

Alternativa para la producción experimental de Portobello y Crimini (*Agaricus brunnescens*, L), a partir de residuos orgánicos vegetativos de Bucaramanga y su área metropolitana.

Claudia Liliana Mayorga Reyes

Trabajo de Grado para Optar el título de Especialista en Ingeniería Ambiental

Directora

Yolanda Gamarra Hernández

MSc. en Ciencias Biológicas

Directora de la facultad de Ingeniería Ambiental

Universidad Pontifica Bolivariana

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingeniería Fisicoquímica

Escuela de Ingeniería Química

Especialización en Ingeniería Ambiental

Bucaramanga

2019

Agradecimientos

A mi familia Reyes-Zambrano (Piña), mis nonos, en especial a mi nona, la señora Matilde Zambrano de Reyes, madre, amiga, confidente y pilar de mis carreras, porque confió en cada momento dando palmadas de apoyo cuando más lo necesite.

A Yolanda Gamarra Hernández, directora de la facultad de Ingeniería Ambiental en la Universidad Pontificia Bolivariana, por su dirección, amabilidad en el apoyo brindado, interés en el desarrollo de la idea y orientación en cada línea.

A Javier, el secretario de postgrados de la especialización en el primer nivel, quien hizo lo que nadie ha hecho jamás por mí hasta ahora.

A la escuela de Ingeniería Química para el área de posgrados, especialmente al director Crisóstomo Barajas y su equipo, por su apoyo y total actitud de colaboración, para finalizar esta especialización.

¡A mis amigos, esos que son colegas, de otros hábitats o que simplemente llevan un biólogo escondido en su ser, por sus consejos, paciencia, compañía y cariño!

Tabla de Contenido

Introducción.....	12
1. Objetivos.....	16
1.1. Objetivo General.....	16
1.2 Objetivos Específicos.....	16
2. Justificación.....	18
3. Antecedentes.....	19
3.1. Revisión bibliográfica en algunos países.....	21
4. Marco teórico.....	33
4.1. Hongos agaricales.....	33
4.2. Historia de la fungicultura.....	34
4.3. Llegada del mercado fúngico a Latinoamérica.....	35
4.4. Panorama en Colombia del consumo de hongos.....	36
4.5. ROV y su relación con la producción de hongos.....	39
4.6. Características de los hongos agaricales.....	41
4.6.1. Ciclo de vida.....	43
4.6.2. Clasificación actual de los agaricales.....	44
4.6.3. Características.....	45

4.6.4.	Propiedades.....	46
4.7.	Residuos Orgánicos Vegetativos (ROV).	47
4.7.1	Origen de los ROV en el área metropolitana.....	50
4.7.2	Características:.....	51
4.7.3	Elaboración de compostaje para los bloques y las capas de cobertura.	52
4.7.4	Aportes fisicoquímicos y biológicos del compostaje. Biológicos:	54
5.	Materiales y métodos.....	54
5.1.	Ubicación del proyecto.	54
5.2.	Primer acercamiento.	55
5.3.	Criterio de selección de los ROV.....	57
5.4.	Preparación de compostaje.	58
5.5.	Una vez montado el laboratorio se busca:	58
5.6.	Inoculo del bloque:	60
5.7.	Fructificación de los carpóforos.....	61
5.8.	Selección del sustrato.....	62
5.8.1.	Aprovechamiento.....	63
5.9.	Análisis de la productividad.....	63
6.	Resultados.....	63
7.	Inclusión social	65
8.	Conclusiones.....	66

9. Recomendaciones	67
Referencias Bibliográficas.....	68

Lista de Tablas

Tabla 1. Clasificación de <i>A. brunnescens</i>	45
Tabla 2 A. Propiedades nutricionales de <i>Agaricus</i> sp.	46
Tabla 3 B. Propiedades nutricionales de <i>Agaricus</i> sp.....	47
Tabla 4. Principales nutrientes del compostaje por kilogramo de compost generado.....	51
Tabla 5. Ejemplo del sistema de clasificación preliminar de los ROV	5657

Lista de Figuras

Figura 1. Criterio de selección para el tema de investigación.	19
Figura 2. Estadios de <i>A. brunnescens</i> en su ciclo de fructificación..	21
Figura 3. Principales partes de los hongos agaricales..	35
Figura 4. <i>Auricularia auricula</i>	35
Figura 5. Principales empresas de Colombia..	38
Figura 6. Principales setas de hongos comestibles..	39
Figura 7. A: Ciclo de vida de los agaricales.....	44
Figura 8. Tipos de residuos que predominan en las revisiones bibliográficas.	49
Figura 9. Modelo de crecimiento montaje de los bloques para la <i>A. brunnescens</i>	62

RESUMEN

Título: ALTERNATIVA PARA LA PRODUCCIÓN EXPERIMENTAL DE PORTOBELLO Y CRIMINI (*Agaricus brunnescens*, L), A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS VEGETATIVOS DE BUCARAMANGA Y SU ÁREA METROPOLITANA. *

Autor: CLAUDIA LILIANA MAYORGA REYES **

palabras claves: *Agaricus brunnescens*, portobello, crimini, residuos orgánicos vegetativos, setas comestibles, hongo.

Descripción: Se presenta una alternativa para la producción de *A. brunnescens*, a partir de los residuos orgánicos vegetativos más producidos en Bucaramanga y su área metropolitana. Para ello, se propone la realización de una caracterización y clasificación de los principales residuos orgánicos vegetativos en una plaza que deberá ser seleccionada teniendo en cuenta el acceso, disponibilidad de los propietarios, vendedores y aceptación de las autoridades competentes. Los criterios de selección para los compostajes se basarán en los aportes nutricionales los cuales se estimarán con análisis fisicoquímicos y biológicos para caracterizar la biota presente, y si estos resultados coinciden o no con los reportados. Estadísticamente se pueden realizar análisis de correlación entre compostaje y fructificaciones, evaluación de las diferencias en tamaño, peso, valor nutricional, características morfológicas, producción y clúster para conocer e interpretar mejor cual es el sustrato con mayor efectividad en la producción.

Con esta alternativa no solo se puede evaluar a futuro la reintegración de los ROV al sistema y su utilización en la industria alimenticia, también, es una propuesta que puede mejorar la recepción de las comunidades frente a las problemáticas ambientales como: la generación de desechos orgánicos, alternativas de uso y reducción en los costos de vida con la implementación de huertas caseras, que permitan el desarrollo de viveros para tener alimentos de primera mano en los hogares y crear propuestas de desarrollo como la producción hogos comestibles.

*Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Especialización en Ingeniería Ambiental.
Directora: Yolanda Gamarra Hernández

ABSTRACT

Title: ALTERNATIVE FOR THE EXPERIMENTAL PRODUCTION OF PORTOBELLO AND CRIMINI (*Agaricus brunnescens*, L), FROM THE VEGETATIVE ORGANIC RESIDUES OF BUCARAMANGA AND ITS METROPOLITAN AREA.*

Author: CLAUDIA LILIANA MAYORGA REYES^{2**}

Keywords: *Agaricus brunnescens*, portobello, crimini, vegetative organic waste, edible mushrooms, mushroom.

Description: An alternative is presented for the production of runne *Agaricus brunnescens*, from the most produced vegetative organic residues in Bucaramanga and its metropolitan area. To do this, it proposes the realization of a characterization and classification of the main organic waste vegetatives in a “plaza de mercado” that must be selected taking into account the access, availability of the owners, vendors and acceptance of the authorities. The selection criteria for compostajes are based on nutritional contributions which are estimated with physicochemical and biological analysis, to characterize the biota present and whether these results have a similar relation with a literature reported. Statistically, correlation analyses can be performed between composting and fruiting, evaluation of the difference in size, weight, nutritional value, morphological characteristics, production and clúster to better understand and interpret the substrate most effectively in production.

With this alternative, the reintegration of ROVs into the system and their use in the food industry can not only be evaluated in the future, it is also a proposal that can improve the reception of communities in the face of environmental problems such as: the generation of organic waste, alternative use and reduction in living costs with the implementation of home gardens, that allow the development of nurseries to have first-hand food in households and create development proposals such as edible fungi production.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Especialización en Ingeniería Ambiental. Directora: Yolanda Gamarra Hernández

Introducción

Los hongos agaricales pertenecen al grupo de los basidiomicetos, los cuales son uno de los grupos más usados a nivel mundial como setas comestibles, especialmente en países como España, Italia, Holanda, Francia, Japón, Argentina, México, China y Alemania; donde además de ser parte de la dieta diaria por su bajo contenido en grasas, proteínas, fibra, vitaminas y minerales; también son usados en la industria farmacéutica y química, por el potencial antioxidante, excelente componente bioactivo o aporte de enzimas y moléculas al desarrollo de medicinas y suplementos vitamínicos. En Latinoamérica, los principales productores de setas de hongos son México y Argentina, sin embargo, su producción y comercialización no es comparable con el mercado de países europeos y asiáticos, donde la producción per cápita anual es de aproximadamente 5 kilos, valores apenas comparables con los 200 gramos per cápita anual registrados en países como Colombia (Fernández-Michel, 2005; Martínez, Gutiérrez, & Velasco, 2016; Pardo-Giménez, Reis, Cunha, & Pardo, 2012).

En el país actualmente el champiñón (*A. bisporus* J.E. Lange) es la seta comestible de mayor producción, gracias empresas nacionales de Antioquia y Bogotá, junto con pequeñas empresas y huertos caseros de producción local. No obstante, esta demanda reposa en una sola variedad y es necesario desarrollar sustratos de mayor calidad para las producciones actuales e innovar en la producción de otras setas para el consumo como: portobello (*A. brunnescens*, L), orellana o gírgola (*Pleurotus ostreatus*, Jacq), o shiitake (*Lentinula edodes*, Berk), a la misma escala de consumo y producción que *A. bisporus*. Esta estrategia en el país, es una excelente oportunidad de comercio, gracias a la variedad de climas, recursos, materias primas como los residuos vegetativos

compostables y la amplia variedad de hongos del género *Agaricus* sp. L presentes en el país, incluso aún muchos de ellos, sin identificar o llegar a conocer sus propiedades como productores de medicinas, compuestos químicos o interesantes fuentes de alimento (Martínez et al., 2016; Quizhpilema & Díaz, 2013). El mayor punto de partida para que estas estrategias sean efectivas y de mayor aprovechamiento y comercialización, está en desarrollar sustratos ricos en nutriente que permitan la producción en masa de variedades con mejor desarrollo, crecimiento y fructificación, en sustratos de abonos orgánicos compostables producidos en la misma zona de investigación. Por esta razón, el aprovechamiento de los residuos vegetativos representa hoy en día, una de las alternativas más apetecidas por la integración con economías como la producción de alimentos, para un avance económicamente sostenible de la reutilización de residuos orgánicos como los vegetativos, en ciudades como la capital santandereana.

En Bucaramanga se producen aproximadamente 10 mil toneladas de residuos orgánicos vegetativos (ROV) por año, lo cual podría representar un 25% de la generación total de residuos que ingresa al carrasco actualmente. Estos ROV son producto de actividades como: corte, tala, poda, plazas de mercado, restaurantes y centro de abastos en la zona industrial de chimita. Estas cifras, fueron estimadas por convenios entre la EMAB y la Alcaldía de Bucaramanga en el año 2015, como parte del proceso de mejoramiento del PGIRs, (2016 – 2020) para la ciudad bonita (Alcaldia de Bucaramanga, 2015); lo que significa, que posiblemente durante estos 4 años con el aumento de la población y comercio en la ciudad, esta proyección puede haber aumentado y estar manejando cifras superiores a las citadas.

Estos ROV por sus características, generan focos de contaminación, vectores, y enfermedades; además de generar la mayor cantidad de lixiviado, producto de la descomposición natural dentro de sus fuentes de retención como: tanques de recolección, bolsas o las mismas celdas de contención en el relleno sanitario. Por esta razón, estudios actuales se han centrado en la búsqueda de alternativas para el manejo y aprovechamiento de estos recursos biodegradables, en beneficios para la naturaleza, la sociedad, la economía y la industria (Célis & Orduz, 2011; FAO, 1987; Leiva-Lázaro, Blanco-Fernández, & Jiménez-Macías, 2014; Sharma, Ganguly, & Gupta-Kumar, 2018)

Estos estudios aportan conocimiento principalmente, en la generación de proyectos de sostenibilidad, tecnologías y desarrollo, los cuales han sugerido en recientes años, el uso de la selectividad en el tratamiento del compostaje como medio de producción y mejoramiento en los cultivos hongos como los agaricales, adicionando incluso, residuos originados por el cultivo como la champiñonaza. Dentro de los principales aportes, se ha podido determinar que existen micelios que presentan una mejor producción de carpóforos o fructificaciones en sustratos como cacota de café, trigo, estiércol de caballo, bagazo de caña de azúcar, maíz o residuos maderables (Ozcariz, 2016; Pardo-Giménez & Pardo-González, 2008; Pereira, D.L; Melo, A.L; Hamada, 2007; Sánchez Palacios & Rodríguez Valencia, 2015; J. Savoie et al., 2011; Villacis, Alcívar, Cañarte, & Vera, 2016).

Sin embargo, estas investigaciones dejan una puerta abierta para el desarrollo de estudios y avances en la utilización de todos los ROV que se generan, evaluando la maduración de compostajes para bloques de cultivo y capas de cobertura. Por ello el objetivo de este proyecto es

presentar una alternativa para la producción experimental (a nivel de laboratorio) de *A. brennescens*, usando como materia prima, el compostaje obtenido de los residuos orgánicos vegetativos, mediante selección de los mejores sustratos de cada ensayo. Este análisis permitirá discriminar cuales son las mejores mezclas de compostaje para la producción, según la tasa de carpóforos, su peso y aporte nutricional (Callac, 2007; FAO, 2013; Luna & Reyes, 2005; Misra, Roy, & Hiraoka H, 2003).

