



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TEZIUTLÁN

Tesis

“Evaluación de residuos agroindustriales para la
producción de esporas de hongos filamentosos de
aplicación agrícola.”

PRESENTA:

María del Rosario Andrade Herrera

CON NÚMERO DE CONTROL
18TE0487

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

CLAVE DEL PROGRAMA ACADÉMICO
IIAL-2010-219

DIRECTOR (A) DE TESIS:
MPB. JACQUELIN LEÓN BÁEZ

“La Juventud de hoy, Tecnología del Mañana”

TEZIUTLÁN, PUEBLA, ENERO 2024



Preliminares

Agradecimientos

Agradezco inmensamente a Dios por la vida, por la hermosa familia que me regaló y más que nada por cada experiencia vivida.

A mis padres por tener fe en mí, por siempre impulsarme a ser mejor persona, por criarme en un ambiente lleno de valores y amor, mismos que han hecho que hoy yo esté donde estoy, por empujarnos a seguir nuestros sueños, pero sobre todo por los excelentes padres que son.

A mis hermanas Dulce y Mariela por ser un ejemplo de superación y éxito, por apoyarme incondicionalmente en cualquier aspecto de mi vida, especialmente por enseñarme a creer en mí y por las ganas que me transmiten por aprender y ser mejor en la vida. Gracias por estar.

A mi hermano Johan por sacarnos de la rutina a todos, por ser mi amigo, por ser un gran hermano y un ser maravilloso.

A Héctor, por enseñarme que nunca es tarde para crecer.

A Mystique, por ser una hermosa compañía, desde que llegó a nuestras vidas solo nos ha llenado de felicidad.

Gracias infinitas a mi familia, son lo mejor que tengo en la vida.

Agradezco profundamente a mi asesora, la doctora Jacquelin, por todos los conocimientos que me transmitió y por su confianza durante el proceso.

Y a cada uno de mis amigos.

Resumen

Los hongos filamentosos son estructuras vegetativas muy complejas, se componen de hilos de forma tubular llamados hifas que a su vez estos en conjunto conforman el micelio, este se divide en dos, el micelio vegetativo que es el encargado de absorber el alimento y el micelio aéreo o reproductor, que es el que contiene las esporas.

Se evaluaron 4 tipos de residuos agroindustriales, olote de maíz, raquis de plátano, cascarilla de café y tazole, todos recolectados de la zona de Teziutlán y alrededores con el fin de producir esporas de hongos filamentosos también recolectados de los suelos de Teziutlán, mediante fermentación sólida. Se formularon 4 tratamientos distintos, con dos medios: papa dextrosa y agua, con dos humedades diferentes: al 100 y 80%, que fueron probadas en cada uno de los sustratos. Se utilizó un posible *Trichoderma* codificado como J800 proveniente de la colección de cepas del Laboratorio de Microbiología del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán el cual fue aislado de suelos de la región. Se incubaron durante 12 días en los cuales se analizaron cualitativamente para observar el comportamiento del micelio en los 4 tratamientos. Se tomaron lecturas de esporas en los días 7, 10 y 12 para ver el rendimiento en los tratamientos y poder formular 3 mezclas con los 4 diferentes sustratos que tengan una mayor producción de esporas.

Palabras clave: Hongos filamentosos, esporas, sustratos, *Trichoderma*

Abstract

Filamentous fungi are very complex vegetative structures, they are composed of tubular threads called hyphae, which in turn together make up the mycelium, this is divided into two, the vegetative mycelium, which is responsible for absorbing food, and the aerial mycelium or player, which is the one that contains the spores. 4 types of agroindustrial waste were evaluated, corn cobs, banana rachis, coffee husks and tazole, all collected from the Teziutlán area and surrounding areas in order to produce spores of filamentous fungi also collected from the soils of Teziutlán, through fermentation solid. A possible *Trichoderma* coded as J800 was used from the strain collection of the Microbiology Laboratory of the Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, which was isolated from soils in the region. They were incubated for 12 days in which they were qualitatively analyzed to observe the behavior of the mycelium in the 4 treatments. Spore readings were taken on days 7, 10 and 12 to see the performance in the treatments and to be able to formulate 3 mixtures with the 4 different substrates that have a greater production of spores.

Introducción

En los últimos años, las fermentaciones sólidas han sido muy utilizadas para el crecimiento de hongos filamentosos, por sus bajos costos y alto rendimiento en producción de esporas. Los subproductos agrícolas que contienen alto contenido celulósico son una nueva oportunidad para reemplazar sustratos utilizados en la industria como el arroz y el trigo, que tienen costos demasiado altos.

Para la producción en grandes masas de esporas de hongos, se requiere de distintos nutrimentos como el nitrógeno y el carbón, que son una fuente de energía para su crecimiento, algunos sustratos como el arroz, avena, soya, trigo, cebada, entre algunos otros son los que los contienen (Amaro Leal, et al., 2015; Avalos & Geoconda, 2016).

El desconocimiento de sustratos que sean eficientes para el desarrollo de los hongos hace que el proceso sea menos redituable y que su uso sea limitado. El grano de arroz es de los sustratos más utilizados en la fermentación en estado sólido, pero al tener un costo elevado, deja como opción el experimentar con residuos agrícolas disponibles en la región (Fernández-Larrea, 2004; Ramos, 2008).

Si bien, la reproducción de hongos no es la única ventaja que se tiene en la fermentación de estado sólido, el aprovechamiento de los residuos agroindustriales que son desechos en los alrededores de la región hace que el proceso tenga muy bajos costos, a su vez se está dando solución a una problemática que ha persistido durante años.

Con base en esto, se buscó probar distintos tipos de residuos agroindustriales: olote de maíz, raquis de plátano, cascarilla de café y tazole, disponibles en la región de Teziutlán con el fin de producir esporas de hongos filamentosos mediante fermentación sólida, teniendo así tratamientos que tengan un alto rendimiento.

Índice

Capítulo I.....	9
Generalidades del proyecto	9
1.1 Descripción de la empresa.....	10
1.1.1 Antecedentes.....	10
1.1.2 Misión.....	10
1.1.3 Visión	11
1.1.4 Datos de contacto	11
1.2 Problemática.....	11
1.3 Objetivos	12
1.3.1 Objetivo general.....	12
1.3.2 Objetivos específicos.....	12
1.4 Justificación	12
1.5 Hipótesis	13
Capítulo II	14
Marco Teórico	14
2.1 Fundamentos Teóricos	15
2.1.1 Antecedentes.....	15
2.1.2 Marco teórico	17
2.1.2.1 Hongos filamentosos	17
2.1.2.1.1 Nutrición	17
2.1.2.1.2 Esporas	18
2.1.2.2 Agroindustria	19
2.1.2.3 Residuos agroindustriales	19
2.1.2.4 Fermentación en estado sólido.....	20
2.1.2.4.1 Factores ambientales que interfieren en la fermentación en estado sólido.....	21
2.1.2.5 Sustratos.....	23
2.1.2.6 Tazole.....	24
2.1.2.7 Olote	24
2.1.2.8 Cascarella de café	25
2.1.2.9 Raquis de plátano	25
Capítulo III.....	26
Desarrollo y metodología.....	26
3.1 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas	27

3.1.1 Análisis físicos	27
3.1.1.1 Determinación de humedad inicial	27
3.1.1.2 Porcentaje de retención de humedad	28
3.1.1.3 Porcentaje de porosidad	29
3.1.1.4 Densidad aparente	30
3.1.2 Análisis químicos	31
3.1.2.1 Determinación de pH	31
3.1.3 Fermentación en estado sólido de hongos filamentosos	31
3.1.3.1 Obtención del aislado J800	31
3.1.3.2 Medio de cultivo	32
3.1.3.3 Sembrado en placa	33
3.1.3.4 Concentrado de la cepa J800	34
3.1.3.5 Conteo inicial de esporas	34
3.1.4 Humectación de muestras	35
3.1.5 Inoculación	37
3.1.6 Conteo de esporas en sustratos fermentados	38
3.1.7 Formulación de mezclas de sustratos	39
3.1.8 Humectación e inoculación de mezclas	39
3.1.9 Análisis estadístico	40
Capítulo IV	41
Resultados	41
4.1 Resultados y discusión	42
4.1.1 Resultados de análisis físico-químicos	42
4.1.1.1 Determinación de humedad inicial	42
4.1.1.2 Porcentaje de retención de humedad	43
4.1.1.3 Porcentaje de porosidad	44
4.1.1.4 Densidad aparente	44
4.1.1.5 pH	45
4.1.2 Resultados cualitativos por tratamiento	46
4.1.2.1 Resultados del tratamiento papa dextrosa, humectación al 100 y 80%	46
4.1.2.2 Resultados del tratamiento agua al 100 y 80%	53
4.1.3 Análisis estadístico	57
4.1.4 Producción de esporas en sustratos individuales	58
4.1.4.1 Producción de esporas en olote de maíz	58
4.1.4.2 Producción de esporas en raquis de plátano	60

4.1.4.3 Producción de esporas en cascarilla de café	61
4.1.4.4 Producción de esporas en tazole.....	62
4.1.5 Resultados cualitativos en mezclas	64
4.1.6 Producción de esporas en mezclas	65
4.1.6.1 Mezcla 1: Tazole y raquis de plátano.....	65
4.1.6.2 Mezcla 2: Olote de maíz y tazole	66
4.1.6.3 Mezcla 3: Raquis de plátano y olote de maíz.....	66
Capítulo V	68
Conclusiones.....	68
5.1 Conclusiones del proyecto	69
5.2 Conclusiones relativas a los objetivos específicos	69
5.3 Conclusiones relativas al objetivo general	69
5.4 Aportaciones originales	70
5.5 Limitaciones	70
5.6 Recomendaciones.....	70
Capítulo VI	71
Competencias desarrolladas.....	71
6.1 Competencias desarrolladas y aplicadas	72
Capítulo VII.....	73
Fuentes de información	73
7.1 Fuentes bibliográficas	74
Capítulo VIII	81
Anexos.....	81

Capítulo I

Generalidades del proyecto

1.1 Descripción de la empresa

1.1.1 Antecedentes

En 1993, el Gobernador del Estado, Manuel Bartlett Díaz, escuchando la petición popular y la intervención de funcionarios públicos y empresarios interesados, gestionó ante la Secretaría de Educación Pública, dirigida por Ernesto Zedillo Ponce de León, la creación de una Institución de Educación Superior Tecnológica, acción que se vería concretada el 8 de noviembre de 1994 con la publicación del Decreto del Congreso del Estado que expide la ley que crea “Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán”, como Organismo Público Descentralizado del Gobierno del Estado, con personalidad jurídica y patrimonio propio. El primer día del mes de septiembre de 1993 inició actividades el Instituto ofreciendo las carreras de Ingeniería Industrial y Licenciatura en Administración, siendo el primer Tecnológico Descentralizado del Estado de Puebla, junto con su similar de la Sierra Norte, designándose como primer director general a José Emilio Guillermo Ortega Balbuena. El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, atento a las demandas de la sociedad, y a los principios de la Ley de Educación del Estado de Puebla, se consolida como una Institución cuyo objetivo es lograr una educación de calidad, moderna y eficaz, orientada al servicio, acercándola a las necesidades e intereses de la población, que promueva el uso transparente y eficiente de los recursos humanos, materiales y financieros de que disponga, y que cumpla puntualmente con sus programas de trabajo.

1.1.2 Misión

El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán tiene como misión, formar profesionales que se constituyan en agentes de cambio y promuevan el desarrollo integral de la sociedad, mediante la implementación de procesos académicos de calidad.

1.1.3 Visión

El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán tiene como visión, llegar a ser la institución de Educación Superior Tecnológica más reconocida en el Estado de Puebla, que ofrezca un proceso de Enseñanza-Aprendizaje certificado, comprometido con la excelencia académica y la formación integral del alumno, contribuyendo al desarrollo sustentable, económico, político y social de nuestro Estado.

1.1.4 Datos de contacto

El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán se encuentra en Fracción I y II S/N, Aire Libre, Teziutlán, Puebla, con código postal 73960. Ofrece 7 ingenierías, en las que se encuentran; Ingeniería en Industrias Alimentarias, Ingeniería Industrial, Ingeniería en Sistemas computacionales, Ingeniería Informática, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería en Animación Digital y Efectos Visuales e Ingeniería en Gestión Empresarial, así como una nueva licenciatura en Turismo. Y dos maestrías, una en Sistemas Computacionales y otra en Ingeniería Industrial.

1.2 Problemática

Los residuos agroindustriales son el resultado de ciertas actividades como la agricultura, si bien aunque estos en su mayoría son orgánicos, siempre han sido un gran problema en la región de Teziutlán, su mala disposición muchas veces ocasiona la contaminación de agua por restos orgánicos, afectando a toda la fauna que habita los mantos acuíferos, los suelos también se ven afectados, provocando un gran desgaste en ellos dejándolos inservibles para actividades como las siembras o la ganadería y el aire ya que en muchos casos estos residuos pueden llegar a ser quemados a grandes escalas lo que ocasiona una contaminación de alto nivel llegando a afectar todo el ecosistema, así como la sobre acumulación en zonas pobladas provocando olores desagradables, ya que son fuente de proliferación de bacterias, hongos y algunas plagas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar residuos agroindustriales por fermentación sólida para la producción de esporas de hongos filamentosos de aplicación agrícola disponibles en la región de Teziutlán

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físico-químicas de diferentes residuos agroindustriales de la región de Teziutlán
- Producir esporas de hongos filamentosos a través de sustratos individuales por fermentación sólida
- Formular 3 mezclas de sustratos biológicos para la producción de esporas de hongos filamentosos
- Seleccionar un prototipo individual para la producción de esporas de hongos filamentosos

1.4 Justificación

En el intento de darle un segundo uso a los residuos agroindustriales se han propuesto diversas soluciones al tema del manejo de estos, puesto que no son lo suficientemente aprovechados, hoy en día son más valorados gracias a que se han realizado distintas investigaciones evaluando sus características físico-químicas con el fin de utilizarlos de manera distinta. Es por eso que con esta investigación se pretende evaluar cuatro tipos de residuos que son desechados en los alrededores de la zona, estos son; olote de maíz, cascarilla de café, tazole y raquis de plátano. Al evaluarlos se pretende tener un amplio estudio de las características de estos sustratos que son de gran ayuda en la producción de esporas de hongos filamentosos, aportando así distintos nutrientes como lo son la celulosa y la lignina que son parte fundamental para el desarrollo de este tipo de hongos. Durante el desarrollo del proyecto se elegirán los más aptos para la formulación de una combinación que aporte lo necesario para su crecimiento.

1.5 Hipótesis

El aprovechamiento de residuos agroindustriales de la zona de Teziutlán contribuye a la producción de esporas de hongos filamentosos de aplicación agrícola mediante fermentación en estado sólido.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1 Fundamentos Teóricos

2.1.1 Antecedentes

Campos (2010) realizó un estudio sobre la influencia de algunos parámetros sobre la fermentación en estado sólido del hongo *Trichoderma viride*, mediante análisis cuantitativos determinó el crecimiento que tuvo el hongo al utilizarse dos tipos de sustratos que fueron aserrín y bagacillo, estudiando así el comportamiento que tuvo con variables como el tamaño de partícula, la proporción de sustrato seco que se proporcionó, así como de la humedad que tuvo cada sistema.

Rosas-Acevedo (2008) probó 12 diferentes sustratos agrícolas provenientes de los municipios de Tuxtepec, Oaxaca y Zihuatanejo, Guerrero. Probando así la capacidad de esporulación del hongo filamentoso *Trichoderma* sp. Obteniendo resultados significativos en olote de maíz con una cantidad de esporas final de 2.42×10^8 /ml, en el rastrojo de maíz tuvo una concentración de 2.02×10^8 /ml y por último en la cascara de cacahuate con 2.41×10^8 de esporas por mililitro. Si bien otros sustratos también tuvieron un rendimiento considerado durante la experimentación, tales como el rastrojo de soya y arroz.

Agamez et al. (2009) evaluó una cepa aislada de *Trichoderma* sp. en dos procesos de fermentación en estado sólido, los sustratos que se utilizaron fueron residuos agroindustriales sólidos a base de semillas de *Artocarpus incisa*, cascarilla de arroz y algodón, utilizando dos tipos de sistemas, uno casero y otro semi industrial. Demostrando así que la mejor producción de esporas se dio mediante el sustrato en seco de cascarilla de algodón y semillas de *Artocarpus incisa* y comprobando que cualquier tipo de sistema ya sea casero o semi industriales funcional para la producción de esporas, simplemente teniendo en cuenta los requerimientos biológicos que necesita el hongo para su desarrollo.

Costa (2009) realizó una investigación experimental donde describen la producción de fitasa mediante fermentación en estado sólido del hongo *Aspergillus fucuum* sobre residuos agroindustriales. Trabajaron con distintos volúmenes de sustrato, probando también diferentes niveles de aireación. Los sustratos utilizados fueron residuos de maíz, trigo, canola, y cranberries, esto con el fin de darles un valor agregado y un segundo uso, siendo estos ricos en nutrientes para el crecimiento óptimo de hongos filamentosos. Sus resultados muestran que la fermentación en estado sólido utilizando sustrato seco, es mejor en comparación con la fermentación en estado líquido, dándose la producción a partir del tercer día y en el sexto en la fermentación en estado líquido.

