitrógeno fácilmente disponible, que agiliza el crecimiento y colonización por el micelio (Boddy, Frankland & van West, 2008).

El tiempo de colonización y fructificación observado en la cepa 21.10 en los sustratos 2 y 3, constituidos por paja de trigo suplementada con salvado de arroz al 25% y harina de soya al 5% respectivamente, coincide con el rango de período de colonización reportado por Stamets (1993). Sin embargo, el retraso en la colonización por las cepas de *L. nuda* en los sustratos S2 y S3 (186-196 días), comparados con el sustrato S1, se debe a la alta relación carbono nitrógeno (C/N)

inicial de los mismos (48.2 y 40.8, respectivamente), ya que los hongos en general requieren una relación C/N 20-30 para iniciar el proceso de degradación (Roy, Miller y Shickluna, 1981). Sin embargo, la paja de trigo sola (relación C/N 67.8), necesita ser suplementada para incrementar los niveles de nitrógeno para que pueda ser degradada por el hongo.

Respecto al porcentaje de eficiencia biológica, en el sustrato compuesto por paja de trigo suplementado con salvado de arroz al 25% (S2) se obtuvo la mayor eficiencia biológica (57.06%, cepa 21.10). Lamentablemente, las cepas 17.01 y 50.09 no fructificaron en dicho sustrato, como tampoco en el S3 (paja de trigo suplementada con harina de soya al 5%). Debido a que la paja de trigo suplementada no ha sido comunicada para el cultivo de *Lepista*, no hay un parámetro de comparación. Quizás el estudio con el que existe cierta similitud es el de Stott et al. (1996), quienes utilizaron compost de *Agaricus* adicionado con paja de cereal al 10 %, pero indicaron que si bien se incrementó el crecimiento hifal, no obtuvieron cuerpos fructíferos.

La eficiencia biológica en el compost de champiñón (S1), fue menor a la observada en el sustrato S2, sin embargo, tanto las cepas 21.10, 17.01 y 50.09 fructificaron en él. Este sustrato se ha recomendado para el cultivo de *L. nuda* (Guinberteau et al., 1989); Stott et al., 1996; Vedder, 1996; Sierra et al., 2002; Danai et al., 2008). Evidentemente, el porcentaje de eficiencia obtenido en este estudio (32.80), fue mayor al rendimiento del 5% (con base en sustrato húmedo) obtenido por Danai, et al., 2008. En el artículo publicado por Guinberteau, et al., (1989) es imposible determinar el porcentaje de eficiencia biológica obtenido, y en el caso de Stott, et al. (1996) no obtuvieron cuerpos fructíferos.

Se hace énfasis que el sustrato S1 favoreció la rápida colonización de los sustratos y por lo tanto redujo el tiempo de productividad, sin embargo, la eficiencia biológica fue menor que en el sustrato S2. En este último sustrato el tiempo de producción y la eficiencia biológica fueron mayores que en el S1, sin embargo, dichos resultados pueden explicarse no solo en función de la relación C/N, como se indicara anteriormente, sino también a que *L. nuda* es un hongo de podredumbre blanca y para su desarrollo necesita degradar primariamente celulosa y hemicelulosa. Si se toma en cuenta que la paja de trigo contiene 50.12 y 23.12 % de ambos compuestos respectivamente, y que en el proceso de composteo se pierde cerca del 50% del carbono presente en dicho material (Verma, Badole, Deewan & Singh, 2014), la cantidad de nutrientes disponibles para la producción de los cuerpos fructíferos puede verse limitada.

Finalmente, se indica que algunos estudios han informado que cepas de *L. nuda* también fructifican en aserrín o viruta de encino y aliso suplementado, así como madera de sauce, álamo, chopo y maple (Stamets, 1993) y hojas de olivo (Castro, Moreno, García y Ortiz, 2014), por lo que se recomienda el estudio de otros sustratos para evaluar la fructificación de las cepas guatemaltecas.