1. Objetivos

1.1. Objetivo General

Presentar una alternativa para la producción experimental de Portobello y Crimini (*Agaricus brunnescens*, L), a partir de residuos orgánicos vegetativos de Bucaramanga y su área metropolitana.

1.2 Objetivos Específicos

Emplear los modelos existentes en la producción de hongos, para proponer una combinación de residuos orgánicos vegetativos que permita la maduración del compostaje para la capa de cobertura y el bloque de crecimiento del micelio.

Escoger los sustratos para los ensayos iniciales teniendo en cuenta la disponibilidad de los residuos orgánicos vegetativos, el aporte de nutrientes y el mecanismo de compostaje a usar.

Aplicar los criterios de preselección de la concentración de esporas de la cepa de *A. brunnescens* para la siembra y propagación en los sustratos a evaluar, teniendo en cuenta los planteamientos existentes en la industria.

Usar parámetros como la tasa de crecimiento, formación y desarrollo de los carpóforos, la relación kg/día de fructificaciones o información nutricional, como unidades de preselección viables para el sustrato óptimo en la producción experimental de *A. brunnescens*.

Resolver la propagación de oportunistas en los materiales de compostaje y setas de cultivo, por medio de la revisión de protocolos existentes para control biológico en la producción industrial de *A. brunnescens*, que puedan ser adaptados para controlar los patógenos del cultivo de en Santander.

2. Justificación

Los residuos orgánicos, especialmente los de origen vegetal, son bombardeados diariamente con ideas que representan alternativas de innovación para su uso y reutilización, como medida para mitigar o prevenir los eventos de contaminación y contingencia que actualmente se están presentando en Bucaramanga y su área metropolitana.

Sin embargo, estas alternativas rara vez integran disciplinas como la sociedad, la industria, el comercio o la generación de empresas, razón por la cual, los resultados de estos estudios, propuestas o investigaciones quedan registrados para bibliotecas de universidades, empresas o consorcios, como bancos de literatura y bibliografía gris, que solo se citan cuando una nueva idea se desarrolla a partir de la anterior.

A este panorama, ahora se debe sumar la falta de cultura para consumir responsablemente alimentos. Y no solo esto, también conocer cómo se pueden reutilizar estos residuos orgánicos en los hogares con la recirculación en forma de materia prima para la producción de otros alimentos como hongos, hortalizas, verduras o frutas.

Por ello es necesario que Santander como departamento, se una a la generación de nuevas alternativas de reutilización de los residuos orgánicos por medio de la gestión y financiación de proyectos; que además de servir como piloto empresarial, sean un paso adelante en la generación de cultura y respeto por el ambiente, con ideas que produzcan ingresos, sostenibilidad y responsabilidad en el consumo y disposición final de los residuos orgánicos generados.

3. Antecedentes

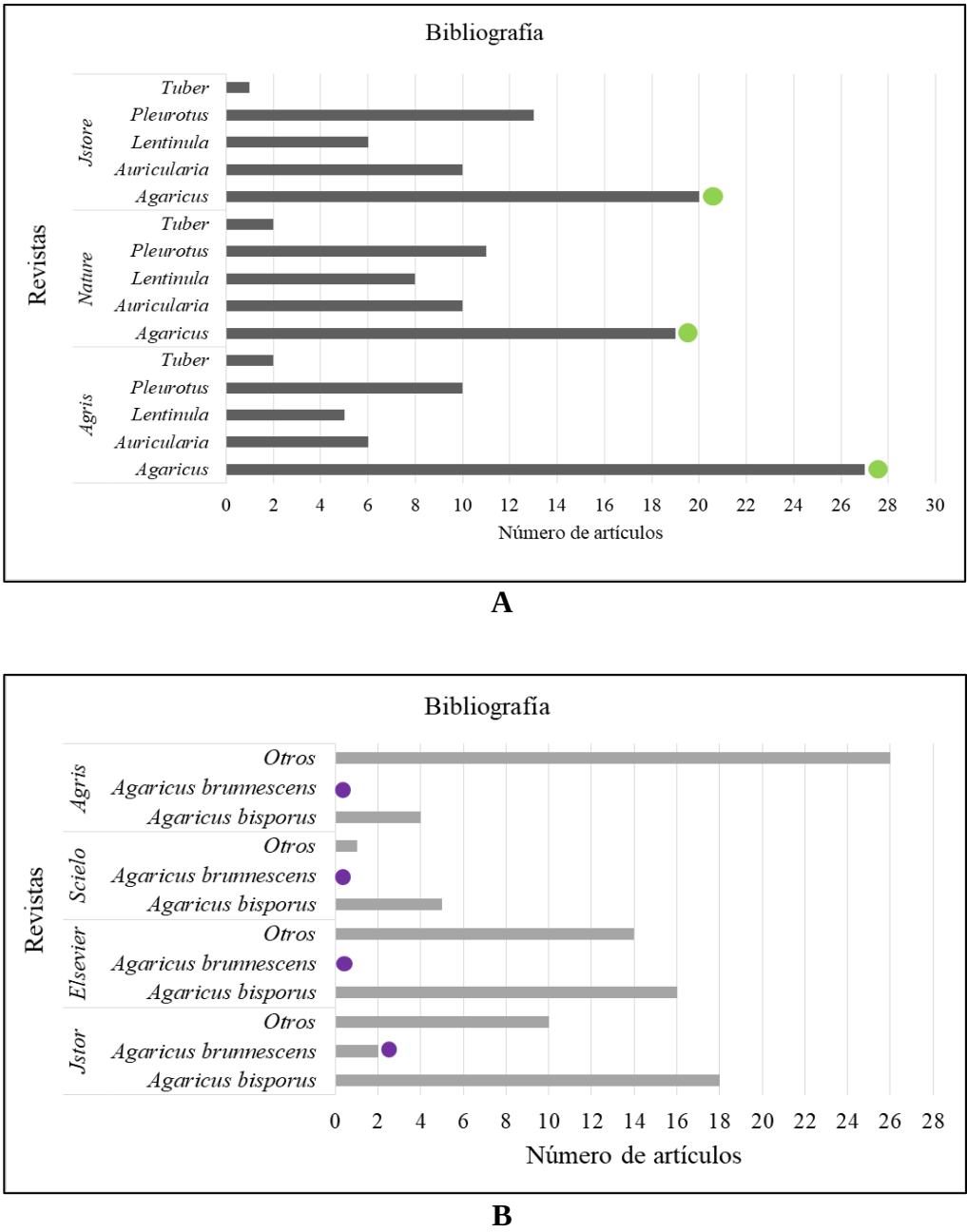


Figura 1. Criterio de selección para el tema de investigación. **A:** Listado de géneros más citados dentro de las bases de datos de las universidades consultadas para estudios realizados en setas comestibles. Los puntos verdes son los géneros con mayor aporte bibliográfico. **B:** Listados de las especies con mayor número de publicaciones de

investigación y desarrollo en las revistas consultadas. Los círculos en morado indican la inexistencia aún, de textos relacionados con la especie seleccionada, *A. brunnescens*.

Se realizó una revisión bibliografía en la biblioteca de la Universidad Pontificia Bolivariana y de la Universidad industrial de Santander, con el fin de identificar la producción literaria que existe sobre el género *Agaricus* sp., y la especie *A. brunnescens* (ver **Figura 1**). Dentro de esta revisión se observó que la mayor parte de la producción e investigación usa como base de investigación el género *Agaricus* sp., y dentro de este grupo a la especie *A. bisporus*, como una de las más citadas para reportes, estudios y productos científicos de micología.

Entonces, si es *A. bisporus* el modelo de investigación más usado, ¿Por qué se ha seleccionado *A. brunnescens*? Una de las razones, es su gran potencial como producto alimenticio, el cual se soporta en su tamaño, color, sabor, textura, variedad de preparación en las recetas y el mercado en los restaurantes y plazas de comida de la ciudad bonita y su área metropolitana. Así mismo los registros de posibles especies creciendo en los bosques andinos y alto andinos de los municipios de Tona y de Berlín. Las cuales de llegarse a identificar como una posible cepa silvestre de *A. brunnescens*, fortalecería el aporte al conocimiento gastronómico, taxonómica y morfológica, de esta especie que en la actualidad aun presenta, dificultades en su historia filogenética y es controversial su origen y posicionamiento en el grupo de agaricales.

Portobello y Crimini (ver **Figura 2**), aún son tema de desarrollo industrial y científico, por ello se requiere de un mayor financiamiento para lograr metas de investigación competitivas con el mercado actual. Y consta como evidencia, que la mayor parte de las investigaciones desarrolladas en el país y el departamento, quedan a nivel de tesis, pasantías o proyectos de grado en modalidad

monografía. Estudios cuyo impacto no superan a Países como Francia, Holanda, Alemania, India, México o Brasil, donde ya se trabaja en mejoramiento de los hongos con híbridos, de secuencias genéticas resistentes a plagas y enfermedades o contaminación por bioacumulación en los procesos de comercialización.

En conclusión, a Colombia le hace falta más desarrollo e innovación en la generación de investigaciones que favorezcan el desarrollo social, económico y educativo.



Portobello

Crimini

Figura 2. Estadios de *A. brunnescens* en su ciclo de fructificación. **A:** *A. brunnescens* adulto, el cual se caracteriza por tener la seta abierta y con las esporas expuestas. **B:** *A. brunnescens* juvenil, la seta se encuentra adherida al velo de cobertura y las esporas no están expuestas. Adaptado de (Setas de Cuiva, 2019)

3.1. Revisión bibliográfica en algunos países.

Brasil.

Título: Desarrollo del cultivo de *Agaricus bisporus* en Brasil: suplementación del compost y utilización de híbridos. Diego Cunha Zied, Jose Emilio Pardo, Manuel Álvarez-Ortí y Arturo Pardo-Giménez.

Resumen: estudio del efecto sobre la producción, en cultivos de champiñón en condiciones controladas, de la aplicación al compost de dos dosis de un suplemento comercial utilizando dos variedades híbridas de champiñón diferentes. Como resultado el híbrido blanco liso logro proporcionar mayor número de carpóforos y mayores rendimientos, aunque los champiñones presentaron menor tamaño. Esto permite confirmar el interés de la suplementación del compost para aumentar la productividad.

Título: Yield of four *Agaricus bisporus* strains in three compost formulations and chemical composition analyses of the mushrooms. Meire Cristina Nogueira de Andrade; Diego Cunha Zied; Marli Teixeira de Almeida Minhoni²; João Kopytowski Filho.

Resumen: se realizaron tres formulaciones de compost a partir de dos variedades de *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (Costa-cruz y Tyfton) y paja de avena (*Avena sativa*), para el cultivo de cepas de *A. bisporus*: ABI-01/01, ABI-04/02, ABI-05/03, y ABI-06/04. Un diseño experimental se realizó con 12 tratamientos (4 cepas de *A. bisporus* x 3 tipos de compost) y con 8 repeticiones. Cada caja que contenía 12-12 kg de compost fresco y húmedo. Según los resultados, la productividad de los hongos estuvo influenciado por la cepa y / o el tipo de compost. También se

verificó que proteína cruda, ceniza y el contenido de fibra bruta en el hongo varió con la cepa de *A. bisporus* y la paja utilizada en la formulación del compost.

Francia.

Título: Biomethane digestate from horse manure, a new waste usable in compost for growing the button mushroom, ¿*Agaricus bisporus*? Savoie J.-M., Védie R., Blanc F., Minvielle N., Rousseau T., & Delgenes J.-P.

Resumen: se utiliza el estiércol de caballo para realizar metanización y adicionar este biogás como componente del compost para cultivar la seta de botón blanco, *Agaricus bisporus* y otras especies de *Agaricus*. Se encontró que la metanización fue eficiente y el compost obtenido del digestato en mezcla con trigo, paja y bajas cantidades de compost de hongos como fuente de microflora aeróbica y termofílica. Se observó que este mix de compostaje permitió el desarrollo y crecimiento de *A. bisporus*, pero con rendimientos y producción de carpóforos más bajos que en los compost de setas convencionales.

Título: Resource allocation ability of wild isolates of *Agaricus bisporus* on conventional mushroom compost. J.-M. Savoie, D. Bruneau, & M. Mamoun.

Resumen: se cultivaron 21 cepas silvestres de dos sitios distintos y seis cepas cultivadas de *Agaricus bisporus* en un Compost de setas convencional. Se estudiaron sus capacidades degradativas midiendo 12 actividades enzimáticas extracelulares, producidas durante el

crecimiento micelial. Se observaron diferencias en la producción de actividades enzimáticas y en la colonización de compost entre los tres grupos de cepas y dentro de cada grupo. Se utilizaron para definir los mecanismos de asignación de recursos para el compost de las setas. La capacidad de crecer y producir carpóforos en compost de hongos parecía estar relacionada con la producción de un grupo equilibrado de enzimas que incluyen niveles moderados de polisacaridasas activas en las paredes celulares de paja y de enzimas capaces de degradar la biomasa microbiana y productos microbianos.

España.

Título: Evaluation of casing materials made from spent mushroom substrate and coconut fibre pith for use in production of *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach. A. Pardo-Giménez and J. E., and Pardo-González.