Amaro Leal (2015) probó la reproducción de *Trichoderma* sp. en granos de maíz quebrado, trigo y arroz, sustratos de fácil adquisición en la región de Tetela de Ocampo, Puebla-México, con el fin de producir esporas y obtener un tratamiento que fuera redituable en cuanto a la producción. El tiempo de incubación para cada sustrato fue de 15 días a una temperatura ambiente, informó el 100 % de colonización por parte de la cepa *Trichoderma viride*. El sustrato que presentó una cantidad mayor en la producción de esporas fue el maíz, con $107.51 \times 10^4/\text{ml}$, seguido por el trigo con $22.81 \times 10^4/\text{ml}$ y por último el arroz con $9.06 \times 10^4/\text{ml}$, a su vez el tratamiento de maíz presentó una expansión mayor y abundante del micelio en comparación con los demás tratamientos.

Mas-Diego (2017) presentan los resultados de su trabajo basados en la fermentación sólida del hongo *Trichoderma harzianum*, usado en Colombia como alternativa viable para la sustitución de productos químicos que representan un alto costo de producción en hortalizas. La fermentación se realizó en vasos de precipitado de 2000 ml con 100 g de sustrato en cada uno, siendo replicados cuatro veces. Como sustrato se utilizó bagazo de caña enriquecido con cascarilla de arroz, con un tamaño de partícula de $(-3 + 0.85)$ mm de sustrato previamente esterilizado durante 40 minutos a 1 atm y 121 °C, con una humedad del 30 %. El proceso de fermentación en estado sólido del hongo fue de 14 días. Una

muestra fue tratada con magnetismo para medir y comparar el crecimiento del hongo.

2.1.2 Marco teórico

2.1.2.1 Hongos filamentosos

Los hongos filamentosos son organismos eucarióticos, están compuestos por un núcleo, mitocondrias, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, entre otros organelos más (Gutierrez, 2017).

Los hongos filamentosos son singulares por contener un sistema nervioso vegetativo llamado talo que es muy parecido al de las plantas, también se caracterizan por estar compuestos de filamentos de tamaño microscópico, estos filamentos están compuestos principalmente por quitina, galactanos y quitosán, la pared celular se compone por carbohidratos (80-90%), proteínas y lípidos (Estrada et al., 2019).

Los hongos filamentosos poseen la habilidad de adaptarse fisiológicamente al medio donde se encuentren, resistiendo condiciones extremas (Cepero et al., 2012). Llegan a tener diversas formas, tamaños y colores, contribuyen significativamente a la biomasa debido a su extenso tamaño (Carrillo, 2003).

Cuando las esporas germinan, se forman filamentos, a partir de la cual se producen miles de nuevas esporas a través de estructuras especiales, denominadas hifas, que a su vez conforman el micelio, la red de crecimiento y comunicación que tienen en conjunto los hongos con otras especies, sirviendo como medio de transporte de nutrientes y demás para su proliferación (Gutierrez, 2017).

2.1.2.1.1 Nutrición

Los hongos al ser heterótrofos se desarrollan a partir de sustratos que utilizan como alimento; gracias a la acción de las enzimas que liberan son capaces de degradar nutrientes cumpliendo así un papel fundamental dentro de los organismos descomponedores (Isaac, 1992). Los hongos tienen una habilidad

impresionante de utilizar el carbono inorgánico. La fuente de energía utilizada es la glucosa, aunque también utilizan fructosa, manosa y galactosa. Otros hongos son capaces de degradar lignina a dióxido de carbono, pero en presencia de otra fuente de carbono como celulosa, celulosa o glucosa. La glucosa sirve como fuente de carbono para el crecimiento de los hongos, además de que utilizan compuestos de carbono orgánico más complejos como el almidón y la celulosa. Así mismo aprovechan algunas fuentes de nitrógeno inorgánico como algunas sales de amonio y nitratos, ocupan sustratos de nitrógeno inorgánico y carbono, como extractos de levadura y peptona (Pelczar y Reid, 1996). Las vitaminas son requeridas en cantidades muy pequeñas, algunos hongos pueden sintetizar sus propias vitaminas, pero algunos otros necesitan de tiamina, biotina, riboflavina, piridoxina y ácido nicotínico, entre otros. Dentro de los macronutrientes podemos encontrar potasio para el metabolismo de carbohidratos, actividad enzimática y para mantener un balance iónico; fósforo, que es fuente primordial de ácidos nucleicos y de mecanismos de transferencia; magnesio, activa enzimas que son utilizada en el metabolismo del ATP; azufre para aminoácidos, vitaminas y calcio. Los hongos también necesitan de algunos micronutrientes como el magnesio, zinc, hierro, cobre y molibdeno (Kendrick, 2000).

El crecimiento del hongo se caracteriza por ser cualitativo, presentándose en tres fases: la primera es una fase donde aparentemente no crece, después le sigue una fase de alto crecimiento y finaliza con un crecimiento que se mantiene o de autólisis (Kavanagh, 2005). La mayor parte de los hongos filamentosos se desarrollan optimamente a una temperatura que va desde los 25 hasta los 30°C (Kavanagh, 2005).

2.1.2.1.2 Esporas

Las esporas son cuerpos muy resistentes que forman los hongos en un estado de latencia, pueden reproducirse de dos maneras distintas, de manera sexual y asexual (Moreno, 2000). Durante la reproducción sexual, dos hifas que tienen un apareamiento distinto se fusionan para dar forma a un cigoto diploide. Las esporas sexuales contienen un núcleo que deriva de las células progenitoras.

Cuando una espora se encuentra en un ambiente favorable a su crecimiento, germina y comienza su desarrollo, dando paso a hifas que se ramifican y forman el micelio (Guzmán, et al., 1993 y Solomon, et al., 2000). Las esporas no tienen la necesidad de adherirse a otra célula reproductora para dar origen a un nuevo organismo, viajan largas distancias hasta encontrar un sitio que les parezca adecuado para su propagación (Triana Moreno, 2012). En el caso de las esporas asexuales es todo lo contrario, se producen por una diferenciación de la hifa de crecimiento (Vargas y Villamizar, 2005).

El tiempo en el que permanecen en la atmósfera, depende de varios factores como la presión atmosférica, la humedad, lluvia, viento, entre otros (De Linarez, 2007; De Castro 2014).

2.1.2.2 Agroindustria

Saval (2012) define la agroindustria como una actividad económica que combina procesos de varios sectores como el agrícola con el industrial, obteniendo así productos listos para su comercialización o materias primas que servirán en otro sector.

Según la FAO (1997) la agroindustria está clasificada en dos clases, por un lado, se tiene la conformación de industrias alimentarias y no alimentarias, por otra parte, se conforman las industrias proveedoras de la materia prima y las que las consumen.

2.1.2.3 Residuos agroindustriales

Los agroindustriales se definen como los residuos o subproductos que son generados en cualquier proceso de producción y que normalmente no son útiles en procesos posteriores como materias primas para la cadena de producción (Rosas et al., 2016).

Los residuos agroindustriales son el resultado de actividades de empresas que conforman la agroindustria, dichas actividades generan subproductos o residuos en cantidades significativas siendo así un problema ambiental de gran magnitud (Restrepo et al., 2011).

Estos pueden ser en estado sólido o líquido obtenidos a partir del consumo directo de productos primarios o de su procesamiento, estos ya no son útiles para el proceso que los generó, pero pueden ser aprovechados para la obtención de nuevos productos con valor económico, comercial o social, dándoles así un valor agregado. En gran medida, estos cuentan con características óptimas para su aprovechamiento en otra cadena de producción o como alternativa de tratamiento o recuperación de algún medio contaminado (Saval, 2012).

La composición, así como las características de los residuos agroindustriales dependen del proceso de transformación por el que hayan pasado y de las materias primas que fueron empleadas. Algunos de los residuos pueden ser lignocelulósicos, conteniendo estos grandes porcentajes de celulosa, hemicelulosa y lignina (Alonso et al., 2012; Saval, 2012)

2.1.2.4 Fermentación en estado sólido

La fermentación en estado sólido se basa en el desarrollo microbiano sobre sustrato con bajo contenido de agua, si bien debe contener la humedad necesaria para que el microorganismo se desarrolle de manera óptima; el tipo de microorganismo, el tipo de sustrato, la humedad, la actividad de agua y el pH, son algunos de los factores a contemplar en el desarrollo de una fermentación (Aruna, 2019).

En las fermentaciones sólidas el uso de sustratos agroindustriales se ha vuelto muy redituable, al ser económica y amable con el medio ambiente (Martins et al., 2011). Microorganismos más utilizados son los hongos filamentosos, estos tienen la facilidad de adaptarse al medio donde se encuentren, de esta forma se expanden y crecen (Lizzardi-Jiménez & Hernández-Martínez, 2017).

Las fermentaciones en estado sólido tienen como meta el uso de residuos orgánicos, gracias a costos bajos y su alto rendimiento en cuanto a producción y productos con alta pureza, el proceso se lleva a cabo cuidadosamente para que la reproducción del microorganismo no se vea afectada (Grande, 2016).

Además, el proceso de fermentación en estado sólido permite que los hongos se reproduzcan de mejor manera ya que el ambiente es parecido al que

normalmente se encuentra en la naturaleza. Otras ventajas que tiene este proceso es la simplicidad de la técnica, menores costos de producción y un mayor rendimiento (Herrera, 1998).

Pastrana (1996) enlista algunas de las muchas ventajas que tiene la fermentación en estado sólido:

- No se requiere de tanto espacio para llevar a cabo la fermentación, no es necesario utilizar volúmenes grandes de agua
- Hay poca probabilidad de que exista una contaminación debido a su baja actividad de agua
- Tienen un diseño simple y son fáciles de controlar
- El microorganismo por fermentar tiene facilidad de proliferación gracias a la porosidad del sustrato que le da la aireación necesaria para su desarrollo
- La aplicación del inóculo se facilita, en varias ocasiones se utilizan esporas aplicadas de forma directa
- El rendimiento es mayor en comparación con la fermentación húmeda
- Los microorganismos tienen a adaptarse fácilmente ya que el ambiente es muy similar al que se encuentran habitualmente

2.1.2.4.1 Factores ambientales que interfieren en la fermentación en estado sólido

Humedad, pH, temperatura, concentración y disponibilidad del sustrato, aireación, tamaño de partícula y la forma de inoculación, son factores ambientales que pueden tener un efecto tanto positivo como negativo sobre la fermentación en estado sólido (Doelle y et al., 1992).

2.1.2.4.1.1 Humedad

El porcentaje dentro de la fermentación sólida puede ir de un 30 a un 80% (Oriol y et al., 1988), en relación con el sustrato utilizado, el microorganismo y el

objetivo que tenga. Si bien el microorganismo puede adaptarse a distintas humedades.

2.1.2.4.1.2 pH

El control del pH dentro de la fermentación sólida se complica debido a la complejidad del muestreo de las formulaciones, por otro lado, tener conocimiento del pH del medio con el que se va a humectar el sustrato, facilita el control. Raimbault y Alazard (1980) experimentaron con harina de yuca mezclada con sulfato de amonio – urea con un intervalo de 5 a 6.2, favoreciendo al crecimiento de *Aspergillus niger*.

2.1.2.4.1.3 Temperatura

La temperatura es el factor más crítico para controlar, esto dependiendo de los volúmenes utilizados en la fermentación, la relación solido-liquido-gas produce un aumento de temperatura en el cultivo. El aumento de temperatura detiene el crecimiento del microorganismo, deshidrata el medio y el metabolismo se detiene (Gutiérrez y et al., 1995).

Diferentes autores han mencionado valores que no difieren el uno del otro: 3°C cm^{-1} (Rathbun y Schuler, 1983); 2.5°C cm^{-1} (Raimbault, 1980); 4-5°C cm^{-1} (Saucedo-Castañeda, et al., 1990).

2.1.2.4.1.4 Concentración y disponibilidad del sustrato

El sustrato debe contener un balance de nutrientes para el óptimo crecimiento de los microorganismos deseados, haciendo hincapié en la presencia de Carbono, Nitrógeno, Fosforo y Oxígeno (Ertola, et al., 1994). En comparación con la fermentación en estado líquido tienen una mayor limitación debido a la baja velocidad de difusión de los nutrientes.

2.1.2.4.1.5 Aireación

La aireación es uno de los parámetros más importantes ya que dentro de sus funciones tiene como objetivo que el microorganismo sobreviva, también ayuda a la recirculación de oxígeno lo que hace que el calor de la fermentación no se concentre en exceso (Ballardo, 2016). Dependiendo el tipo de microorganismo utilizado la aireación puede ser por intervalos o constante, en caso de tener una mala aireación puede haber retraso en la degradación, contenido de sulfuro de hidrogeno y malos olores (Ballardo, 2016).

2.1.2.4.1.6 Tamaño de partícula

El tamaño de partícula es otro factor que influye en la fermentación sólida, se refiere al tamaño que debe tener el sustrato para que el microorganismo se adapte fácilmente. Un tamaño de partícula muy pequeño ocasiona un aumento en la fuerza de fricción, aumentando así la producción de dióxido de carbono (Ballardo, 2016).

2.1.2.4.1.7 Inóculo

Dentro de la literatura se dice que el uso de micelio o esporas es uno de los métodos de inoculación más efectivos, al tener una mayor competitividad del hongo, mayor reproducción y reducción de la posible colonización de microorganismos no deseados (Bosch et al., 1995, Dorta et al., 1996).

2.1.2.5 Sustratos

Un sustrato es cualquier material en estado sólido que sea distinto al suelo, ya sea natural, residual, orgánico o mineral. Puede ser utilizado como soporte para la agricultura al ser fuente de nutrición vegetal, en forma pura o mezcla. El mayor aprovechamiento que se les da a los sustratos es en el compostaje al permitir un desarrollo óptimo en las plantas (Gayosso-Rodríguez et al., 2016).

Los sustratos pueden tener distintos orígenes, estos pueden ser orgánicos o inorgánicos (Nájera, 2013).

Entre los componentes orgánicos más utilizados como sustratos, se encuentran: fibra de coco, subproductos de madera (aserrín, virutas), estiércol, paja, cascarilla de arroz, cascarilla de café, de cacahuete. Es necesario que el sustrato pase por un proceso de compostaje para asegurar que son estables en cuanto a su descomposición, así se confirma la eliminación de las cargas de nitrógeno producidas por microorganismos que contengan (Gayosso-Rodríguez et al., 2016; Perez et al., 2002).

2.1.2.6 Tazole

El rastrojo de maíz también conocido como tazole, es un tipo de forraje utilizado para la alimentación animal, incluye: tallos y hojas que fueron desecadas por el sol después de la cosecha, tiene alto contenido lignocelulósico, aparte de contener una gran variedad de elementos químicos, como el azufre, calcio, cloro, potasio y silicio (Camps y Marcos, 2008).

2.1.2.7 Olote

El olote de maíz (*Zea mays*) es el producto resultante al separar el grano de la mazorca (CIMMYT, 1995).

En el recuento de usos que se le ha dado al olote de maíz se encuentran su utilización como forraje para distintos animales, apoyo a la disminución de la erosión en suelos y su implementación como sustrato en producción de enzimas (Knob and Cano-Carmona, 2010).

Contiene una alta cantidad de polisacáridos como la lignina, celulosa y hemicelulosa, lo que hace que su valor actualmente sea mayor que en años pasados, sirviendo como fuente de energía, calor y combustibles (Velmurugan et al., 2011; Kaliyan y Morey, 2010). Tiene un contenido aproximado de un 34 % de hemicelulosa, que se conforman por azúcares como la xilosa y arabinosa, de estas el 94 % corresponde a xilanos que es uno de los polisacáridos que se encuentran con mayor abundancia en la naturaleza (Pointner et al., 2014).

2.1.2.8 Cascarrilla de café

La cascarrilla de café también conocida como pergamino, es un tipo de biomasa que es resultante del procesado del café, después del despulpado, trillado y tostado. Posterior al proceso de tostado el grano verde cubiertos por la cascarrilla, es el resultado. Gracias a un proceso donde se incluyen fluidos de aire la cascarrilla de café es eliminada del grano (Tan, et al., 2016). Los residuos de café están compuestos por proteínas y azúcares, también se encuentran taninos, alcaloides y polifenoles que tardan un largo tiempo en degradarse, desde semanas hasta meses para su degradación completa (Serna et al., 2018).

2.1.2.9 Raquis de plátano

El raquis o pedúnculo floral, es conocido también como pinzote o vástago, es el encargado de dar soporte a los racimos que al ser comercializados termina siendo un desecho después de su corte. Al ser un material con alto grado de nutrientes puede ser utilizado en sistemas de compostaje y demás subproductos. Contiene un alto contenido de nitrógeno, sodio, potasio, fósforo y materia orgánica (Smesrud, 2012).

Al momento de la cosecha y la comercialización del plátano, solo un 20% o 30% equivale al fruto, y alrededor de un 70% a 80% es desechado o utilizado en compostaje, así como en el sector ganadero como alimento para animales (Reyes, et al., 2015).

2.1.2.10 Recuento de esporas en cámara de Neubauer

El método de recuento en cámara de Neubauer es utilizado para el conteo de células de una muestra diluida en un volumen conocido. La cámara presenta un volumen de (10-15 μL) y presenta una cuadrícula que contiene un cuadro central de 1 mm por lado, se divide en 25 cuadrantes que a su vez están divididos por 16 pequeños cuadrados cada uno, que facilitan el conteo. Una vez que la muestra se coloca sobre la cámara, se cubre con un cubreobjetos de vidrio. La rejilla cuenta con un área total de 1 mm^2 y un volumen total de 0.002 mm^3 , el promedio de células se deberá expresar por ml de muestra (Covacecich, et al., 2014).

Capítulo III

Desarrollo y metodología

3.1 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas

3.1.1 Análisis físicos

Todos los análisis se hicieron por triplicado con la muestra previamente sometida a tratamiento de secado por 24 horas a una temperatura de 80 °C.