Otra medida de la productividad de las cepas evaluadas fue el diámetro de los píleos obtenidos, debido a que desde el punto de vista comercial, cada especie de hongo posee cierta medida apropiada para su comercialización (por ejemplo, 15 cm en el hongo conocido como Portobelo). Debido a que el cultivo de *L. nuda* es reciente y además no muy extendido, aún no se han establecido los tamaños de píleo ideales para su comercialización, sin embargo, se indica que en la forma silvestre, *L. nuda* en nuestro país, alcanza los 10.5 a 14.0 cm de diámetro del píleo (Bran et al., 2003), en tanto que en Estados Unidos puede medir entre 4.0-15.0 cm (Bigelow & Smith, 1969).

En este estudio, los diámetros de los píleos obtenidos en todos los sustratos fueron significativamente mayores en el sustrato S1 y en la cepa 21.10, lo cual también pudo observarse en las otras cepas y sustratos. Sin embargo, en ninguno de los casos alcanzaron el máximo observado en la naturaleza (14-15 cm).

Al comparar la eficiencia biológica con el tamaño de los píleos se puede observar que si bien en el sustrato S2 se obtuvo la mayor eficiencia biológica (cepa 21.10), este valor fue consecuencia de la gran cantidad de cuerpos fructíferos producidos (293), sin embargo fueron de menor tamaño que en los observados en el sustrato S1 (cepa 21.10), en el cual, se cosecharon 186 cuerpos fructíferos con un diámetro mayor, aunque con una eficiencia biológica inferior.

Por otra parte, lo observado en las cepas 4.10 que no produjo cuerpos fructíferos en ninguno de los sustratos evaluados y la 54.02 que no los colonizó, puede deberse a que dichas cepas no se adaptaron a los sustratos ensayados o bien a que hayan perdido potencia en la capacidad de colonización y fructificación debido a los múltiples pases a nivel de laboratorio. Al respecto, se ha comunicado que el micelio de la mayoría de hongos disminuye su viabilidad en almacenamiento a nivel de laboratorio (Labarère y Bois, 2001).

En este estudio, se demostró que el sustrato constituido por paja de trigo suplementada con salvado de arroz al 25%, produjo la mayor eficiencia biológica, el cual es considerado como un material de desecho agrícola, por lo que se puede recomendar con potencial para ser usado en el cultivo de esta especie, al igual que ya es utilizado en la producción de otros hongos como *Pleurotus* y *Agrocybe* (Chang & Miles, 2004; Bran, Cáceres, Gurriarán, Morales y Flores, 2014).

XI. CONCLUSIONES

1. El mayor porcentaje de eficiencia biológica de las cepas de las *L. nuda* fue de 57.06, obtenido por la cepa 21.10, en el sustrato constituido por paja de trigo suplementado con salvado de arroz al 25% (S2).
2. El mayor diámetro de los píleos (6.19 cm) lo obtuvo la cepa 21.10 en el sustrato conformado por compost de champiñón (S1).

XII. RECOMENDACIONES

1. Estudiar otros sustratos como viruta de encino o aliso para evaluar la productividad de las cepas guatemaltecas de *L. nuda*.
2. Determinar el contenido de celulosa y hemicelulosa en los sustratos que se utilicen para el cultivo de *L. nuda*, para establecer la cantidad de nutrientes disponibles para el hongo.
3. Colectar nuevas cepas silvestres nativas de *L. nuda*.
4. Determinar la composición proximal de los basidiomas de *L. nuda* cultivados.
5. Determinar la composición proximal de basidiomas de *L. nuda* silvestres.
6. Comparar la composición proximal de los basidiomas de *L. nuda* silvestres y cultivados.