Resumen: se describe el comportamiento del compostaje de producción para *A. bisporus*, por sustratos de cobertura basados en mezclas de fibra de coco (CF) y compost agotado (SMS) en diferentes proporciones. Se observó que al aumentar la proporción de SMS en las mezclas disminuyó el número de carpóforos cosechados y el rendimiento total, a la vez que se vio retrasada la cosecha de la primera florada, aunque tiende a aumentar el tamaño de los champiñones cosechados, que presentan mayor contenido en materia seca, mejor textura y coloración. Combinaciones de CF y SMS 4:1 y 3:2 (v/v) proporcionaron, respectivamente, eficiencias biológicas de 92,9 y 82,6 kg/100 kg compost, comparables a las proporcionadas por las coberturas empleadas como testigo. Aunque la elevada conductividad eléctrica de las mezclas con alta

proporción de SMS supone una limitación a su empleo, los resultados obtenidos muestran la viabilidad de la reintroducción del SMS de champiñón en nuevos ciclos de cultivo empleándolo como ingrediente de mezclas de cobertura.

Título: Utilización de compost agotado de champiñón como capa de coberturas en nuevos ciclos de producción. Arturo Pardo-Giménez, Diego Cunha Zied y José Emilio Pardo-González.

Resumen: evaluar el comportamiento agronómico de seis mezclas de cobertura, elaboradas a partir de sustrato postcultivo del champiñón *Agaricus bisporus*, en nuevos ciclos de cultivo. Los resultados obtenidos mostraron la viabilidad de la reintroducción del sustrato en nuevos ciclos de cultivo, ya sea como material de base único, si se somete a un proceso de lavado para eliminar sales solubles, o bien mezclado con otros materiales de baja conductividad, como es el caso de la turba o la fibra de coco. Se destacan los altos valores de eficiencia biológica registrados, que llegaron hasta los 100 kg kg⁻¹ de compost, similares a los proporcionados por los testigos, y los altos valores relativos observados (con respecto a los testigos) en el contenido en materia seca de los carpóforos cosechados con algunas de las nuevas coberturas elaboradas. Esta reutilización del compost constituye una alternativa interesante, con vistas a reemplazar a las tierras y a los sustratos orgánicos utilizados habitualmente como cobertura, con la doble ventaja de disminuir los costos de elaboración y el impacto ambiental.

Nigeria

Título: Potency of agricultural wastes in mushroom (*Pleurotus sajor-caju*) biotechnology for feeding broiler chicks (*Arbor acre*). Charles Oluwaseun Adetunji and Isaac Oluseun Adejumo.

Resumen: en Nigeria se analizó integrar a la dieta de pollos de engorde lo residuos de las setas de hongos *Pleurotus sajor-caju*. Los residuos se secaron al aire durante 72 h y luego el inóculo se desarrolló transfiriendo una gran cantidad a incubación con una temperatura de 37 ± 1 ° C. Para la prueba se utilizaron 144 pollitos por 21 días. Los pollitos se agruparon en 4 grupos de 36 individuos cada uno, y se le proporcionó alimento fresco y agua a voluntad. La ingesta de alimento y el peso corporal se midieron semanalmente, mientras que el cálculo del índice de conversión de alimento (FCR) y la ganancia de peso se basó en los datos obtenidos. Como resultado se observó la inclusión de esta dieta en los pollos de engorde se considera segura y podría promover el crecimiento.

México.

Título: Evaluación de bagazo de café (*Coffea arabica*) como sustrato en la producción de *Pleurotus ostreatus*. Omar Romero-Arenas, Israel Hernández Treviño, J. F. Conrado Parraguirre Lezama, Mayra Nayeli Marquez Specia y José Luis Amaro Leal.

Resumen: se evalúa el crecimiento de la cepa de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) CP-50 en residuos de bagazo de café deshidratado (*Coffea arabica*) en contraste con otros sustratos agrícolas del Municipio de Tetela de Ocampo- Puebla. Se observó que la cepa CP-50 demostró un adecuado crecimiento de aéreas miceliales sobre el sustrato de bagazo de café deshidratado con una tasa de producción de $1,5 \pm 0,2\%$. La mayor eficiencia biológico (EB) se obtuvo en el sustrato paja de

trigo, con $119,24 \pm 7,1\%$, el sustrato de bagazo de café deshidratado con $109,03 \pm 0,4\%$ y el rastrojo de maíz obtuvo la EB más baja de $77,47 \pm 0,2\%$. Los resultados demostraron la factibilidad de cultivar la cepa CP-50 de *Pleurotus ostreatus* bajo condiciones rústicas en la sierra norte del estado de Puebla, al aprovechar los residuos de la cosecha de café de las regiones aledañas del municipio.

Título: Producción del hongo Shiitake (*Lentinula edodes*) en bloques sintéticos utilizando residuos agroforestales. Omar Romero-Arenas, Marco A. Martínez Guerrero, Miguel A. Damián Huato, Benito Ramírez Valverde y J. Francisco López-Olgún.

Resumen: evaluar las fórmulas C-Agro1, 2 y 3 en la producción del hongo Shiitake, utilizando la cepa CP-CA1 de *Lentinula edodes* en bloques sintéticos, conformados por residuos agroforestales de la Sierra Norte del estado de Puebla, como es el aserrín de encino (*Quercus* sp.), restos de tallos y hojas (rastrojo) así mismo, olote triturado de maíz (*Zea mays*). La cepa CP-CA1 demostró un adecuado crecimiento micelial sobre los bloques sintéticos, con una tasa de producción de 0.38, 0.33 y 0.31% para C-Agro1, 2 y 3 respectivamente. La mayor eficiencia biológica (EB) se obtuvo en la en la formula C-Agro2 a los 265 días de producción, con 100.50%. La presencia de cuerpos fructíferos fue de 85% de forma regular y con un peso aproximado entre 40 a 70 g por unidad. Los resultados demostraron la factibilidad de cultivar la cepa CP-CA1 de *Lentinula edodes* sobre residuos agroforestales de la sierra norte del estado de Puebla.

Título: Residual mushroom compost as soil conditioner and bio-fertilizer in tomato production. Alma Alicia Castelo-Gutiérrez, Helio A. Garcia-Mendivil, Luciano Castro-Espinoza, Fernando Lares-Villa, Maritza Arellano-Gil, Pedro Figueroa-López y Marco Antonio Gutiérrez-Coronado.

Resumen: se evalúa la viabilidad de realizar procesos de fertilización para cultivos de tomate con el residuo de los bloques de cultivo de hongos enriquecidos con nutrientes de soporte para el suelo como la urea. Para llevar a cabo la experimentación se seccionaron las siguientes variables: materia orgánica, humedad, pH, conductividad eléctrica (CE), capacidad de intercambio catiónico (CIC), densidad aparente, contenido nutricional foliar en la etapa de floración (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe y Zn), clorofila (unidades SPAD), número y peso de frutos y rendimiento. Luego del ensayo se concluyó que los materiales aportados al suelo en la producción de tomate solo o en combinación con fertilizantes inorgánicos, son capaces de producir el mismo efecto en la producción de tomate además de mejorar las características fisicoquímicas del suelo.

India.

Título: Spectral characterization and quality assessment of organic compost for agricultural purposes Anchal Sharma, Rajiv Ganguly and Ashok Kumar Gupta.

Resumen: caracterización fisicoquímica, de metales pesados y espectral del compost aeróbico para evaluar la idoneidad de su uso para diferentes propósitos. Las características espectrales del material de compost se determinaron utilizando un microscopio electrónico de barrido (SEM).

Técnica de espectroscopia de dispersión de energía (EDS) y difracción de rayos X (DRX). El análisis de metales pesados del material de compost se analizó mediante espectroscopia de absorción atómica (AAS). El estudio también se centró en la determinación de la naturaleza del compost utilizando un método de indexación basado en los Estándares de Orden de Control de

Fertilizantes (FCO). Se concluye a partir del estudio que el compostaje aeróbico es una opción adecuada para el procesamiento de residuos, así como para reducir el peso de los residuos orgánicos en el vertedero.

Colombia.

Título: Evaluación de algunos residuos orgánicos como sustrato para el cultivo de hongos comestibles. Adelaida María Garcés Molina, Natalia Vélez Cardona, Santiago Ruiz Alzate, Juan Guillermo Serna D'León y Ernesto Suarez Holguín.

Resumen: evaluar residuos de jardín, como sustrato para la producción de dos especies de hongos del género *Pleorotus*, y estandarizar la producción de semilla. El mejor sustrato para el cultivo de este tipo de setas es aquel que contiene un porcentaje mayor de residuos lignocelulósicos. Luego del análisis se encontró que las materias primas empleadas son viables para la producción a escala de ambos tipos de hongos comestibles.

Título: Diseño y fábrica de un tanque digestor para la producción de compost mediante el aprovechamiento de los residuos orgánicos sólidos. Wilmer Celis López, Iván Farley Ordúz Corredor y Rómulo Niño Delgado.

Resumen: se diseñó y construyó un tanque digestor el cual produce 9 toneladas de compostaje, apoyado nuevas iniciativas empresariales enfocadas en la reutilización de desechos orgánicos. Este tanque cumplió con la generación de energía, funcionalidad y estabilidad por parte del motor y los engranajes, lo cual significa éxito en el diseño y elaboración. Este tipo de aportes en el

desarrollo requiere el conocimiento de las alternativas de construcción que minimicen los costos, pero no la innovación y desarrollo de nuevas tecnologías para el tratamiento de residuos orgánicos. De esta forma se busca fomentar la generación de empresas y sociedades que permitan la venta y comercialización o uso de estos productos.

Título: Determinación de un sustrato eficiente para el cultivo de Shiitake (*Lentinula edodes*) a partir de una mezcla de residuos de producción de café y vaina de arveja (*Pisum sativa*) en el laboratorio. Carlos Chiriví y Yolanda Gamarra.

Resumen: se realizaron ensayos de crecimiento y desarrollo de carpóforos de *L. edodes*, sobre los sustratos obtenidos por biodegradación de los residuos. De acuerdo con los resultados solo en TC se presentaron valores de crecimiento y eficiencia biológica para las setas cultivadas de los 6 tratamientos realizados.

Título: Diseño de cadena productiva de hongo ostra a partir del sustrato de bagazo de caña de azúcar de la zona azucarera y panelera de la hoya del río Suarez. Jorge Esteban Gerena Cruz y Dannin Gómez Rodríguez.

Resumen: si se logran los beneficios esperados, a futuro se podría realizar una expansión hacia otras regiones del país o incluso mercado extranjero como Canadá. Se proyecta que la empresa por medio de convenios y un presupuesto sólido, aumentarían la infraestructura y la necesidad de evaluar otro tipo de sustrato para poder satisfacer la nueva demanda. El uso alternativo del bagazo de caña como sustrato en la producción de hongo ostra permitirá a las fincas azucareras y paneleras

de la región de la Hoya del Río Suarez generar una oferta de producto suficiente para tener una participación en el mercado capaz de generar ingresos económicos altamente representativos que permitan sacrificar definitivamente el uso del bagazo de caña en el mismo proceso productivo.

Título: Estudio de factibilidad para el cultivo de hongo (*Pleurotus* sp (Fr.) P. Kumm) en la finca Santa Elena del municipio de Suratá - Santander y comercialización en la ciudad de Bucaramanga y su área metropolitana. Edison Fabián Bermúdez y Jorge Daniel Osorio Márquez.

Resumen: Factibilidad para la puesta en marcha del establecimiento de cultivo de este producto en la finca Santa Elena ubicada del municipio de Suratá a 50 km de Bucaramanga, donde se pudo evidenciar a través del estudio de mercados que muchos usuarios no conocen las propiedades vitamínicas y nutritivas del hongo comestible, por lo que representa una oportunidad para su ejecución. El estudio financiero arrojó resultados favorables para su puesta en marcha, donde obtuvo una TIR del 18% y el periodo de recuperación de la inversión se da en un tiempo aproximado de dos años, tiempo relativamente apropiado dada la inversión, así mismo desde el primer año se denota utilidades, las cuales van en crecimiento hasta alcanzar \$33.495.921 en el quinto año; por otra parte, cabe señalar que el terreno es el apropiado, debido al clima templado; por consiguiente, se determina la viabilidad de producir este tipo de alimentos de forma completamente natural y comercializar en la ciudad de Bucaramanga y su Área Metropolitana.

Título: Diseño, construcción y validación de una unidad mínima familiar para la producción de orellana en el centro de los recursos naturales renovables la salada. Gustavo Adolfo Jaramillo Jaramillo, Gladys Eugenia Martínez Álvarez y Abel Darío Arango Mejía.

Resumen: se diseñó y construyó la unidad mínima familiar para la producción de Orellana teniendo en cuenta aspectos indispensables como son: sustrato para la alimentación del hongo, y la casa donde vive y se desarrolla el mismo; esto con el objetivo de estandarizar la producción manejando las variables humedad relativa y temperatura y capacidad de la unidad, facilitando la posibilidad de brindar una alimentación sana y mejorar la seguridad alimentaria a familias de escasos recursos, dado que esta es una problemática que todos los días toma más fuerza sin que se planteen soluciones de fondo. Este modelo responde mediante la producción artesanal con sustrato y materiales de construcción asequibles y buscó estandarizar la producción. Se realizó con aprendices e instructores del área de recursos naturales del Centro de los Recursos Naturales Renovables La Salada. Hasta el momento se han hecho alrededor de seis se considera buena respecto al sustrato utilizado.

Título: Valoración y crecimiento del cultivo de *Pleurotus ostreatus* en cuatro sustratos generados a partir de procesos productivos agropecuarios, en el municipio de Málaga – Santander. Ruth Catalina Acevedo Cárdenas y Giovanni Rueda Carrillo.

Resumen: se elaboró un cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* sobre cuatro residuos sólidos de diferente procedencia usados como sustratos. Estos fueron residuos de café de consumo humano, bagazo de caña de azúcar, tallo de maíz, y hojas de plátano. Se evaluó el efecto de los cuatro sustratos de manera individual sobre la producción del hongo a través de indicadores de eficiencia biológica, el rendimiento, el tiempo de incubación, el tiempo de aparición de primordios, la cantidad de cuerpos fructíferos y la productividad. A los sustratos y cuerpos

fructíferos provenientes de las bolsas se les determino un análisis proximal para evaluar su contenido nutricional.