Imagen 1. Secado de residuos agroindustriales
Fuente: propia (2023).

3.1.1.1 Determinación de humedad inicial

Para determinar la humedad inicial, se colocaron 3 crisoles en la estufa de secado de la marca Ríos.Rocha a una temperatura de 100°C durante 30 minutos, posteriormente se llevaron al desecador por 30 minutos, se pesaron en la balanza analítica de la marca Sartorius hasta alcanzar un peso constante. Una vez alcanzado el peso constante se taró el crisol, se agregaron 2 gramos de muestra y se devolvieron a la estufa de secado, se dejaron en el horno de secado durante 4 horas a una temperatura de 100 °C. Al finalizar el tiempo de secado, se sacaron de la estufa las muestras y se colocaron en un desecador hasta su enfriamiento. El procedimiento se realizó por separado para cada sustrato. Finalmente, se pesaron los crisoles con la muestra seca y se realizó el siguiente cálculo:

$$\% \text{ humedad} = \frac{P - P1}{P2} \times 100$$

Donde:

P: Peso del crisol con muestra húmeda (g)

P1: Peso del crisol con muestra seca (g)

P2: Peso de la muestra (g)

3.1.1.2 Porcentaje de retención de humedad

Para la determinación del porcentaje de retención de humedad, se utilizó la metodología propuesta por Pire, R. y Pereira A. (2003). Se pesaron 20 gramos de muestra y se mezclaron con 100 ml de agua corriente. Se dejó reposar 1 hora y se colocó en un embudo con papel filtro previamente humedecido y se filtró hasta el cese del goteo. Posterior a eso, se pesó la muestra y se procedió a realizar los cálculos con ayuda de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de retención de humedad} = \frac{\text{Agua retenida (100)}}{\text{Peso de muestra seca}}$$

$$\text{Agua retenida} = \frac{\text{Peso humedo de la muestra (100)}}{\text{Peso seco de la muestra}}$$



Imagen 2. Filtrado de raquis de plátano
Fuente: propia (2023).

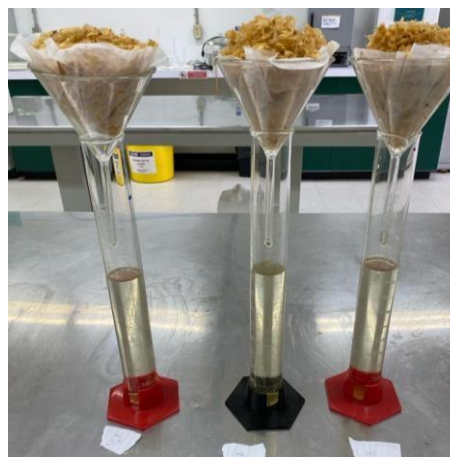


Imagen 3. Filtrado de cascarilla de café
Fuente: propia (2023).

3.1.1.3 Porcentaje de porosidad

Para la determinación de la porosidad en los sustratos se utilizó la metodología adaptada de Atarés Huerta, LM., (2015), se utilizó una probeta de 250 ml, se colocó una porción de la muestra dentro de la probeta y se golpeó suavemente contra una superficie para eliminar los espacios vacíos, se repitió el proceso hasta alcanzar un volumen de 110 ml. Una vez llena, se pesó la probeta junto con la muestra y se registró el peso. Se colocó la muestra en un vaso de precipitado y se le adiciono agua corriente de acuerdo con el volumen ocupado de la muestra. Posterior a eso, se agitó ligeramente y se colocó la mezcla dentro de un embudo con papel filtro previamente humedecido, finalmente se dejó filtrar una hora.

$$\% \text{ Porosidad} = \frac{(\text{Peso húmedo} - \text{peso seco})}{\text{Volumen de la muestra}} (100)$$



Imagen 4. Cascarilla de café con el volumen de agua utilizado
Fuente: propia (2023).

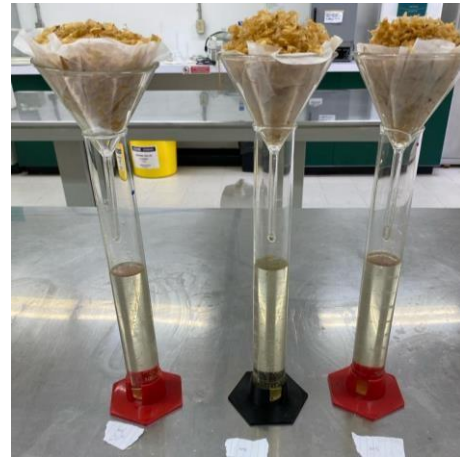


Imagen 5. Filtrado por triplicado
Fuente: propia (2023).

3.1.1.4 Densidad aparente

Para este análisis se utilizó el método propuesto por Sadzawka R., et al., (2005). Se pesó una probeta de 250 ml y con la ayuda de una espátula se tomó una porción de la muestra y se colocó dentro de la probeta, se golpeó por los lados con el fin de evitar espacios vacíos. Se repitió el procedimiento hasta que se llegó a un volumen específico. Al terminar, se pesó la probeta con la muestra y se determinó la densidad con la siguiente fórmula:

$$D. A = \frac{P(gr)}{V(ml)}$$



Imagen 6. Raquis de plátano
Fuente: propia (2023).

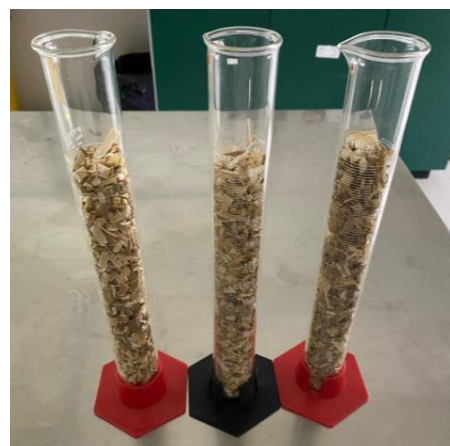


Imagen 7. Tazole
Fuente: propia (2023).

3.1.2 Análisis químicos

3.1.2.1 Determinación de pH

Para la determinación de pH se utilizó el equipo de potenciómetro en cada uno de los sustratos, se colocaron 5 gramos de muestra en 20 ml de agua destilada, dejando un periodo de reposo de 15 minutos. Una vez que se concluyó el tiempo de reposo, se introdujo el electrodo y se anotó la lectura indicada (Sadzawka R., et al., 2005).



Imagen 9. Reposo de tazole en agua destilada
Fuente: propia (2023).



Imagen 10. Lectura de pH en tazole
Fuente: propia (2023).

3.1.3 Fermentación en estado sólido de hongos filamentosos

3.1.3.1 Obtención del aislado J800

Se utilizó el posible aislado de *Trichoderma* codificado como J800 proveniente de la colección de cepas del Laboratorio de Microbiología del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, el cual fue aislado de los suelos del municipio de Teziutlán. El aislado fue activado en medio Agar Papa Dextrosa (PDA) durante 7 días de incubación a una temperatura ambiente aproximada de 20-25°C.



Imagen 8. Cepa J800
Fuente: propia

3.1.3.2 Medio de cultivo

El medio de cultivo utilizado para la concentración de las cepa J800 fue PDA (Agar Papa Dextrosa), se pesaron 9.75 gramos de PDA y 4.5 de agar bacteriológico en una balanza analítica de la marca Sartorius, se colocó en un matraz de 500 ml con 250 ml de agua y se puso en la parrilla, al matraz se le colocó un agitador de barra en el fondo para agilizar la homogeneización, se midió el pH con el potenciómetro para cerciorarse que estuviera en la medida correcta, que es de 5.5, en caso de no estar al nivel, agregar al medio NaOH 0.1 N gota a gota hasta alcanzar el valor requerido. Una vez que se obtuvo el pH necesario, se esterilizó el medio en la autoclave a una temperatura de 121 °C durante 15 minutos a una presión de 1 atmósfera. Al terminar el tiempo de esterilización se dejó enfriar el medio en el gabinete de seguridad biológica en medio de dos lámparas de alcohol que sirvieron como zona estéril. Se vertió el medio en 14 placas Petri estériles y se dejó solidificar a temperatura ambiente dentro de la zona estéril. Finalmente, se guardaron en bolsas de poli papel y se resguardaron hasta su uso.



Imagen 11. Ajuste de pH en medio de cultivo PDA
Fuente: propia (2023).

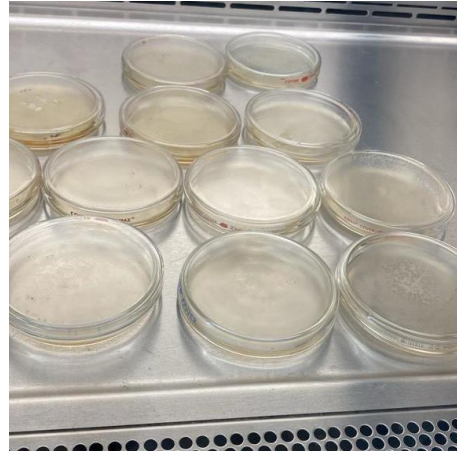


Imagen 12. Placas Petri con PDA
Fuente: propia (2023).

3.1.3.3 Sembrado en placa

Teniendo las placas listas con el medio de cultivo, se tomó la placa que contenía la cepa J800 a resembrar, con un cúter estéril se cortó un pequeño trozo del agar que contenía micelio, se tomó por la parte inferior y se colocó boca abajo en una placa nueva. El proceso se repite en todas las placas, finalmente se cubren con plástico adherente por los bordes y se llevan a incubar.

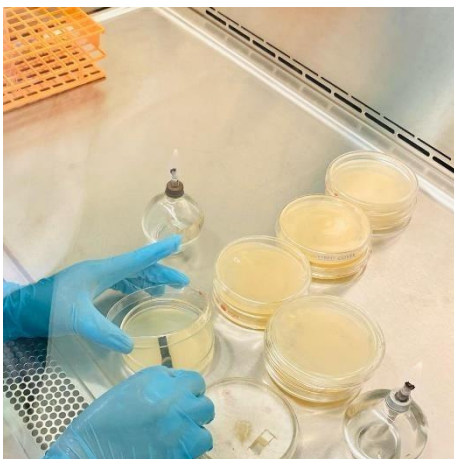


Imagen 13. Siembra de la cepa J800
Fuente: propia (2023).



Imagen 14. Placa Petri con la cepa J800
Fuente: propia (2023).

3.1.3.4 Concentrado de la cepa J800

Pasados 7 días de incubación, las placas que contenían la cepa J800 estuvieron listas para hacer el concentrado, lo primero que se realizó fue hacer una solución de glicerol al 30%. En una probeta se midieron 30 ml de glicerina y se vació en un matraz de 250 ml, después de esto se midieron 70 ml de agua destilada y se agregaron al matraz, se le agregó una barra magnética y se colocó en una parrilla de agitación con un nivel bajo de calor para agilizar la homogeneización. Cuando la solución estuvo lista se le retiró la barra magnética y se tapó con aluminio y cinta para evitar derrames, se llevó a esterilizar junto con puntas para pipeta, tubos falcon y una espátula, a una temperatura de 121 °C durante 15 minutos a una presión de 1 atmósfera. Una vez concluido el tiempo de esterilizado, se llevó la solución, las puntas, los tubos falcon y la espátula al gabinete de seguridad, todo dentro de un ambiente estéril. Se vaciaron 45 ml de la dilución en un tubo y lo demás se reservó, con ayuda de la pipeta y las puntas, se agregó un poco de la dilución en las placas y se hizo un raspado del micelio, se recuperó con la pipeta y se devolvió al tubo, se repitió el proceso hasta concluir con todas las placas.



Imagen 15. Raspado de micelio
Fuente: propia (2023)



Imagen 16. Recolecta de micelio de la cepa J800
Fuente: propia (2023).

3.1.3.5 Conteo inicial de esporas

Para el conteo de esporas se utilizó un microscopio digital y una cámara de Neubauer. Se tomó un mililitro de la dilución concentrada que previamente se

tenía resguardada y se colocó en un tubo eppendorf estéril, se colocó sobre el agitador vortex para su homogenización, de este se tomó una pequeña alícuota, se colocó sobre un cuadrante de la cámara y se cubrió con un cubreobjetos y se observó con el microscopio. El conteo se realizó de izquierda a derecha de la parte superior a la inferior, contando las esporas de los cuadrantes de cada esquina y el del centro. Se sumó la cantidad de esporas de los 5 cuadrantes y se sustituyó en la siguiente fórmula:

$$x = (n)(\text{dilución})(25)(10,000)$$

Donde:

n= suma total de esporas de los 5 cuadrantes

Dilución: en caso de que se haya hecho una dilución al 10, 100 o 1000



Imagen 17. Toma de muestra del concentrado
Fuente: propia (2023).



Imagen 18. Alícuota en cámara de Neubauer
Fuente: propia (2023).

3.1.4 Humectación de muestras

En primer lugar, se pesaron 5 gramos de cada muestra y se agregaron en frascos de vidrio. Para el primer tratamiento, se realizó un medio de cultivo papa dextrosa, se hirvieron 200 gramos de papas con 1 litro de agua, durante 5 minutos aproximadamente, se dejó atemperar y se filtró con ayuda de gasas y un embudo, el líquido se recuperó en un vaso de precipitados. Se completó el volumen gastado y se le agregó 20 gramos de dextrosa en polvo, se colocó en

una parrilla de agitación para facilitar la homogeneización con ayuda de una barra magnética.

Para el segundo tratamiento solo se utilizó agua destilada.

Cada muestra, sus repeticiones y los controles, se humectaron de acuerdo con la tabla que se presenta a continuación, esto referente al análisis de porcentaje de retención de humedad. Cada frasco con sustrato se humectó al 80% y 100% respectivamente con medio papa dextrosa y agua destilada.

Tabla 1

Humectación de sustratos

Sustrato	Vol. (ml) de humectación en 5 g de sustrato	
	Humectación 100%	Humectación 80%
Olote de maíz	13.26	10.61
Raquis de plátano	15.42	12.34
Tazole	18.32	14.66
Cascarilla de café	10.76	8.61

Fuente: propia (2023). Volumen de medio de cultivo utilizado para la humectación de las muestras

Una vez que las muestras se humectaron, se llevaron a esterilizar durante 20 minutos a una temperatura de 121 °C y una presión de 1 atmósfera. El proceso de esterilizado se repitió dos veces, una vez terminado, las muestras se resguardaron en el gabinete de seguridad para la inoculación.



Imagen 19. Humectación de muestras
Fuente: propia (2023).



Imagen 20. Frascos en autoclave para esterilizar
Fuente: propia (2023).

3.1.5 Inoculación

Para la inoculación se esterilizó agua destilada, tubos eppendorf y puntas para pipeta. Se llenaron todos los tubos eppendorf con 1 ml de agua destilada estéril y se le agregó la cantidad correspondiente de concentrado de la cepa J800, como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 2

Volumen de inóculo utilizado por sustrato y cantidad de esporas que contiene

Sustrato	Vol. (ml) de inoculación	Inóculo de esporas
Olote de maíz	0.650	
Raquis de plátano	0.650	2.16E+07
Cascarilla de café	0.650	
Tazole	0.750	2.50E+07

Fuente: propia (2023). Las muestras fueron inoculadas con la cantidad de esporas presentadas, ayudaron a la medición del crecimiento durante la fermentación sólida.

Las muestras de olote de maíz, raquis de plátano y cascarilla de café se inocularon con 0.650 ml de concentrado con una concentración aproximada de esporas de 2.16E+07. El tazole se inoculó con 0.750 ml de la cepa, con una concentración de esporas aproximada de 2.50E+07.

Se homogeneizó el concentrado de los tubos eppendorf y se agregó a cada frasco con muestra según la cantidad correspondiente. Se repitió el proceso con cada muestra a excepción de los frascos de control.

Cuando se terminó el proceso de inoculación, se resguardaron los frascos en una caja de plástico para su fermentación.



Imagen 21. Inoculación de muestras
Fuente: propia (2023).

3.1.6 Conteo de esporas en sustratos fermentados

El conteo de esporas se realizó en los días 7, 10 y 12 de la fermentación. Se eligió al azar un frasco con muestra de cada sustrato de los cuatro tratamientos, se llevó al gabinete de seguridad y dentro de un ambiente estéril, se tomaron 1 gramo de cada muestra, se colocaron en un tubo de ensaye junto con 5 ml de agua y se homogeneizó en el agitador vortex. Se hizo una solución al 1 (0.900 ml de agua destilada y 0.100 ml de la dilución previamente realizada) para facilitar el conteo. De la solución se tomó una pequeña alícuota y se colocó sobre cada cuadrante de la cámara de Neubauer, se cubrió con el portaobjetos y se realizó el conteo en el microscopio digital, comenzando de izquierda a derecha por la parte superior, seguido de derecha a izquierda por la parte inferior, terminando coronel cuadrante del centro. El proceso se repitió con cada una de las muestras de los cuatro tratamientos. Al terminar con cada lectura, la cámara se limpió con sanitas y alcohol.



Imagen 22. Agitación de sustrato para el desprendimiento de esporas
Fuente: propia (2023).

3.1.7 Formulación de mezclas de sustratos

Se formularon 3 mezclas: mezcla 1: tazole y raquis de plátano, mezcla 2: olote de maíz y tazole, mezcla 3: olote de maíz y raquis de plátano. Para cada mezcla se usó una proporción 1:1, se pesaron 2.5 gramos de sustratos individuales y se colocaron en frascos respectivamente a las mezclas, se homogeneizaron, rotularon y se les colocó una tapa de aluminio para evitar la humectación por el ambiente.

