



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**Centro Interdisciplinario de Investigación para el
Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango**

Valoración de los residuos generados en el cultivo de
hongos (*Pleurotus* spp) como biofertilizante para la
producción de plántulas de chile (*Capsicum annuum*)

TESIS

Que para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Gestión Ambiental

PRESENTA

Jaime Herrera Gamboa

DIRECTORES DE TESIS

M.C. Néstor Naranjo Jiménez

Dr. René Torres Ricario



Victoria de Durango, Dgo., Junio 2016



SIP-14-BIS

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Durango, Dgo. siendo las 12:30 horas del día 31 del mes de Mayo del 2016 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del: CIIDIR-IPN Unidad Durango para examinar la tesis titulada:
Valoración de los residuos generados en el cultivo de hongos (*Pleurotus spp*) como biofertilizante para la producción de plántulas de chile (*Capsicum annuum*)

Presentada por el alumno:

HERRERA

GAMBOA

JAIME

Apellido paterno

Apellido materno

Nombre(s)

Con registro:

B	1	4	0	7	4	3
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis


M. EN C. NÉSTOR NARANJO JIMÉNEZ

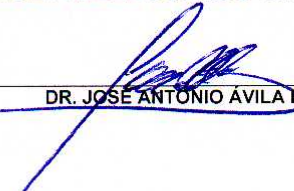

DR. RENE TORRES RICARIO


M. EN C. JOSÉ NATIVIDAD URIBE SOTO


DR. RAUL DIAZ MORENO


DRA. NORMA ALMARAZ ABARCA

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES


DR. JOSÉ ANTONIO ÁVILA REYES


CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACIÓN PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.I.D.I.R.
UNIDAD DURANGO
I.P.N.



SIP-13-BIS

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REGISTRO DE TEMA DE TESIS Y DESIGNACIÓN DE DIRECTORES DE TESIS

México, D.F. a 9 de mayo del 2016

El Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR-IPN Durango en su sesión extraordinaria No. 2 celebrada el día 6 del mes de mayo conoció la solicitud presentada por el(la) alumno(a):

HERRERA

Apellido paterno

GAMBOA

Apellido materno

JAIME

Nombre (s)

Con registro:

B	1	4	0	7	4	3
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de: Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental

1.- Se designa al aspirante el tema de tesis titulado:

Valoración de los residuos generados en el cultivo de hongo (*Pleurotus* spp) como biofertilizante para la producción de plántulas de chile (*Capsicum annuum*)

De manera general el tema abarcará los siguientes aspectos:

2.- Se designan como Directores de Tesis a los Profesores:

M. en C. Néstor Naranjo Jiménez y Dr. René Torres Ricario3.- El trabajo de investigación base para el desarrollo de la tesina será elaborado por el alumno en:
El CIIDIR-IPN Unidad Durango

que cuenta con los recursos e infraestructura necesarios.

4.- El interesado deberá asistir a los seminarios desarrollados en el área de adscripción del trabajo desde la fecha en que se suscribe la presente hasta la aceptación de la tesis por la Comisión Revisora correspondiente:

Directores de Tesis

M. en C. Néstor Naranjo Jiménez

Aspirante

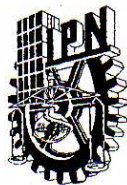
Lic. Jaime Herrera Gamboa

Presidente del Colegio

Dr. José Antonio Ávila Reyes



CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACIÓN PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.I.D.I.R.
UNIDAD DURANGO
I.P.N.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de México, D.F. el día **31** del mes de **Mayo** del año **2016**, el que suscribe **Jaime Herrera Gamboa** alumno del Programa de **Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental**, con número de registro **B140743**, adscrito al **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, CIIDIR-IPN Unidad Durango**, manifiesta que es el autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del **M. en C. Néstor Naranjo Jiménez** y del **Dr. Rene Torres Ricario** y cede los derechos del trabajo titulado **“Valoración de los residuos generados en el cultivo de hongos (*Pleurotus* spp) como biofertilizante para la producción de plántulas de chile (*Capsicum annuum*)”**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o directores del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a las siguientes direcciones gherrera-j@hotmail.com, nnestor2@yahoo.com.mx y renetr27@gmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


JAIME HERRERA GAMBOA

LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE REALIZO EN EL CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL UNIDAD DURANGO, BAJO LA DIRECCIÓN DEL M. EN C. NÉSTOR NARANJO JIMÉNEZ Y EL DR. RENÉ TORRES RICARIO.

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por haberme otorgado una beca (633707) para cursar mis estudios de maestría.

Y al Instituto Politécnico Nacional por otorgarme la beca de estímulo institucional de formación de investigadores (BEIFI).

Al CIIDIR-IPN unidad Durango, por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios de maestría.

A mis padres, mi hermana, mis tíos/as que siempre me han apoyado a seguir superándome y han creído en mí en todo lo que me he propuesto alcanzar. Anabel por su apoyo incondicional, consejos y acompañarme en todo momento.

En especial al M. en C. Néstor Naranjo Jiménez, por haberme mostrado la luz, contribuir en mi formación; su amistad, enseñanzas profesionales y personales, confianza, apoyo y asesoramiento durante estos dos años para poder concluir esta investigación.

Al Dr. Jesús Herrera Corral por su amistad, enseñanzas personales y profesionales, sin tener obligación contribuyo en la realización de esta investigación.

A mi amigo y co-director Dr. René Torres Ricario, por su gentileza, ayuda y consejos.

A todos mis cuates de Biotecnología; M. en C. José Natividad Uribe Soto, M.C. Amanda Delgado, I.B.Q. Ana Chaidez, I.B.Q. Margarita Castillo, por su tolerancia, asesoramiento, amistad, dedicación y apoyo, así como también al comité revisor.

A todos mis compañeros de MCGA generación 2014-2016 y laboratorio.

Y a todas aquellas personas que contribuyeron indirecta o directamente a la realización del presente trabajo.

ÍNDICE

GLOSARIO.....	i
ABREVIATURAS Y ACRONIMOS.....	ii
RELACIÓN DE FIGURAS.....	iii
RELACIÓN DE TABLAS.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
I ANTECEDENTES.....	3
1.1 Generalidades de los hongos.....	3
1.2 Importancia ecológica de los hongos.....	3
1.3 Degradación de la lignina.....	4
1.4 Los hongos de la pudrición blanca.....	5
1.5 <i>Pleurotus</i> spp.....	5
1.6 Aprovechamiento de desechos agroindustriales y forestales en cultivo de hongos comestibles.....	6
1.7 Producción de hongos en el mundo.....	7
1.7.1 Producción nacional.....	8
1.7.2 Producción regional.....	9
1.8 Residuos post-cosecha de hongos comestibles como biofertilizantes.....	10
1.9 Importancia de los aportes orgánicos en el suelo.....	12
1.10 Los microorganismos en la fertilidad del suelo.....	13
1.10.1 Microorganismos fijadores de nitrógeno o diazótrofos.....	13
II JUSTIFICACIÓN.....	15
III OBJETIVOS.....	16

3.1 Objetivo general.....	16
3.2 Objetivos específicos.....	16
IV HIPÓTESIS.....	17
V MATERIALES Y METODOS.....	18
5.1 Colecta de residuos SMS.....	18
5.2 Colecta de suelo de uso agrícola.....	18
5.3 Determinaciones para la caracterización fisicoquímica de residuos SMS y suelo agrícola.....	19
5.4 Diseño experimental.....	20
5.5 Determinación de humedad de los tratamientos.....	21
5.6 Determinaciones para la caracterización fisicoquímica de los tratamientos.....	22
5.7 Prueba de viabilidad de semillas de chile <i>Capsicum annuum</i>	22
5.8 Evaluación de los tratamientos en plantulas de chile.....	22
5.9 Efecto del biofertilizante en la población de microorganismos (hongos, bacterias y actinomicetos).....	23
5.10 Análisis estadístico de los resultados obtenidos.....	24
VI RESULTADOS Y DISCUSION.....	25
6.0 Caracterización fisicoquímica de los sustratos empleados.....	24
6.1 Características fisicoquímicas presentes en sustrato SMS y suelo agrícola.	24
6.2 Características fisicoquímicas de los tratamientos.....	29
6.3 Humedad en los tratamientos.....	32
6.4 Porcentaje de germinación de las semillas de chile.....	33
6.5 Efecto de los tratamientos en plantulas de chile.....	34
6.5.1 Evaluación de plantulas de chile.....	34
6.5.2 Variable altura de planta.....	35

6.5.3 Variable numero de hojas.....	37
6.5.4 Variable longitud de raiz.....	37
6.5.5 Variables de diametro de tallo, peso fresco y peso seco.....	39
6.6 Resultados de efecto del biofertilizante en la poblacion de microorganismos (hongos, bacterias y actinomicetos).....	44
VII CONCLUSIONES.....	45
VIII LITERATURA CITADA.....	47

GLOSARIO

Basidiomicetos	Son una división del reino Fungi que incluye los hongos que producen basidios con basidiosporas. Contiene a las clásicas setas y hongos con sombrero.
Hongo	Organismo diferente a las plantas y los animales que forma parte del reino fungi.
Plántula	Planta en sus primeros estadios de desarrollo, desde que germina hasta que se desarrollan las primeras hojas verdaderas.
lignicola	Hongo selectivo de sustrato rico en lignina-celulosa.
Suelo	Parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, proveniente de la desintegración o alteración física y química de las rocas y los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre ella.
Microorganismo	Organismo que solo puede visualizarse con el microscopio.
Residuo	Cualquier material que su productor considera que no tiene valor suficiente para retenerlo.
Sustrato gastado de hongo	Sustrato procedente del proceso productivo del cultivo de especies de hongos.

ABREVIATURAS Y ACRONIMOS

SMS	Substrato gastado de hongo
g	Gramo
Kg	Kilogramo
NH	Número de hojas
LR	Longitud radicular
PF	Peso fresco
PS	Peso seco
DT	Diametro de tallo
UFC	Unidades formadoras de colonia
PDA	Agar papadextrosa
pH	Potencial de hidrógeno
N	Nitrogeno
P	Fosforo
K	Potasio
Mg	Magnesio
Cu	Cobre
Fe	Hierro
Mn	Manganeso
Ca	Calcio
Zn	Zinc

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1. Entidades federativas donde se registra producción (ton/mes) de seras a distintos niveles de cultivo.....	9
Figura 2. Abonos y fertilizantes.....	12
Figura 3. Hongos descomponedores y bacterias en el ciclo del nitrógeno.....	14
Figura 4. Mapa de colecta de residuos y suelo agrícola.....	19
Figura 5. Altura de plántulas de chile evaluadas a los 60 días.....	36
Figura 6. Número de hojas en plántulas de chile evaluadas a los 60 días.....	37
Figura 7. Longitud de raíz en plántulas de chile evaluadas a los 60 días.....	38
Figura 8. Diametro de tallo en plántulas de chile evaluadas a los 60 días.....	39
Figura 9. Peso fresco en plántulas de chile evaluadas a los 60 días.....	40
Figura 10. Peso seco en plántulas de chile evaluadas a los 60 días.....	40
Figura 11. Determinación de UFC/g de suelo en los tratamientos.....	42

RELACIÓN DE TABLAS

Tabla 1. Principales modulos de produccion de hongos seta (<i>Pleurotus</i> spp) en minicipios en el estado de Durango.....	10
Tabla 2. Beneficios de SMS en produccion agricola.....	11
Tabla 3. Determinaciones pra la caracterizacion fisicoquimica del residuo SMS y suelo agricola.....	19
Tabla 4. Descripción y Distribución de tratamientos.....	21
Tabla 5. Determinaciones para caracterización fisicoquímica para de los tratamientos.....	22
Tabla 6. Determinación de las poblaciones de los grupos de microorganismos presentes en los tratamientos.....	23
Tabla 7: Resultados de las determinaciones fisicoquímicas de SMS y suelo.....	25
Tabla 8. Resultados de las determinaciones fisicoquímicas de los tratamientos al inicio (tiempo 0).....	30
Tabla 9. Resultados de las determinaciones fisicoquímica de los tratamientos al final (60 días).....	31
Tabla 10. Porcentaje de humedad y retención de humedad en los tratamientos.....	32
Tabla 11. Porcentaje de germinación de semillas <i>Capsicum annuum</i> obtenidos a los 15 días.....	33
Tabla 12. Valores promedio registrados en plántulas de chile <i>Capsicum annuum</i>	35
Tabla 13. Log UFC/g de suelo para bacterias, hongos y actinomicetos.....	41

RESUMEN

Se evaluaron residuos SMS de *Pleurotus* spp elaborados con paja de avena, para su aprovechamiento como biofertilizante en suelo y producción de plántulas de chile *Capsicum annuum*, bajo condiciones de invernadero. Los residuos SMS y suelo agrícola fueron colectados y caracterizados fisicoquímicamente. Se elaboraron tratamientos en proporciones 1:1 (residuo SMS:suelo), un testigo comercial (Peat moss), tratamiento T1 0:100, T2: 5:95, T3: 10:90, T4: 15:85, T5: 20:80 T6: 40:60, T7: 60:40, T8: 80:10 y T9: 100:0. Se empleó un diseño experimental completamente al azar con plántulas de chile en charolas de germinación con cien repeticiones por tratamiento. Los tratamientos fueron evaluados con las siguientes variables: pH, humedad, materia orgánica, N, P, K, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn, al inicio (tiempo cero) y al final (60 días). Se tomaron 30 plántulas por tratamiento y se evaluaron las variables: porcentaje de germinación, altura de la planta, número de hojas, diámetro del tallo, longitud radicular, peso fresco y peso seco, a los 60 días. Se evaluó el efecto del biofertilizante en poblaciones de microorganismos en los tratamientos con residuo SMS y suelo, se determinaron UFC/g de bacterias, hongos y actinomicetos. Los resultados se sometieron a ANOVA y prueba de rango múltiple de Duncan ($p < 0.05$). Los resultados obtenidos mostraron cantidad superior de nutrimentos con SMS en comparación al suelo sin residuo, el aporte de SMS incremento la cantidad de nutrimentos en cada tratamiento y retención de humedad. En las plántulas se registro germinación de 52 hasta 92% en los tratamientos con SMS, siendo T8 el cual registró la máxima germinación (92%), por su parte T5 y T6 registraron mayor longitud radicular con 6.98 y 6.57 respectivamente, en cuanto al desarrollo de hojas verdaderas, el testigo comercial y T5 mostraron mejores resultados con 4 y 3.98 respectivamente. Se registro un aumento de UFC/g relacionado a la adición de SMS. Estadísticamente se registraron diferencias significativas en las variables evaluadas. podría ser una alternativa para su reutilización hacia la agricultura.