4. Marco teórico

4.1. Hongos agaricales.

El primer contacto con los hongos viene de los años 300 y 400 A.C., cuando hacían parte de las descripciones de la historia natural por parte de filósofos y científicos como Plinio. Los cuales los llegaron a describir como plantas sin flores y hojas. Sin embargo, fue Carl Von Linneo en su trabajo “*Species Plantarum*” publicado en el año 1735, quien rebautizó el término de agaricales, dando una descripción detallada de su morfología la cual fue dividida en 3 partes importantes del desarrollo: Pie, Setas y lamelas (ver **Figura 3**) (Callac, 2007; Calvo-Torras & Rodríguez-Domínguez, 2011; Judd, Campbell, Kellogg, Stevens, & Donoghue, 2015; Linneo, 1735).

Sin embargo, a nivel gastronómico los hongos agaricales fueron encontrados por los jardineros de las casas reales en Francia, mientras estos crecían en medio de los desperdicios de comida que se arrojaban en los jardines; y es de allí, desde donde nace la curiosidad por conocer sus propiedades, hasta convertirse hoy día en uno de los alimentos en gran parte de los países del mundo (Ardón & Solares, 2007; Fernández-Michel, 2005).

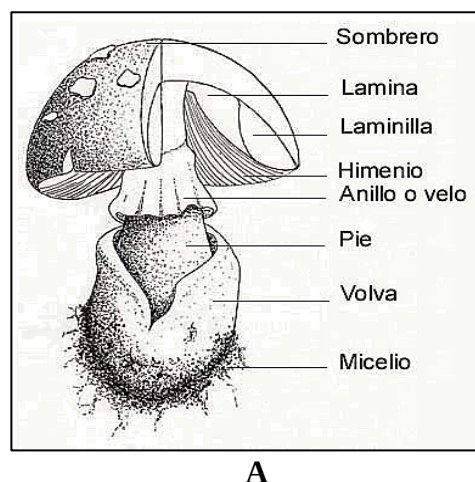


Figura 3. Principales partes de los hongos agaricales. En esta imagen se puede observar el Carpóforo, propio de la reproducción sexual. Adaptado de (Carles, 2003).

4.2. Historia de la fungicultura.

Los hongos basidiomicetos del género *Agaricus* sp., crecen como botones de color blanco, en medio de jardines, bosques e incluso el estiércol de animales como caballos y vacas. Su color, textura, sabor, propiedades nutricionales y fácil propagación, han sido el motor de la fungicultura en países de tradición como: Francia, Holanda, Italia o China, donde el registro de cultivos como soporte económico, se ha descrito aproximadamente desde los años 1200 a 1600, cuando se consideró el inicio de las producciones masivas de carpóforos en Europa y Asia (Ardón & Solares, 2007; Callac, 2007; Cunha-Zed, Pardo, Álvarez-Ortí, & Pardo-Giménez, 2018; Fernández-Michel, 2005).

Esta forma de agricultura para hongos, migro a países como: Inglaterra, Alemania, Estados Unidos y finalmente países asiáticos. Esta migración de cultivo hace hoy día a muchas de estas

naciones potencias en la producción, tecnificación y grandes contribuyentes de las toneladas de hongos que se consumen en el mundo. Este avance en el desarrollo y comercio permitió que con el paso de los años se descubriera el potencial de otros géneros de hongos como: la trufa (*Tuber* sp., Vittad), el hongo ostra (*Pleurotus* sp.), las orejas de judas (*Auricularia auricula*, Bull. ex Juss) (ver **Figura 4**); donde por ejemplo: *Tuber* sp., por su exótica textura, sabor, color y composición, para casi toda clase de platos y postres, hace parte de la gama de sabores fúngicos preferidos de la gastronomía mundial (ver **Figura 6**). (Callac, 2007; Cunha-Zed et al., 2018; Fernández-Michel, 2005).



Figura 4. A y B, *Auricularia auricula*, k un hongo agarical con forma de “orejas”, conocido como orejas de judas, y uno de los hongos comestibles poco conocidos en Colombia. Adaptado de (Moreno, 2014; Vázquez, 2018.)

4.3. Llegada del mercado fúngico a Latinoamérica.

Cuando el conocimiento del cultivo de hongos toco las puertas del continente latinoamericano, fue México y especialmente la ciudad de Guadalajara, quien promovió y expandió en la región, el interés en una industria fúngica, por sus rentables ganancias en un mercado creciente para la época. Donde el desarrollo de medicinas, enzimas y el excelente valor nutricional como alimento eran la carta de presentación de mayor atractivo para el comercio (Callac, 2007; Fernández-Michel, 2005).

Gracias a los mexicanos y su interés en la producción, comercialización e investigación, se logró llevar a cabo la creación de simposios, congresos, encuentros y talleres, tanto internacionales como nacionales; además de la publicación de artículos, revistas e informes, con mira a la integración de las naciones interesadas en la industria del hongo, como Polonia, India y Argentina. Esto permitió que se llevaran representantes de países latinos a grandes encuentros internacionales, logrando desarrollar enlaces de participación y operatividad para expandir el cultivos de hongos (Callac, 2007; Fernández-Michel, 2005; Romero, Hernandez, Conrado, Marquez, & Amaro, 2013).

4.4. Panorama en Colombia del consumo de hongos.

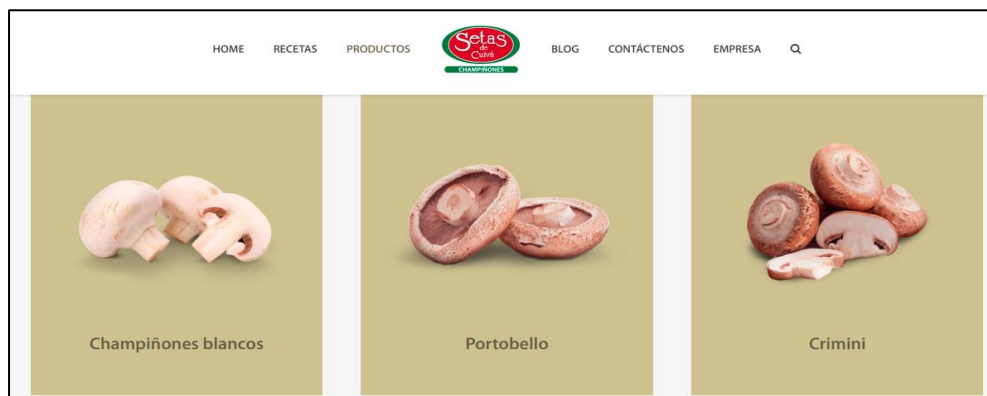
Actualmente Colombia cuenta con una tasa estimada de producción aproximada de 10 mil toneladas de setas por año, a penas comparables con las 800 toneladas anuales para los 60tas. Las empresas colombianas de mayor renombre son Setas de Cuiva en Medellín, y Setas doradas en Bogotá (ver **Figura 5**), las cuales producen entre sus variedades, Champiñón, Portobello, Crimini y Ostra, gracias a la integración de investigaciones que permiten ampliar la variedad de sustratos para cultivar (*Agaricus*) y (*Pleurotus*) (ver **Figura 6**)(FAO, 2019; Fernández-Michel, 2005; Pedreros, 2007).

A pesar de estos avances en la industria fúngica, investigadores como Jorge Suarez, presidente de la asociación de champicultores con sede en Medellín, señala que es necesario llevar a cabo una socialización sobre el valor nutricional de los hongos, su aporte al desarrollo de medicinas y

gran capacidad biodegradable de residuos orgánicos vegetativos. Así mismo, Suarez sugiere que deje de señalarse a los hongos como la carne de los vegetarianos y se le dé la oportunidad de compartir la mesa, no como suplemento cárnico, si no como un alimento más en la dieta de cada colombiano (TvAgro, 2016).

Por su parte Carmenza Jaramillo, hace énfasis en el gran potencial que tiene los hongos luego de dirigir su empresa Agrícola La Vega por más de 18 años, la cual con su trabajo científico en el área de los hongos, administración y estudios en el tema, ha demostrado que Colombia podría llegar a ser potencia en la producción de hongos, por sus climas, sustratos disponibles, materia primas ricas en celulosa, variedades de hongos creciendo en los bosques y aún por descubrir, además, del uso de estos hongos en la transformación de residuos orgánicos vegetativos en nuevos productos y materias prima útiles para la restauración de suelos, suplementos alimenticios para animales y cultivos (colombia-inn, 2015; La Patria, 2013; TvAgro, 2016).

Para ello se ha fomentado la investigación, estudio y desarrollo de tecnologías, que permitan encontrar la mejor forma de integrar la degradación de residuos orgánicos, la productividad económica y la producción de hongos como alimento. Sin embargo, el poco apoyo por parte de las entidades gubernamentales y la económica dentro del sistema de producción agrícola, amenaza la excelente oportunidad que tiene Colombia para competir con una producción amigable con me ambiente, que haga reutilización de la materia prima y que permita la interacción de la parte social, científica, académica y económica (Arellano-Gil et al., 2016; FAO, 2013; Misra et al., 2003; Pardo, Cunha, & Pardo, 2010).



A



B

Figura 5. Principales empresas de Colombia. **A:** Setas de Cuiva, empresa de producción en Medellín. **B:** Setas Doradas, empresa de producción en Bogotá. Adaptado de (Setas de Cuiva, 2019; Setas Doradas, 2019)



A

B

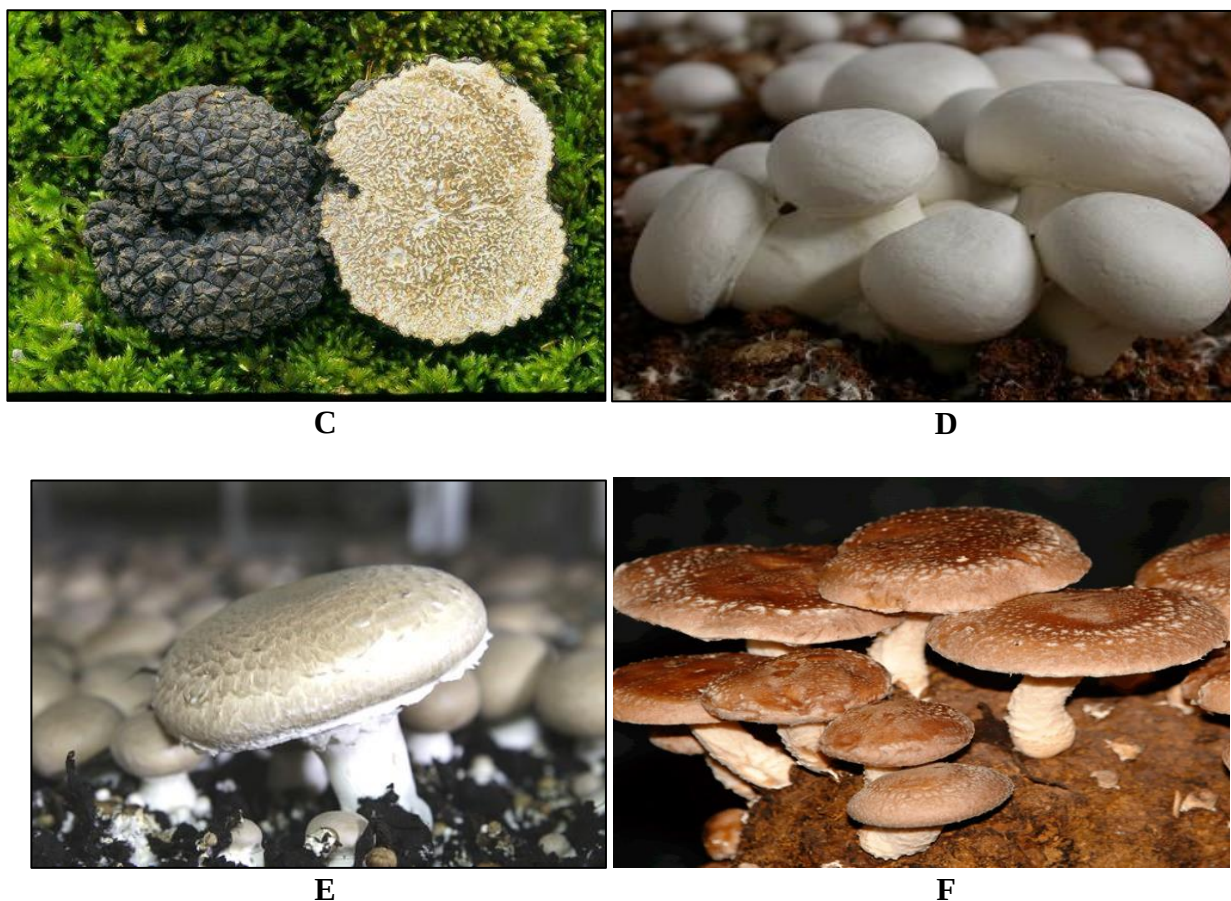


Figura 6. Principales setas de hongos comestibles. **A:** *Pleurotus djamor*, **B:** *Pleurotus ostreatus*, **C:** *Tuber* sp, **D:** *Agaricus bisporus*, **E:** *Agaricus brunnesces* y **F:** *Lentinula edodes*. Adaptado de (Bescós, 2016; Boletsdesoca, 2019; Charl de Mille-Isles, 2011; Pedreros, 2007; Peruca, 2015; Pfahler, 2018).