3.1.8 Humectación e inoculación de mezclas

En las mezclas solo se utilizó el medio de cultivo papa dextrosa, para el cual se hirvieron 200 gramos de papas peladas y picadas en trozos pequeños con 1 litro de agua durante 5 minutos aproximadamente, se dejó atemperar y se filtró con ayuda de gasas estériles y un embudo, el líquido se recuperó en un vaso de precipitados. Se completó el volumen gastado y se le agregó 20 gramos de dextrosa en polvo, se colocó en una parrilla de agitación para facilitar la homogeneización con ayuda de una barra magnética.

Tabla 3**Humectación de mezclas**

Mezcla	Vol. (ml) de humectación en 5 g de sustrato
	Humectación 100%
1 Tazole y raquis de plátano	15.04
2 Olote de maíz y tazole	15.79
3 Olote de maíz y raquis de plátano	14.34

Fuente: propia (2023). Volumen de medio de cultivo utilizado para la humectación de las mezclas

Se humectó cada frasco con la cantidad correspondiente, se llevaron a esterilizar durante 20 minutos a una temperatura de 121°C a 1 atmósfera. El proceso de esterilizado se repitió dos veces, después de estos los frascos con las mezclas se dejaron atemperar.

Se utilizó 0.750 ml de inóculo para las 3 mezclas, iniciando la fermentación con una cantidad inicial de esporas de 2.90×10^7 . En condiciones estériles se inocularon cada uno de los frascos, se sellaron y se llevaron a incubar.

3.1.9 Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico de los datos obtenidos de la producción de esporas, evaluando dos tratamientos, el medio de humectación y el porcentaje de humedad en el sustrato. Se tomaron únicamente los resultados de crecimiento del día 10 de la cepa J800. Los tratamientos se agruparon dependiendo el tipo de medio y la humectación utilizada. Tratamiento 1: papa dextrosa 100%; tratamiento 2: papa dextrosa 80%; tratamiento 3: agua 100%; tratamiento 4: agua 80%.

Capitulo IV

Resultados

4.1 Resultados y discusión

4.1.1 Resultados de análisis físico-químicos

4.1.1.1 Determinación de humedad inicial

El análisis se realizó por triplicado sobre cada sustrato. La gráfica 1 muestra los porcentajes obtenidos sobre el análisis de humedad realizado en cada sustrato. El sustrato que presentó mayor humedad fue el raquis de plátano, con un porcentaje de 93.43%, en comparación con los demás sustratos utilizados es el que mayor humedad presentó, pudiendo ser benéfico para la fermentación sólida, de la misma manera puede ser perjudicial por la posible proliferación de microorganismos no deseados.

El olote de maíz con 4.95%, si bien, tiene capacidad de retención de humedad alta, lo que hace que se hidrate de manera rápida en condiciones ambientales. En la cascarilla de café se obtuvo 9.98% de humedad, si bien los valores no difieren mucho de lo mencionado por autores como Fonseca (2011), que reportó un valor de 13.1% de humedad en el mismo sustrato.

El tazole presentó una humedad de 5.32%, autores como Fonseca (2017) registró una humedad de 4.39%, si bien, el sustrato no presenta variaciones significantes.

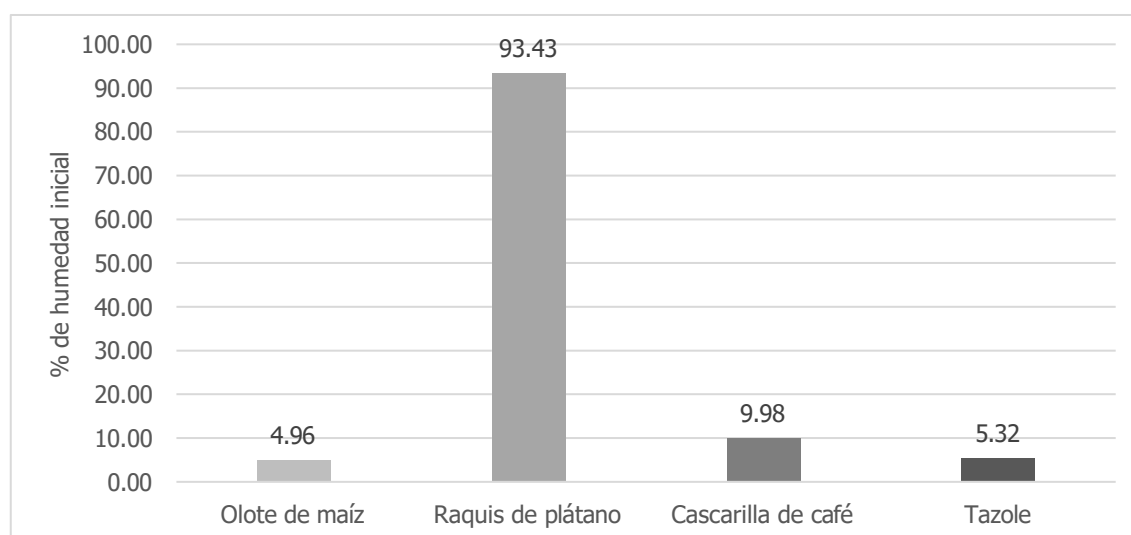


Figura 1. Porcentaje de humedad inicial
Fuente: propia (2023).

4.1.1.2 Porcentaje de retención de humedad

El análisis representa la capacidad del sustrato para retener agua en función de la tensión que se ejerce sobre este.

La retención de humedad en un sustrato dependerá de varios factores como: la composición de los sustratos, el tamaño de partícula, entre otros. Si bien un tamaño de partícula pequeño tiene alta retención de agua como es el caso del olote de maíz que presentó una retención de 265.17% lo que beneficia la fermentación, aunque disminuirá la aireación dentro del sistema. Por otro lado, se tiene la composición del sustrato, el tazole presentó una retención del 366.50% al ser un residuo que incluye hojas y tallos que presentan poros internos, hace que la humedad no se concentra solo en un tipo de partículas y se distribuya mejor.

El raquis de plátano al ser el sustrato que mayor humedad presentó, por ende, tendrá una retención de humedad alta con un valor de 308.44%.

Finalmente, la cascarilla de café con un valor 215.25%, fue el sustrato con la menor retención esto debido a la estructura que tiene, cada partícula tiene un grosor pequeño en comparación con otros sustratos, lo que hace que tenga menor cantidad de poros internos provocando una retención de humedad baja.

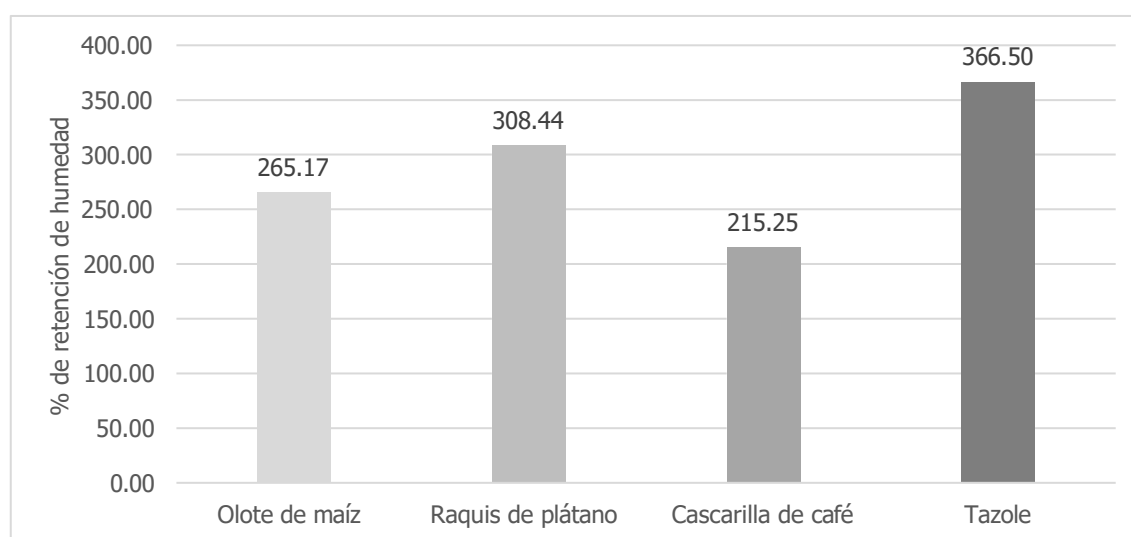


Figura 2. Porcentaje de retención de humedad
Fuente: propia (2023).

4.1.1.3 Porcentaje de porosidad

La porosidad de un sustrato representa la relación entre el volumen del espacio poroso y el volumen total de la muestra, representando el porcentaje de espacios vacíos en el volumen total. El sustrato que presentó mayor porcentaje de porosidad fue el olote de maíz, con un valor de 36.96%, en cuanto al raquis de plátano se obtuvo un valor de 33.76%, por último, el tazole con 18.37% y la cascarilla de café con 9.15%. A menor porosidad dentro del sistema, mayor será la dificultad del hongo para dispersarse por el sustrato, limitando su crecimiento y el desarrollo del micelio.

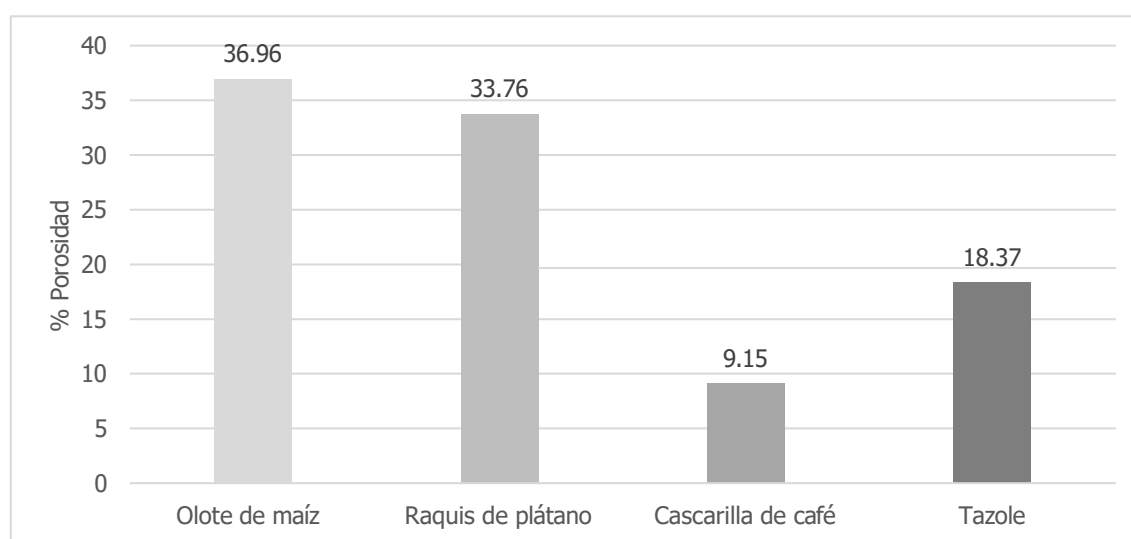


Figura 3. Porcentaje de porosidad

Fuente: propia

4.1.1.4 Densidad aparente

La densidad aparente se representa en relación al peso seco con el volumen total que ocupa, entre mayor sea la densidad aparente menor será la condición de drenaje y porosidad (Luna-Vega, et al., 2015).

El sustrato que presentó mayor densidad fue el olote de maíz con 0.30 g/cm³, después estuvo el raquis de plátano con 0.19 g/cm³.

La cascarilla de café tuvo una densidad aparente de 0.11 g/cm³, según (Palacios & Betancourt, 2005) su densidad oscila entre 0.33 g/cm³ aproximadamente, teniendo una diferencia no muy significativa entre los valores presentados.

Finalmente, el tazole tuvo una densidad aparente de 0.07 g/cm^3 . Si bien al tratar con dos humedades distintas se comprobó que no afectó en el drenaje del medio de cultivo, todos los tratamientos tuvieron un buen rendimiento en la producción de esporas.

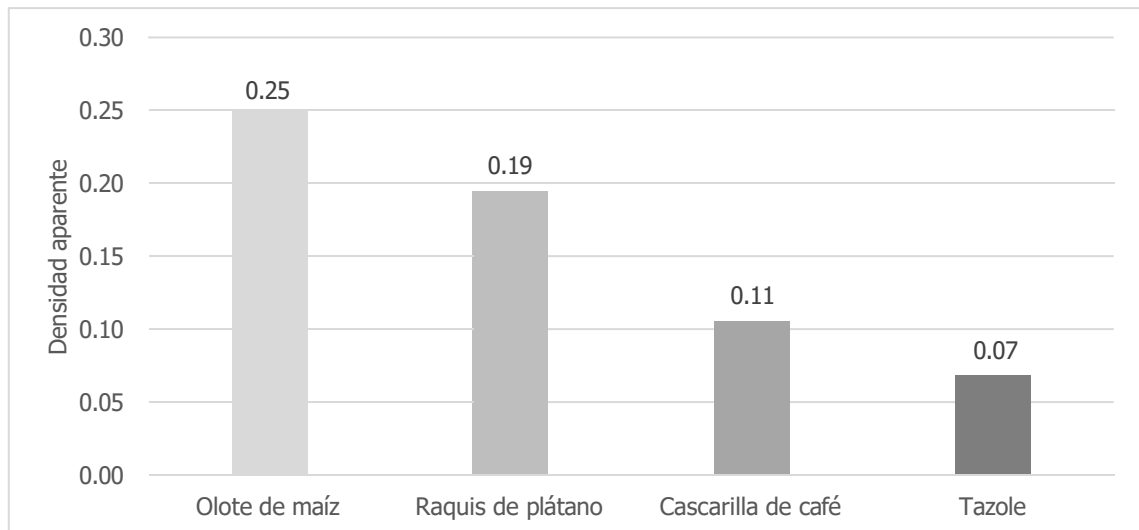


Figura 4. Densidad aparente
Fuente: propia (2023).

4.1.1.5 pH

El olote de maíz presentó un valor de pH de 6, valor cercano al pH óptimo de crecimiento de los hongos filamentosos, que es de 5.5.

Por otro lado, el raquis de plátano presentó 7.1, Villalba et al., (2011) obtuvo un rango de 4 a 7.5 en ensilados de raquis, estando entre los valores dados por autores.

El tazole presentó el valor más alto, siendo este demasiado alto para la reproducción de la cepa J800, aunque en las lecturas de esporas se comprobó que no afectó la fermentación.

La cascarilla de café tuvo un pH de 4.6, siendo un valor alejado al óptimo para el crecimiento de hongos filamentosos, haciéndose notar en la producción de esporas.

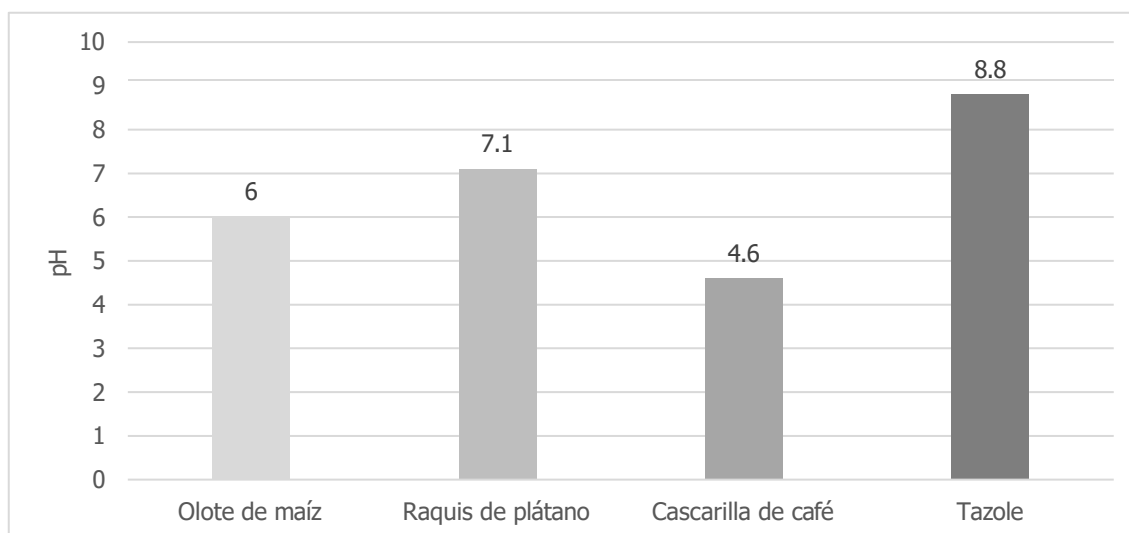


Figura 5. pH
Fuente: propia (2023).

4.1.2 Resultados cualitativos por tratamiento

4.1.2.1 Resultados del tratamiento papa dextrosa, humectación al 100 y 80%

Tabla 4

Tratamiento papa dextrosa en olote de maíz al 100 y 80% de humectación

Sustrato	Día	Imagen y descripción	
Olote de maíz	3		
		Tratamiento 1. Recubrimiento del 60% del micelio por la parte superior, color blanco con textura algodonosa. Tratamiento 2. Recubrimiento del 50% del micelio por la parte superior, color blanco y de textura algodonosa.	

6



Tratamiento 1. Recubrimiento del 70% del micelio por la parte superior, invasión a la parte media del sustrato. Color blanco verdoso. Presentó maduración

Tratamiento 2. Recubrimiento del 60% del micelio por la parte superior, invasión escasa por la parte interna del sustrato. Color blanco verdoso. Presentó maduración.