Palabras clave: Hongos, residuo, biofertilizantes, plántulas, agricultura

ABSTRACT

Pterotus spp waste made with oat straw, for use as bio-fertilizer in soil and seedling production chile *Capsicum annuum* under greenhouse conditions were evaluated. SMS agricultural soil and waste were collected and characterized physicochemically. Treatments were developed in proportions 1: 1 (residue SMS: soil), a commercial witness (Peat moss), treatment T1 0: 100, T2: 5:95, T3: 10:90, T4: 15:85, T5: 20 80 T6: 40:60, T7: 60:40, T8 and T9 80:10: 100: 0. A completely randomized experimental design with chili seedling germination trays with a hundred replicates per treatment was used. The treatments were evaluated with the following variables: pH, moisture, organic matter, N, P, K, Mg, Cu, Fe, Mn and Zn, at baseline (time zero) and end (60 days). 30 seedlings were taken for treatment and variables were evaluated: percentage of germination, plant height, number of leaves, stem diameter, root length, fresh weight and dry weight, at 60 days. The effect of the fertilizer on microbial populations in treatments and soil residue SMS evaluated were determined CFU/g of bacteria, fungi and actinomycetes. The results were subjected to ANOVA and multiple range test of Duncan ($p < 0.05$). The results showed higher amount of nutrients compared with SMS to the ground without residue, the contribution of SMS increase the amount of nutrients in each treatment and moisture retention. In seedling germination of 52 was recorded up to 92% in treatments with SMS, being T8 which recorded the highest germination (92%) for their T5 and T6 part recorded increased root length with 6.98 and 6.57 respectively, in the development of true leaves, the commercial control and T5 showed better results with 4 and 3.98 respectively. Increased CFU / g related to the addition of SMS registration. Statistically significant differences were recorded in the variables evaluated. It could be an alternative for reuse to agriculture.

Keywords: Fungi, waste, bio-fertilizers, seedlings, agriculture

INTRODUCCIÓN

El número estimado de especies conocidas de hongos oscila entre 74,000 hasta 120,000, incluyendo hongos simbioses, parásitos y saprofitos. En los ecosistemas contribuyen en los ciclos biogeoquímicos que ocurren naturalmente en el bosque, donde se acumula en grandes cantidades materia orgánica vegetal.

Los hongos lignícolas, son aquellos capaces de degradar la madera que se constituye principalmente por lignina-celulosa, son los principales recicladores de la materia orgánica en la naturaleza, dejando de esta manera, nutrientes y minerales disponibles para las plantas (Raven, 1995). Este tipo de hongos interactúan mediante su proceso metabólico y su importancia se debe a la selectividad que han adquirido por los sustratos lignino-celulosicos, como es el caso de la seta *Pleurotus* spp., que representa uno de los hongos más cultivados a nivel mundial.

México, es uno de los principales productores de hongos comestibles, se producen aproximadamente 120,000 toneladas de hongos frescos por año, 47,468 toneladas corresponden a *Pleurotus* spp. (Martínez, 2007). En el proceso de cultivo y producción de hongos *Pleurotus* spp. se emplean residuos agrícolas como pajas de cereales (avena, trigo, cebada, entre otros); y se generan residuos al término de la cosecha, definidos como *Spent Mushroom Substrate* o en sus siglas en inglés SMS, al término de la producción, se generan millones de toneladas de sustrato gastado residual año con año; de cada tonelada de hongos producido, se genera una cantidad en peso seco equivalente a los materiales residuales, los cuales han sido desestimados y no reciben ningún valor posterior. Por lo general son desechados en las plantas de producción o quemados al aire libre, dichos residuos podrían representar una opción como biofertilizantes para su uso en agricultura.

Actualmente en México dichos residuos no son aprovechados. La Norma Oficial Mexicana NOM-037-FITO-1995 establece las especificaciones del proceso de

producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos, recomienda y permite el uso de sustratos agotados y generados en cultivo de hongos comestibles. En el país existe poca información relacionada al mejoramiento físico-químico y biológico que los residuos del cultivo de hongos pueden aportar al suelo. Los residuos post-cosecha de la producción de hongos, podrían ser una opción como biofertilizante para la producción de plántulas hortícolas que son altamente consumidas en México, como es el chile, ya que podría ser un excelente acondicionador y mejorador de la calidad del suelo, sin la necesidad de utilizar ningún fertilizante químico.

I. ANTECEDENTES

1.1 Generalidades de los hongos

Los hongos componen el reino fungí, son el grupo más diverso después de los insectos, no realizan fotosíntesis, pueden presentar estructuras filiformes septadas o no, de acuerdo a la manera de obtener sus nutrientes de la materia orgánica se agrupan en; simbioses, parásitos y saprofitos. Se estiman 1.5 millones de especies de hongos, de las cuales solo alrededor de 140,000 producen estructuras sexuales, llamadas carpóforos (Naranjo *et al.*, 2002).

Los hongos se clasifican en micromicetos y macromicetos, dentro de los hongos superiores se agrupan los basidiomicetos, donde se encuentran los hongos con forma de sombrero y las setas, quienes son los principales recicladores de la materia orgánica en la naturaleza y aprovechan la energía almacenada en ella al mismo tiempo que dejan disponibles minerales que sirven de nuevo como alimento para los organismos productores, como las plantas (Raven, 1995).

1.2 Importancia ecológica de los hongos

Los hongos constituyen la mayor parte de biomasa microbiana del suelo, crecen en forma de red extendiendo su micelio, Díaz, en (2005) menciona que los hongos son degradadores con gran importancia en todos los ecosistemas, esto se debe a que participan activamente en los procesos de reciclaje de materia orgánica, así como en la conservación y formación del suelo, además de mantener el equilibrio de los ecosistemas naturales a través de sus relaciones con otros organismos, liberan enzimas para transformar compuestos de estructuras complejas como la lignina a compuestos más simples, liberando proteínas, enzimas reguladores de crecimiento y metabolitos secundarios, entre otros nutrientes que contribuyen en la transformación de sustancias orgánicas (Acuña *et al.*, 2006).

Las raíces de las plantas están pobladas de hongos que aprovechan los exudados radiculares, subproductos de la fotosíntesis constituidos por azúcares,

aminoácidos, ácidos orgánicos, nucleótidos, enzimas, vitaminas y sustancias promotoras de crecimiento, los hongos movilizan nutrientes minerales hacia la raíz, aumentan la capacidad de retención de agua y protegen a las raíces de fitopatógenos (Delgado, 2015).

Es por esto, que los hongos son considerados como bioindicadores de bosques saludables, porque se alimentan de todo tipo de residuos orgánicos, como árboles muertos, restos de hojas, ramas, entre otros. Estos organismos aseguran la supervivencia del bosque (Montoya *et al.*, 2010).

1.3 Degradación de la lignina

La lignina es el compuesto aromático más abundante sobre la tierra, forma una matriz que rodea a la celulosa; retardando significativamente la despolimerización de la celulosa y por ello, la lignina juega un papel clave en el ciclo el carbono de la tierra (Edwards *et al.*, 1993). Es considerada como un material incrustante debido a que es el último componente sintetizado por el tejido vegetal, su producción aumenta conforme envejece la planta.

Es un polímero estructural de las plantas vasculares formadas por unidades de fenil-propano, que les proporciona rigidez y unión entre sus células, además de disminuir la permeabilidad del agua a través de las paredes celulares y proteger a las células de invasores por microorganismos (Rojas *et al.*, 2010).

En la naturaleza, la degradación de la lignina es un proceso lento y toma un número de años para realizarse. Bacterias, actinomicetos, levaduras y hongos son conocidos por estar involucrados en la degradación de la lignina, lo cuál ha sido discutido por muchos investigadores, colocándose en la posición central en el ciclo del carbono, ya que la mayor parte del carbono renovable consta de lignina o de compuestos asociados a ella, como es el caso de la celulosa y hemicelulosa. Esto está implicado en la destrucción de la madera, quien presenta una estructura tridimensional muy compleja (Harbhajan, 2006). Los hongos de la podredumbre café, generalmente ascomicetos, son los primeros que atacan a la celulosa de la madera y más tarde los de la podredumbre blanca, que son hongos que

pertenecen al grupo de los Basidiomicetos. La degradación de la lignina por los hongos de la podredumbre blanca se ha estudiado a fondo para su aplicación en la biotecnología, en el blanqueado y el tratamiento de residuos procedentes de la fabricación de papel y de compuestos xenobioticos (Castillo *et al.*, 2005).

1.4 Los hongos de la pudrición blanca

Los hongos de la pudrición blanca (HPB) son más numerosos que los de la pudrición café, estos producen enzimas que rompen la lignina de la madera, ocasionando un aspecto blanco (Hernández, 2012). Principalmente son basidiomicetos que pertenecen a la división *Eumycetes*, se caracterizan por producir esporas en estructuras sexuales conocidas como carpóforos, hay géneros comestibles como: *Pleurotus* y *Lentinula edodes*, también medicinales como *Ganoderma* y *Trametes*, estos hongos se pueden cultivar en sustratos lignocelulosicos (Usme, 2004) como residuos agroindustriales y forestales, en general los HPB son degradadores de compuestos lignocelulósicos, recirculan materia orgánica, y contribuyen a la fertilidad del suelo, permitiendo el reciclaje de algunos compuestos a la atmósfera (Rojas *et al.*, 2010).

Estos hongos producen tres principales enzimas lignolíticas; Lignino-peroxidasas (LiP), Manganese peroxidasas (MnP) y lacasas, que tienen la función de transformar el sustrato y dejar minerales disponibles para otros organismos. Por lo que evitan la acumulación de residuos de naturaleza lignocelulósica en los ecosistemas (Montoya *et al.*, 2010). Por ejemplo, *Pleurotus* spp., tiene la característica de colonizar y cultivarse en rastrojos agrícolas para producir cuerpos fructíferos (setas) y al mismo tiempo degradar la hemicelulosa, celulosa y la lignina presente en los sustratos que coloniza el micelio.

1.5 *Pleurotus* spp.

La palabra *Pleurotus* proviene del griego “pleuro”, que significa formado lateralmente o en posición lateral, refiriéndose a la posición del estipe respecto al píleo; *ostreatus* en latín quiere decir en forma de ostra, por la apariencia y color del cuerpo fructífero (Redin, 2010).

Taxonómicamente se clasifica de acuerdo a Guzmán, (1993) en:

- Reino: Fungi
- División: *Eumycota*
- Subdivisión: *Basidiomycota*
- Clase: *Basidiomycetes*
- Subclase: *Holobasimycetes*
- Orden: *Agaricales*
- Familia: *Tricholomataceae*
- Género: *Pleurotus*
- Especie: spp.

Pleurotus es un genero de hongos saprofitos, degradadores de madera, como el hongo ostra, produce la denominada podredumbre blanca. Su hábitat natural son troncos vivos o muertos (Redin, 2010). Se alimenta de materiales orgánicos muertos, se encuentra de manera natural en bosques de clima tropical, sub tropical y zonas de clima templado en bosques de pino-encino, con humedad abundante.