XIII. ACTIVIDADES DE GESTIÓN, VINCULACIÓN, DIVULGACIÓN Y DOCENCIA

13.1 Gestión y vinculación

- ✓ Gestión para la integración a la Red Internacional de Biotecnología de Hongos del CYTED. 26/03/14. Por: Lic. Osberth Morales Esquivel y Licda. María del Carmen Bran.
- ✓ Gestión para la obtención de pasajes aéreos para el traslado del Doctor Rafael Castañeda para ejecución de taller de capacitación los días 23-30 de mayo del año en curso. 04/04/14. Por: Licda. María del Carmen Bran.
- ✓ Gestión de hospedaje en Hotel Pan American para el Doctor Rafael Castañeda para los días 23-30 de mayo del año en curso. 09/04/14. Por: Licda. María del Carmen Bran y Br. Natalia Gurriarán.
- ✓ Gestión de ayuda económica para asistir y dictar la conferencia "Estado actual de la etnomicología en Guatemala", en el IX Congreso de Etnomicología" a realizarse del 28 abril al 2 de mayo, en San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. 2-4/04/14. Por: Lic. Osberth Morales Esquivel.
- ✓ Gestión ante la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia para la obtención de ayuda económica para alimentación (Almuerzo), para el Doctor Rafael Castañeda para los días 23-30 de mayo del año en curso. 19-23/05/14. Por: Licda. María del Carmen Bran y Lic. Osberth Morales.
- ✓ Liquidación de gastos de hospedaje y transporte aéreo del Doctor Rafael Castañeda, de los días 23-30 de mayo del año en curso. Dirección General de Investigación. 2-6/06/14. Por: Licda. María del Carmen Bran y Lic. Osberth Morales Esquivel.
- ✓ Liquidación de gastos de alimentación del Doctor Rafael Castañeda, de los días 23-30 de mayo del año en curso. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 2-6/06/14. Por: Licda. María del Carmen Bran y Lic. Osberth Morales Esquivel.
- ✓ Gestión ante personeros de Champiñoneras para la adquisición de compost de champiñón. 2-16/06/14. Por: Licda. María del Carmen Bran.

- ✓ Gestión y solicitud de cotizaciones con la empresa DILAB para el mantenimiento del autoclave TACHAN, equipo que pertenece al Departamento de Microbiología, pero es utilizada por el proyecto para la esterilización de los sustratos. 2-23/07/14. Por: Licda. María del Carmen Bran, Lic. Roberto Cáceres y Br. Natalia Gurriarán.
- ✓ Gestión y solicitud de cotización con la empresa SERPROMA para el mantenimiento de la refrigeradora TYLER, equipo que pertenece al Departamento de Microbiología, pero es utilizada por el proyecto para la refrigeración de los sustratos. 14-25/07/14. Por: Licda. María del Carmen Bran y Lic. Roberto Cáceres.
- ✓ Gestión con el Ingeniero Molina, productor de champiñones, para la adquisición de compost de *Agaricus* para la preparación del sustrato S1. 1-28/07/14. Por: Licda. María del Carmen Bran, Lic. Roberto Cáceres y Br. Natalia Gurriarán.
- ✓ Vinculación con Green Mountain College y Vermont Tech Institute for Applied Agriculture and Food Systems, para el intercambio "Research and Exchange Project for the Comparison and Analysis of the Commerce, Harvest & Production of Fungi of Northeast North America and Guatemala".20-26/9/14. Por: Dr. Roberto Flores.
- ✓ Gestión ante la Dirección General de Docencia: Financiamiento de pasaje de avión ida y vuelta, VIII congreso Latinoamericano de Micología Medellín Colombia,(4-7 de noviembre de 2015): Asistir y Participar como ponente en el Simposium sobre etnomicología, sección Guatemala y las piedras hongo. Lic. Osberth Morales Esquivel.
- ✓ Gestión ante la Dirección General de Docencia: Solicitud de viáticos para asistir y participar como ponente en , VIII congreso Latinoamericano de Micología Medellín Colombia (4-7 de noviembre de 2015): Asistir y Participar como ponente en el Simposium sobre etnomicología, sección Guatemala y las piedras hongo. Lic. Osberth Morales Esquivel.
- ✓ Gestión ante Rectoría de la USAC: Financiamiento de pasaje de avión ida y vuelta, VIII congreso Latinoamericano de Micología Medellín Colombia, (4-7 de noviembre de 2015): Asistir y Participar como ponente en la presentación de Poster (cultivo de hongos) *Agrocybe cylindraceae*: Licda. María del Carmen Bran.