9



Tratamiento 1. Recubrimiento del 90% del micelio por la parte superior, llegando hasta el fondo. Color blanco verdoso. Presentó maduración.

Tratamiento 2. Recubrimiento del 80% del micelio por la parte superior, escasamente está presente en el fondo. Color blanco verdoso. Presentó maduración.

12



Tratamiento 1. Recubrimiento del 100% del micelio por la parte superior, cubre el fondo 2 cuartas partes del total. Color verdoso por la maduración. La parte superior algodonosa color blanco.

Tratamiento 2. Recubrimiento de un 95% del micelio por la parte superior del sustrato, cubre 1 cuarta parte del fondo. Color verdoso

por la maduración. La parte superior presenta textura algodonosa de color blanco.

Tabla 5
Tratamiento papa dextrosa en raquis de plátano al 100 y 80% de humectación

Sustrato	Día	Imagen	Descripción
Raquis de plátano	3		Tratamiento1. Aparición de pequeños cúmulos de micelio color blanco, verde y gris, de textura polvosa. Recubrimiento de un 25% de la superficie. En el fondo no hubo presencia de micelio. Tratamiento 2. Aparición demasiado escasa de micelio, aproximadamente de un 2% de la superficie. Color blanco con textura algodonosa.
			
Raquis de plátano	6		Tratamiento 1. Recubrimiento de 50% de la superficie. Micelio color verdoso de textura polvosa. Poca presencia de micelio en el fondo y en medio del sustrato con las mismas características. Tratamiento 2. Presencia de micelio en un 30% de la superficie. Micelio color blanco y verde oscuro. En el fondo hubo muy poco crecimiento.
			



9

Tratamiento 1. Recubrimiento de un 90% de la superficie, el micelio cambio de color verde oscuro a gris oscuro, la textura fu polvosa. En el fondo y en la parte media del sustrato hubo poco crecimiento.

Tratamiento 2. Presencia de micelio en un 80% de la superficie, en la parte media y el fondo hubo poco crecimiento. El color cambio a gris oscuro y la textura siguió polvosa.



12

Tratamiento 1. El micelio cubrió aproximadamente un 95% del total del sustrato.

Tratamiento 2. Recubrimiento del 90% del total del sustrato.

Para ambos tratamientos no hubo cambios en la coloración ni en la textura.

Tabla 6

Tratamiento papa dextrosa en cascarilla de café al 100 y 80% de humectación

Sustrato	Día	Imagen	Descripción
Cascarilla de café	3		
		Tratamiento 1. Aparición de melio muy esporadicamente sobre la superficie, de color blanco transparentoso. Tratamiento 2. Aparición de micelio muy escaso sobre la superficie de color blanco transparentoso.	
	6		
		Tratamiento 1. El micelio siguió siendo muy escaso, no presentó expansión hacia el fondo. El color y textura siguieron iguales. Presentó maduración. Tratamiento 2. Hubo mayor presencia de micelio, pequeños cúmulos blancos y algodonosos, por la parte de los costados del sustrato hubo maduración.	
	9		
		Tratamiento 1. Ya no hubo expansión de micelio, comenzó la maduración y el color cambio a tonos grises y verdes. Tratamiento 2. El micelio ya no se expandió, solo presentó maduración. El color cambió a gris y verde oscuro.	

12



Tratamiento 1. Hubo nuevo crecimiento de micelio, la maduración siguió por la parte de los costados.

Tratamiento 2. El micelio se expandió aproximadamente a un 50% de la superficie, la maduración siguió por los costados.

Tabla 7

Tratamiento papa dextrosa en tazole al 100 y 80% de humectación

Sustrato	Día	Imagen	Descripción
Tazole	3		
		Tratamiento 1. Aparición de micelio escaso. Color blanco y textura algodonosa. Por la parte intermedia y del fondo del sustrato el micelio se presentó en pequeños cúmulos color blanco. Tratamiento 2. El micelio creció de forma esporádica sobre la superficie, en parte creció como pequeños cúmulos blancos. Color blanco y textura algodonosa.	
	6		

Tratamiento 1. El micelio se expandió aproximadamente un 70% sobre la superficie, hubo maduración, por lo que el color cambio a tonos verdes y grises, la textura se hizo más densa. En el fondo también hubo expansión y maduración.

Tratamiento 2. La expansión del micelio se presentó en un 40% de la superficie, presentó maduración, en la mayor parte del sustrato. Los colores cambiaron a tonos grises.



9

Tratamiento 1. El micelio tuvo una expansión del 75% aproximadamente, hubo maduración principalmente en los costados y en la superficie. El color se mantuvo en tonos grises y verdosos.

Tratamiento 2. No hubo cambios significativos, la expansión se mantuvo como en el día 6, los colores variaron de tonos verdosos a grises.



12

Tratamiento 1. El micelio logró expandirse en un 80% sobre la superficie, paredes y el fondo del sustrato. La maduración siguió y los colores se mantuvieron en tonos grises y verdosos.

Tratamiento 2. La propagación del micelio se mantuvo constante desde el día 9, no hubo cambios de coloración ni de textura.

4.1.2.2 Resultados del tratamiento agua al 100 y 80%

Tabla 8

Tratamiento agua en olote de maíz al 100 y 80% de humectación

Sustrato	Día	Imagen y descripción	
Olote de maíz	3		
		Tratamiento 1. Recubrimiento del 50% del micelio por la parte superior, color blanco con textura algodonosa muy escaso. Tratamiento 2. Recubrimiento del 40% del micelio por la parte superior, color blanco y de textura algodonosa.	
	6		
		Tratamiento 1. Recubrimiento del 60% del micelio por la parte superior, invasión a la parte media del sustrato, sin llegar al fondo. Color blanco con tonos amarillentos. Presentó maduración Tratamiento 2. Recubrimiento del 50% del micelio por la parte superior, invasión escasa por la parte interna del sustrato. Color blanco con tonos amarillos. Presentó maduración solo en la parte de los costados.	
	9		

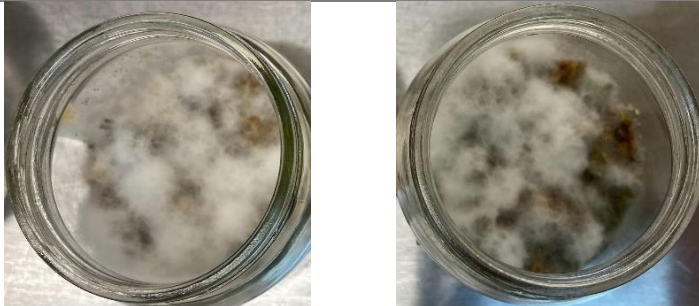
		Tratamiento 1. Recubrimiento del 80% del micelio por la parte superior, llegando hasta el fondo. Color blanco con tonos grisáceos. Presentó maduración en los costados. Tratamiento 2. Recubrimiento del 70% del micelio por la parte superior, escasamente está presente en el fondo. Color blanco con tonos grisáceos. Presentó maduración.
12		Tratamiento 1. Recubrimiento del 95% del micelio por la parte superior, cubre el fondo la mitad del total. Color verdoso por la maduración. La parte superior algodonosa color blanco. Tratamiento 2. Recubrimiento de un 90% del micelio por la parte superior del sustrato, cubre 1 cuarta parte del fondo. Color verdoso por la maduración. La parte superior presenta textura algodonosa de color blanco en partes.

Tabla 9

Tratamiento agua en raquis de plátano al 100 y 80% de humectación

Sustrato	Día	Imagen y descripción	
Raquis de plátano	3		Tratamiento 1. Recubrimiento del 30% del micelio por la parte superior, color blanco con apariencia polvosa. Tratamiento 2. Aparición de pequeños puntos color blanco con textura algodonosa.

6



Tratamiento 3. Recubrimiento del 50% del micelio por la parte superior, invasión a la parte media del sustrato. Color verdoso. Presentó maduración

Tratamiento 4. El micelio se expandió muy poco por la parte superior, no hubo invasión hacia el interior. Color blanco verdoso. Presentó maduración.

9



Tratamiento 3. Recubrimiento del 80% del micelio por la parte superior, llegando hasta el fondo. Color verdoso con tonos grises. Presentó maduración.

Tratamiento 4. Recubrimiento del 60% del micelio por la parte superior, escasamente está presente en el fondo. Color blanco verdoso. Presentó maduración.

12



Tratamiento 3. Recubrimiento del 90% del micelio por la parte superior, cubre el fondo 3 cuartas partes del total. Color verdoso con tonos grises por la maduración.

Tratamiento 4. Recubrimiento de un 85% del micelio por la parte superior del sustrato, cubre 1 cuarta parte del fondo. Color verdoso por la maduración. Textura polvosa.

Tabla 10

Tratamiento agua en cascarilla de café al 100 y 80% de humectación

Sustrato	Día	Imagen y descripción	
Cascarilla de café	3		
		Tratamiento 3. Micelio muy escaso solo en la parte superior. Tratamiento 4. Micelio muy escaso solo en la parte superior.	
	6		
		Tratamiento 3. El micelio se expandió muy poco por los costados. Tratamiento 4. El micelio se hizo mas notable por las partes de las paredes del frasco. Textura algodonosa.	
	9		
		Tratamiento 3. El micelio no logró expandirse por completo sobre el sustrato, pero presentó maduración solo en la parte superior. Tratamiento 4. La presencia de micelio fue muy escasa. Presentó maduración en algunas zonas. Color blanco con tonos grises.	

12



Tratamiento 3. No hubo expansión de micelio desde el día 9. El color cambió a gris y la textura fue la misma.

Tratamiento 4. La expansión se detuvo, el color cambió a gris y la textura fue la misma.

4.1.3 Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico empleando la prueba Tukey ($\alpha=0.05$), mediante el programa SAS donde se obtuvieron las medias de los datos de producción de esporas en los sustratos biológicos, empleando las variables de medio de cultivo: papa dextrosa (PD) con un porcentaje de humedad del 100 y 80%, de igual manera la humectación también se llevó a cabo con agua al 100 y 80% de humedad.

Por lo tanto, en la tabla 11 se puede observar que el tratamiento papa dextrosa al 100 y 80% no muestran diferencias significativas entre ellos, estadísticamente los tratamientos con agua al 100 y 80% son iguales. Sin embargo, como se puede observar en la tabla los resultados en cuanto al tratamiento papa dextrosa al 100% se obtiene $9.06E+08$ de esporas por gramo y con respecto a papa dextrosa al 80% $6.38E+08$. Por lo tanto, el tratamiento que favorece a la producción de esporas es con una humectación del 100%.

En la figura 6 se muestra la comparación de medias de los cuatro tratamientos.

Tabla 11

Medias en la producción de esporas en sustratos individuales

Tratamiento	Producción de esporas
Papa dextrosa 100%	9.06E+08 A
Papa dextrosa 80%	6.38E+08 AB
Agua 100%	3.77E+08 B
Agua 80%	3.58E+08 B
DMSH	4.66E8

Valores con la misma letra dentro de las columnas son iguales de acuerdo a la prueba Tukey a una P de 0.05

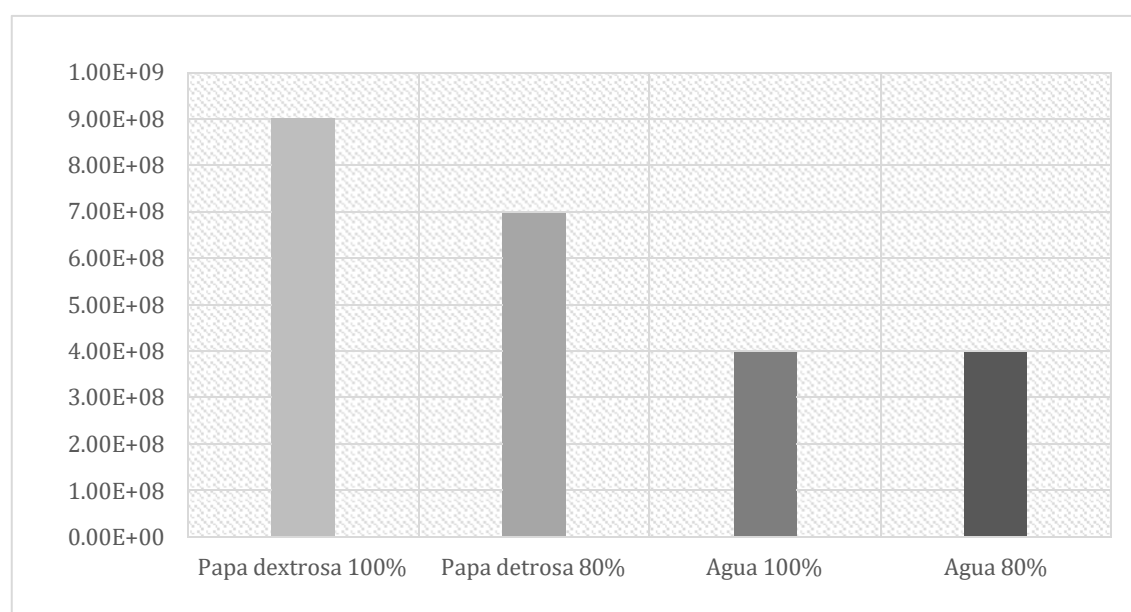
DMHS: Diferencia mínima significativa honesta

Papa dextrosa 100%: Medio de papa dextrosa con humectación al 100%

Papa dextrosa 80%: Medio de papa dextrosa con humectación al 80%

Agua 100%: Medio de agua con una humectación al 100%

Agua 80%: Medio de agua con una humectación al 80%

**Figura 6.** Análisis estadístico mediante la prueba de Tukey

4.1.4 Producción de esporas en sustratos individuales

4.1.4.1 Producción de esporas en olote de maíz

En las figuras 7 y 8 se puede observar como el olote de maíz humectado con el medio papa dextrosa, tuvo mayor respuesta de producción de esporas, si bien, el tratamiento humectado al 100% presentó un crecimiento logarítmico más significativo, con 1.04E+09 de esporas por gramo en el día 10. Por otro lado, el

tratamiento con el 80% de humedad, alcanzó la mayor producción de esporas el mismo día, con una cantidad de $4.93\text{E}+08$.

Los tratamientos humectados con agua presentaron una respuesta baja, el crecimiento fue lento, presentando decadencia en el día 10, aunque para el día 12 presentaron crecimiento de $1.23\text{E}+08$ para el tratamiento humectado al 100% y $1.38\text{E}+08$ para el del 80%.

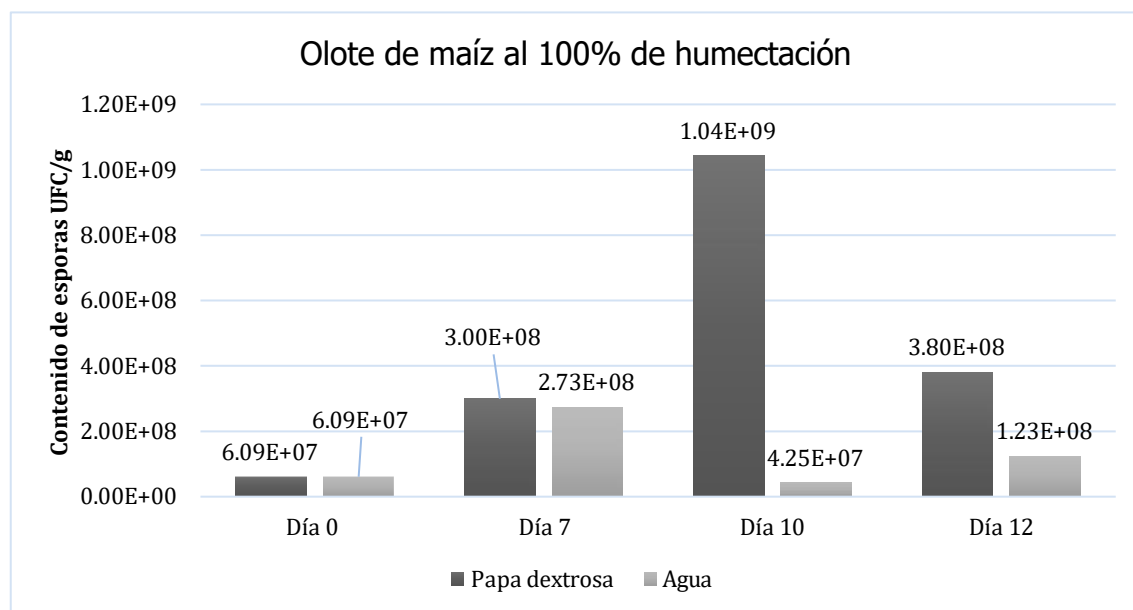


Figura 7. Producción de esporas de la cepa J800 en olote de maíz al 100% de humectación

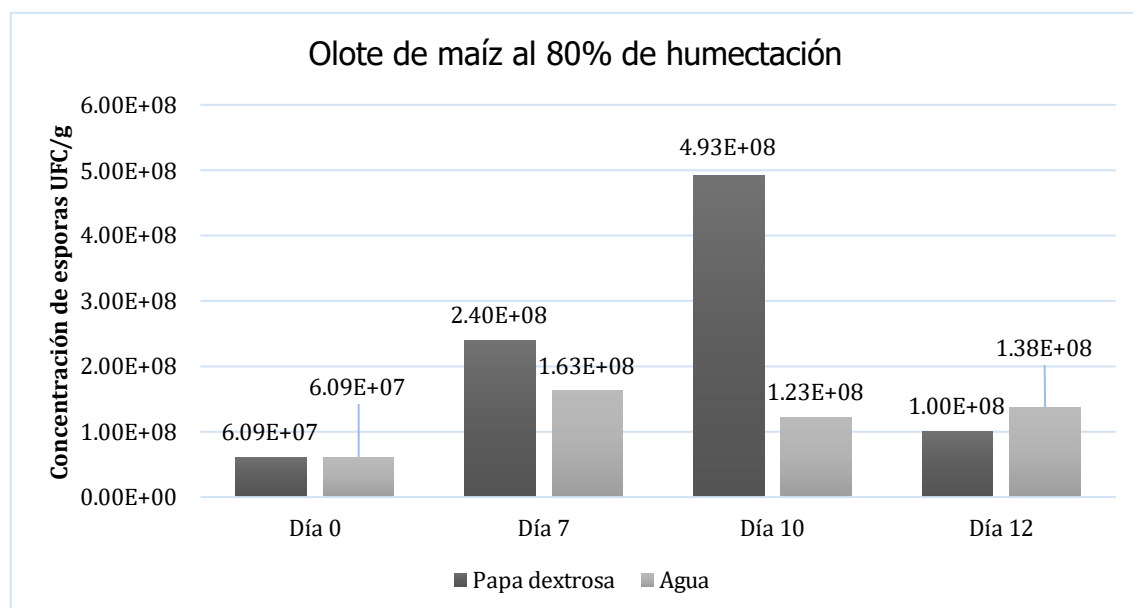


Figura 8. Producción de esporas de la cepa J800 en olote de maíz al 80% de humectación

4.1.4.2 Producción de esporas en raquis de plátano

Las figuras 9 y 10 describen el desarrollo del crecimiento que tuvo la cepa J800 en el raquis de plátano, se puede observar que ambos tratamientos a las dos humedades presentaron resultados satisfactorios. Siendo el tratamiento humectado con el medio papa dextrosa a una humedad del 100% el que mejores resultados mostraron, el día 10 alcanzó su mayor productividad con $1.64\text{E}+09$ de esporas por gramo y mostrando decadencia en el día 12 con una cantidad de esporas de $6.38\text{E}+08$. Haciendo comparación con el tratamiento humectado al 100%, el tratamiento humectado con papa dextrosa al 80% no presentó una diferencia significativa puesto que también alcanzó mayor eficiencia en el crecimiento en el día 10 con $1.17\text{E}+09$ de esporas por gramo.