Este género de hongos tiene un alto valor debido a su contenido proteínico; en comparación con los vegetales y la carne (Naranjo, 1999), la proteína fúngica contiene la mayoría de los aminoácidos esenciales, vitaminas (complejo B y ácido ascórbico), fibra y minerales, además de presentar un bajo contenido de grasas lo que hace atractivo para personas con problemas de colesterol y exceso de urea. Además de que es visto como un alimento de valor nutricional, la medicina tradicional le atribuye propiedades de actividad antiviral, anti cancerígenas y anti hipercolesterolemias (Quiñones, 2012).

1.6 Aprovechamiento de desechos agroindustriales y forestales en cultivo de hongos comestibles

Muchos desechos agrícolas como los rastrojos de cultivos como la cebada, avena, maíz, frijol, pastos, entre otros cultivos, y también forestales como aserrines y cortezas de árboles. Son materiales de alta composición lignocelulósica que por su difícil biodegradabilidad tienen poco valor nutritivo para los animales y son poco eficientes para ser utilizados como abonos, por lo que se convierten en fuentes

contaminantes del ambiente y en su mayoría son quemados para poderlos incorporar al suelo. Pero mediante el empleo de los hongos de la pudrición blanca se logra una mayor biodegradabilidad de estos desechos, entre varios hongos de la pudrición blanca, *Pleurotus* spp, es la especie comestible más adecuada para aprovechar los desechos agrícolas, en la producción de alimento humano, cultivando hongos comestibles (Usme *et al.*, 2004).

Actividad productiva que se ha desarrollado en pequeña y gran escala alrededor del mundo, para el proceso de producción se utilizan subproductos agrícolas y forestales, que se encuentren disponibles en la región, por lo que resulta económico y rentable el establecimiento de módulos para producción de hongos comestibles (Mora y Martínez, 2007). Con relacion al concepto propuesto por Gunter Pauli en 1994, debe considerarse cualquier tipo de desecho, como un insumo de valor agregado y materia prima para otro ciclo de producción, donde el cultivo de setas es una manera rápida, limpia y económica de producir proteína, si la comparamos con los gastos económicos, energéticos y ambientales para producir proteína animal como carnes de animales, entre otras (Hernández, 2012).

1.7 Producción de hongos en el mundo

Sanchez y Royse en (2001). Mencionan que el 70% de la producción mundial de hongos engloba a tres géneros: *Agaricus bisporus* (champiñón), *Pleurotus* spp. (hongo ostra) y *Lentinula edodes* (seta Shiitake). Durante las últimas décadas, a nivel mundial se ha incrementando el interés por el consumo de hongos comestibles, tanto de hongos silvestres y cultivados (Moreno, 2008).

Chang y Miles, en (2004) mencionaron que la producción de hongos, es una empresa biotecnológica que se encuentra en continuo proceso de crecimiento, económicamente rentable, cuyas aplicaciones industriales permite la diversificación de procesos de importancia industrial, con estimaciones que superan a los 3.6 billones de dólares en mercados internacionales provenientes de la industria farmacéutica, alimenticias, cosméticas y de perfumería con mayor demanda en países como Japón, y Estados Unidos (Quiñones, 2012).

1.7.1 Producción nacional

En México actualmente se producen alrededor de 120 mil toneladas de hongos frescos al año, suma que representa el 60% de la producción total de Latinoamérica (Gaitán, 2006), con un valor aproximado de 47,468 toneladas de setas anualmente, esto genera ganancias superior a los 200 millones de dólares y un aproximado de 25 mil empleos de manera directa e indirecta, posicionándose en el mercado nacional, principalmente a que las materias primas para producirlas, son subproductos agrícolas y forestales, lo que representa alternativas para el uso integral del recurso disponible (Quiñones, 2012).

El cultivo de setas es una actividad económica con potencial de desarrollo, se realiza actualmente en la mayoría de estados de la República Mexicana, a diferentes niveles en algunas entidades federativas, estados como; Aguascalientes, Chiapas, Chihuahua, Colima, D.F., Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Tabasco, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán y Zacatecas (Figura 1) (Sanchez *et al.*, 2007).



Figura 1. Entidades federativas donde se registra producción (ton/mes) de setas a distintos niveles de cultivo.

1.7.2 Producción regional

En el Estado de Durango, se ha trabajado a través de proyectos integrales, a pequeña escala, principalmente zonas serranas y agrícolas donde se cuenta con materia prima de fácil disposición, como una alternativa de auto consumo y empleo, promoviendo el desarrollo comunitario (Naranjo *et al.*, 2011). Como el municipio de Súchil, el Salto Pueblo Nuevo, el Ejido Salvador Allende, así como también en el ejido José María Pino Suarez, donde emplean como sustratos rastros de pajas de avena, como materia prima en el cultivo del hongo comestible (*Pleurotus* spp.), ya que son materiales disponibles en la región (Quiñones, 2012).

No se cuenta aún con registros oficiales (Naranjo, 2014) *, sobre la producción total entre pequeños productores, pero si está aumentando el interés de agricultores sobre esta actividad, ya que los costos de producción y agua son mínimos, siendo así una actividad rentable (Tabla 1).

Tabla 1. Principales módulos de producción de hongos seta (*Pleurotus* spp) en municipios en el estado de Durango

Módulo	Municipio	Tecnología	Producción
El Salto	Pueblo Nuevo	Semitecnificada	Más de 500 kg/año
Las Hongueras de San Antonio y Anexos	Pueblo Nuevo	Rustico	50 a 60 kg/año
Ejido la Campana	Pueblo Nuevo	Semitecnificada	150 kg/año
Ejido la Ciudad	Pueblo Nuevo	Rustico	40 kg/año
Módulo Tepehuanes	Tepehuanes	Rustico	50 kg/año
Hongueras de Súchil	Súchil	Semitecnificada	100 kg/año
Hongueras Parque Iadrillero	Durango	Semitecnificada	125 kg/año
Modulo la muralla, Ejido Presidente Salvador Allende. De reciente creación, abril 2014	Durango	Semitecnificada	Producción estimada 150 kg/año

*En proceso de publicación

1.8 Residuos post-cosecha de hongos comestibles como biofertilizantes

Después de terminar el proceso de producción de hongos comestibles, se generan residuos post cosecha, sustratos gastados por hongos, conocidos por sus siglas en inglés (SMS) *Spent Mushroom Substrate* (Suess y Curtis, 2006).

Phan y colaboradores, (2006) mencionan el potencial de uso de los residuos del cultivo de *Pleurotus* a través de la producción de enzimas, biorremediación, en la alimentación animal, principalmente de rumiantes, en producción de energía y en cuestiones de producción agrícola por las características benéficas que presentan

Tabla 2.

Tabla 2. Beneficios de SMS en Producción Agrícola

Beneficio	Resultados
Alto contenido de Materia orgánica	Incrementa el contenido de M.O del suelo
Adición de macro y micronutrientes	Nutrientes esenciales para las plantas cultivadas
Liberación lenta de nutrientes	Proporciona nutrientes durante un largo período de tiempo
Alta capacidad de retención de nutrientes	Mejora la capacidad del suelo para retener nutrientes
pH Neutro	Nutrientes disponibles para las plantas
Excelente estructura	Mejora la estructura del suelo
Activa microorganismos del suelo	Incrementa la agregación de suelo
Recurso renovable	Mejora el drenaje del suelo
Se producen localmente	Reduce la compactación del suelo
	Reduce la formación de costras de la superficie del suelo
	Aumenta la capacidad de retención de agua
	Mejora la actividad de microorganismos del suelo
	Control biológico de patógenos

Fuente: Suess y Curtis, (2006)

Por lo antes mencionado este tipo de residuos concuerdan en la categoría fertilizantes orgánicos, como se observa en la Figura 2 de Figueroa *et al.*, (2003). Para considerar fertilizante un material, para enmienda orgánica en suelos agrícolas, este debe presentar características que estimulen el crecimiento de las plantas, a través de aportar nutrimentos indispensables al suelo, mejorando las características físicas, químicas y biológicas, considerándose también como biofertilizantes. Según Bermudez *et al.*, (2010) actualmente están definidos como compuestos de origen natural que tienen propiedades fertilizantes o mejoradores de suelo, libres de cualquier proceso de síntesis química.

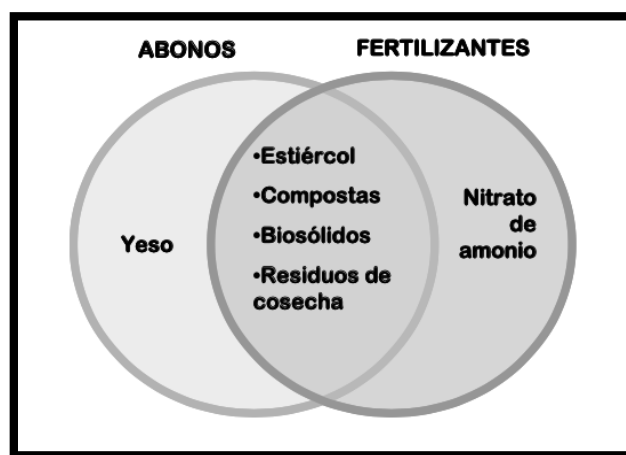


Figura 2. Abonos y Fertilizantes

1.9 Importancia de los aportes orgánicos en el suelo

Moreno en (2008) menciona que, debido a la problemática generada por la intensificación del uso de suelo, en los últimos años, la materia orgánica es considerada, como indicador de la calidad del suelo. De acuerdo a Zuñiga, (2003) la importancia de incorporar materiales orgánicos en el suelo, es el aporte de macro y micronutrientes aprovechables para las plantas, sin perder su diversidad biótica y estructura, dentro de un equilibrio dinámico para mantener un nivel de producción perdurable en el tiempo.

La liberación de nutrientes, como en caso del nitrógeno solo ocurre en una relación directa, conocida como la relación carbono nitrógeno (C/N) de los materiales utilizados o incorporados. Si la relación C/N es mayor de 30, no hay liberación inmediata de nitrógeno aprovechable, sino una fijación de las formas nítricas y amoniacales, reduciéndose el aprovechamiento de nitrógeno en el suelo, por el contrario, si la relación es menor de 20, el nitrógeno se mineraliza quedando disponible para las plantas (Espino, 2000). Se destacan; microorganismos fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fosfatos y desintegradores de materia orgánica; hongos y bacterias (Aguado, 2012).

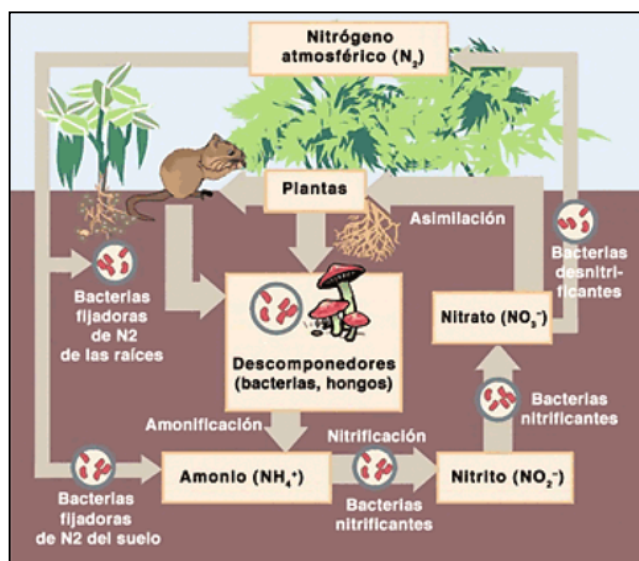
1.10 Los microorganismos en la fertilidad del suelo

La capacidad de proporcionar a las plantas un medio físico, el cual permite a la planta establecerse y suministrar los nutrimentos necesarios para satisfacer sus necesidades en el suelo, la actividad de los microorganismos es un factor fundamental de los procesos biológicos (Acuña *et al.*, 2006). Bacterias, hongos, actinomicetos, algas, virus y protozoarios constituyen la parte biótica del suelo, son responsables de transformar componentes orgánicos e inorgánicos hasta elementos que puedan ser asimilados por las raíces de las plantas (Delgado, 2015).

Actualmente la actividad microbiana puede ser considerada como un índice de la calidad del suelo, esto se debe a que participan en la mineralización de materia orgánica; esto forma el humus, mejora la estructura y protegen las raíces de las plantas de enfermedades, retienen el nitrógeno y otros nutrientes, producen hormonas que ayudan a las plantas a crecer y pueden degradar contaminantes que se encuentran en el suelo como algunos hongos (FAO, 2002).

1.10.1 Microorganismos fijadores de nitrógeno o diazótrofos

El ciclo del nitrógeno Figura 3 inicia a partir de reacciones de la fijación biológica, cuando los microorganismos oxidan el nitrógeno atmosférico transformándose a iones amonio y posteriormente a nitritos (NO_2); la reacción finaliza con la conversión al anión nitrato (NO_3) y es catalizado por el complejo enzimático de la nitrogenasa (Aguado, 2012; Díaz-Izabal, 2012). Integrando el nitrógeno atmosférico a los suelos para su posterior metabolización por otros microorganismos y plantas. Los únicos organismos capaces de utilizar directamente el nitrógeno son algunas especies de microorganismos de los géneros *Azospirillum*, *Bradyrhizobium* y *Rhizobium*, cuentan con la maquinaria de los genes *nifH*, capaces de codificar las proteínas necesarias para la síntesis de la enzima nitrogenasa (Díaz-Izabal., 2012).



Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_del_nitrógeno

Figura 3. Hongos descomponedores y bacterias en el ciclo del nitrógeno

II JUSTIFICACIÓN

Actualmente en México se producen 120,000 toneladas de hongos comestibles al año, esta actividad genera 240,000 toneladas de sustrato gastado residual, post-cosecha entre la producción de champiñón, *Pleurotus* y Shiitake. Representando una fuente de nutrientes y de materia orgánica que no se aprovecha, a pesar de que la norma oficial mexicana NOM-037-FITO-1995, en sus anexos recomienda el uso de sustratos gastados de la producción de hongos comestibles como fertilizante orgánico para producción agrícola orgánica, de aquí la importancia de considerarlos como biofertilizante para mejorar la calidad física, química y biológica del suelo y para producir plántulas de invernadero, para su trasplante posterior a los agro-ecosistemas.

III OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de residuos gastados de producción de hongos *Pleurotus spp.*, elaborados con paja de avena, sobre el suelo, diversidad de bacterias y en plántulas de chile *Capsicum annuum* como posible biofertilizante.

3.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar el suelo colectado y el sustrato residual del cultivo de *Pleurotus spp.*, tanto físico, químico como biológicamente.
2. Evaluar el efecto de las características físicas, químicas y microbiológicas de los residuos obtenidos de la producción de hongos en suelo y el efecto en el crecimiento de las plantas *Capsicum annuum*.

IV HIPÓTESIS

Adicionar al suelo los desechos gastados de la producción de hongos *Pleurotus* spp., mejorará las condiciones físico, químicas y biológicas del suelo, promoviendo la diversidad de microorganismos benéficos, en producción de plántulas de chile *Capsicum annuum*.

V MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Colecta de residuos SMS

Los residuos SMS se colectaron de los módulos de producción del hongo *Pleurotus* spp en los ejidos Salvador Allende y José María Pino Suarez, del municipio de Durango (Figura 4), de acuerdo a la metodología que se describe:

Se colectaron 400 kg de SMS de los módulos de producción el material fue secado directamente al sol, para eliminar la humedad, evitar fermentaciones indeseadas y contaminaciones por microorganismos no deseados. Ya seco el material, fue molido a un tamaño de partícula de aproximadamente entre 4 y 5 mm, fue caracterizado fisicoquímicamente Tabla 3 y se mantuvo libre de humedad, hasta su utilización

5.2 Colecta de suelo de uso agrícola

El suelo agrícola (Figura 4) se colecto de acuerdo a las especificaciones descritas en la NOM-021-SEMARNAT-2000, la muestra se tomo de una parcela agricola a una profundidad de 0 a 30 cm y fue caracterizado fisicoquímicamente Tabla 3.

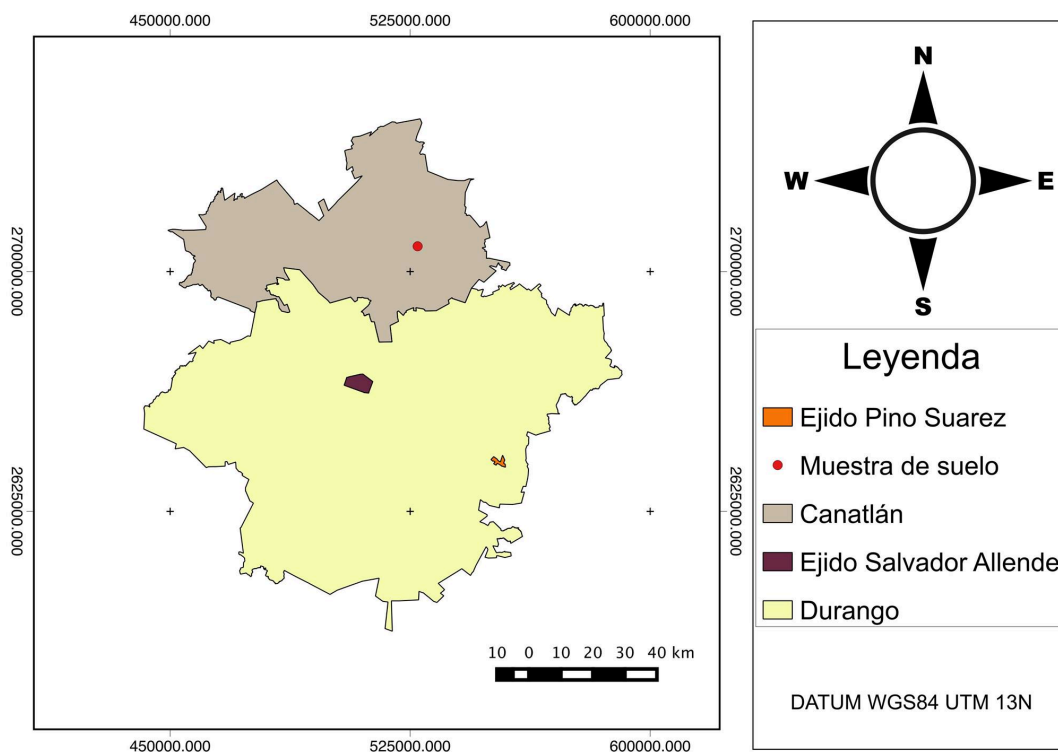


Figura 4. Mapa de colecta de residuos SMS y suelo agrícola

5.3 Determinaciones para la caracterización fisicoquímica de residuos SMS y suelo agrícola.

Tabla 3. Determinaciones para la caracterización fisicoquímica del residuo SMS y suelo agrícola

Determinación	Método	
	SMS	Suelo
Textura	nd	Bouyoucos (NOM-021-SEMARNAT-2000)
pH	(AOAC, 1990)	(AOAC, 1990)
Materia orgánica (%)	Walkey y Black, (1995)	Walkey y Black, (1995)
Lignina y Celulosa (%)	Van Soest (1963)	nd
Nitrógeno total (%)	Micro kjendalh (AOAC, 1990)	Micro kjendalh (AOAC, 1990)
Fosforo (%)	Olsen (Aguilar, 2007) y se utilizo espectrofotómetro de luz visible marca Perkin Elmer modelo	Olsen (Aguilar, 2007) y se utilizo espectrofotómetro de luz visible marca Perkin

	lamda 25 uu-vis serie Elmer modelo lamda 25 uu-vis serie 501509091777 a 400 nm	
Potasio, calcio, magnesio, cobre, hierro, manganeso, zinc (%)	Olsen (Aguilar, 2007) y se utilizo espectrofotómetro de absorción atómica marca Perkin Elmer modelo A Analyet700 serie 80156122002 por el método de flama	Olsen (Aguilar, 2007) y se utilizo espectrofotómetro de absorción atómica marca Pekin Elmer modelo A Analyet700 serie 80156122002 por el método de flama

nd* no determinado

5.4 Diseño experimental

1. Se realizaron mezclas de suelo con residuo SMS en diferentes proporciones volumétricas en base al peso del suelo Tabla 4, en un diseño experimental completamente al azar con 9 tratamientos, tomando un total de 100 cavidades en charolas de germinación por cada tratamiento.
2. Se colocaron semillas de chile *Capsicum annuum*, una semilla por cada repetición con un total de 100 repeticiones por tratamiento, bajo condiciones de invernadero.
3. Las variables a evaluar en los tratamientos fueron:
 - a) variables fisicoquímicas: potencial de hidrogeno (pH), materia orgánica (MO), nitrógeno (N), fosforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn).
 - b) Variables en plántulas: porcentaje de germinación (%PG), altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), numero de hojas (NH), longitud radicular (LR), peso fresco (PF), peso seco (PS).
 - c) Variables microbiológicas: unidades formadoras de colonia (UFC) para grupos microbianos bacterias, hongos y actinomicetos.

Tabla 4. Descripción y Distribución de tratamientos

Tratamiento	Sustrato	Número de repeticiones
	SMS%: Suelo%	
Testigo comercial	Peat moss	100
T1	0:100	100
T2	5:95	100
T3	10:90	100
T4	15:85	100
T5	20:80	100
T6	40:60	100
T7	60:40	100
T8	80:20	100
T9	100:0	100

5.5 Determinación de humedad de los tratamientos

La determinación del porcentaje de humedad de los tratamientos se realizó por el método gravimétrico de Steubing *et al.*, (2002).

- Se tomaron 100 g de cada tratamiento en un trozo de papel aluminio, se mantuvieron en una estufa a 105° C durante 24 h hasta obtener peso constante.
- El porcentaje de humedad se calculó de acuerdo a la siguiente formula:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{\text{Peso humedo (g)} - \text{Peso seco (g)}}{\text{Peso humedo (g)}} \times 100$$

5.6 Determinaciones para la caracterización fisicoquímica de los tratamientos

Los tratamientos adicionados con residuo SMS de *Pleurotus* spp fueron caracterizados fisicoquímicamente Tabla 5.

Tabla 5. Determinaciones para caracterización fisicoquímica para de los tratamientos

Análisis	Método
Nitrógeno total (%)	Micro kjendalh (AOAC, 1990)
Fósforo (%)	Olsen (Aguilar, 2007) y se utilizo espectrofotómetro de luz visible marca Perkin Elmer modelo 25 uu-vis serie 501509091777 a 400 nm
Potasio, calcio, magnesio, manganeso, cobre, hierro, zinc (%)	Olsen (Aguilar, 2007) y se utilizo espectrofotómetro de absorción atómica marca Perkin Elmer modelo A Analyet700 serie 80156122002 por el método de flama.
Materia orgánica	Walkey y Black, (1995)
pH	(AOAC, 1990)

5.7 Prueba de viabilidad de semillas de chile *Capsicum annum*

En cajas petri de vidrio por triplicado con papel absorbente humedecido, se depositaron 20 semillas y se incubaron entre 23-25 °C durante 72 h. El porcentaje fue dado por el número de semillas germinadas en relación con el total de semillas.

5.8 Evaluación de los tratamientos en plántulas de chile

Siguiendo la metodología de Duhalde, (2011) se tomaron 30 plántulas al azar de cada uno de los tratamientos, se midieron las siguientes variables:

- Porcentaje de germinación (%PG): dado por el número de semillas germinadas en relación con el total de semillas sembradas. Este porcentaje se evaluó a los quince días de realizar la siembra en las charolas.
- Altura de plántulas (cm): Se mide desde la parte basal de la plántula hasta la parte apical, las mediciones se hicieron al finalizar el análisis (60 días).

- c) Longitud radicular (cm): Las raíces de las plántulas seleccionadas se lavaron con agua destilada y se midió la raíz principal.
- d) Numero de hojas: se cuentan el número de hojas desarrolladas (hojas verdaderas), de cada una de las plántulas seleccionadas.
- e) Peso fresco: las plántulas seleccionadas se pesaron en un balanza analítica y registro el peso (g)
- f) Peso seco: cada una de las plántulas seleccionadas. En una estufa de sacado a (65 °C/72 h) inmediatamente se colocan en un desecador de vidrio, hasta registrar peso constante (g), en una balanza analítica.

5.9 Efecto del biofertilizante en la poblacion de microorganismos (hongos, bacterias y actinomicetos)

La determinación se realizó en los tratamientos, suelo sin SMS (T1) y con SMS (T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9) de acuerdo a la metodología de Soto y colaboradores en (1996). Por diluciones seriadas y vertido en placa para bacterias, hongos y actinomicetos cultivables (Tabla 6) se cuantifico a través de diluciones decimales, las placas se incubaron a 30° C durante tres días para bacterias, cinco días para hongos y diez días para actinomicetos, observando cada 24 horas, al término se contabilizaron las colonias, y fueron expresadas como unidades formadoras de colonia (UFC) (Rodríguez, 2011).

Tabla 6. Determinacion de las poblaciones de los grupos de microorganismos presentes en los tratamientos

Medio de cultivo	Grupo	pH	Diluciones
PDA	Bacterias	7.5	10^{-7} 10^{-8} 10^{-9}
PDA	Hongos	5.5	10^{-2} 10^{-3} 10^{-4}
PDA	Actinomicetos	8.5	10^{-2} 10^{-3} 10^{-4}

5.10 Análisis estadístico de los resultados obtenidos

Los datos obtenidos de las variables evaluadas se procesaron en un análisis de varianza de un factor, las diferencias entre las medias, mediante prueba de rango múltiple Duncan ($p \leq 0.05$) y se realizaron correlaciones de Pearson. Se utilizó el software estadístico SPSS v. 21 (IBM Corporation, New York, USA) para Mac.

VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.0 Caracterización fisicoquímica de los sustratos empleados

A continuación se presentan los resultados de la caracterización fisicoquímica de los residuos SMS del cultivo de *Pleurotus* spp, suelo agrícola utilizado (Tabla 7) y de los tratamientos al inicio (tiempo cero) y al final (60 días) del experimento (Tablas 8 y 9).