- ✓ Gestión ante Rectoría de la USAC: Solicitud de viáticos para asistir y participar como ponente en, VIII congreso Latinoamericano de Micología Medellín Colombia (4-7 de noviembre de 2015): Asistir y Participar como ponente en Presentación de Poster: Licda. María del Carmen Bran.

13.2 Divulgación

- ✓ Participación en "Presentación Técnica de Proyectos 2014, Programa Universitario de Investigación en Desarrollo Industrial, DIGI. 12/02/14. Por: Licda. María del Carmen Bran, Lic. Roberto Cáceres, Lic. Osberth Morales Esquivel y Br. Natalia Gurriarán.
- ✓ Participación en la "Feria de Nutrición", organizada por la Escuela de Nutrición, de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, donde se dio a degustar una conserva elaborada por estudiantes elaborada a base de Hongo Ostra. 8/05/14. Por: Lic. Roberto Cáceres.
- ✓ Publicación en el segmento "Buena vida" del periódico Prensa Libre el artículo "Hongos silvestres son una alternativa nutricional" editado por Brenda Martínez, quien realizó una entrevista al Lic. Morales y al Dr. Flores para obtención de la información. 17/07/14. Por: Lic. Osberth Morales Esquivel, Dr. Roberto Flores y Licda. María del Carmen Bran.
- ✓ Almanaque: Diseño y edición de un almanaque 2015 con la información del proyecto PUIDI 6.61 para divulgación. 1-25/08/14. Por: Licda. María del Carmen Bran y Natalia Gurriarán.
- ✓ Revisión de correcciones y recomendaciones por parte de los revisores del artículo científico de *Agrocybe cylindracea* para publicación por parte de DIGI. 1-26/09/14. Por: Lic. Osberth Morales Esquivel, Licda. María del Carmen Bran, Lic. Roberto Cáceres y Br. Natalia Gurriarán.
- ✓ Trifoliar: Diseño y edición de un Trifoliar con la información del proyecto PUIDI 6.61 para divulgación. 1 – 25/09/12. Por: Licda. María del Carmen Bran, Lic. Roberto Cáceres y Lic. Osberth Morales.
- ✓ Diseño y edición de Poster para presentarse en el congreso de ALM a realizarse en Colombia, con la información del proyecto de *N. ponderosus* cofinanciado por la DIGI y la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 1 – 25/09/12. Por: Lic. Osberth Morales, Licda. María del Carmen Bran Lic. Roberto Cáceres y Br. Natalia Gurriarán.

Conferencias de divulgación:

- ✓ Presentación de conferencia en Jornada Científica 2014, Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC: Producción de cuerpos fructíferos de hongos comestibles (*Agrocybe*, *Schizophyllum* y *Lepista*). Guatemala, 9 de septiembre de 2014. Licda. María del Carmen Bran.
- ✓ Ponente: Presentación de Poster en el VIII congreso Latinoamericano de Micología, Medellín Colombia (4-7 de noviembre de 2014), referente al proyecto de *A. cylindraceae* cofinanciado por la DIGI y la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia: Producción de cuerpos fructíferos de cepas guatemaltecas de *Agrocybe cylindracea* (DC.; Fr. Medellín-Colombia Maire) en diferentes sustratos. : Bran, M. Cáceres, R., Gurriarán, N., Morales, O. y Flores, R. 4 de noviembre de 2014.
- ✓ Ponente: Presentación oral: Los hongos de piedra y su relación con la nomenclatura Maya-Kaqchikel de Guatemala. Presentado en el Simposio de Etnomicología, en el VIII Congreso Latinoamericano de Micología. Medellín, Colombia, 4 de noviembre de 2014. Lic. Osberth Morales Esquivel y Licda. María del Carmen Bran.
- ✓ Conferencia “Estado de la Etnomicología en Guatemala”, impartida en el IX Congreso Mexicano de Etnobiología, realizado en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México, del 27 de abril al 02 de mayo de 2014. Lic. Osberth Morales Esquivel.
- ✓ Conferencia “Cultivo de hongos comestibles saprobios silvestres en Guatemala”, impartida en ANACAFÉ y Asociación de Reservas Naturales de Guatemala, 19 de junio de 2014. Lic. Osberth Morales Esquivel.