4.5. ROV y su relación con la producción de hongos.

Los estudios de los ROV han permitido conocer los procesos de degradación de la materia orgánica producto de las actividades forestales y alimenticias como: tala, poda, carpintería, procesamiento de alimentos, cascaras de frutas o verduras. Estos residuos por su naturaleza, se descomponen o biodegradan naturalmente y llegan al suelo, permitiendo: aumento de la capacidad de retención de la humedad del suelo, reducción el riesgo de erosión, regulación de la temperatura edáfica, minimizar la evaporación del agua, aportan macronutrientes, como N, P, K y

micronutrientes, como microorganismos capaces de transformar los materiales insolubles del suelo en nutrientes (FAO, 2013; Fernández-Michel, 2005; Misra et al., 2003).

Este proceso de biodegradación puede usarse para la generación de compostaje, el cual consiste en la elaboración de sustratos ricos en materia orgánica, como humus, abono o suplementos nutritivos. Así mismo, suele ser una de las principales fuentes de celulosa, hemicelulosa, lignina, azúcares y minerales, los cuales son uno de los principales sustratos de crecimiento de los hongos, (FAO, 2013; Gómez, Yepes, & Barahona, 2013; Misra et al., 2003; Serrano-Guzmán, Torrado-Gómez, & Pérez-Ruiz, 2013).

Sin embargo, si estos residuos no son tratados o dispuestos de forma correcta, generan procesos de degradación que producen vectores como insectos, roedores, aves, mamíferos de gran tamaño, malos olores y lixiviados, productos de la degradación natural. Esto representa graves afectaciones de salud, enfermedades e incomodidad visual. Por ello es importante llevar a cabo proyectos que generen alternativas de desarrollo que permitan dar solución a la disposición final de estos residuos orgánicos vegetativos.

Una de las mejores formas de llevar a cabo los procesos de degradación con los residuos orgánicos vegetativos es la producción de energía a partir de la biomasa, este método busca generar aprovechamiento de los residuos producidos por las plazas de mercado y talas o podas, para buscar beneficios energéticos amigables con el ambiente, especialmente en la reducción de emisiones de gases, minimización de los contaminantes que llegan a vertederos, áreas de disposición final, suelo o fuentes hídricas como ríos o lagunas. Lo cual, de la mano con el aporte

energético generado, permite al país emprender desarrollo sostenible y sustentable, de la mano de procesos de reutilización, recirculación y reciclaje de nutrientes o materia prima seca como la biomasa misma (Escalante, Orduz, Zapata, Cardona, & Duarte, 2003; FAO, 2013; Misra et al., 2003).

Sin embargo, si el enfoque para utilizar estos ROV es la producción de compostaje, complementado o no, con la adición de cal, cenizas o fibras vegetativas como tamo de arroz, bagazo de caña o tamos de avena molida, esta alternativa, permite al igual que la biomasa, generar otro sistema de producción. Este sistema, es el de la producción de alimento, mediante la transformación de este material vegetal por medio de microorganismos que ayuden a transformar los residuos orgánicos vegetativos en nutrientes; que bien pueden ser mediante la fermentación anaeróbica o aeróbica. Cuando se trabaja con compostaje se deben controlar entre otras variables: la temperatura, pH y relación carbono-nitrógeno; así mismo, se debe controlar la presencia de patógenos contaminantes como caracoles, larvas de insectos, nematodos, bacterias y hongos oportunistas que afecten el proceso (Callac, 2007; Escalante et al., 2003; Fernández-Michel, 2005; Ozcariz, 2016; Sánchez Palacios & Rodríguez Valencia, 2015).

4.6. Características de los hongos agaricales.

Los hongos basidiomicetos se caracterizan por tener dentro de su grupo de clasificación aproximadamente 14000 especies de setas entre comestibles, venenosas, hediondas o de olores putrefactos, los llamados pedos del diablo, gelatinosos, nidos de pájaro y orejas de palo. Cuando se habla de setas, se hace referencia al Carpóforo o sombrilla que sobresale por encima del suelo

y solo se observa en épocas de lluvias como única estructura reproductiva sexual en todo su ciclo (ver **Figura 7**), pues aproximadamente el 90% del volumen permanece bajo tierra en forma de micelios (Judd et al., 2015).

Los hongos como integrantes del sistema de clasificación formaron parte del sistema binomial gracias al botánico francés Joseph Pitton de Tournefort quien el 1694 utilizó por primera vez el término genérico de *Agaricus* sp., para hongos que se caracterizaban por crecer sobre restos de madera. Pero fue el botánico sueco Carl von Linnée en 1735, quien al describir la morfología de los agaricales (ver **Figura 3**) les da características distintivas de los demás grupos, como la formación de un pie de apoyo al sustrato, una seta que contiene las estructuras reproductoras contenidas en lamelas de diversos tamaños, para ser liberadas al ambiente cuando la etapa de maduración ha terminado y la seta se desintegra (Callac, 2007; Cunha-Zed et al., 2018; Judd et al., 2015).

4.6.1. **Ciclo de vida.** Los hongos agaricales se caracterizan por presentar un ciclo de vida (ver Figura 7) con predominio de los estados miceliales de diferente tipo (Heterotalico, Homotalico y pseudohomotalico) los cuales son positivos o negativos que se atraen entre sí para la formación de un micelio primario dicaríotico el cual crece y formara la seta o basidiocarpo. Dentro de la seta se forman bastones en cuyos extremos crecen las esporas. Los núcleos de cada basidio experimentan cariogamia, que produce un núcleo diploide que a continuación sufre meiosis, dando origen a cuatro núcleos haploides por basidio. Se forman cuatro protuberancias en el extremo de cada basidio, y cada núcleo haploide se mueve hacia cada una de ellas. Estas se convierten en basidiosporas haploides, que producen nuevos micelios haploides cuando germinan (Callac, 2007; Judd et al., 2015).

Una vez germina las basidias se observa el crecimiento de una protuberancia en forma de botón blanco, la cual corresponde a la envoltura o velo, la cual a medida que aumenta el carpóforo inmaduro, se va desgastando hasta romperse. Una vez se rompe la parte que queda adherida al pie es denominada velo, mientras que los restos de la seta se pierden con la madurez. Cuando el hongo está maduro, la seta se abre y deja las lamelas dispuestas radialmente, para permitir a los basidios la liberación de las esporas color café (Calvo-Torras & Rodríguez-Domínguez, 2011; Pardo et al., 2010).

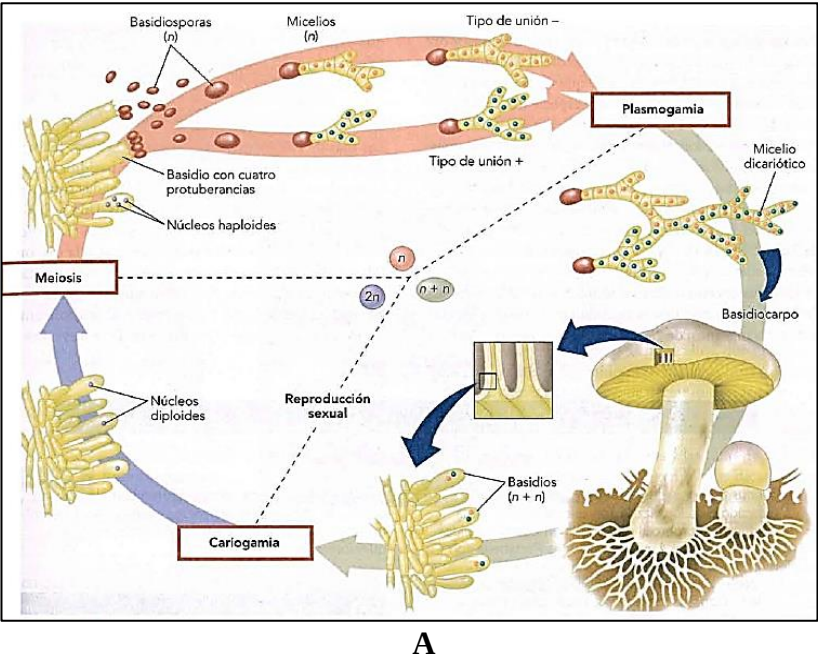


Figura 7. A: Ciclo de vida de los agaricales. Se observan una breve representación de las principales estructuras de reproducción, tales como: micelio, basidias (esporas de reproducción sexual), las fases claves de combinación y el carpóforo típico de un agarical. Adaptado de (Evolucion y Diversidad, 2002)

4.6.2. Clasificación actual de los agaricales.

Tabla 1.

Clasificación de A. brunnescens.

Reino: Fungí	Orden: Agaricales
Grupo: Eumycota	Familia: Agaricaceae
Clase: Basidiomycetes	Género: <i>Agaricus</i> sp
Subclase: Holobasidiomycetidae	Especie: <i>A. brunnescens</i>

Observación: aún muchos autores citan que la variedad de portobello y crimini hace parte de la subespecie *A. bisporus var brunnescens*, sin embargo hay quienes aún sugieren la realización

de análisis moleculares para llegar a un acuerdo sobre filogenia de cada variedad en el mercado (Callac, 2007; Cunha-Zed et al., 2018; Gómez et al., 2013; Judd et al., 2015).

4.6.3. **Características.** El género *Agaricus* sp., se caracteriza por que sus células reproductivas generan meiosporas las cuales se desarrollan en basidios, que a su vez forman una corona con 4 esporas en cada extremo, y de allí reciben el basidiosporas, característica única del phylum de los Basidiomycota, y por el cual reciben su nombre. Sin embargo, a nivel de género, no se ha podido realizar una confirmación de las especies de hongos comestibles por la existencia de subespecies, subsecciones y subgéneros. En parte por el desarrollo de los cultivos a partir de especies silvestres que solo fueron usadas sin llegar a definirse realmente su género o familia, dando lugar a confusiones o subestimación de las especies actualmente usadas en la gastronomía(Callac, 2007; Judd et al., 2015).

Son hongos que crecen sobre los sustratos ricos celulosa y azucares, sus talos son generalmente blancos, con un velo que recubre su fase de crecimiento inicial, el cual al llegar a la madurez se rompe dejando expuestas las lamelas donde se encuentran las esporas de germinación, para dar origen a un nuevo hongo. Su ciclo de vida se caracteriza por presentar (Donado Parada, 2014; Ozcariz, 2016)

4.6.4. **Propiedades.** Desde los primeros inicios del hombre, los hongos han estado presentes en el desarrollo de la civilización y un sin número de procesos y fenómenos tanto biológicos como químicos donde su principal función es el control de plagas, la degradación de materia orgánica, fermentación de productos como la leche, frutas o licores y el desarrollo de medicinas como la penicilina, moléculas como la tirosina, además de proteger la salud de quien los consume, gracias a sus efectos antitumoral, antioxidante, anticancerígeno y excelentes reductores del colesterol. Por su parte en la naturaleza parte activa de procesos de fijación de nutrientes por medio de las micorrizas, las cuales proporcionan agua y protegen a las raíces de algunas enfermedades (Ardón & Solares, 2007; Fernández-Michel, 2005; Judd et al., 2015).

Sin ignorar la importancia de los hongos en la alimentación, la cual reside en su valor nutricional caracterizado por bajos contenidos de carbohidratos, grasas, además de un significativo contenido de proteínas y vitaminas, que los coloca por arriba de la mayoría de vegetales, frutas, verduras y carne, gracias a los estudios de química proximal realizados (J. M. Savoie, Bruneau, & Mamoun, 1996). Estos estudios describen aportes de agua cercanos al 80%, ricos en aminoácidos, ácidos grasos esenciales y fósforo. No obstante, a pesar de este aporte nutricional es necesario el estudio de sustratos sólidos más adecuado para su explotación en diversas regiones como la santandereana, que probablemente hagan que estos valores aumenten en los carpóforos (FAO, 2013; Jaramillo-Jaramillo, Marínez-Álvarez, & Arango-Mejía, 2016; Quizhpilema & Díaz, 2013; J. M. Savoie et al., 1996).

Tabla 2 A.

Propiedades nutricionales principales de Agaricus sp., expresada como el porcentaje del peso fresco.

Fuente	Agua	Proteína	Grasa	Carbohidratos
Champiñón	88 - 90	2.95 – 3.70	0.25 – 0.30	4.0 – 6.80
Espinaca	93	2.2	0.3	1.0
Papa	75	2.0	0.1	21.0
Leche	87	3.5	3.7	4.8
Carne	66	18.0	14.8	0.3

Tabla 3 B.

Propiedades nutricionales principales de Agaricus sp expresada como el porcentaje del peso fresco.

Fuente	Minerales	Fibra	Calorias	Valor nutritivo
Champiñón	1.0	1.0	27	22
Espinaca	1.9	1.6	23	26
Papa	1.1	0.8	87	9
Leche	0.7	0.3	60	25
Carne	0.5	0.4	214	43

Observación: las partes A y B de esta tabla, son los valores de la tabla expresados en términos de porcentaje (%) para el peso fresco de las setas colectadas. **El número de calorías** equivale a las calorías presentes en 100 gramos de peso fresco de setas. Por su parte, **el valor nutritivo** se describe como la cantidad de aminoácidos esenciales por las proteínas totales sobre cien. Tomado y modificado de Ardón & Solares, 2007; Setas de Cuiva, 2019.

4.7. Residuos Orgánicos Vegetativos (ROV).

Los residuos biodegradables mediante procesos naturales han sido usados por tradición como suplemento para la nutrición de los suelos, elaboración de abonos, alimentación de ganado, generación de biomasa seca para alimento o producción de energía y producción de compost; el cual registra sus primeros usos como abono en países pioneros como la India. Este avance fue realizado por Albert Howart entre 1905 y 1947.

Gracias a este primer paso, países como España empezaron a analizar la viabilidad de usar este método como estrategia para los residuos de la ciudad. Sin embargo el desarrollo de tecnologías se dio en Italia a mediados del año 1922, cuando se desarrolló la fermentación como una estrategia de compostaje tanto aerobia como anaerobia en un sistema cerrado, este proceso se denominó “Beccari” (Bustos & Ramírez, 2013; FAO, 2013; Pardo-Giménez & Pardo-González, 2008).