6.1 Características fisicoquímicas presentes en sustrato SMS y suelo agrícola

Los sustratos sms y el suelo fueron analizados para conocer sus características fisicoquímicas, para poder realizar los ajustes en los tratamientos. En la tabla 8 se muestran los valores obtenidos de manera comparativa entre SMS y el suelo, donde se observa que el residuo SMS presentó valores superiores en la mayoría de las determinaciones.

Tabla 7: Resultados de las determinaciones fisicoquímicas de SMS y suelo

Determinación	SMS	Suelo
Textura	nd	Franco limoso
pH	6.56 (± 0.00)	7.41 (± 0.00)
Materia orgánica (%)	25.48 (± 0.00)	2.50 (± 0.00)
C/N	13.48 (± 0.01)	nd
Lignina (%)	12.60 (± 0.01)	nd
Celulosa (%)	34.67 (± 0.37)	nd
N (%)	1.05 (± 0.00)	0.25 (± 0.00)
P (%)	0.47 (± 0.01)	0.24 (± 0.01)
K (%)	0.30 (± 0.01)	0.05 (± 0.01)
Ca (%)	0.21 (± 0.01)	0.02 (± 0.01)
Mg (%)	0.05 (± 0.01)	0.05 (± 0.01)
Cu (%)	0.04 (± 0.01)	0.03 (± 0.01)

Fe (%)	0.29 (± 0.01)	0.74 (± 0.00)
Mn (%)	0.01 (± 0.01)	0.53 (± 0.01)
Zn (%)	0.01 (± 0.02)	0.09 (± 0.01)

nd* no determinado

$\pm$ Desviación estándar

El suelo utilizado y caracterizado, de acuerdo con Andrades y Martínez, (2014) con alto contenido de materia orgánica permiten una adecuada retención de agua y absorción de nutrientes para la mayoría de los cultivos agrícolas, representando así un suelo fértil. No obstante, el sustrato SMS de hongo presento características fisicoquímicas que pueden aportar al suelo (Tabla 8).

Los resultados obtenidos del sustrato SMS de *Pleurotus* spp presento valores de celulosa (34.67%) y lignina (12.60%) respectivamente, estos valores varían dependiendo del material, la cepa utilizada en el cultivo del hongo y a la eficiencia biológica obtenida, de acuerdo a Naranjo, (1999), Quiñones, (2012) y Espino, (2000) el hongo tiende a reducir la lignina a moléculas más simples que puede utilizar como fuente de carbono, por la acción de enzimas fúngicas como lacasas y Mn-peroxidasas. Además, la descomposición de lignina contribuye en la fertilidad del suelo y formación de ácido húmico, creando condiciones para el desarrollo de plantas.

De acuerdo a Pardo, (2008) al aplicarse en el suelo, lignina y celulosa, propicias condiciones para el desarrollo de la microbiota, principalmente hongos, bacterias y actinomicetos que contribuye a la liberación de nutrientes para las plantas.

El potencial de hidrógeno en el sustrato SMS se registro 6.56 ligeramente ácido, de acuerdo con Landschoot *et al.*, (2007) en SMS, el rango de pH oscila de 6 a 8, podría variar dependiendo la naturaleza del sustrato utilizado. De acuerdo a Zúñiga, (2003) en pH ácidos, la actividad microbiana disminuye afectando la mineralización de materia orgánica, en cambio en pH de 6 a 8 la actividad microbiana aumenta, incrementando el proceso de mineralización de materia orgánica para la mejora de los suelos, principalmente bacterias y hongos, además

de favorecer la absorción de nutrientes por las plantas. Por lo anterior el residuo SMS presento pH dentro del rango reportado, favorable para su aplicación.

Comparando con estudios reportados por otros autores, el valor obtenido concuerda con Fontalvo *et al.*, (2013) reportan en aserrín pH 7.06 y cascarilla de arroz con pH 7.00 biodegradados por *Pleurotus ostreatus* y Suess y Curtis, (2006) mencionan que los residuos SMS presentan pH ideal para incorporar al suelo como biofertilizante. Existe amplia información sobre la gran mayoría de los cultivos agrícolas, donde los rangos optimos de absorcion para los macro y micronutrimientos, son de 5.5 a 6.5 hasta 7 en suelo.

Fahy *et al.*, (1994) reportan 33.3% de materia orgánica en residuo SMS de hongos seta, Suess y Curtis, (2006) mencionan que el principal componente de sustratos SMS es la materia orgánica, ademas Landschoot *et al.*, (2007) reporta que el contenido de materia organica en sustratos SMS ocila entre 30 y 40%, esto dependiendo del material utilizado para el cultivo. Por lo anterior en el material caracterizado de SMS fue de 25.48%, valor aproximado a lo reportado por los anteriores autores y probablemente fue algo menor por la naturaleza del sustrato de origen paja de avena.

Los biofertilizantes, de acuerdo a Zúñiga, (2003) y Pardo, (2008) aportan materia orgánica que contribuye a mejorar la aireación, estructura, retención de agua y la microbiota que influye en la liberación de nutrimentos al suelo, beneficiando al crecimiento de las plantas. La materia orgánica en los suelos del agro-ecosistema, constituye la principal fuente de nutrientes y por ende es un recurso que se agota fácilmente y está compuesta por restos de plantas y animales degradados por hongos, bacterias, actinomicetos, protozoarios y otros componentes de la microbiota del suelo, a formas inorgánicas como (N, P, K, Na, Ca, Mg y S) y sustancias húmicas.

La relación carbono/nitrógeno es un indicador de la disponibilidad de nitrógeno, de acuerdo a Sierra y Rojas, (2012) los materiales orgánicos para su aplicacion en suelos agricolas como biofertilizantes, deben tener una relación C/N entre 13 y 15,

Segun Espino, (2000) y Landschoot, *et al.*, (2007) aplicar materiales con relación C/N mayor a 30, el nitrógeno no se encuentra disponible, por el contrario la relación C/N menor a 30, indica que el nitrógeno se encuentra mineralizado, quedando disponible para las plantas.

El resultado obtenido en SMS de *Pleurotus* spp presento relación C/N de 13.48, indica que es un material favorable para su aplicación como biofertilizante. Comparando con Bermúdez y colaboradores en (2010) reportan relación C/N en residuos SMS de *Pleurotus* elaborado con pulpa de café de 15.07, de acuerdo a Quiñones, (2012) se debe a que después de la etapa de fructificación la relación C/N presenta niveles bajos que favorecen a la formación de cuerpos fructíferos. Además, si se incorporan al suelo, son degradados más rápido permitiendo el desarrollo de la actividad microbiana incorporando nutrimentos al suelo (Cabeza, 2002).

La proporción de nitrógeno, fosforo y potasio (NPK) fue de 1.05, 0.47, 0.30 % respectivamente en SMS, esto representa aporte de tres macronutrientes esenciales para las plantas. Los resultados obtenidos, concuerdan con Zhang *et al.*, (2012) y Rinker *et al.*, (2015) reportan NPK (1.70, 0.61, 1.13 %) en compost de SMS de *Pleurotus ostreatus*, Bermúdez *et al.*, (2010) reporta NPK (3.44, 0.04, 0.90 %) en residuos SMS de hongos seta elaborados en pulpa de café, Suess y Curtis, (2006) encontraron contenido máximo de NPK (9.0, 11.2, 18.2 %) en sustratos SMS, esto dependiendo del tipo de materiales utilizados para el cultivo del hongo.

La presencia de micronutrientes coincide con otros autores como Ahlawat y Sagar, (2007) reportan presencia de micronutrientes en sustratos SMS, de acuerdo con Ronen, (2008), Rodríguez y Flórez (2004), Kirkby *et al.*, (2008) la incorporación de elementos como el hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu) y zinc (Zn) son constituyentes y activadores de enzimas, participan en el transporte de electrones en la fotosíntesis e influyen en el crecimiento de las plantas.

6.2 Características fisicoquímicas de los tratamientos

Los valores promedio de la caracterización fisicoquímica de los tratamientos, al inicio y al final del experimento. Los resultados al ser analizados con un ANOVA se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en las variables evaluadas, las medias de los diferentes tratamientos fueron evaluadas con prueba de rango múltiple Duncan ($p \leq 0.05$) cada tratamiento difiere estadísticamente (Tablas 9 y 10)

Se determinaron correlaciones significativas ($p=0.000$) entre la materia orgánica y los nutrientes determinados: para el nitrógeno (0.932), fósforo (0.871), potasio (0.895), magnesio (0.814), cobre (0.547), hierro (-0.522), manganeso (-0.235) y calcio (0.768). En base a los resultados obtenidos el aporte de SMS incremento los nutrientes conforme aumento la cantidad de residuo, de acuerdo a Fontalvo, (2012) los hongos durante el proceso de descomposición liberan cantidades de nutrientes disponibles que pueden ser absorbidos por las plantas durante su desarrollo.

Al final del análisis se registró reducción en el porcentaje de las características químicas, esto podría deberse a la asimilación por las plantas y/o lixiviación tras los riegos, debido a esto durante el proceso de producción de plantulas, de acuerdo con Guerrero, (2010) y Uribe *et al.*, (2014) se recomienda aplicar dosis de fertilizante en riego por fertirrigación.

Tabla 8. Resultados de las determinaciones fisicoquímica de los tratamientos al inicio (tiempo 0)

Tratamiento	pH	Materia orgánica (%)	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Cu (%)	Fe (%)	Mn (%)	Ca (%)	Zn (%)
T1	7.4 ^e (±0.00)	2.5 ^h (±0.00)	0.25 ⁱ (±0.00)	0.24 ⁱ (±0.01)	0.05 ⁱ (±0.05)	0.05 ⁱ (±0.05)	0.03 ^h (±0.03)	0.74 ^h (±0.00)	0.02 ^d (±0.02)	0.09 ⁱ (±0.09)	0.01 ^c (±0.01)
T2	7.8 ^c (±0.00)	4.7 ^g (±0.05)	0.30 ^h (±0.01)	0.26 ^h (±0.01)	0.06 ^h (±0.01)	0.05 ⁱ (±0.01)	0.03 ^h (±0.01)	0.96 ^g (±0.01)	0.02 ^d (±0.01)	0.10 ^h (±0.01)	0.01 ^c (±0.01)
T3	7.9 ^b (±0.00)	5.7 ^f (±0.15)	0.35 ^g (±0.01)	0.28 ^g (±0.01)	0.08 ^g (±0.01)	0.05 ⁱ (±0.01)	0.03 ^g (±0.01)	1.01 ^f (±0.01)	0.02 ^d (±0.01)	0.11 ^g (±0.01)	0.01 ^{cd} (±0.00)
T4	7.0 [†] (±0.00)	6.3 ^e (±0.00)	0.40 [†] (±0.01)	0.31 [†] (±0.01)	0.09 [†] (±0.01)	0.05 ^h (±0.01)	0.03 [†] (±0.01)	1.03 ^e (±0.01)	0.02 ^d (±0.01)	0.12 [†] (±0.01)	0.01 ^{cd} (±0.00)
T5	7.0 ^f (±0.00)	6.6 ^e (±0.00)	0.46 ^e (±0.01)	0.33 ^e (±0.01)	0.11 ^e (±0.01)	0.06 ^e (±0.01)	0.03 ^e (±0.01)	1.11 ^d (±0.01)	0.02 ^d (±0.01)	0.17 ^e (±0.01)	0.01 ^c (±0.00)
T6	7.5 ^d (±0.00)	7.6 ^d (±0.06)	0.67 ^d (±0.01)	0.42 ^d (±0.01)	0.17 ^d (±0.01)	0.07 ^c (±0.01)	0.04 ^c (±0.01)	1.15 ^c (±0.01)	0.02 ^c (±0.01)	0.21 ^e (±0.01)	0.01 ^b (±0.01)
T7	8.0 ^a (±0.00)	8.0 ^c (±0.02)	0.88 ^c (±0.01)	0.52 ^b (±0.01)	0.23 ^c (±0.01)	0.08 ^b (±0.01)	0.04 ^b (±0.01)	1.17 ^b (±0.01)	0.02 ^b (±0.01)	0.21 ^b (±0.01)	0.01 ^b (±0.01)
T8	7.9 ^b (±0.00)	10.7 ^b (±0.02)	1.09 ^a (±0.01)	0.61 ^a (±0.01)	0.29 ^b (±0.01)	0.09 ^a (±0.01)	0.05 ^a (±0.01)	1.22 ^a (±0.01)	0.02 ^a (±0.01)	0.25 ^a (±0.01)	0.01 ^a (±0.01)
T9	6.5 ^g (±0.00)	25.4 ^a (±0.00)	1.05 ^b (±0.01)	0.47 ^c (±0.01)	0.30 ^a (±0.01)	0.05 ^h (±0.01)	0.04 ^d (±0.01)	0.29 ⁱ (±0.01)	0.01 ^e (±0.01)	0.21 ^c (±0.00)	0.01 ^d (±0.00)