Publicaciones:

- ✓ Bran, M. Cáceres, R., Gurriarán, N., Morales, O. y Flores, R. Evaluación de la producción de cuerpos fructíferos de cepas guatemaltecas del hongo comestible (Rukoxil Tunay Che´ (*Agrocybe cylindracea* DC.:Fr.) Maire) en diferentes sustratos. *Revista de Investigación y Postgrado Ciencia, Tecnología y Salud*, 1(1), 35-42
- ✓ Morales, O., Cáceres, R. y Bran, M. (2014). Los hongos de Piedra y su relación con la nomenclatura fúngica Maya-Kaqchikel de Guatemala. *Actualidades Biológicas* 36(Supl. 1), 71.

- ✓ González-Ortíz, F. Bran, M., Cáceres, R. y Morales, O. (2014). Caracterización y producción de inóculo de una cepa guatemalteca de *Pleurotus albidus* (Berk.) Pegler. *Actualidades Biológicas* 36(Supl. 1), 253.
- ✓ Pérez, C., Muñoz, E., Bonilla, O., Morales, O. y Bran, M. (2014). Macrohongos basidiomicetes en un bosque urbano de la Ciudad de Guatemala. *Actualidades Biológicas* 36(Supl. 1), 269.
- ✓ Palacios, M., Figueroa, R., Castañeda-Ruiz, R., Morales, O. y Bran, M. (2014). Estudio de los hongos anamórficos saprobios en dos bosques urbanos de la Ciudad de Guatemala. *Actualidades Biológicas* 36(Supl. 1), 269-270.
- ✓ Flores, R., Morales, O. y Bran, M. (2014). Conocimiento etnomicológico Maya en Guatemala: 50 años de investigación. *Actualidades Biológicas* 36(Supl. 1), 314.

13.3 Docencia

- ✓ Docencia teórica y práctica a estudiantes de la carrera de Química Biológica (curso Microbiología Industrial) en el cultivo del hongo ostra (aislamiento de cepas, siembra de cereales para producción de inóculo). 25-26/03/14. Por: Licda. María del Carmen Bran, Lic. Roberto Cáceres y Br. Natalia Gurriarán.
- ✓ Asesoría técnica a estudiantes de la carrera de Nutrición para una Guía de investigación de gerencia de servicios en la producción del hongo ostra. 24-27/03/14. Por: Lic. Roberto Cáceres.
- ✓ Docencia teórica y práctica a estudiantes de la carrera de Química Biológica en el cultivo del hongo ostra (Preparación, esterilización, siembra a nivel de sustrato, incubación y colonización). 7-9/04/14. Por: Licda. María del Carmen Bran, Lic. Roberto Cáceres y Br. Natalia Gurriarán.
- ✓ Docencia teórica dirigida a estudiantes de la carrera de Química Biológica 5to. Ciclo: Aplicaciones de la Micología (se contempló entre otros temas el cultivo de hongos, mencionándose a *Lepista nuda*). Licda. María del Carmen Bran.

- ✓ Curso dirigido a investigadores, docentes y estudiantes: “Identificación e importancia de hongos microscópicos: Conservación de la Diversidad Fúngica. International Society for Fungal Conservation. Instituto de Investigaciones Fundamentales en agricultura Tropical, “Alejandro de Humbolt”, La Habana, Cuba. Unidad de Biodiversidad, Tecnología y aprovechamiento de Hongos, Departamento de Microbiología, Escuela de Química Biológica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala-USAC, Guatemala. Del 26 al 29 de Mayo de 2014. Duración 40 horas. Impartido por Dr. Rafaél Castañeda.