Estos ROV poco a poco generaron industrias de compostaje que fueron adaptando sistemas de maduración acorde a sus necesidades, tipos de residuos y necesidades de eliminación, haciendo que los mecanismos y métodos de degradación variaran y permitieran la selectividad de descomposición de los diferentes residuos, de acuerdo a sus propiedades, tiempo de maduración y efectividad en la descomposición (FAO, 2013).

Con el paso del tiempo el compostaje se volvió un proceso biológico útil para la eliminación de material biodegradable por medio de la fermentación usando como variables la humedad, temperatura, presencia o no de oxígeno, tipo de materia orgánica a descomponer y las características de cada uno de los materiales, como los restos de maderas y ramas, los cuales se

catalogaron como útiles en la generación de compuestos lignocelulosicos y de minerales como el carbono, fosforo, potasio y nitrógeno. Útiles todos ellos, en el mejoramiento de las condiciones del suelo, producción de alimento o mejoramiento de cosechas (Escalante et al., 2003; Pardo-Giménez & Pardo-González, 2008; Sharma et al., 2018).

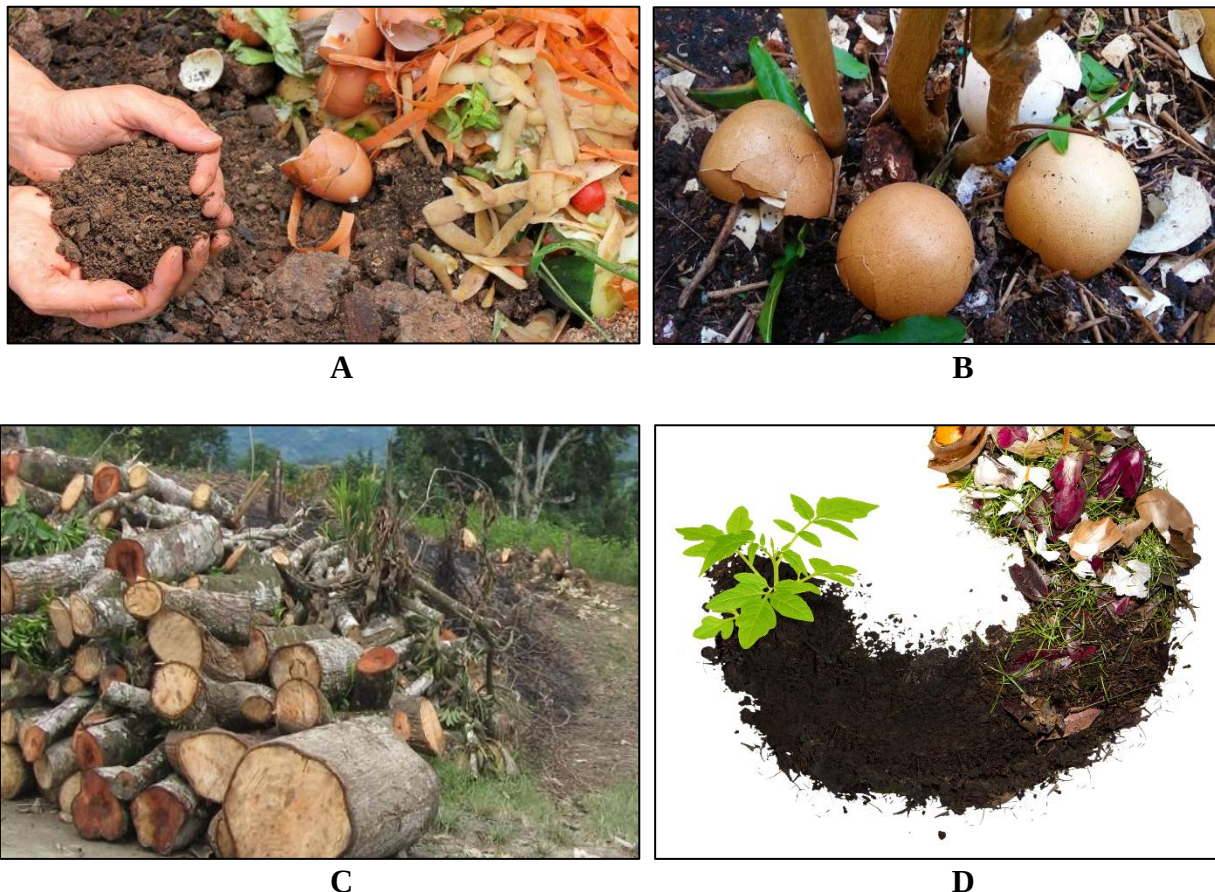


Figura 8. Tipos de residuos que predominan en las revisiones bibliográficas. **A:** restos de cocina gastronomía, **B:** restos animales, **C:** restos maderables de corte o tala y **D:** proceso de biodegradación. Adaptado de (Celis, 2018; Isan, 2017; D. Martínez, 2018; Samaniego, 2018)

4.7.1 Origen de los ROV en el área metropolitana. Son un problema ambiental generado de actividades agrícolas (Tamo de arroz, bagazo de caña o paja de trigo y avena), de mejoramiento como la elaboración de vías y casas (Restos de maderas, ramas, bloques de madera, aserrín, hojas), de su utilización para la producción y comercialización de alimentos (Restos de frutas, verduras, hortalizas o tubérculos), Restaurantes (Ensaladas, cascaras de huevo, restos de alimento) y en general actividades que produzcan materia prima biodegradable. Inicialmente era muy usado para producir alimento para ganado y como fuente de nutrientes para el cuidado de los suelos de cosecha, sin embargo, el aumento de la población ha hecho que cada día estos residuos sean una problemática para la sociedad por la propagación de vectores y malos olores cuando estos inician sus procesos de descomposición natural (Ver Figura 8) (FAO, 2013; Ozcariz, 2016; Pardo-Giménez & Pardo-González, 2008; Sharma et al., 2018).

Clasificación: Dentro del plan y gestión integral de residuos sólidos, han sido llamadas residuos orgánicos o biodegradable, tanto de origen animal, como vegetal (Alcaldía de Bucaramanga, 2015; Ozcariz, 2016).

4.7.2 Características: Los ROV al descomponerse son una fuente de nutrientes, importante para la restauración de suelo y producción de alimentos, dentro de sus principales aportes podemos encontrar compuestos aromáticos (Lignina, taninos) y compuestos alifáticos (Celulosa, hemicelulosa, proteínas), los cuales con la degradación forman compuesto simples como los minerales, humus, precursores fenólicos como ácidos fúlvicos y ácidos húmicos y los azúcares y aminoácidos, los cuales son los soportes energéticos de los microorganismos presentes en los procesos de degradación y transformación de la materia orgánica vegetativa y la materia prima para el crecimiento y desarrollo de los micelios de las cepas a cultivar (FAO, 2013; Fernández-Michel, 2005).

Tabla 4.

Principales nutrientes del compostaje por kilogramo de compost generado.

Nutriente	Gramos de nutriente por Kg de compost.
Nitrógeno	3 a 15 g
Fósforo	1 a 10 g
Potasio	3 a 10 g

Observación: Dentro de los principales nutrientes obtenidos del compostaje, se priorizan el nitrógeno (N), el fosforo (P) y el potasio (K). Tomado y modificado de FAO, 2013.

Esta gran cantidad de macro y micronutrientes es lo que hace al compostaje una de las fuentes de intercambio energético entre el medio y el suelo, y un sustrato de crecimiento fúngico ideal para el desarrollo de industrias productoras de setas (FAO, 2013; Misra et al., 2003; Pardo-Giménez et al., 2012; Pardo-Giménez & Pardo-González, 2008).

4.7.3 Elaboración de compostaje para los bloques y las capas de cobertura. Generalmente los procesos de compostaje ocurren en condiciones aerobias manteniendo los niveles de humedad y temperatura de acuerdo a cada etapa de maduración dentro de los procesos y las características del material a comportar. Estos parámetros son los más importantes en esta etapa, porque gracias a ellos se asegura una transformación estéril e higiénica que garantice la asimilación por el hongo y su crecimiento. El producto de este proceso de maduración es al final, una materia orgánica sólida de color marrón u oscuro, con una cantidad de carbono y nitrógeno más baja que la inicial, pero con estabilidad para que el sistema no pierda el equilibrio y se pueda acceder a todos los nutrientes, que finalmente es lo que se conoce como abono orgánico o compost. Este proceso se realizara siguiendo los protocolos de FAO, 2013, descritos brevemente a continuación.

Fase I: mediante una trituradora, los ROV, son triturados y depositados en hornos donde se realizarán los procesos de esterilización. Una vez esterilizado, se depositará en las pilas de descomposición inicial, las cuales permiten desdoblar azúcares para formar ácidos orgánicos. La temperatura generalmente se ha registrado menor a 45°C, mientras que el pH puede bajar a 4, por esta razón se le llama **fase mesófila** y solo dura máximo una semana.

Fase II: una vez se haya cumplido 8 días o menos, la temperatura de las pilas deberá pasar los 45°C, para que en esta etapa los organismos mesófilos mueran y permitan el crecimiento de organismos más resistentes a las temperaturas, como las bacterias termófilas, las cuales son las encargadas de desdoblar las fuentes de nitrógeno en amoníaco, de carbono, derivados celulósicos y lignicos. A esta fase se le conoce como **fase termófila de higienización**, pues los valores de pH aumentan y la temperatura media alcanza los 60°C. En esta fase se produce la destrucción de

bacterias como: *Escherichia coli* y *Salmonella* spp, se eliminan los quistes, huevos de helminto, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas que pueden encontrarse en el material de partida. Es la fase más larga, y dependiendo del material puede llegar a durar meses. Se considera una de las fases de control de patógenos del cultivo y compostaje.

Fase III: en esta fase la temperatura debe descender a 45°C de nuevo, dado el agotamiento de C y N. Al bajar de nuevo a 40 °C, se asume que los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio deberá descender levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración. Esta fase se conoce como **Mesófila II**.

Fase IV: es la fase de **formación de ácidos húmicos y fúlvicos**. Es la fase encargada de generar la condensación y polimerización de los compuestos carbonados restantes.

En esta fase se debe llevar a cabo la realización de los bloques de propagación de los micelios, con el compostaje mixto obtenido y la elaboración de las capas de cobertura para los bloques en la resiembra del hongo, la cual deberá ser con fibra vegetal (Según lo reportado por la bibliografía). La metodología es la misma, solo llega a cambiar la duración de acuerdo con el material.

4.7.4 Aportes fisicoquímicos y biológicos del compostaje. Biológicos: Organismos como bacterias y hongos. Aporte de carbono para mantener la biodiversidad. Reducción de malos olores y eliminación de patógenos humanos, como las bacterias contaminantes de alimentos.

Químicos: Mejora las propiedades químicas, aportando macronutrientes, como N, P, K y micronutrientes.

Físicos: Permite la siembra de cultivos, reduce el riesgo de erosión, capacidad de retención de la humedad del suelo, regular la temperatura del suelo y la evaporación del agua.

Estas propiedades se destacan dentro de la importancia en la transmisión de nutrientes y recuperación de suelos por pérdida de su biota, pues se convierte en una excelente fuente de restauración económica, fácil y con mayor aporte nutricional si se llega a enriquecer con elementos como la cal o la ceniza. Tomado y modificado de FAO, 2013.

5. Materiales y métodos

5.1. Ubicación del proyecto.

La sede de investigaciones y ensayos de cultivo con *A. brunnescens*, se realizará en las instalaciones del laboratorio de Ingeniería ambiental de la Universidad Pontificia Bolivariana con sede el Floridablanca. Sobre la vía a Piedecuesta en el campus principal.

Allí, esta monografía, se desarrollaría como proyecto de grado apoyado por medio de una tesis y dos pasantías de investigación. La tesis se llevaría a cabo para el desarrollo del proyecto de

producción experimental y las dos pasantías, para el manejo de residuos (Pgirs) de una plaza de mercado seleccionada y la elaboración de los compostajes pilotos, con sus alternativas de combinación para la producción experimental e industrial, para la capital santandereana. Los aportes económicos serían gestionados mediante convenios, interlaboratorios o la participación del proyecto en plazas de oportunidad académica como el desarrollo de alternativas empresariales con el Sena.

5.2. Primer acercamiento.

Por medio de la pasantía de manejo de ROV, se llevaría a cabo inicialmente, la solicitud del permiso con la comunidad, empresario, vendedores y autoridades con jurisdicción de la plaza seleccionada, para llevar a cabo los permisos de ingreso, realización de las encuestas e información de las actividades a realizar con los vendedores y dueños de los locales. Este primer acercamiento con las comunidades del área de influencia estaría acompañado de campañas de aprendizaje sobre el manejo de los ROV, sus usos potenciales como la producción de alimento y generación de energías limpias a partir de materias primas gratuitas, de fácil acceso y manejo, incluso en los propios hogares.

Se plantearía con ayuda de la EMAB (de ser viable su contribución), el inventario y caracterización de los tipos de residuos generados, clasificándolos en compostables, no compostables, reciclables, reutilizables, animales, vegetales, químicos o peligrosos. Una vez actualizada esta información, se procederá a realizar campañas de separación que serán apoyadas por voluntarios ubicados por redes sociales, información interuniversitaria o voz a voz. Una vez

estas personas hayan recibido y/o fortalecido los conocimientos básicos de manejo de residuos, se les brindara apoyo y seguimiento para educar e indicar a las personas habituales en el área de influencia de la plaza, el manejo de cada uno de los residuos generados con miras a realizar en esta plaza, una de las primeras zonas del área metropolitana cero residuos generados, como piloto.