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas Duncan ($p \leq 0.05$)

± Desviación estándar

Tabla 9. Resultados de las determinaciones fisicoquímica de los tratamientos al final (60 días)

Tratamiento	pH	Materia orgánica (%)	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Cu (%)	Fe (%)	Mn (%)	Ca (%)	Zn (%)
T1	7.4 ^g (±0.02)	2.2 ^h (±0.00)	0.14 ⁱ (±0.01)	0.01 ^j (±0.01)	0.11 ^h (±0.01)	0.08 ^g (±0.01)	0.03 ^h (±0.01)	0.53 ^{ed} (±0.01)	0.02 ^d (±0.01)	0.02 ⁱ (±0.01)	0 ^a (±0.00)
T2	7.6 ^e (±0.01)	4.4 ^g (±0.05)	0.17 ^h (±0.01)	0.01 ^j (±0.01)	0.15 ^g (±0.01)	0.11 ⁱ (±0.01)	0.03 ^h (±0.01)	0.53 ^{ed} (±0.01)	0.03 ^d (±0.01)	0.09 ^h (±0.01)	0 ^a (±0.00)
T3	8.1 ^c (±0.01)	5.4 ^f (±0.01)	0.21 ^g (±0.01)	0.02 ^f (±0.01)	0.16 ^f (±0.01)	0.11 ^f (±0.01)	0.03 ^g (±0.01)	0.53 ^{ed} (±0.01)	0.03 ^d (±0.01)	0.07 ^g (±0.01)	0 ^a (±0.00)
T4	7.6 ⁱ (±0.01)	6.0 ^e (±0.00)	0.24 ⁱ (±0.01)	0.02 ⁱ (±0.01)	0.16 ⁱ (±0.01)	0.13 ^e (±0.01)	0.03 ⁱ (±0.01)	0.53 ^d (±0.01)	0.03 ^d (±0.01)	0.08 ⁱ (±0.01)	0 ^a (±0.00)
T5	7.9 ^d (±0.01)	6.3 ^e (±0.00)	0.28 ^e (±0.01)	0.02 ^f (±0.01)	0.20 ^e (±0.01)	0.15 ^d (±0.01)	0.03 ^e (±0.01)	0.53 ^d (±0.01)	0.03 ^d (±0.01)	0.16 ^e (±0.01)	0 ^a (±0.00)
T6	7.9 ^e (±0.01)	7.3 ^c (±0.06)	0.35 ^d (±0.01)	0.03 ^e (±0.01)	0.22 ^d (±0.01)	0.16 ^c (±0.01)	0.04 ^c (±0.01)	0.54 ^c (±0.01)	0.04 ^b (±0.01)	0.17 ^d (±0.01)	0 ^a (±0.00)
T7	8.3 ^b (±0.00)	7.7 ^c (±0.02)	0.42 ^c (±0.01)	0.05 ^b (±0.01)	0.23 ^c (±0.01)	0.16 ^c (±0.01)	0.04 ^b (±0.01)	0.54 ^b (±0.01)	0.04 ^b (±0.01)	0.19 ^c (±0.01)	0 ^a (±0.00)
T8	8.7 ^a (±0.01)	10.4 ^b (±0.02)	0.68 ^b (±0.01)	0.05 ^b (±0.01)	0.24 ^b (±0.01)	0.17 ^b (±0.01)	0.05 ^a (±0.01)	0.55 ^a (±0.01)	0.05 ^a (±0.01)	0.22 ^a (±0.01)	0 ^a (±0.00)
T9	8.3 ^b (±0.01)	18.5 ^a (±0.00)	0.77 ^a (±0.01)	0.06 ^a (±0.01)	0.28 ^a (±0.01)	0.18 ^a (±0.01)	0.04 ^d (±0.01)	0.03 ^f (±0.01)	0.010 ^f (±0.01)	0.21 ^b (±0.01)	0 ^a (±0.00)

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas Duncan ($p \leq 0.05$)

± Desviación estándar

6.3 Humedad en los tratamientos

En la Tabla 10 se muestran los resultados obtenidos del porcentaje y retención de humedad (%RH) de los materiales por cada 100 g de sustrato antes de iniciar la aplicación de los riegos, estos fueron por aspercion con nebulizador 2 veces al día (mañana y tarde).

Tabla 10. Porcentaje de humedad y retención de humedad en los tratamientos

Tratamiento	(%) humedad inicial	(%) retención de humedad
Peet most	40	70.05 ^g (±0.01)
T1	8.2	60.25 ^h (±0.01)
T2	6.2	70.30 [†] (±0.01)
T3	12.4	75.15 ^e (±0.01)
T4	18.6	80.05 ^c (±0.01)
T5	24.8	80.10 ^b (±0.01)
T6	9.4	80.00 ^d (±0.00)
T7	9.2	80.00 ^d (±0.00)
T8	10.3	85.00 ^a (±0.00)
T9	30.2	70.30 [†] (±0.01)

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas Duncan ($p \leq 0.05$)

± Desviación estándar

El porcentaje de humedad registrado en el residuo SMS al inicio del experimento fue de 30.2%, valor que coincide con Landschoot *et al.*, (2007) reportan del 30 al 50% de humedad en SMS de hongo seta, dicha humedad del material se considera adecuada para incorporar al suelo de manera homogénea, esto se debe a que humedad superior, tiende a formar grumos y su aplicación no es uniforme.

Después de la aplicación de agua, el tratamiento (T8) registro un 85% retención de humedad y en tanto los tratamientos T1, T2 y T3 presentaron valores menores de %RH del 65 y el 70%, a, este condición se debió al bajo contenido de MO, para

ello se realizó la correlación correspondiente entre MO y %RH y se determinó que existe alta correlación positiva ($p=0.001$) entre la humedad retenida y el contenido de materia orgánica de (0.707) valor que coincide con la explicación de Sagar y colaboradores en (2009) que encontraron en suelos enmendados con SMS aumento en la capacidad de retención de agua, de acuerdo a lo anterior los tratamientos adicionados con residuo SMS presentaron humedad constante.

6.4 Porcentaje de germinación de las semillas de chile

En la tabla 13 se muestran los valores del porcentaje de germinación (%PG) obtenida en cada uno de los tratamientos a los 15 días: el valor mínimo se registró en el testigo comercial peat moss con un (64%), mientras que el tratamiento 8 con (92%) de germinación.

Tabla 11. Porcentaje de germinación de semillas *Capsicum annuum* obtenidos a los 15 días

Tratamiento	(%) Germinación
Prueba de germinación*	90
Peat moss	64
T1	74
T2	84
T3	90
T4	82
T5	65
T6	51
T7	63
T8	92
T9	77

*Prueba de germinación de semillas certificadas Vita, corresponde a las especificaciones del fabricante 85 a 90%

Se utilizaron semillas certificadas de la marca vita de pimiento morrón con germinación del 85 al 90% de acuerdo a las especificaciones de fabricante.

La germinación fue heterogénea en los diferentes tratamientos, de acuerdo a Duhalde, (2011). Las condiciones físicas de sustratos de germinación, puede afectar la capacidad de intercambio gaseoso, influyendo en el contenido de oxígeno, humedad y temperatura necesarias para germinar, además de la calidad, variedad y genética de la semilla empleada.

Otros factores que podrían influir es el vigor de la semilla y la compactación de los tratamientos, de acuerdo a Reveles *et al.*, (2010) para obtener germinación homogénea consiste en mantener humedad y temperatura constante entre 20 y 25 °C de seis a ocho días. No obstante, los tratamientos que presentaron mayor %PG mantuvieron humedad constante de 75 a 80%, de acuerdo a López *et al.*, (2013) mencionan respecto a sustratos para producción de plántulas para fines comerciales, el rango que se considera adecuado %PG es del 80 al 90% presente en los tratamientos (T2, T3, T4 y T8).

Otros autores han encontrado resultados favorables para germinación de semillas utilizando residuos SMS, Medina *et al.*, (2009) utilizando residuos SMS de *Pleurotus ostreatus* mezclados con suelo y utilizando semillas de chile *Capsicum annum* reporto 89%; Fontalvo, (2013) en germinación de plántulas de tomate con residuos agroforestales, biodegradados por *Pleurotus ostreatus* reporto 83.33%, los valores registrados en el presente estudio fueron del 51 al 92% aplicando SMS de *Pleurotus* spp.

6.5 Efecto de los tratamientos en plantulas de chile

6.5.1 Evaluación de plántulas de chile

Los resultados al ser analizados por un ANOVA estadísticamente se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en las variables evaluadas; altura, diámetro del tallo, número de hojas, longitud radicular, peso fresco y peso seco, a los 60 días después de la germinación, las medias de los diferentes tratamientos fueron evaluadas con prueba de rango múltiple Duncan ($p \leq 0.05$) cada tratamiento difiere estadísticamente.

En la Tabla 12 se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 12. Valores promedio registrados en plántulas de chile *Capsicum annum*

Tratamiento	AP (cm)	LR (cm)	NH	DT (mm)	PF (gr)	PS (gr)
Peat moss	4.30 ^b (±0.29)	5.92 ^{bc} (±0.05)	4.00 ^a (±0.00)	2.52 ^a (±0.00)	2.78^a (±0.04)	1.37 ^a (±0.06)
T1	3.26 ^c (±0.48)	6.22 ^{bc} (±0.01)	3.10 ^c (±0.95)	2.41 ^c (±0.06)	2.69 ^b (±0.05)	1.23 ^b (±0.07)
T2	4.98^a (±0.75)	4.14 ^d (±0.04)	1.60 ^d (±0.49)	2.38 ^c (±0.00)	2.40 ^c (±0.05)	1.91 ^d (±0.06)
T3	4.29 ^b (±0.33)	5.80 ^{bc} (±0.05)	2.00 ^f (±0.45)	2.38 ^c (±0.00)	2.38 ^{cd} (±0.05)	1.87^{de} (±0.09)
T4	4.29 ^b (±0.49)	5.15 ^b (±0.05)	1.90 ^f (±0.30)	2.41 ^b (±0.06)	2.37 ^{cd} (±0.05)	1.82 ^{de} (±0.06)
T5	2.52 ^d (±0.31)	6.57 ^{ab} (±0.02)	3.80^{ab} (±0.40)	2.42^b (±0.07)	2.35 ^{cd} (±0.04)	1.98 ^c (±0.05)
T6	2.50 ^d (±0.21)	6.98^a (±0.02)	3.70 ^b (±0.46)	2.42 ^b (±0.07)	2.38 ^{cd} (±0.02)	1.90 ^d (±0.03)
T7	2.22 ^e (±0.29)	5.44 ^b (±0.03)	2.30 ^e (±0.46)	2.38 ^b (±0.00)	2.37 ^{cd} (±0.04)	1.75 ^g (±0.24)
T8	2.25 ^e (±0.21)	5.78 ^b (±0.06)	2.80 ^d (±0.76)	2.38 ^b (±0.00)	2.38 ^{cd} (±0.04)	1.81 ^f (±0.06)
T9	2.23 ^e (±0.29)	5.37 ^b (±0.02)	2.30 ^e (±0.46)	2.38 ^b (±0.00)	2.35 ^{ce} (±0.13)	1.87 ^{de} (±0.15)

Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas Duncan ($p \leq 0.05$)

± Desviación estándar

6.5.2 Variable altura de planta (AP)

En AP los resultados obtenidos con la prueba de Duncan ($p \leq 0.05$) formaron 5 grupos con diferencias estadísticas, el mejor tratamiento corresponde al T2 donde se registró una altura promedio de 4.9 cm en comparación a los demás tratamientos y la menor altura se registró en T6 con una altura promedio a los 2.22 cm (Figura 5).

El valor máximo registrado en el tratamiento T2 de 4.98 concuerda con otros autores como Padmavathi en (2011) en un estudio residuo SMS de *Pleurotus florida* como biofertilizante en plantas de chile *Capsicum annuum* obtuvo una altura de 4.93 cm, y en relación al trabajo de Duhalde en (2011) con plántulas de tomate utilizando paja de trigo biodegradada por el hongo lignícola *Hericium erinaceus* como acondicionador de suelo pobre en nitrógeno y fosforo, registra una altura máxima promedio de 5.55 cm.

Se han reportado diversos estudios para el aprovechamiento de residuos agrícolas como sustratos para plántulas, Muratalla *et al.*, (2006) en un estudio de producción de plántulas utilizando rastrojos agrícolas como sustrato para plántulas de tomate, menciona que plántulas desarrolladas en paja (sin hongo) presentaron menor altura, por ácidos fenólicos que puedan estar presentes ocasionando algún efecto de fitotoxicidad.

Pero en el caso de residuos SMS de hongos *Pleurotus* spp., son sustratos bioquímicamente modificados por la acción de enzimas fúngicas en forma más simple, de acuerdo a Fontalvo *et al.*, (2013) evaluaron el efecto de residuos agroforestales parcialmente biodegradados por *Pleurotus ostreatus* en desarrollo de plántulas de tomate, reportaron que no hay efectos de fitotoxicidad.