Por otro lado, también se tiene representación de los tratamientos humectados con agua al 100% y 80% respectivamente. El tratamiento que mejor respuesta de crecimiento tuvo fue el humectado al 80% presentando un crecimiento considerado desde el día 7 en comparación con el de humedad al 100%. Ambos tratamientos presentaron decadencia en el crecimiento para el día 12, con muy poca diferencia entre los dos.

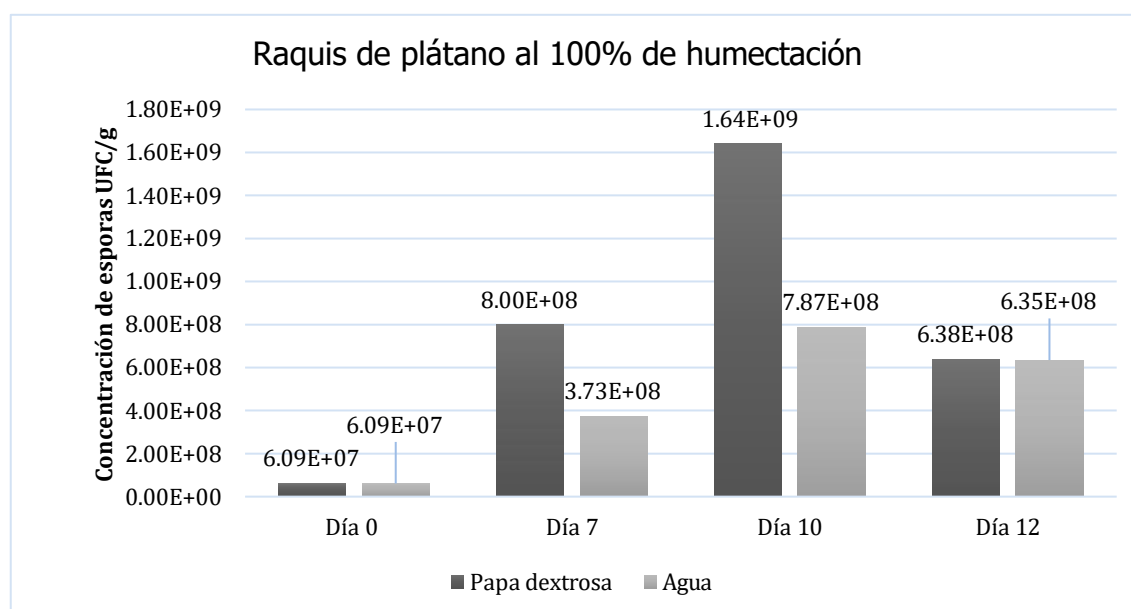


Figura 9. Producción de esporas en la cepa J800 en raquis de plátano al 100% de humectación

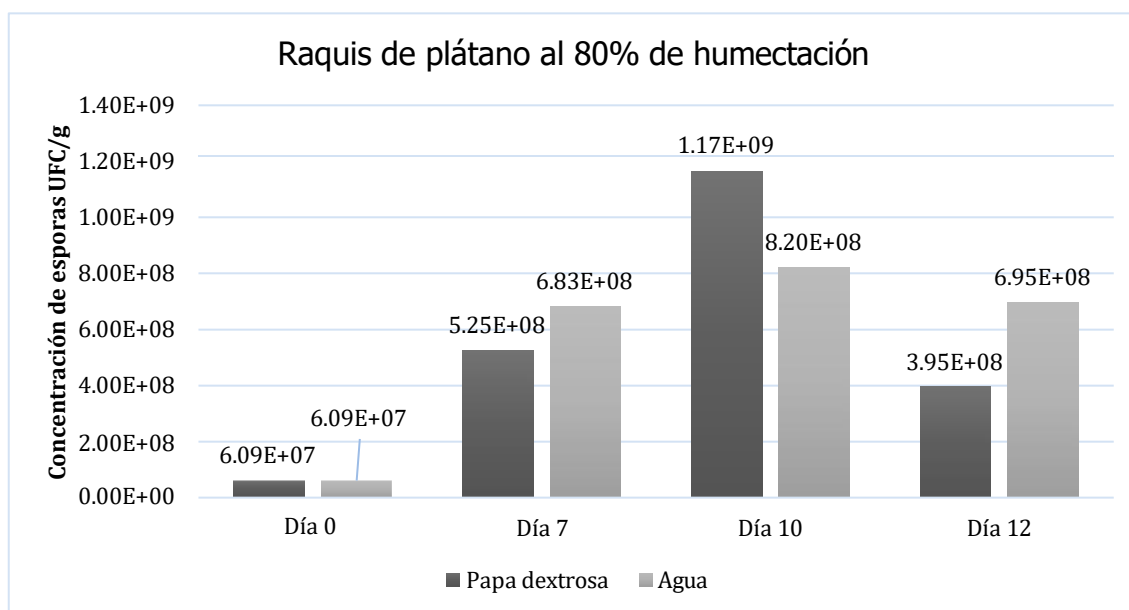


Figura 10. Producción de esporas de la cepa J800 en raquis de plátano al 80% de humectación

4.1.4.3 Producción de esporas en cascarilla de café

Las figuras 11 y 12 se presenta el crecimiento exponencial que tuvo la cascarilla de café con el medio papa dextrosa y agua, al 100 y 80% de humectación respectivamente. Si bien se puede observar cómo se tuvo una mejor respuesta en cuanto a crecimiento para el día 10, en el tratamiento con agua, las dos humedades presentaron una cantidad favorable de esporas.

Por otro lado, el tratamiento papa dextrosa no tuvo tanta decadencia, el crecimiento se mantuvo constante hasta el día 10 en la humedad al 100%. El mayor crecimiento lo obtuvo el tratamiento papa dextrosa al 100% de humedad con 4.10E+08 de esporas por gramo.

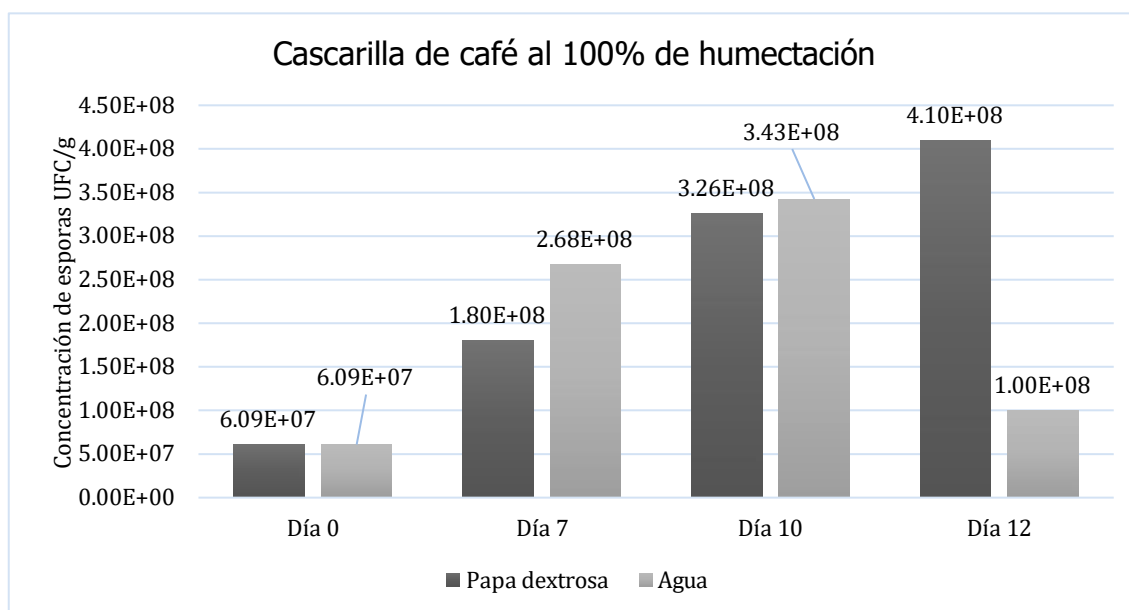


Figura 11. Producción de esporas de la cepa J800 en cascarilla de café al 100% de humectación

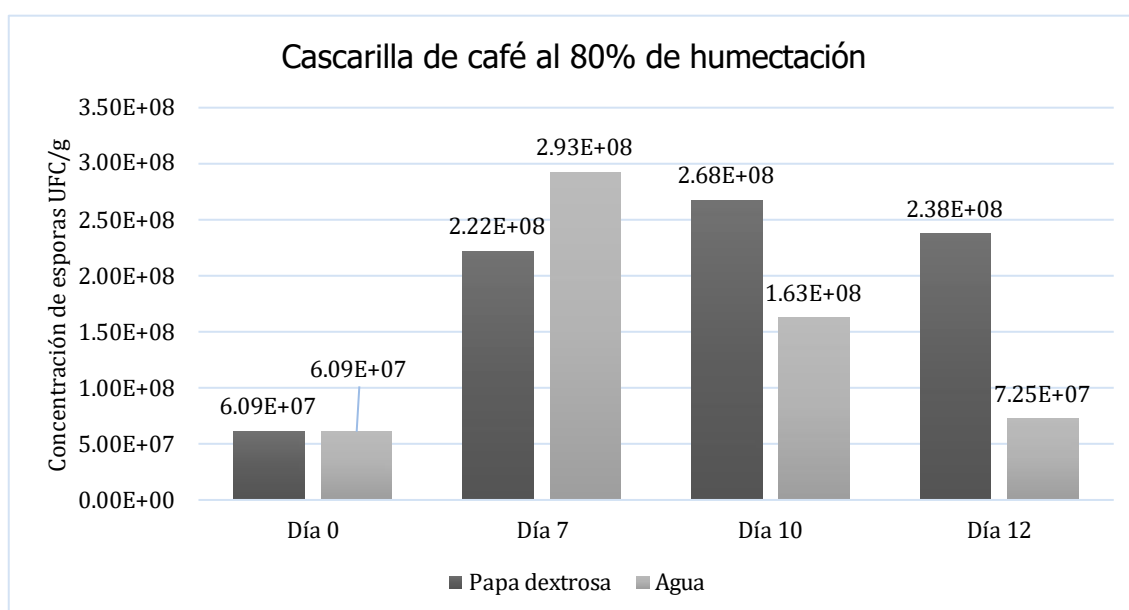


Figura 12. Producción de esporas de la cepa J800 en cascarilla de café al 80% de humectación

4.1.4.4 Producción de esporas en tazole

Las figuras 13 y 14 presentan el crecimiento que tuvo la fermentación del Tazole desde el día 0 hasta el día 12. El tratamiento que tuvo un mayor rendimiento fue

el humectado al 100% con el medio papa dextrosa, mostró un crecimiento sin decadencias, para el día 12 alcanzó $6.33\text{E}+08$ de esporas por gramo de sustrato. El tratamiento humectado con agua también presentó un crecimiento significativo, alcanzaron la mayor productividad el día 10 y no presentaron diferencias entre ambos, si bien, fue el de la humedad al 100% el que presentó la producción más alta, con $3,35\text{E}+08$ de esporas contenidas en un gramo.

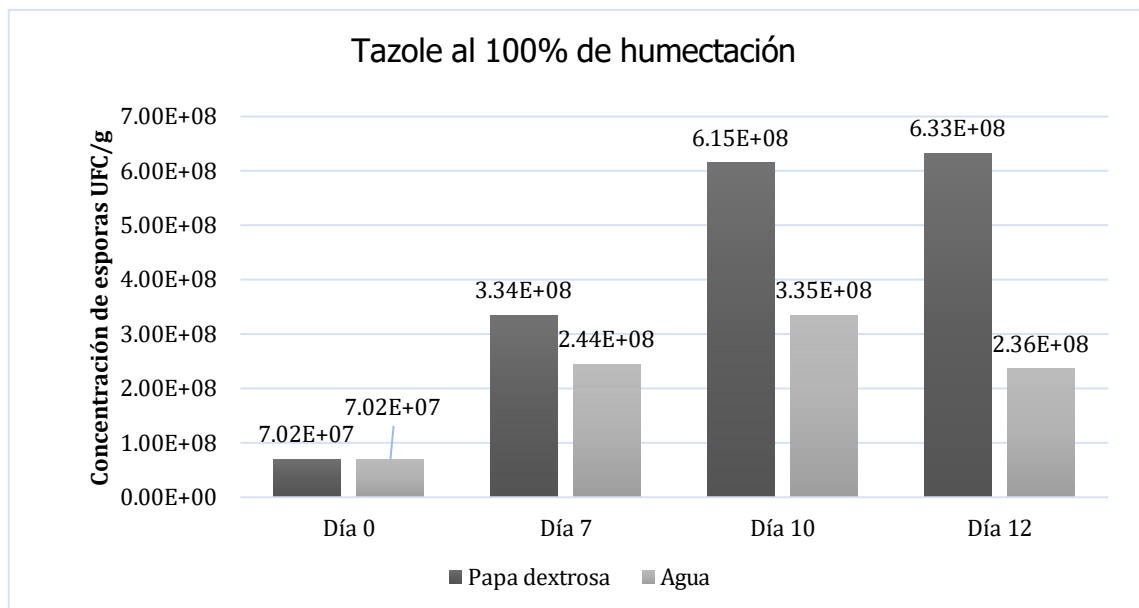


Figura 13. Producción de esporas de la cepa J800 en tazole al 100% de humectación

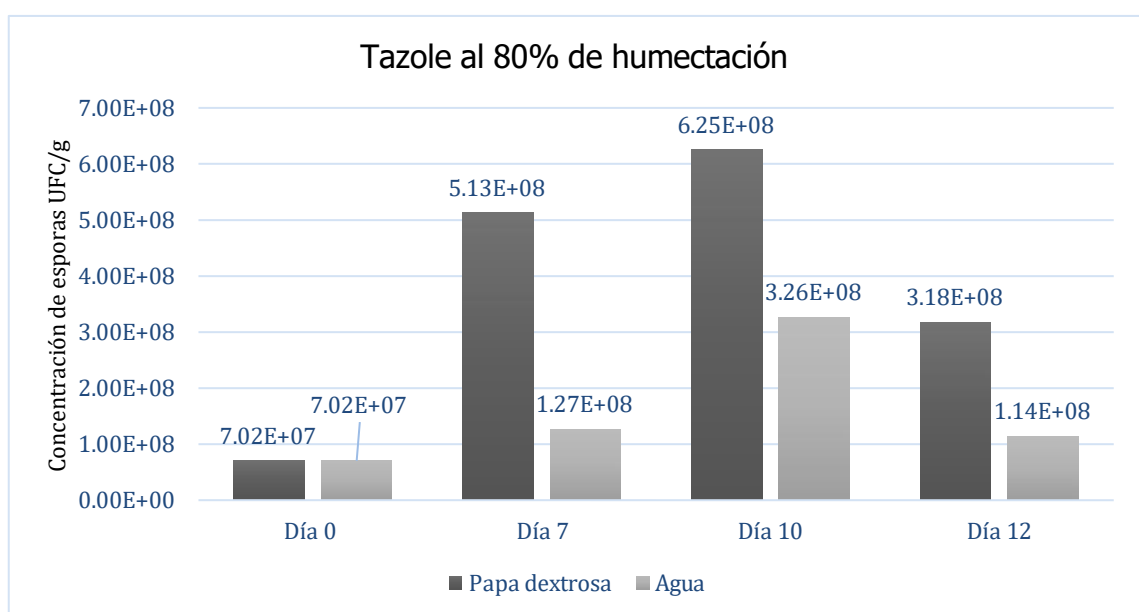


Figura 14. Producción de esporas de la cepa J800 en tazole al 80% de humectación

4.1.5 Resultados cualitativos en mezclas

En los siguientes cuadros se presentan los resultados cualitativos que se observaron durante el día 10 de fermentación sólida en las mezclas de sustratos. Se describe la presencia de micelio de forma visual, así como, la expansión que tuvo por el sustrato.