- ✓ Montaje y asistencia al Curso-Taller "Identificación e importancia de los hongos anamórficos", impartido por el Dr. Rafael Castañeda del Instituto de Investigaciones Fundamentales de Agricultura Tropical de la Habana, Cuba. 24-28/05/14. Por: Lic. Osberth Morales y Licda. María del Carmen Bran.

- ✓ Taller-Exposición: “Macrohongos de Guatemala”: Tecpán Guatemala, Chimaltenango”. Departamento de Microbiología, Escuela de Química Biológica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala-USAC-, Guatemala, del 14-15 de Octubre de 2014, 20 horas de duración. Por: Licda. María del Carmen Bran, Lic. Osberth Morales, Lic. Roberto Cáceres, Dr. Roberto Flores y Br. Natalia Gurriarán.

XIV. BIBLIOGRAFÍA

- Bigelow, H. & Smith, A. (1969). The status of *Lepista*- A new section of *Clitocybe*. *Brittonia*, 21(2), 144-177.
- Boddy, L., Frankland, J & van West. (2008). Ecology of saprothropic basidiomycetes. United Kingdom: Elsevier.
- Bran, M., Morales, O., Flores, R., Rodríguez, E., Salazar, J., Cáceres, R., y García, L. (2002). Hongos comestibles de Guatemala: Diversidad, cultivo y nomenclatura vernácula. (Fase II). (Inf- 2002-008). Universidad de San Carlos de Guatemala. Dirección General de Investigación, Guatemala.
- Bran, M., Morales, O., Cáceres, R. y Flores, R. (2003a). Contribución al conocimiento de los hongos comestibles de Guatemala. *Revista Científica*, 1(1), 2-24.
- Bran, M., Morales, O., Flores, R., Rodríguez, E., Salazar, J., Cáceres, R., Folgar, N., Alarcón, O. y Arriola, H. (2003b). Hongos comestibles de Guatemala: Diversidad, cultivo y nomenclatura vernácula. (Fase III). (Inf-2003-30). Universidad de San Carlos de Guatemala. Dirección General de Investigación, Guatemala.
- Bran, M., Morales, O., Alvarez, G., Flores, R., Cáceres, R., Mazariegos, A. y Quan, L. (2005). Producción de inóculo de cepas nativas para estimular el cultivo de hongos comestibles en comunidades campesinas, como alternativa de autoconsumo y comercialización (Inf-2005). Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, Guatemala.
- Bran, M., Cáceres, R., Gurriarán, N. Morales, O. y Flores, R. (2011). Cultivo de cepas guatemaltecas del hongo comestible Tx'yol Panq'oq' (*Lepista nuda* (Bull.:Fr.) Cooke): caracterización in vitro y producción de cuerpos fructíferos. (Inf-2011-016). Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, Guatemala.
- Bran, M., Cáceres, R., Gurriarán, N. Morales, O. y Flores, R. (2012). Evaluación de la producción de cuerpos fructíferos de cepas guatemaltecas del hongo comestible Rukoxil Tunay Che' (*Agrocybe cylindracea* (DC.: Fr.) Maire) en diferentes sustratos. (Inf- 2012-35). Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, Guatemala.
- Bran, M., Cáceres, R., Gurriarán, N. Morales, O. y Flores, R. (2014). Evaluación de la producción de cuerpos fructíferos de cepas guatemaltecas del hongo comestible Rukoxil Tunay Che' (*Agrocybe cylindracea* (DC.: Fr.) Maire) en diferentes sustratos. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 1(1), 35-42.
- Castro, J., Moreno, A., García, A. y Ortiz, F. (2014). El cultivo de *Lepista nuda* en sustrato con hojas de olivo para el aprovechamiento de subproductos agroindustriales en almazaras. *Anales de Biología*, 36, 11-17.