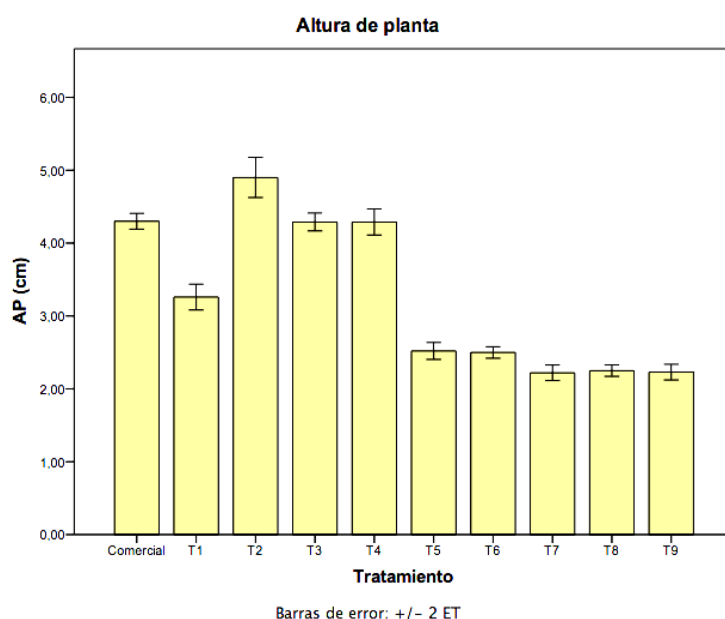


Figura 5. Altura de plántulas de chile evaluadas a los 60 días. Los valores representan el promedio de las plántulas evaluadas en los diferentes tratamientos. El tratamiento T2 presento mayor altura en comparación a los demás tratamientos.

6.5.3 Variable número de hojas (NH)

En NH los resultados obtenidos con la prueba de Duncan ($p \leq 0.05$) formaron 7 grupos con diferencias estadísticas, el tratamiento con mayor valor promedio de numero de hojas corresponde al testigo peat moss con 4.0, seguido por el tratamiento T5 con 3.8 y el promedio menor 1.6, corresponde al tratamiento T2 (Figura 6), de acuerdo a Reveles *et al.*, (2010) las plántulas de chile con 3 a 4 hojas verdaderas, entre 40 y 50 días en charolas de germinación son adecuadas para su trasplante, las plántulas presentaron un desarrollo normal para posterior trasplante.

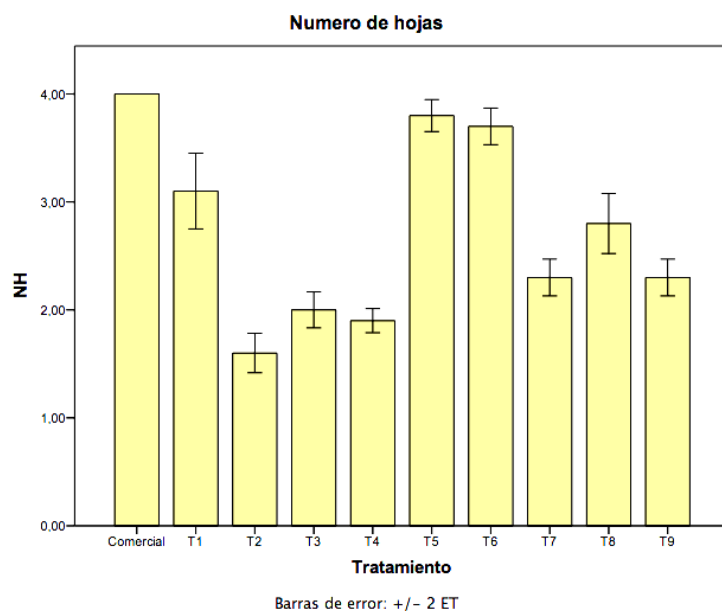


Figura 6. En variable (NH) en plántulas de chile evaluadas a los 60 días. Los valores representan la media de número de hojas en plántulas de chile evaluadas en los diferentes tratamientos.

6.5.4 Variable longitud de raíz (LR)

En LR los resultados obtenidos con la prueba de Duncan ($p \leq 0.05$) formaron 6 grupos con diferencias estadísticas, el tratamiento con mayor valor promedio de

longitud radicular corresponde a T6 con 6.9, seguido por T5 con 6.5 y T2 menor valor de 4.1 (figura 7).

Reyes *et al.*, (2005) mencionan que la mayor calidad de plantas se obtiene cuando la parte aérea es más pequeña y la raíz más grande, esto incrementa la sobrevivencia de la planta al ser trasplantada a campo donde la perdida de agua por transpiración es menor a la capacidad de absorción, además de mayor disponibilidad de nutrientes a mayor longitud radicular.

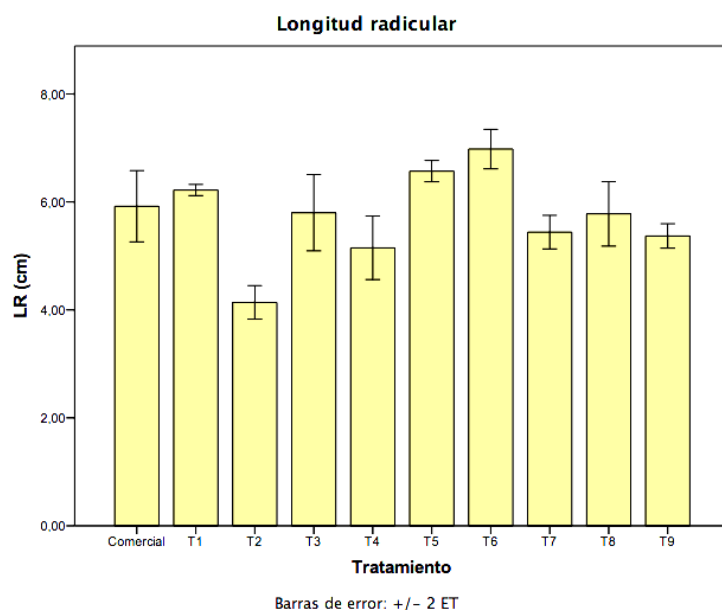


Figura 7. Promedio de las mediciones de la variable (LR) en plántulas de chile evaluadas a los 60 días. Los valores representan la media de las plántulas evaluadas en los diferentes tratamientos. El tratamiento T6 presenta mayor longitud radicular.

6.5.5 Variables diámetro de tallo (DT), peso fresco (PF) y peso seco (PS)

En DT los resultados obtenidos con la prueba de Duncan ($p \leq 0.05$) formaron 3 grupos con diferencias estadísticas, se registró el mayor valor en testigo comercial de 2.52 mm y el menor valor fue de 2.38 mm y correspondió a los tratamientos T2, T3, T7, T8 (Figura 8).

En PF los resultados obtenidos con la prueba de Duncan ($p \leq 0.05$) formaron 6 grupos con diferencias estadísticas, se registro el mayor valor de 2.7 g en testigo

comercial, seguido por T1 con 2.6 g y el menor valor de 2.3 g correspondio al T3 (Figura 9).

En PS los resultados obtenidos con la prueba de Duncan ($p \leq 0.05$) formaron 7 grupos con diferencias estadísticas, se registro el mayor valor de 2.3 g en testigo comercial, seguido por T1 con 2.2 g y el menor valor de 1.75 g correspondio al T7 (Figura 10).

Las variables DT, PF y PS, presentaron un valor constante similar, esto se puede deber de acuerdo a Bahena *et al.*, (2012) mencionan que las plántulas de chile en sus primeras etapas de desarrollo generalmente presentan poca acumulación de materia seca, además las plantas de pimiento morrón presentan mayor desarrollo después del trasplante según Quezada *et al.*, (2004) entre 57 a 96 días después de la siembra.

Existe gran cantidad de literatura sobre la producción de plantulas de chile *Capsicum annuum* donde se recomienda la aplicación de fertilizantes antes de finalizar el ciclo de producción de plantulas hortícolas, de acuerdo a Uribe y colaboradores en (2014) recomiendan durante las ultimas dos semanas, cuando comienzan a desarrollarse hojas verdaderas, aplicar dos veces por semana 2.5 g/L de fertilizante 12-43-12 y 5g/L de micronutrientes una vez por semana para el crecimiento normal en las plantulas, sin embargo no se presentaron sintomas de deficiencia de nutrimentos.

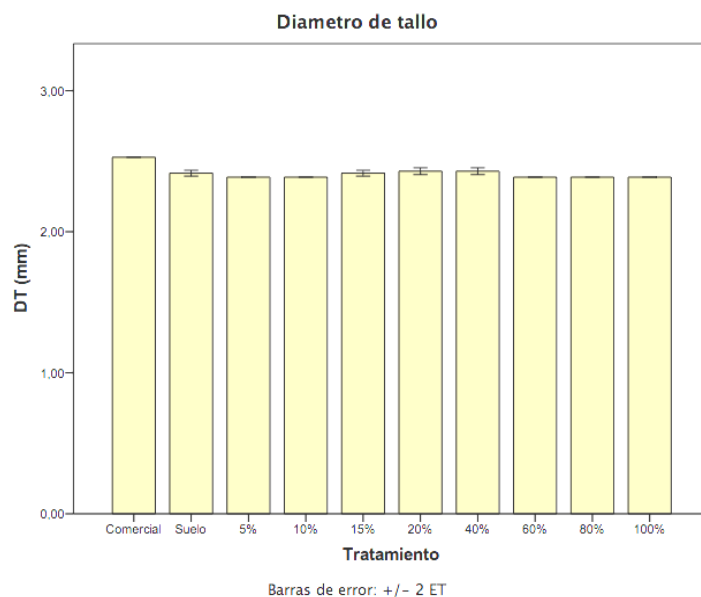


Figura 8. Variable DT en plántulas de chile evaluadas a los 60 días. Los valores representan la media de las plántulas evaluadas en los diferentes tratamientos. El tratamiento comercial presenta mayor diámetro de tallo.

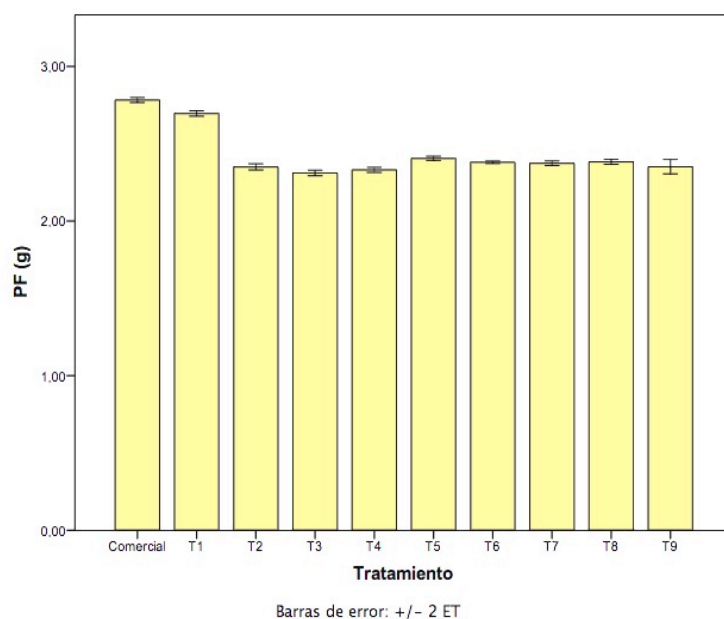


Figura 9. Promedio de las mediciones de la variable (PF) en plántulas de chile evaluadas a los 60 días. Los valores representan la media de las plántulas evaluadas en los diferentes tratamientos. El tratamiento comercial presenta mayor peso fresco.

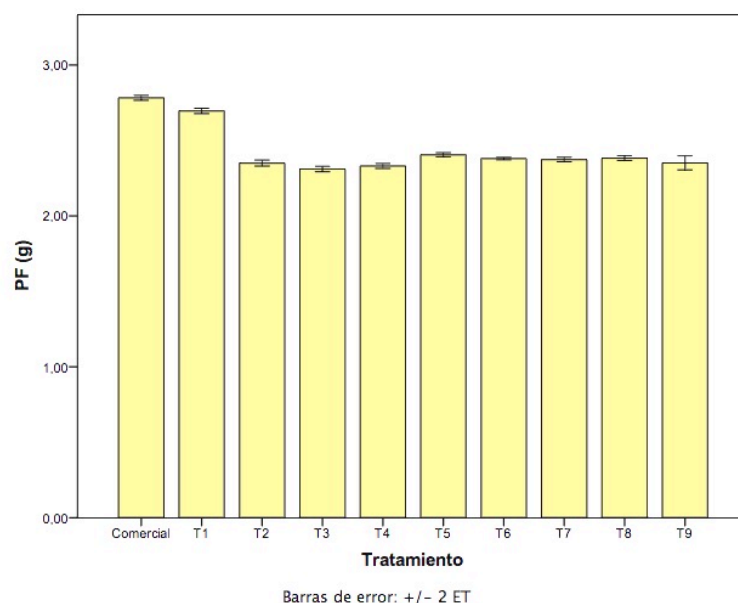


Figura 10. Promedio de las mediciones de la variable (PS) en plántulas de chile evaluadas a los 60 días. Los valores representan la media de las plántulas evaluadas en los diferentes tratamientos. El tratamiento comercial presenta mayor peso fresco.