Si dado el caso, se recibe el apoyo de la comunidad o comunidades aledañas, estas serán incluidas dentro del proyecto, como un punto extra dentro de los objetivos planteados a futuro.

Tabla 5.

Ejemplo del sistema de clasificación preliminar de los ROV caracterizados en las visitas.

Clasificación	Principales ROV	Localización	Tn/día
Grupo 1:			
Grupo 2:			
Grupo 3:			
Grupo 4:			
Grupo 5:			
Día:	Barrio:	Presencia de personas:	ROV más común:
Hora:	Jornada:	Cosechas de temporada:	RONV más común:

Observación: este esquema general es el que se propondrá para llevar a cabo la clasificación, identificación y conteo (tn/día) de los residuos encontrados en las áreas de visita. Se busca identificar cuales con los residuos que más se producen, donde se producen y como se podría llevar a cabo el manejo y disposición del mismo.

5.3. Criterio de selección de los ROV.

Una vez realizado el primer acercamiento, se realizarán visitas semanales, con el fin de identificar los días de mayor producción de residuos y las variables que influyen en este aumento. En cada visita se deberán realizar verificaciones de los pesos entregados por los comerciantes, y se procederá a realizar la identificación por categorías (ver **Tabla 5**).

Pasado un periodo prudente (máximo 4 meses aproximadamente) de visitas en la plaza seleccionada, se tendrán una base de datos de los principales ROV producidos y en base a estos registros se elegirán los 3 de mayor tonelaje por mes, los cuales serán los seleccionados para realizar los bloques de crecimiento del micelio y las capas de cobertura para los carpóforos. Los demás ROV serán elegidos para formar compostaje maduro (Abono) y enriquecer los bloques de crecimiento del micelio.

Este criterio de selección se realizará por el tonelaje obtenido luego del análisis de los datos, su viabilidad en la elaboración de compostaje, los resultados de los análisis fisicoquímicos y biológicos y su relación con el proceso de cultivo de setas comestibles descritos en la revisión bibliográfica.

Los residuos que no hagan parte de los ROV serán dispuestos según los lineamientos descritos en el Pgir del municipio en el cual se lleve a cabo la “fase de campo”. Sin embargo, se realizarán propuestas de manejos más amigables, para que estos no sean depositados en las zonas de disposición final como el carrasco, para evaluar a futuro, la sostenibilidad y sustentabilidad de la plaza.

5.4. Preparación de compostaje.

Dentro de las instalaciones de la Universidad Pontificia Bolivariana se realizará la adaptación de un cuarto, el cual funcionara como laboratorio fúngico, donde se llevarán a cabo los ensayos. Este cuarto contara con los materiales necesarios para llevar a cabo la fase experimental, un pequeño vivero, horno de esterilización de material, cabinas de cultivo, neveras, ceparios y materiales requeridos. Como anexo a la parte experimental se hará una aproximación económica en el gasto de insumos como agua, luz, cepas y demás costos de inversión, lo cual permitirá empezar a construir la proyección económica.

5.5. Una vez montado el laboratorio se busca:

1. hacer ensayos con el peso a procesar tanto para la capa de cobertura como para los bloques de crecimiento con el fin de calcular la mejor unidad de peso para construir 12 bloques de 1kg cada uno en compostaje obtenido. Una vez hallada esta unidad de peso, se realizará el cálculo para obtener el compostaje requerido en los ensayos de cultivo con el micelio.
2. Todos los residuos serán triturados para mejor manipulación, biodegradación y finalmente, serán sometidos a un proceso de esterilización para eliminar cualquier agente patógeno que afecte el cultivo. Estos valores deberán ser calculados con base a las experiencias registradas en la bibliografía consultada y el material obtenido en la plaza.

3. Una vez hayan sido esterilizados según los protocolos de elaboración de compostaje, se procederá a realizar el compostaje, siguiendo la metodología de la FAO, 2013.
4. A este compostaje se le realizarán análisis de química proximal, para establecer el aporte de nutrientes como azúcares, aminoácidos, relación carbono/nitrógeno, fósforo, potasio y contenido de fibra celulósica o lignocelulósica y se realizarán correlaciones entre el tipo de ROV usado y sus aportes nutricionales al compostaje. De esta forma se continuaría con el proceso de selección de mejor compostaje para la fase experimental de producción.
5. Con los resultados obtenidos, y hecha la selección del mejor sustrato, se procede a la realización de 3 tratamientos, los cuales consisten en una cepa de *A. brunnescens*, la cual será aplicada a los 3 tipos de compost obtenidos (*ROV-n*). Estos 3 ensayos contarán con 4 réplicas del bloque de crecimiento que será agregado a cajas de propagación o contenedores de los bloques. Para este ensayo se evaluará el uso de madera y las bolsas plásticas (que se espera adquirir de los residuos no vegetativos), para sostener los bloques (ver **Imagen 9**).
6. Una vez se hayan elaborado los bloques de compostaje, estos se dejarán por espacio de un día en el vivero cuya entrada de aire, humedad y temperatura puedan ser controladas. La idea de este procedimiento es que los sustratos se acondicionen y poder inocular los bloques, sin embargo este paso también requiere que se lleve a cabo con pruebas de ensayo y error (Nogueira, Cunha-Zied, Teixeira, & Kopytowski-Filho, 2008).

5.6. Inoculo del bloque:

1. La inoculación de los bloques se realizará a una temperatura de 18 y 22°C y la humedad debe estar en promedio a 70% (según lo descrito en bibliografía), para ello el bloque se deberá regar en promedio 4 veces por semana. Para la inoculación se recomienda adicionar 1.5 g de micelio por kilogramo de compostaje (bloque) (Calvo-Torras & Rodríguez-Domínguez, 2011; Fernández-Michel, 2005). Sin embargo, esta media deberá ajustarse según las pruebas de crecimiento y tipo de compostaje que se produzca.
2. Se recomienda por sugerencia de cultivadores como Calvo-Torras & Rodríguez-Domínguez, 2011; Fernández-Michel, 2005 & Quizhpilema & Díaz, 2013, que los bloques deben dejarse por un periodo promedio de 3 semanas en reposo una vez inoculados, para permitir el crecimiento del micelio, con un riguroso proceso de revisión y fragmentación del bloque para estimular más el crecimiento del hongo.
3. El cultivo en esta etapa deberá ser revisado evaluando porcentaje de crecimiento, control de las condiciones ambientales, eventos de contaminación, presencia de patógenos o pérdida de humedad.
4. En la fase final de crecimiento del micelio (inicios de la semana 4) las condiciones ambientales se regulan para proceder a la cobertura del micelio con la capa de cobertura, que es cuando el micelio cubrirá todo el bloque y se observará que este, está total o parcialmente blanco. Esta fase se debe realizar con periodos de oscuridad controlada,

ya que es más propicio para la expansión del micelio. Además, la temperatura, humedad y luz, el pH deberá ser mantenido o corregido (de ser necesario) en 6.5 a 7.5, para ellos se deberán adicionar trazas de carbonato de calcio 15 a 20 días antes de la cobertura, según lo reportado por la literatura.

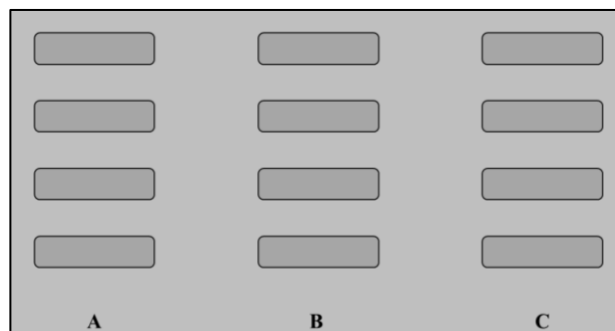


Imagen 9. Modelo de crecimiento montaje de los bloques para la *A. brunnescens*. **A:** bloques de crecimiento para el ROV-1, **B:** bloques de crecimiento para el ROV-2 y **C:** bloques de crecimiento para ROV-3. Sobre estos bloques es que se pondrá 2 cm de capa de cobertura, el cual deberá cubrir la capa de micelio y los duplicados serán rotulados como **A'**, **B'** y **C'**.

5.7. Fructificación de los carpóforos.

1. La formación de los carpóforos deberá ocurrir como sucedería normalmente en los bosques y pisos térmicos donde el hongo crece silvestremente. Para ellos se deberá aumentar la humedad, de 70% a 95% (aumentando el nivel de riegos y humedeciendo el suelo) y la temperatura se deberá bajar de 18 y 22°C, a 15 y 18°C, esta graduación deberá realizarse paulatinamente para evitar estrés en las cepas y oportunistas que afecten la producción.

2. Al cabo de la 4ta semanas de crecimiento se deberá realizar el revestimiento de los bloques con 2 cm de capa de cobertura enriquecida con fibras de coco, tamo de arroz, bagazo de caña o carbón vegetal al 30% (Arellano-Gil et al., 2016; Fernández-Michel, 2005; TvAgro, 2016). Es en esta etapa donde finalmente se observan los carpóforos en formación y crecimiento, aprovechando el aporte en fibra y nutrientes que le da la capa de cobertura y el bloque.

5.8. Selección del sustrato.

1. La elección del mejor sustrato de cobertura se debe realizar teniendo en cuenta la producción de setas, el tamaño y los kilos por día obtenidos por cada etapa de producción.
2. Para ello se debe medir la cobertura del micelio, el número de carpóforos formados, el peso fresco, el peso seco, el tamaño de los carpóforos y la información nutricional de estos, los kilos por día de setas y su desarrollo morfológico.

5.8.1. Aprovechamiento. El cultivo de *A. breunnesens*, tiene la cualidad de permitir que todos y cada uno de sus recursos sea ingresado a otro sistema de producción, para evitar la nueva generación de residuos sin disposición final. Por ejemplo, los bloques de crecimiento del hongo una vez hayan cumplido el periodo de fructificación, pueden ser usados como abono para jardines, cultivos agrícolas o parques. Generalmente se le conoce como champiñonaza y es un suplemento rico en fibra vegetal, nutrientes y agua, que permite la restauración de suelos, minimizando los desechos producidos y generando economías paralelas como la producción de abonos enriquecidos.

También se pueden usar las capas de cobertura como sustratos para nuevas cepas de cultivos de hongos, suplemento alimenticio para animales como ganado, peces o gallinas.

5.9. Análisis de la productividad.

La productividad (P) del cultivo se debe calcular como: peso fresco de los hongos, sobre peso fresco del compost por cien, mientras que la eficiencia biológica (EB) del cultivo, se puede calcular usando el peso fresco de los hongos para dividirlo por el peso seco del compost y multiplicar este resultado por 100.

$$\text{EB: } ((\text{PFH}) / (\text{PSC})) * 100$$

$$\text{P: } ((\text{PFH}) / (\text{PFC})) * 100$$

6.Resultados

Mediante la realización de estos ensayos, se podrá extender el proceso de análisis a los demás tipos de recursos orgánicos vegetativos, para la generación de compostajes que permitan la realización de cultivos de *A. brunnescens* u otras especies que muestren respuestas favorables en la producción. Así, como un banco de información de las mejores coberturas de mezcla que se puedan realizar con materiales ricos en fibra como los restos de maderas de carpintería o podas.

La realización de los cálculos de productividad y eficiencia biológica permitirán discriminar cuales son los mejores compostajes. Lo cual permitirá realizar nuevos ensayos de mezcla para mejorar la productividad del cultivo y avanzar en la prueba de otras especies como *Lentinula edodes* o *Pleurotus ostreatus* sp. Así mismo, vincular a empresas nacionales interesadas en el desarrollo de nuevos sustratos de cultivo y por qué no, la vinculación directa a la franquicia de producción como Setas de Cuiva, 2019. Así mismo se desarrollarán nuevas tecnologías que permitan seguir conociendo este tipo de agroindustria más amable y rentable con el ambiente.

La realización de estas estrategias de cultivos para hongos en Santander permitirá la integración de comunidades sociales que tengan oportunidad de desarrollo desde sus propios hogares, mediante la implementación de planes de manejo de residuos orgánicos vegetativos. Proveer herramientas de fácil manejo, capacitaciones y laboratorios de enseñanza que permitan el funcionamiento de microempresas, pero que garanticen el mantenimiento del proceso de calidad como el manejo de alimentos, la higiene, las normativas y el funcionamiento de equipos y materiales básicos para el mantenimiento de la producción en su línea básica.

7. Inclusión social

En Colombia la falta de conciencia al momento de consumir alimentos ha generado una avalancha de residuos sólidos biodegradables imposible de controlar, y que actualmente, generan focos de contaminación graves por sus residuos generados dentro del proceso de descomposición natural, como lo son los lixiviados. Por esta razón, es necesario dar herramientas útiles a la comunidad de Bucaramanga y su área metropolitana con el fin de capacitarlos en el manejo consiente de sus propias canecas de recolección de residuos.

Para ello se debe realizar talleres de enseñanza voluntarios con materiales que soporten con prácticas de laboratorio y sus respectivas capacitaciones trimestrales o dependientes del proceso a realizar. De esta forma se permite a los habitantes que se estén actualizando en técnicas de disminución de residuos, practicas amables con el medio ambiente y generación de microempresas sostenibles y rentables. Este fortalecimiento, deberá estar acompañado con la elaboración de instructivos y protocolos que sean de fácil entendimiento, aplicación y cumplan con los estándares de calidad, que se exigen para empresas de alimentos como las fungicolas. Los cuales, describirán con imágenes de apoyo y métodos de fácil manejo, los pasos para la elaboración de huertas sencillas, prácticas y de fácil mantenimiento.