Tabla 12

Mezclas humectadas al 100% con medio papa dextrosa

Mezcla	Día	Imagen y descripción
Tazole y raquis de plátano	10	 Presencia de micelio color verdoso, con textura y apariencia polvosa. Recubrimiento de un 30% de la superficie y escasamente en el fondo.
Olote de maíz y tazole	10	 Presencia de micelio algodonoso de color blanco en un 50% de la superficie, en la parte intermedia y el fondo

**Olote de
maíz y
raquis de
plátano**

10



Recubrimiento en un 30% de la superficie por pequeños cúmulos color gris verdoso de apariencia polvosa. En el fondo hubo muy poca expansión.

4.1.6 Producción de esporas en mezclas

4.1.6.1 Mezcla 1: Tazole y raquis de plátano

La figura 15 muestra la concentración de esporas (UFC/g) en la mezcla tazole con raquis de plátano al 100% de humedad con medio papa dextrosa. Inicialmente se inoculó con una concentración de $2.90\text{E}+07$ de esporas, pasados 10 días de fermentación se obtuvo una cantidad de $1.76\text{E}+08$ de esporas por gramo de sustrato.

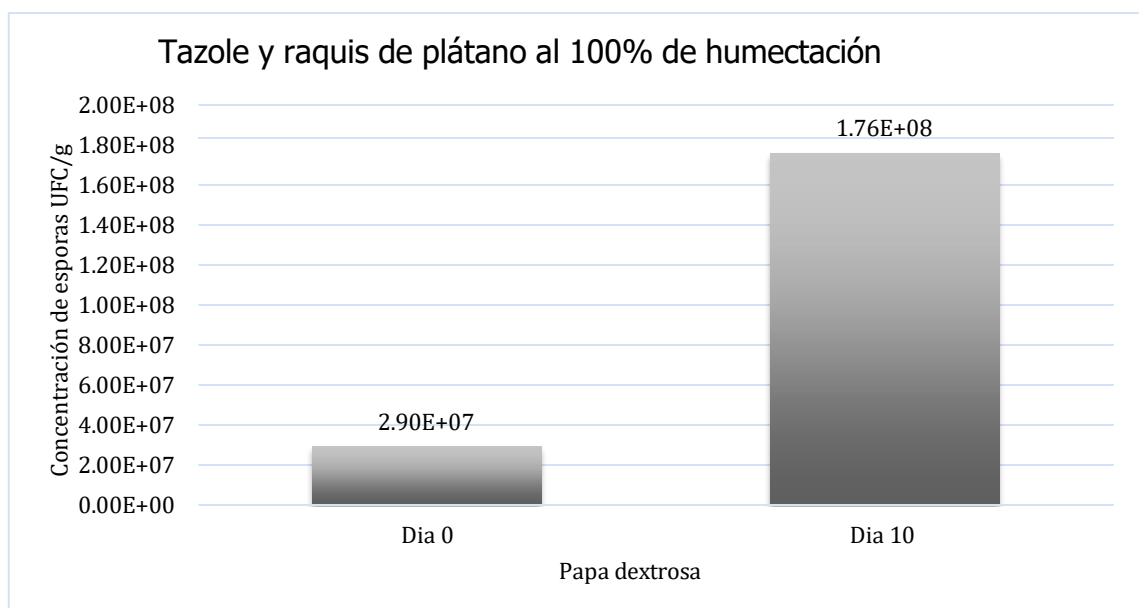


Figura 15. Producción de esporas de la cepa J800 en tazole y raquis de plátano al 100% de humectación

4.1.6.2 Mezcla 2: Olote de maíz y tazole

En la figura 16 se muestra la producción de esporas (UFC/g) de la mezcla de olote de maíz y tazole al 100% de humedad con medio papa dextrosa. La inoculación se inició con una cantidad de esporas de $2.90\text{E}+07$, después de 10 días de fermentación la cantidad final de esporas fue de $5.90\text{E}+07$ por gramo.

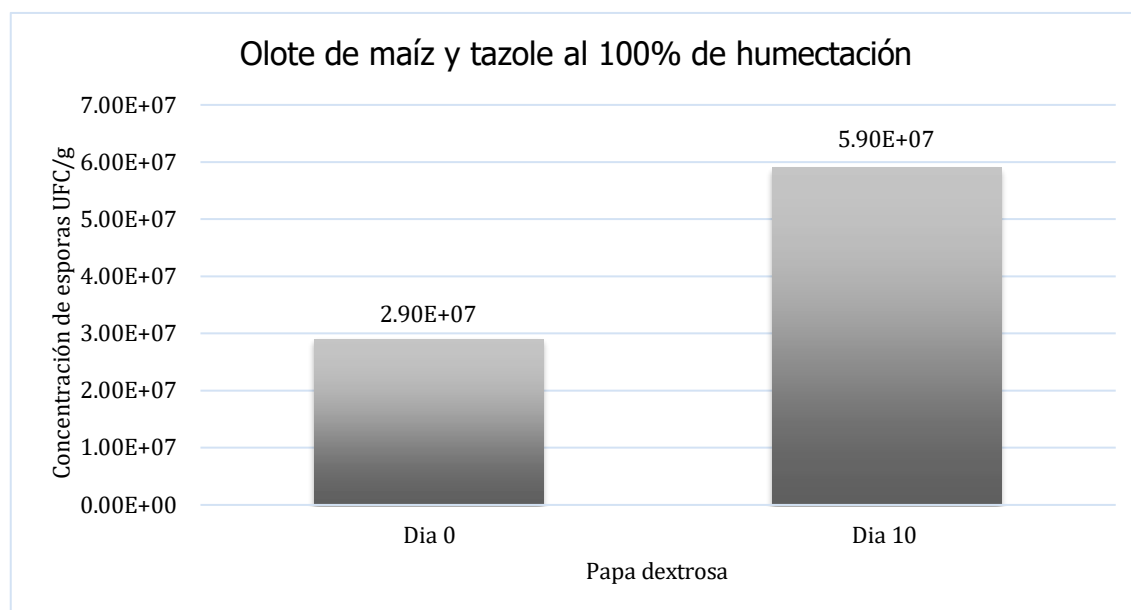


Figura 16. Producción de esporas de la cepa J800 en olote de maíz y tazole al 100% de humectación

4.1.6.3 Mezcla 3: Raquis de plátano y olote de maíz

En la figura 17 se representa la producción de esporas (UFC/g) en la mezcla de raquis de plátano y olote de maíz al 100% de humedad con medio papa dextrosa. Iniciando con una cantidad de esporas de $2.90\text{E}+07$, finalizando la fermentación en el día 10 con una cantidad de esporas de $4.43\text{E}+07$ por gramo de sustrato.

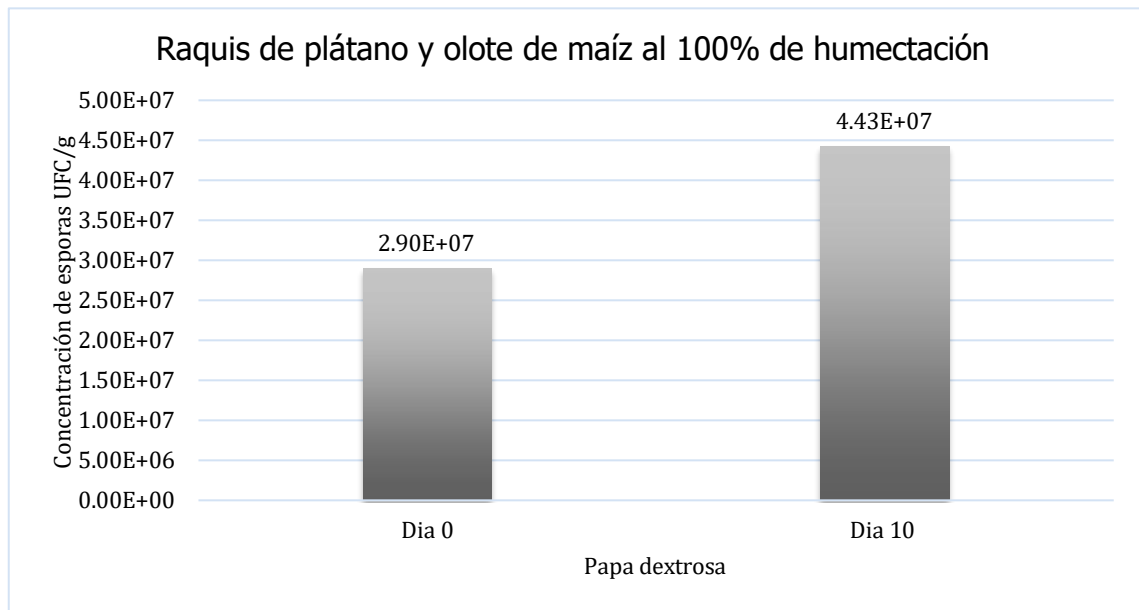


Figura 17. Producción de esporas de la cepa J800 en raquis de plátano y olote de maíz al 100% de humectación

Capitulo V

Conclusiones

5.1 Conclusiones del proyecto

El raquis de plátano humectado al 100% con medio papa dextrosa fue el sustrato que tuvo una mejor respuesta en cuanto a la producción con una cantidad de $1.64E+09$ de esporas por gramo.

Dentro de la evaluación de crecimiento de la cepa J800 se observó que a los 10 días se alcanza una mayor producción de esporas tanto para tratamientos humectados al 100 y 80% con medio papa dextrosa y agua, puesto que después de ese día la curva de crecimiento bajó considerablemente.

El análisis estadístico nos indica que el medio óptimo para la reproducción de la cepa J800 fue el de papa dextrosa al 100% de humectación.

Se descartó la utilización de las mezclas de sustratos en la producción de esporas de la cepa J800 al no tener un crecimiento favorable durante los 10 días de fermentación.

5.2 Conclusiones relativas a los objetivos específicos

Al evaluar los residuos agroindustriales mediante análisis físico-químicos se pudo controlar la fermentación sólida en cuanto a la cantidad en volumen de medio de cultivo con la que se humectó, así como la cantidad de sustrato utilizado para los prototipos planteados. Se hizo una comparación en cuanto a la producción de esporas que se tuvo en cada sustrato dependiendo el medio de cultivo con el que se haya humectado, para así finalmente tener conocimiento del día en que la fermentación sólida dio mejores resultados y elegir un sustrato individual para la producción de esporas.

5.3 Conclusiones relativas al objetivo general

La evaluación de los diferentes residuos agroindustriales obtenidos de la región de Teziutlán ayudó a la comparación de estos mediante diferentes análisis y tratamientos, así como para la elección del sustrato que tuvo una mejor respuesta a la fermentación sólida de la cepa J800.

5.4 Aportaciones originales

La evaluación de residuos agroindustriales de la zona de Teziutlán, para la producción de esporas de hongos filamentosos, poniendo a prueba distintos sustratos secos, comparando la eficiencia que tuvieron durante los días de fermentación sólida.

5.5 Limitaciones

En el tiempo de desarrollo del proyecto se presentaron algunas limitaciones como lo fue la falta de equipos dentro de las instalaciones y la falta de materiales de laboratorio.

Las condiciones climáticas también fueron limitaciones para el desarrollo del proyecto, puesto que al trabajar con hongos filamentosos las temperaturas bajas afectaban su crecimiento, afectando directamente en el cumplimiento de los objetivos.

5.6 Recomendaciones

Se recomienda dar continuidad al proyecto, ya que abre paso a distintas investigaciones que están relacionadas directamente con los temas desarrollados. Así mismo, la finalización de este proyecto es el inicio de muchos más.

Capítulo VI

Competencias desarrolladas

6.1 Competencias desarrolladas y aplicadas

Las competencias desarrolladas a lo largo del proyecto fueron las siguientes:

- Responsabilidad
- Liderazgo y autogestión
- Adaptabilidad
- Pensamiento crítico
- Organización
- Trabajo en equipo
- Gestión del tiempo
- Comunicación asertiva
- Manejo de equipos y materiales de laboratorio

Capítulo VII

Fuentes de información

7.1 Fuentes bibliográficas

Agamez Ramos, E. Y. (2009). Evaluación de sustratos y procesos de fermentación sólida para la producción de esporas de *Trichoderma* sp. *Revista Colombiana de Biotecnología* 10 (2), 23-34. Bogotá, D.C. Colombia, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Ainsworth, G Ci y coli *The Fungii* Vol 3A Academic Press, London, 1968.

Amaro Leal, L., Romero Arenas, O., Rivera, T., & Huerta, L. (2015). Producción de *Trichoderma viride* en diferentes sustratos agrícolas. Paper presented at the V Congreso Latinoamericano de Agroecología-SOCLA (7 al 9 de octubre de 2015, La Plata).

Atarés Huerta, L. (2015) Determinación de la porosidad. ETSIAMN, Universidad Politécnica de Valencia.

Ballardo Matos, C, V. (2016). Valorización de residuos sólidos orgánicos como sustrato para el crecimiento de *Bacillus Thuringiensis* mediante fermentación en estado sólido: aplicación a la fracción orgánica de residuos municipales para la producción de compost con efecto biopesticida. [Tesis Doctorals en Xarxa]. <https://www.tdx.cat/handle/10803/399721>

Benites Bellino, C. M., & Marroquín, L. C. (2015). Producción de *Trichoderma Harzianum* en diferentes sustratos orgánicos. *Portal De La Ciencia*, 4, 68–74. <https://doi.org/10.5377/pc.v4i0.1864>

Bosch A.; Marona R. A. y Yantono O. M. (1995). A Single Descriptive Model of Filamentous Fungi Spore Germination. *Process Biochemistry*. 30, No. 7: 599-606

Camps, M. y Marcos, F. 2008. *Los Biocombustible*. 2º ed. Ediciones Mundi Prensa, Madrid, España. 384 p.

Carrillo, L. (2003). Actividad microbiana. In Microbiología Agrícola (pp. 1–28).

Cepero, M. C., Restrepo, S., & Franco, A. E. (2012). Biología de hongos. Colombia: Universidad de los Andes. Retrieved from <http://www.ebrary.com>

CIMMYT (1995). Manejo de los ensayos e informes de los datos para el Programa de Ensayos Internacionales de Maíz, México DF, ISBN: 970-648-045-5, 20 p.

Costa, M. (2009). Producción de enzima fitasa de *Aspergillus ficuum* con residuos agroindustriales en fermentación sumergida y sobre sustrato sólido. Revista Colombiana de Biotecnología, 11 (1), 73-83. Bogotá, D.C. Colombia, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Covacevich, F., Consolo, V. Manual de protocolos, herramientas para el estudio y manipulación de Hongos Micorrícicos Arbusculares y *Trichoderma*. 1a ed. - Mar del Plata: Universidad Nacional de Mar del Plata, 2014.

De Castro, A.S. (2014). Estudio de alérgenos de polen en la atmósfera de Valladolid. Tesis doctoral. Departamento de Biodiversidad y Gestión Ambiental, Área Botánica, Universidad de León.

Doelle H. W., Mitchell D. A. y Rolz C. E. (1992). Solid Substrate Cultivation. Elsevier Applied Science, London, N. York, Chapter 3, 35

Dorta, B.; Arcas J. A. y Ertola R. J. (1996). Characterization of growth and sporulation of *Metarhizium anisopliae* in solid substrate fermentation. Enzyme and Microbial Technology. 19:434-439

Ertola, R.; Yantorno, O y Mignone, C. (1994). Microbiología Industrial.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 1997. La agroindustria y el desarrollo económico.

Estrada, Salazar, Gloria I.; Ramírez-Galeano, Martha C. Micología general. 1ed. Manizales (Colombia): Centro Editorial Universidad Católica de Manizales, 2019, ISBN 978-958-52337-1-3, 40 p.

Fernández-Larrea, V. O. 2004. Tecnologías para la producción de biopesticidas a base de hongos entomopatógenos y su control de la calidad. Laboratorio de Hongos Entomopatógenos. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV). La Habana Cuba.

Fonseca, Sergio D.; Rodríguez, Hugo A.; Camargo, Gabriel CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE MAÍZ DEL MUNICIPIO DE VENTAQUEMADA, COLOMBIA Avances en Ciencias e Ingeniería, vol. 8, núm. 2, abril-junio, 2017, pp. 29-36 Executive Business School La Serena, Chile
Disponibile en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323652282004>

Gayosso-Rodríguez, S., Borges-Gómez, L., Villanueva-Couoh, E., Estrada-Botello, A., Garruña-Hernández R. (2016). Sustratos para producción de flores. Agrociencia 50: 617-631 pp.

Grande Tovar, C, D. (2016). VALORACIÓN BIOTECNOLÓGICA DE RESIDUOS AGRÍCOLAS Y AGROINDUSTRIALES (pp. 85 - 103). Bonaventuriana. Recuperado de: <http://45.5.172.45/bitstream/10819/4588/1/9789588785813.pdf>

Godínez, S. (2009). Utilización de sustratos naturales en la propagación de cepas de hongos filamentosos. Ciencia y Tecnología de Alimentos Vol. 12, No. 2, 2002. Ciudad de La Habana, Cuba: D - Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria.

Gutiérrez M. y col. Escalamiento de Procesos con Fermentación Sólida. En curso avanzado sobre procesos Biotecnológicos. Itto. de Biotecnología UNAM, Cuernavaca, México, octubre, 1995.