- Chang, S. & Miles, P. (2004). Mushrooms cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact. (2nd. ed.) Boca Ratón: CRC Press.
- Danai, O., Ezov, N., Levanon, D. & Masaphy, S. (2008). Introducción of new exotic mushroom species into cultivation in Israel. *Israel Journal of Plant Sciences*, 56, 295-301.
- De León, R. (2003). Cultivation of edible and medicinal mushrooms in Guatemala, Central America. *Micología Aplicada Internacional*, 15(1), 31-35.
- De León, R. (2007). Cultivo de *Pleurotus* spp y buenas prácticas de manejo para la producción de cuerpos fructíferos inocuos. En J. Sanchez, D. Martínez-Carrera, G. Mata y H. Leal. (Eds.). (pp. 177-183). *El cultivo de setas de Pleurotus spp en México*. México: El Colegio de la Frontera Sur –ECOSUR-.
- De León, R., Morales, E., Agreda, L., & Rolz, C. (1983). Coffee by products and citronella bagasee as substrates for *Pleurotus* production. *Mushrooms News Tropical*, 4(1), 13-16.
- De León, R., Guzmán, G. y Martínez-Carrera, D. (1988). Planta productora de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*) en Guatemala. *Revista Mexicana de Micología*, 4, 297-301.
- Flores, R., Bran, M., Rodríguez, E., Morales, O., Berdúo, E. y Montes, L. (2002). Hongos micorrícicos de bosques de pino y pinabete. Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, Guatemala.
- Gaitán-Hernández, R. y Baéz Rodríguez, I. (2008). Crecimiento micelial de cepas silvestres nativas de *Lepista nuda* en medios de cultivo con diferentes suplementos orgánicos. *Revista Mexicana de Micología*, 26, 41-49.
- Garbaye, J., Kabre, A., Le Tacon, F., Mousain, D. & Piou, D. (1978). Production de champignon comestibles en foret par fertilisation minerale-Premiers Resultats Sur *Rhodopaxillus nudus*. En J. Delmas . (Ed.). (p. 810-816). *Mushroom Science X (Part I)*. Burdeos: Symposium Proceedings of the Tenth International Congress on the Science and Cultivation of Edible Fungi.
- Guinberteau, J., Olivier, J. et Bordaberry, M. (1989). Données récentes sur la culture des “pieds bleus” (*Lepista* sp). *Revue Horticole*, 298, 17-22.
- Hawksworth, D., Kirk, P., Sutton, B. & Pegler, D. (1995). Ainsworth & Bisby's, Dictionary of the fungi. (8th ed.) United Kingdom: CAB International.
- Huerta, G. (2002). Generalidades sobre los hongos, con énfasis en los basidiomicetos. En J. Sánchez & D. Royse. (Eds.). (pp. 17-47). *La Biología y el Cultivo de Pleurotus spp*. México: Editorial Limusa.
- Kües, U. & Liu, Y. (2000). Fruitin body production in basidiomicetes. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 54, 141-152.
- Labarère, J. y Bois, F. (2001). La conservación y el uso de los recursos genéticos de *Pleurotus* spp. En J. Sánchez y D. Royse. (Eds). *La biología y el cultivo de Pleurotus spp*. (p. 83-123). México D. F.: Limusa