8. Conclusiones

La presentación de esta alternativa para emprender en Santander la producción de *A. brunnescens* en sus variedades portobello y crimini, representa un consorcio potencial de desarrollo económico, social e industrial, caracterizado por incluir tres problemas sociales actuales y que requiere de inmediato tratamiento como lo son: la disposición final de los residuos sólidos orgánico de tipo vegetal, el desarrollo de empresas productoras de alimento con la integración social y la generación de alimentos, con alto valor nutricional, viables en producción (por la materia prima disponible) y con miras a desarrollarse como un plan piloto de gran interés e innovación para Santander.

El cultivo de hongos en Santander es una oportunidad de desarrollo que debe ser apoyada por las entidades gubernamentales, académicas y sociales, pues ha demostrado que permite la integración de varias disciplinas que en conjunto pueden llegar a generar estados económicos sostenibles, pues no requiere de una gran infraestructura y puede darse incluso desde las casas de cada una de las personas que desee empezar a conocer o producir setas de hongos como alimento.

La producción experimental de *A. brunnescens*, no solo viabiliza la generación de más proyectos extendidos a otras especies, también permite el desarrollo académico con el aporte de nuevas estrategias dentro del país y fortalece el desarrollo existente en otros países y escuelas de investigación, por el desarrollo de nuevos sustratos, y permite la estimación temprana de los costos, estudios de mercadeo y rentabilidad a largo y corto plazo.

9. Recomendaciones

Presentar esta monografía como proyecto de grado para pregrados o maestrías, soportado mediante pasantías de apoyo, para presentar esta alternativa en programas de apoyo e incentivos económicos para desarrollo de industrias sustentables y sostenibles.

Incentivar la aplicación de estas estrategias de reutilización mediante la capacitación continua y actualizada, sobre el manejo de residuos orgánicos vegetativos especialmente dentro de los Pgirs, para gestionar apoyo directo de las autoridades ambientales a cargo dentro del área metropolitana.

Realizar procesos interuniversitarios para recopilar tesis de desarrollo como cabinas de compostaje, elaboración de infraestructura y viabilidad de creación empresarial para llevar a cabo una unificación de las alternativas y propuestas hechas para fomentar la industria de producción alimentaria en el departamento de Santander.

No abandonar el desarrollo de ideas como esta por falta de dinero, al contrario, como entidad universitaria fomentar este tipo de estrategias, alternativas y soluciones que pueden hacer grandes cambios en corto plazo, de contar con el apoyo en la ejecución del mismo.

Referencias Bibliográficas

- Alcaldía de Bucaramanga. (2015). Plan de gestión integral de residuos sólidos - PGIRS. (Alcaldía d; Camvhill, Ed.). Bucaramanga: 2015.
- Ardón, C., & Solares, E. (2007). Producción de los hongos comestibles. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Arellano-Gil, M., Lares-Villa, F., Figueroa-López, P., García-Mendivil, H. A., Castelo-Gutiérrez, A. A., Castro-Espinoza, L., & Gutiérrez-Coronado, M. A. (2016). Compost de residuos de champiñón como mejorador de suelo y biofertilizante en producción de tomate. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, XXII(2), 83–93. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2015.06.012>
- Bescós, B. (2016). Tuber sp. Retrieved February 12, 2019, from Forbes, México website: <https://www.forbes.com.mx/forbes-life/trufa-hongo-mas-codiciado-mundo/>
- boletsdesoca. (2019). Agaricus bisporus. Retrieved February 12, 2019, from <https://www.boletsdesoca.com/es/producto/semilla-micelio-champinon-agaricus-bisporus/> website: <https://www.boletsdesoca.com/es/producto/semilla-micelio-champinon-agaricus-bisporus/>
- Bustos, M., & Ramírez, J. (2013). Propuesta para el aprovechamiento de residuos organicos en el colegio Summerhill, empleando el compostaje. Universidad Libre.
- Callac, P. (2007). Cultivo, mercadotecnia e incubación alimenticia de Agaricus bisporus. (Vol. 1; J. Sánchez-Vázquez, D. Royse, & H. Leal-Lara, Eds.). Chiapas, México.
- Calvo-Torras, M. A., & Rodríguez-Domínguez, L. (2011). Agaricus bisporus: cultivo, problemas y prevención. *Anales de La Real Academia de Doctores de España*, 15, 61–69.

- Carles, J. (2003). El mundo de los hongos. Retrieved February 13, 2019, from <http://usuaris.tinet.cat> website: <http://usuaris.tinet.cat/fongs/caractercas.htm>
- Celis, F. (2018). “BASURA” VIVA: COMPOSTAJE EN CASA. Retrieved February 12, 2019, from Chileclimbers website: <https://www.chileclimbers.cl/2018/01/24/basura-viva-compostaje-en-casa/>
- Célis, W., & Orduz, I. (2011). Diseño y fabricacion de un tanque digestor para la producción de compost mediante el aprovechamiento de residuos orgánicos sólidos. Universidad Industrial de Santander.
- Charl de Mille-Isles. (2011). *Pleurotus ostreatus*. Retrieved February 12, 2019, from Wikimedia Commons website: https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Pleurotus_ostreatus_-_Pleurote_en_huître.jpg
- colombia-inn. (2015). La reina de los hongos.
- Cunha-Zed, D., Pardo, J. E., Álvarez-Ortí, M., & Pardo-Giménez, A. (2018). Desarrollo del cultivo de *Agaricus bisporus* en Brasil: Suplementación del compost y utilización de híbridos. *Revista Ciencia Agronomica*, 49(1), 122–129. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180014>
- Donado Parada, T. (2014). Evaluación de tres sustratos para la producción de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*). Universidad Rafael Landívar.
- Escalante, H., Orduz, J., Zapata, H., Cardona, M., & Duarte, M. (2003). Atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia. (1st ed.). Bogotá (Colombia).
- Evolucion y Diversidad. (2002). Hongos. In *Evolucion y Diversidad* (p. 24).

- FAO. (1987). Soil managment: compost production and use in tropical and subtropical environments. In Boletín 56 de suelos de la FAO. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.02.061>
- FAO. (2013). Manual de compostaje, experiencias en América Latina. In Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.
- FAO. (2019). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación - FAO.
- Fernández-Michel, F. (2005). Manual práctico de producción comercial de champiñon (1st ed.). Jalisco, México.
- Gómez, J. M., Yepes, S. A., & Barahona, R. (2013). Nutritional characterization of the crop residue of mushroom *Agaricus bisporus* as a potential feed for cattle. *Revista CES Medicina Veterinaria Y Zootecnia*, 8(1), 34–56.
- Isan, A. (2017). Usos originales y prácticos de las cáscaras de huevo. Retrieved from Ecología verde website: <https://www.ecologiaverde.com/usos-originales-y-practicos-de-las-cascaras-de-huevo-518.html>
- Jaramillo-Jaramillo, G., Marínez-Álvarez, G., & Arango-Mejía, A. (2016). Diseño, construcción y validación de una unidad mínima familiar para la producción de orellana en el centro de los recursos naturales renovables la salada. *Revista Agropecuaria Y Agroindustrial La Angostura*, 3(1), 45–57.
- Judd, W., Campbell, C., Kellogg, E., Stevens, P., & Donoghue, M. (2015). *Plant Systematics: A Phylogenetic Approach* (3ra Edició). USA.
- La Patria. (2013). Carmenza Jaramillo, la manizaleña de los champiñones.

- Leiva-Lázaro, F. J., Blanco-Fernández, J., & Jiménez-Macías, E. (2014). Producción sostenible del compostaje para el champiñón de La Rioja a través del análisis del ciclo de vida. Universidad de la Rioja.
- Linneo, C. von. (1735). *Species Plantarum* (Tomo I). Suecia.
- Luna, L., & Reyes, A. (2005). Transformación de residuos orgánicos en abonos de buena calidad. In L. Luna-Geller & A. Reyes-Trujillo (Eds.), *Transferencias de tecnología para la implementación de buenas prácticas agrícolas - Valle del Cauca*. (1st ed., p. 26). Calí - Valle del Cauca.
- Martínez, D. (2018). Tala clandestina y huachicoleo asolan Acaxochitlán. Retrieved from elindependientedevidal website: <https://www.elindependientedevidal.com.mx/tala-clandestina-y-huachicoleo-asolan-acaxochitlan/>
- Martínez, S. H., Gutiérrez, E., & Velasco, A. (2016). factibilidad para la cración de una empresa productora y comercializadora de Champiñon, *Agaricus bisporus*, en el Socorro , Santander. Universidad Industrial de Santander.
- Misra, R. V., Roy, R. N., & Hiraoka H. (2003). On-farm composting methods, Composting methods and techniques. 1–26. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Moreno, B. (2014). *Auricularia auricularia*. Retrieved February 13, 2019, from Setas de Andalucía website: http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/media/menuitem.5d6f60ff176025365cfeae105510e1ca/?vgnextoid=319997e0c8968410VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnnextchannel=da0c8ec6dae92410VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnnextfmt=Multimedia&lr=lang_es&ordenar=1&pesta=

- Nogueira, M. C., Cunha-Zied, D., Teixeirai, M., & Kopytowski-Filho, J. (2008). Yield of four *Agaricus bisporus* strains in three compost formulations and chemical composition analyses of the mushrooms. *Brazilian Journal of Microbiology*, 39(3), 593–598.
- Ozcariz, M. (2016). Aprovechamiento de Residuos Agroforestales, con particular interés en los originados en explotaciones de Nuez Pecán (*Carya illinoensis*), por medio del cultivo de Hongos Saprófitos Saludables Ibéricosl.
- Pardo-Giménez, A., Reis, V., Cunha, D., & Pardo, J. E. (2012). Sustratos de cobertura y suplementación del compost en cultivo de champiñón. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 47(8), 1125–1132. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000800013>
- Pardo-Giménez, & Pardo-González, J. (2008). Evaluation of casing materials made from spent mushroom substrate and coconut fibre pith for use in production of *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6(4), 683–690. <https://doi.org/10.5424/sjar/2008064-361>
- Pardo, Cunha, D., & Pardo, J. (2010). Utilización de compost agotado de champiñón como capa de coberturas en nuevos ciclos de producción. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 45(10), 1164–1171. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010001000016>
- Pedrreros, J. C. (2007). Evaluación del crecimiento y producción de *Lentinula edodes* (Shiitake), en residuos agroindustriales. 162.
- Pereira, D.L; Melo, A.L; Hamada, N. (2007). Claves de identificação de larvas para familias e generos de Gerromorpha y Nepomorpha (Insecta: Heteroptera) da Amazônia Central , Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, Mar-Abril, 210–228.
- Peruca, J. R. (2015). *Pleurotus djamor*. Retrieved February 18, 2019, from Wikimedia Commons website:

[https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Pleurotus_djamor_\(Pleurotaceae\)_\(19216460702\).jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Pleurotus_djamor_(Pleurotaceae)_(19216460702).jpg)

Pfahler, F. (2018). *Agaricus brunnesces*. Retrieved February 12, 2019, from <https://www.freshplaza.es/article/115057/> website:
<https://www.freshplaza.es/article/115057/>

Quizhpilema, L. E., & Díaz, B. (2013). Validación de la tecnología para la producción e industrialización de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* utilizando sustratos orgánicos. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Romero, O., Hernandez, I., Conrado, J., Marquez, M., & Amaro, J. (2013). Evaluación de bagazo de café (*Coffea arabica*) como sustrato en la producción de *Pleurotus ostreatus*. Revista Mexicana de Agronegocios, 33(1), 472–481.

Samaniego, J. F. (2018). Compostaje. Retrieved February 13, 2019, from www.nobbot.com website: https://www.nobbot.com/personas/olor_compostaje/

Sánchez Palacios, A., & Rodríguez Valencia, N. (2015). Producción de hongos comestibles del género *Pleurotus* a partir de los residuos vegetales provenientes de la plaza de mercado del municipio de Quibdo. Universidad de Manizales.

Savoie, J. M., Bruneau, D., & Mamoun, M. (1996). Resource allocation ability of wild isolates of *Agaricus bisporus* on conventional mushroom compost. FEMS Microbiology Ecology, 21(4), 285–292. [https://doi.org/10.1016/S0168-6496\(96\)00064-5](https://doi.org/10.1016/S0168-6496(96)00064-5)

Savoie, J., Védie, R., Blanc, F., Minvielle, N., Rousseau, T., & Delgenes, J. (2011). Biomethane digestate from horse manure , a new waste usable in compost for growing the button mushroom , *Agaricus bisporus* ? The 7th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products (ICMBMP7), 7(1), 176–181.

- Serrano-Guzmán, M. F., Torrado-Gómez, L. M., & Pérez-Ruiz, D. D. (2013). Impact of Oil Spills on the Mechanical Properties of Sandy Soils. *Revista Científica General José María Córdova*, 11(12), 233–244.
- Setas de Cuiva. (2019). Setas de Cuiva. Retrieved February 12, 2019, from Setas de Cuiva website: <https://www.champinonessetasdecuiva.com/>
- Setas Doradas. (2019). Setas Doradas. Retrieved February 13, 2019, from Setas Doradas website: <https://setasdoradas.com/>
- Sharma, A., Ganguly, R., & Gupta-Kumar, A. (2018). Spectral characterization and quality assessment of organic compost for agricultural purposes. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 2(123456789). <https://doi.org/10.1007/s40093-018-0233-7>
- TvAgro. (2016). Innovación en el Cultivo del Champiñón.
- Vázquez, J. L. (2018). Las propiedades de la Oreja de Judas. Retrieved February 13, 2019, from Medicina natural, homeopatía y fitoterapia. website: <http://doctorjoseluisvazquez.com/oreja-de-judas.html>
- Villacis, E., Alcívar, R. M., Cañarte, F. H., & Vera, H. E. (2016). Uso de biopreparados en el compostaje de residuos orgánicos urbanos. *Revista Espamciencia*, 7(2), 135.