Guzman G., Mata G., Salmenes D., Soto Velazco C. y Guzman Davalos L. 1993. El cultivo de los hongos comestibles. 100pp.

Herrera Estrella, A.; Carsolio, C., "Medio ambiente y control biológico y hongos parásitos", en Avances y Perspectivas, vol. XVII, México, julio- agosto de 1998.

ISAAC, S. 1992. Fungal - Plant Interactions. Chapman & Hall, Londo, New York, Tokyo, Melbourne, Madras.

Kavangh, K., Ed. 2005. Fungi Biology anda Applications. John Wiley & Sons, Ltd. Inglaterra.

Kendrick, B. 2000. The Fifth kingdom. Third Edition. Focus Publishing. Massachusetts, EUA. 373 pg.

KNOB, A. & CANO-CARMONA, E. (2010). Purification and characterization of two extracelular xylanases from *Penicillium sclerotiorum*: A novel acidophilic xylanase. *Appl Biochem Biotechnol*, 162, 429-443.

Lambrakir M., S. Marakis and S. ROUSSOS, *Micol. Neotrop. Apl.*, 7, 23 (1994).
Lizardi-Jiménez, M. A., & Hernández-Martínez, R. (2017). Solid state fermentation (SSF): diversity of applications to valorize waste and biomass. *3 Biotech*, 7(1).
<https://doi.org/10.1007/s13205-017-0692-y>

LUNA-VEGA, A., GARCÍA-SAHAGÚN, M., PIMIENTA-BARRIOS, E & RODRÍGUEZ-GUZMÁN, E. (2019). Evaluación, Física, Química y Biológica de compostas tipo bocashi elaboradas con estiércol de bovino, ovino, cerdo y conejo más una vermicomposta. *Revista de energía Química y Física*, 6(20), 33-40

McDOWELL, R.E. 1977. Bases biológicas de la producción animal en " ' zonas tropicales. Pedro Ducar Maluenda. Zaragoza, España. Acribia. p. 249 - 250.

Martins, S., Mussatto, S. I., Martínez-Avila, G., Montañez-Saenz, J., Aguilar, C. N., & Teixeira, J. A. (2011). Bioactive phenolic compounds: Production and extraction by solid-state fermentation. A review. *Biotechnology Advances*, 29(3), 365–373. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2011.01.008>

Mosquera Mosquera, H. R. (2019). *Morfología del Polinario: polen y esporas*. Ibagué, Sello Editorial Universidad del Tolima.

Mussatto, S. I., Aguilar, C. N., Rodrigues, L. R., & Teixeira, J. A. (2009). Colonization of *Aspergillus japonicus* on synthetic materials and application to the production of fructooligosaccharides. *Carbohydrate Research*, 344(6), 795–800. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2009.01.025>

Orio, E., M. Raimbault, S. Roussos and G. Viniegra-Gonzales, *Appl. Microbiol. Biotechnol.* , 27, 498 (1988).

Oriol E., Raimbault M., Roussos S., Viniegra G. (1988). Water and water activity in the solid state fermentation of cassava starch by *Aspergillus niger*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 27: 498-503.

Pastrana L. *Fundamentos de la fermentación en estado sólido y aplicación a la industria alimentaria*. Ciencia y Tecnología Alimentaria. 1996

Pelczar, M., Reid, R. 1996. *Microbiología*. Cuarta edición. Editorial McGraw Hill. México D.F. 458 pg.

Pire, R. y Pereira A. (2003). *Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela*. Propuesta Metodológica. Bioagro.

Pointner, M., Kuttner, P., Obtrlik, T., Jäger, A., Kahr, H. (2014). Composition of corncobs as a substrate for fermentation of biofuels. *Agronomy, Research*, 12(2), 391-396.

Raimbault M.y Alazard D.(1980a). Culture Method to study fungal growth in solid state fermentation. Europ. J. Appl. Microbiol. Biotechn., 9: 199-209.

Ramos, E. Y. A., Navarro, R. I. Z., Zumaqué, L. E. O., y Violeth, J. L. B. 2008. Evaluación de sustratos y procesos de fermentación sólida para la producción de esporas de *Trichoderma* sp. Revista Colombiana de Biotecnología, Vol. X, Núm. 2, pp. 23- 34.

Rathbun B. L. y Schuler M. L. (1983). Heat and mass transfer effects in static-substrate fermentations chambers. Biotechnol. And Bioeng. 25: 929-938

Restrepo A, Rodríguez E y Manjarrés K. 2011. Cortezas de naranja comestibles: una aproximación al desarrollo de productos con valor agregado a partir de residuos agroindustriales.

Restrepo, R. J. 1978. Caracterización física y química de los frutos del café. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. (INCAP).

Rosas D, Ortiz H, Herrera J y Leyva O. 2016. Revalorización de algunos residuos agroindustriales y su potencial de aplicación a suelos agrícolas. Agroproductividad, 9(8):18-23.

S. Tan, S. P. Kusumocahyo y D. I. Widiputri, «Pulverization of coffee silverskin extract as a source of antioxidant,» Tangerang, 2016.

Saucedo-Castañeda G., M. GutierrezRojas, G. Bâcquet, Raimbault M. and G Viniegra-Gonzalez, Biotechnol. Bioeng., 35, 802 (1990).

Saucedo-Castañeda, G.; Gutiérrez-Rojas, M.; Bacquet, G.; Raimbault, M. y Viniegra-González, G. (1990). Heat Transfer Simulation in Solid Substrate Fermentation. Biotechnol. Bioeng.

Saval S. 2012. Aprovechamiento de residuos agroindustriales: pasado, presente y futuro. *Bio-Tecnología*, 16(2):14-16.

Serna, J. A.; Torres, L.; Martínez, K. y Hernández, M. C. 2018, Aprovechamiento de la pulpa de café como alternativa de valorización de subproductos, Programa académico de Ingeniería Agroindustrial Universidad la Gran Colombia, Colombia.

Solomon Pearl E., Berg L. R., Martin D. W. y Villee C. 2000. *Biología de Ville*. Cuarta edición. Mc. Graw Hill. 1305pp.

Solomon, E., et.al. 1987. *Biología*. Mc Graw Hill. México. Triana Moreno, L.A. (2012). Caracteres morfológicos en esporas de Polypodiaceae y su implicación en la reconstrucción filogenética. *Bol.cient.mus.hist.nat.* 16(2):53-59

Velmurugan, P., Hur, H., Balachandar, V., Kamala-Kannan, S., Lee, K.-J., Lee, S.-M., Oh, B.-T. (2011). Monascus pigment production by solid-state fermentation with corn cob substrate. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 112(6), 590–594

Capitulo VIII

Anexos

8.1 Anexos

 **EDUCACIÓN**
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

  **TECNOLOGICO**
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán

Asunto: **Asignación de Asesor(a), Comisión Revisora, Entrega de Trabajo Profesional y Dictamen**

Teziutlán, Puebla, **15/enero/2024**

Asesor(a): **JACQUELIN LEON BAEZ**
Integrante de Comisión Revisora: **DULCE MARIA HERNANDEZ DEGANTE**
Integrante de Comisión Revisora: **ELIZABETH LIBREROS SIMON**
Presentes

Por este medio me permito informar que ha sido asignado como asesor(a) y comisión revisora del trabajo profesional que se convertirá en Tesis de:

Alumno(a): **ANDRADE HERRERA MARIA DEL ROSARIO**
Apellido paterno/materno/nombre (s)

Número de Control: **18TE0487** Licenciatura o Posgrado: **INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Plan: **2010** Correo Electrónico: **L18TE0487@TEZIUTLAN.TECNM.MX**

Cuyo tema es: **EVALUACIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES PARA LA PRODUCCIÓN DE ESPORAS DE HONGOS FILAMENTOSOS DE APLICACIÓN AGRÍCOLA**

25 palabras (máximo)

Se ha enviado a su correo institucional el trabajo profesional o de grado, por lo cual la comisión revisora tendrá 5 días hábiles para realizar las observaciones al alumnado, el/la interesado(a) tendrá igualmente 5 días para corregir y las enviará al correo electrónico institucional de la comisión revisora, agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de licenciatura o de posgrado de nuestro alumnado egresado.

Dictamen de Comisión Revisora, Aprobación de Impresión o Grabación y Autorización para subirla al Repositorio del TecNM

Siendo el día: **8 de febrero de 2024** se reunieron los miembros de la comisión para revisar el trabajo asignado y una vez analizado se decidió liberarlo y aprobarlo para su grabación y programación de examen profesional.

JACQUELIN LEON BAEZ
Nombre y Firma del(a) Asesor(a)

DULCE MARIA HERNANDEZ DEGANTE
Nombre y Firma de integrante de la Comisión Revisora

ELIZABETH LIBREROS SIMON
Nombre y Firma de integrante de la Comisión Revisora

MYRIAM SANCHEZ PEREZ
Subdirección Académica

R08/06/2023
Folios: 48

GOBIERNO DEL ESTADO
S.E.P.
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TEZIUTLÁN
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA

F-SAC-18

Fracción I y II s/n Aire Libre, Teziutlán, Puebla, C.P. 73960 Tels. 231 311 4000 / 4001 / 4002 / 4003
e-mail: itateziutlan@hotmail.com | www.teziutlan.tecnm.mx

 **2024**
Felipe Carrillo
PUERTO

Dictamen. Fuente: Subdirección académica ITST, 2024.

LICENCIA DE USO OTORGADA POR María del Rosario Andrade Herrera, de nacionalidad Mexicana, mayor de edad, con domicilio ubicado en la calle Tepeyac No.3, Barrio de Xoloco, Teziutlán Puebla, en mi calidad de titular de los derechos patrimoniales y morales y autor(a) de la tesis denominada "Evaluación de residuos agroindustriales para la producción de esporas de hongos filamentosos de aplicación agrícola" en adelante "LA OBRA" quien para todos los fines del presente documento se denominará "EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR", a favor del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán del Tecnológico Nacional de México, la cual se registrará por las cláusulas siguientes:

PRIMERA –OBJETO: "EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR", mediante el presente documento otorga al Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán del Tecnológico Nacional de México, licencia de uso gratuita e indefinida respecto de "LA OBRA", para almacenar, preservar, publicar, reproducir y/o divulgar la misma, con fines académicos, por cualquier medio en forma física y a través del repositorio institucional y del repositorio nacional, éste último consultable en la página: (<https://www.repositorionacionalcti.mx/>).

SEGUNDA - TERRITORIO: La presente licencia se otorga, de manera no exclusiva, sin limitación geográfica o territorial alguna, de manera gratuita e indefinida.

TERCERA –ALCANCE: La presente licencia contempla la autorización para formato uso de "LA OBRA" en cualquier formato o soporte material y se extiende a la utilización, de manera enunciativa más no limitativa a los siguientes medios: óptico, magnético, electrónico, virtual (en red), mensaje de datos o similar, conocido o por conocerse.

CUARTA – EXCLUSIVIDAD: La presente licencia de uso aquí establecida no implica exclusividad en favor del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán; por lo tanto, "EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR" conserva los derechos patrimoniales y morales de "LA OBRA", objeto del presente documento.

QUINTA – CRÉDITOS: El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán y/o el Tecnológico Nacional de México reconoce que "EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR" es el(la) único(a), primigenio(a) y perpetuo(a) titular de los derechos morales sobre "LA OBRA"; por lo tanto, siempre deberá otorgarle los créditos correspondientes por la autoría de la misma.

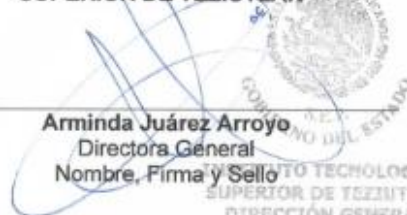
SEXTA – AUTORÍA: "EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR" manifiesta ser el(la) único(a) titular de los derechos de autor que derivan de "LA OBRA" y declara que el material objeto del presente fue realizado por él(ella), sin violentar o usurpar derechos de propiedad intelectual de terceros; por lo tanto, en caso de controversia sobre los mismos, se obliga a ser el(la) único(a) responsable. Dado en la Ciudad de Teziutlán, Puebla, al primer día del mes febrero de 2024.

"EL(LA) AUTOR(A) Y/O
EL(LA) TITULAR",



María del Rosario Andrade Herrera
Nombre y Firma

"EL INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE TEZIUTLÁN"



Arminda Juárez Arroyo
Directora General
Nombre, Firma y Sello

Licencia de uso. Fuente: Subdirección académica ITST, 2024.

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico Superior de Tezuitlán

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL(LA) AUTOR(A) PARA LA CONSULTA Y PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

El que suscribe:

MARIA DEL ROSARIO ANDRADE HERRERA

Con Número de
Control

ISTE0487

Pertenece al
Programa Educativo

INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Por este conducto me permito informar que he dado mi autorización para la consulta y publicación electrónica del trabajo de investigación en los repositorios académicos.

Registrado con el
producto:

TESIS

Cuyo Tema es:

**EVALUACIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES PARA LA PRODUCCIÓN DE ESPORAS DE HONGOS
FILAMENTOSOS DE APLICACIÓN AGRÍCOLA**

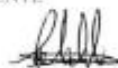
Correspondiente al periodo:

AGOSTO-DICIEMBRE 2023

Y cuyo(a) director(a) de tesis es:

DRA. JACQUELIN LEÓN BÁEZ.

ATENTAMENTE



MARIA DEL ROSARIO ANDRADE HERRERA

Nombre y firma

Fecha de emisión: 01/02/2024
c.e.p. Subdirección Académica

Carta de autorización. Fuente: Subdirección académica ITST, 2024.



Acondicionamiento de la materia prima



Preparación de muestras para secar



Parrilla de agitación



Horno de secado

Índice de imágenes

Imagen 1. Secado de residuos agroindustriales.....	27
Imagen 2. Filtrado de raquis de plátano	28
Imagen 3. Filtrado de cascarilla de café	28
Imagen 4. Cascarilla de café con el volumen de agua utilizado	29
Imagen 5. Filtrado por triplicado	29
Imagen 6. Raquis de plátano.....	30
Imagen 7. Tazole.....	30
Imagen 8. Cepa J800.....	30
Imagen 9. Reposo de tazole en agua destilada	31
Imagen 10. Lectura de pH en tazole	31
Imagen 11. Ajuste de pH en medio de cultivo PDA.....	33
Imagen 12. Placas Petri con PDA	33
Imagen 13. Siembra de la cepa J800	33
Imagen 14. Placa Petri con la cepa J800	33
Imagen 15. Raspado de micelio	34
Imagen 16. Recolecta de micelio de la cepa J800.....	34
Imagen 17. Toma de muestra del concentrado	35
Imagen 18. Alícuota en cámara de Neubauer	35
Imagen 19. Humectación de muestras	36
Imagen 20. Frascos en autoclave para esterilizar	36
Imagen 21. Inoculación de muestras	38
Imagen 22. Agitación de sustrato para el desprendimiento de esporas	39

Índice de figuras

Figura 1. Porcentaje de humedad inicial.....	42
Figura 2. Porcentaje de retención de humedad	43
Figura 3. Porcentaje de porosidad.....	44
Figura 4. Densidad aparente....	45
Figura 5. pH....	46

Figura 6. Análisis estadístico mediante la prueba de Tukey	58
Figura 7. Producción de esporas de la cepa J800 en olote de maíz al 100% de humectación.....	59
Figura 8. Producción de esporas de la cepa J800 en olote de maíz al 80% de humectación	59
Figura 9. Producción de esporas de la cepa J800 en raquis de plátano al 100% de humectación.....	60
Figura 10. Producción de esporas de la cepa J800 en raquis de plátano al 80% de humectación	61
Figura 11. Producción de esporas de la cepa J800 en cascarilla de café al 100% de humectación	62
Figura 12. Producción de esporas de la cepa J800 en cascarilla de café al 80% de humectación.....	62
Figura 13. Producción de esporas de la cepa J800 en tazole al 100% de humectación.....	63
Figura 14. Producción de esporas de la cepa J800 en tazole al 80% de humectación.....	63
Figura 15. Producción de esporas de la cepa J800 en tazole y raquis de plátano al 100% de humectación.....	65
Figura 16. Producción de esporas de la cepa J800 en olote y tazole al 100% de humectación	66
Figura 17. Producción de esporas de la cepa J800 en tazole y raquis de plátano al 100% de humectación.....	67

Índice tablas

Tabla 1. Humectación de sustratos	36
Tabla 2. Volumen de inóculo utilizado por sustrato y cantidad de esporas que contiene.....	37
Tabla 3. Humectación de muestras	40
Tabla 4. Tratamiento 1 y 2. Papa dextrosa al 100 y 80% de humectación en olote de maíz.....	46
Tabla 5. Tratamiento 1 y 2. Papa dextrosa al 100 y 80% de humectación en raquis de plátano.....	48

Tabla 6. Tratamiento 1 y 2. Papa dextrosa al 100 y 80% de humectación en cascarilla de café.....	50
Tabla 7. Tratamiento 1 y 2. Papa dextrosa al 100 y 80% de humectación en tazole	51
Tabla 8. Tratamiento 3 y 4. Agua al 100 y 80% de humectación en olote de maíz...	53
Tabla 9. Tratamiento 3 y 4. Agua al 100 y 80% de humectación en raquis de plátano...	54
Tabla 10. Tratamiento 3 y 4. Agua al 100 y 80% de humectación en cascarilla de café...	56
Tabla 11. Análisis estadístico en tratamientos.....	58
Tabla 12. Mezclas humectadas al 100% con papa dextrosa	64