- Mata, M., Mueller, G. & Halling, R. (2003). *Macrohongos de Costa Rica*. (Vol. II). Costa Rica: Editorial INBio.
- Morales, O. (2001). Estudio etnomicológico de la cabecera municipal de Tecpán Guatemala, Chimaltenango. (Tesis de graduación: Químico Biólogo) Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Guatemala.
- Morales, O., Bran, M. y Cáceres, R. (2010). Los hongos comestibles de uso tradicional en Guatemala. En D. Martínez-Carrera, N. Curvetto, M. Sobal, P. Morales & V. Mora. (Eds.). *Hacia un Desarrollo Sostenible del Sistema de Producción-Consumo de los Hongos Comestibles y Medicinales en Latinoamérica: Avances y Perspectivas en el Siglo XXI*. (p. 237-464). Puebla: Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales –COLPOS- UNS- CONACYT- AMC- UAEM-UPAEP-IMINAP-.
- Omarini, A., Lechner, B. & Albertó, E. (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.
- Quimio, T. & Chang, S. (1990). Technical guidelines for mushroom growing in the tropics. Italia: FAO.
- Roy, L., Miller, R. y Shickluna, J. (1981). *Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas*. México: Prentice Hall Hispanoamericana.
- Sánchez, F., Honrubia, M. y Torres, P. (2000). Características culturales de algunos hongos ectomicorrícicos en cultivo puro. *Revista Iberoamericana de Micología*, 17, 127-134.
- Sierra Fernández, J., López Díaz, T. y García-Garabal, J. (2002). Lo que usted debe saber: setas cultivadas. España: Sociedad Micológica Leonesa "San Jorge". Cartilla de divulgación No. 11.
- Sobal, M., Martínez-Carrera, D., Morales, P. & Roussos, S. (2007). Classical characterization of mushrooms genetic resources from temperate and tropical regions of Mexico. *Micología Aplicada Internacional*, 19(1), 15-23.
- Stamets, P. (1993). *Growing gourmet & medicinal mushrooms*. Berkeley: Ten Speed Press & Mycomedia.
- Stamets, P. & Chilton, J. (1983). *The mushroom cultivator: a practical guide to growing mushrooms at home*. Washington: Agarikon Press.
- Stott, K. (1998). Characteristics of Australian edible fungi in the genus *Lepista* and investigation into factors affecting cultivation. (Doctoral thesis), University of Western Sydney Hawkesbury, Sydney.
- Stott, K., Broderick, A. & Nair, T. (1996). Investigation into cultivation parameters for Australian species of *Lepista*. In D. Royse. (Ed.). (p. 285-291). *Mushroom biology and mushroom products*. Pensilvania: Penn State University.

- Vedder, P. (1996). Cultivo moderno del champiñón. Madrid: Ediciones Mundi Prensa.
- Verma, R., Badole, W., Deewan, P. & Singh, V. (2014). Carbon and weight loss during composting of wheat straw by different methods. *Annals of Biology*, 30(2), 354-357.
- Volz, P. (2000). Spaw media and exudate formation in search of medicinal mushrooms. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 2, 81-86.
- Wright, S. & Hayes, W. (1978). Nutrition and fruitbody formation of *Lepista nuda* (Bull. Ex. Fr.) Cook. En J. Delmas. (Ed.) (p. 873-883). *Mushroom Science X, (Part 1)*. Burdeos: Symposium Proceedings of the Tenth International Congress on the Science and Cultivation of Edible Fungi.
- Ying, J., Mao, X., Ma, Q., Zong, Y. & Wen, H. (1987). Icons of medicinal fungi from China. Beijing: Science Press.

XV. FIRMAS

LISTADO DE TODOS LOS INTEGRANTES DEL EQUIPO DE INVESTIGACIÓN

Contratados por contraparte y colaboradores	
María del Carmen Bran	Titular XI 8HD, Depto. Microbiología Coordinadora e investigadora del proyecto
Osberth Morales Esquivel	Titular III 8HD, Depto. Microbiología Asesor e investigador
Dr. Roberto Enrique Flores Arzú	Titular VIII, Depto. Microbiología Asesor e investigador

CONTRATADOS POR LA DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN

Nombre	Categoría	Registro de personal	Pago	
			Si	No
Roberto Cáceres Staackmann	Investigador	19990088	x	
Natalia Gurriarán Quiróz	Auxiliar de investigación II	20091490	x	

Nombre	Firma
Roberto Cáceres Staackmann	
Natalia Gurriarán Quiróz	

Licda. María del Carmen Bran G.
Coordinadora proyecto de investigación

Inga. Luiba María Cabrera de Villagrán
**Coordinadora Programa Universitario de Investigación en
Desarrollo Industrial
-PUIDI-**

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar
Coordinador General de Programas