6.6 Resultados de efecto del biofertilizante en la población de microorganismos (hongos, bacterias y actinomicetos)

Los datos obtenidos en este experimento fueron sometidos a un ANOVA y se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en los tratamientos, así mismo se procedió a evaluar las medias en prueba de rango múltiple de Duncan ($p \leq 0.05$). En la Tabla 13 se muestran los valores promedio de UFC/g de suelo, de los tratamientos, donde se observa aumento de microorganismos conforme se adiciona SMS en los tratamientos (Figura 11).

En la variable hongos se formaron 4 grupos con diferencias estadísticas, el valor máximo de 12.75 UFC/g de suelo fue en T8 y el valor mínimo de 5.86 UFC/g se registró en T1.

En la variable bacterias se formaron 5 grupos con diferencias estadísticas, el valor máximo registrado fue de 9.09 UFC/g de suelo en T8, y el valor mínimo con 3.32 UFC/g de suelo se registró en T1.

En la variable actinomicetos se formaron 6 grupos con diferencias estadísticas, el valor máximo de 6.65 UFC/g de suelo se registró en T2 con y el valor mínimo de 4.63 UFC/g de suelo se registró en T1.

Tabla 13. Los valores son expresados como el Log UFC/g de suelo para bacterias, hongos y actinomicetos

Microorganismos	Suelo	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Hongos	5.86 ^d (±0.85)	9.08 ^c (±0.62)	7.67 ^c (±0.72)	7.49 ^c (±0.60)	8.40 ^c (±1.11)	9.53 ^{ab} (±0.06)	9.41 ^{ab} (±0.23)	12.75^a (±2.96)	6.73 ^c (±0.06)
Bacterias	6.32 ^{cd} (±0.04)	5.70 ^d (±0.07)	6.44 ^{cd} (±0.76)	6.78 ^c (±0.11)	8.14 ^b (±0.38)	9.09^a (±0.36)	8.23 ^b (±0.12)	8.16 ^b (±0.02)	4.54 ^e (±0.25)
Actinomicetos	4.63 ^{bc} (±0.18)	6.65^a (±0.19)	5.20 ^b (±0.06)	4.48 ^{cb} (±0.24)	2.87 ^f (±0.29)	4.36 ^{cd} (±0.68)	3.76 ^{de} (±0.23)	3.23 ^{ef} (±0.15)	3.54 ^{ef} (±0.32)

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas ($p < 0.05$)

± Desviación estándar

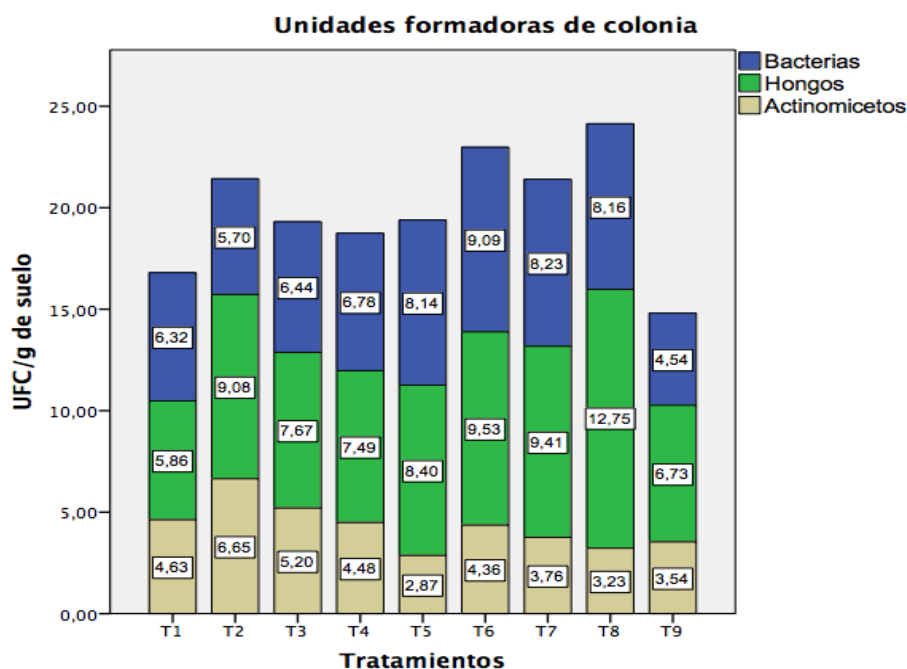


Figura 10. Determinación de UFC/g de suelo en los tratamientos.

Los resultados obtenidos del efecto de los residuo SMS como biofertilizante, incrementaron los microorganismos, de acuerdo a Suess y Curtis, (2006), las

características fisicoquímicas de los residuos SMS son favorables para mejorar la actividad microbiológica del suelo, Cabeza, (2002) y Bermúdez *et al.*, (2010) mencionan que los residuos SMS, contienen nutrimentos disponibles, además contienen subproductos derivados de la acción del metabolismo de enzimas fúngicas presentes en el sustrato, ocasionando cambios cuantitativos y cualitativos de sus características originales, haciendo el material SMS susceptible al ataque microbiano, por lo anterior podría ser una explicación del contenido microbiano determinado en el residuo SMS de *Pleurotus* spp, lo que hace favorable su aplicación como biofertilizante.

En comparación con T1, el incremento de UFC/g en los tratamientos con residuos SMS de acuerdo a Saldaña *et al.*, (2014) podría estar correlacionado con las características químicas del residuo SMS, se determinaron correlaciones positivas para los grupos de bacterias con el hierro: 0.837 ($p=0.000$), manganeso: 0.808 ($p=0.000$), magnesio: 0.737 ($p=0.000$), zinc: 0.795 ($p=0.000$) y cobre: 0.563 ($p=0.015$). Los hongos con magnesio: 0.777 ($p=0.000$), zinc: 0.763 ($p=0.000$), cobre: 0.707 ($p=0.001$), fósforo: 0.619 ($p=0.006$) y manganeso: 0.615 ($p=0.007$). Para los actinomicetos correlaciones negativas con nitrógeno: -0.616 ($p=0.007$), fósforo: -0.614 ($p=0.007$), potasio: -0.611 ($p=0.007$), magnesio: -0.467 ($p=0.003$), cobre: -0.569 ($p=0.003$), y calcio: -0.616 ($p=0.004$).

De acuerdo con Saldaña *et al.*, (2014) menciona que la incorporación de materiales orgánicos al suelo, favorecen la población de microorganismos, reciclando nutrientes para las plantas, debido a ello el aumento de la flora microbiana en suelos agrícolas refleja la fertilidad del sistema agrícola, contribuyendo en la productividad del cultivo (FAO, 2003).

El efecto de los SMS, en los tratamientos concuerda con Sagar, (2009) comenta que agregar residuos SMS de hongos *Pleurotus* spp promueven la calidad microbiana del suelo; reducen la actividad de fitopatógenos, favorece las poblaciones de microorganismos benéficos como bacterias, hongos y actinomicetos, por ello los SMS se pueden considerar por su función mejoradora de la actividad biológica en el suelo como biofertilizante.

VII CONCLUSIONES

La adición de SMS de hongos *Pleurotus* spp, proporciono condiciones necesarias para el desarrollo de plántulas de chile *Capsicum annuum*.

La adición de SMS favorece a mayor longitud de raíz en algunos tratamientos esto puede permitir un mejor éxito en el proceso de trasplante con mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes.

La aplicación de SMS contribuye a mejorar las condiciones físicas, químicas, biológicas del suelo y puede mejorar la fertilidad, por lo cual sería interesante para estudios posteriores su aplicación en campo.

La adición de SMS favorece la actividad de los microorganismos y por consecuencia contribuye a la fertilidad del suelo, encontrando mayor incremento en la flora microbiana de hongos, bacterias y actinomicetos conforme aumento la cantidad de residuo.

Los residuos SMS pueden ser un producto para la producción de plántulas y utilizarse como biofertilizante para producción de otros cultivos, por que contribuyen a mejorar las cualidades fisicoquímicas y microbiológicas del suelo.

Los desechos de la producción de hongos comestibles pueden ser reutilizados como un biofertilizante para productores agrícolas y viveristas.

VIII. LITERATURA CITADA

Acuña, O., Wagner, P., Edgardo, S., Luis, P., Franklin, R., Eduardo, D., Javier, T., Álvaro, S. (2006). La importancia de los microorganismos en la calidad y salud de suelos. Pp 222- 225.

Aguilar, F. C.G., (2007). Manual de prácticas de bromatología II. Tesis de licenciatura. Escuela de ciencias químicas. Universidad Juárez del estado de Durango. 148 pp

Aguado Santacruz, G.A. (2012). Introducción al uso y manejo de los biofertilizantes en la agricultura. INIFAP. Uso de microorganismos como biofertilizantes. Pp 35-40.

Andrades, M., E, Martínez (2014). Fertilidad del suelo y parámetros que la definen 3ª Edición Pp. 21-25.

AOAC, (1990) Oficial methods of analisis. 15th edition, volume one.

Ahlawat, OP., MP, Sagar. (2007). Management of Spent Mushroom Substrate. National Research Centre for Mushroom. Pp. 16-40.

Bahena, G., A, Bustos., E, Broa., M, Hernández. (2012). Comportamiento del chile criollo (*Capsicum annum* L.) en fertirrigacion con acolchado plástico y cubierta flotante en Xalostoc, Morelos. Universidad Autónoma de Morelos. Pp 20-23.

Bermúdez, R., Nora, G., I, Mustelier., M, Serrano. (2010). Producción y utilización de la pleurotina como fertilizante orgánico. Centro de estudios de biotecnología industrial, Facultad de ciencias naturales. Santiago de Cuba. Pp 1-4

Bermudez, R., N, Garcia., M, Serrano., I, Mustelier. (2010). Produccion y utilizacion de la pleurotina como fertilizante organico. Centro de Estudio de Biotecnologia de Oriente, Cuba. Consultado en line en: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CU2011000169>

Cabeza, R. (2002). Determinacion de la biodegradacion de paja de trigo y su posterior incorporacion a dos suelos de la Decima Region. Tesis de grado. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Pp 6-10

Castillo, F., Dolores R., Rafael B., María, H., Francisco, C., Conrado, M., Manuel, L. (2005). Biotecnología Ambiental. Editorial Tébar, S.L., Madrid.

Chang, SH. y Miles, P. (2004). Mushrooms cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact. CRC Press. USA. ISBN 0-8493-1043-1.431p.

Delgado, M. (2015) Los microorganismos del suelo en la nutrición vegetal. Consultado en línea en: <http://www.oriusbiotecnologia.com/los-microorganismos-del-suelo-en-la-nutricion-vegetal> , Septiembre del 2015.

Díaz-Moreno, R., J. Marmolejo., R. Valenzuela. (2005) Flora micológica de bosques de pino y pino encino en Durango, México. Revista Ciencia UANL, Vol. VIII, numero 003. Pp- 362-369.

Díaz Izabal, A. (2012). Tesis de Maestría. Caracterización de poblaciones bacterianas en suelos cultivados con maíz en el norte de Tamaulipas. Instituto Politécnico Nacional. Centro de Biotecnología Genómica. Pp 10-40

Dahualde, M. (2011). Tesis de grado. Evaluación de la paja de trigo pre tratada con cepas de *Hericium erinaceus* (Bull.) Pers. Como acondicionador de suelo pobre en nitrógeno y fosforo para el cultivo de plántulas de tomate, *Lycopersicum esculentum* M. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Biológicas.

Diario Oficial de la Federación. NORMA Oficial Mexicana NOM-037-FITO-1995, Por la que se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos.

Edwards, S. L., R. Raag, H. Wariishi, and M. H. Gold. (1993). Crystal Structure of Lignin Peroxidase. Proc. Natl. Acad. Sci. 90, 750-754.

Espino, P. (2000). Tesis de ingeniería bioquímica. Hongos en el tratamiento de desechos forestales para obtención de biofertilizantes. Instituto Tecnológico de Durango. Pp 8-45

FAO (2002). Los fertilizantes y su uso. Asociación internacional de la industria de los fertilizantes.

FAO (2003). Ecología y enseñanza rural. Consultado en línea en: <http://www.fao.org/docrep/006/w1309s/w1309s00.htm#TopOfPage>

Fahy, J., P.J, Wuest. (1994). Use of Spent Mushroom Substrate (SMS) for Corn (Maize) Production and its effect on surface water quality. Proceeding form Spent Mushroom substrate symposium. American Mushroom institute: Washington, DC.

Figueroa, U., A. Wong. (2003). Uso sustentable del suelo y abonos orgánicos. Centro nacional de investigación disciplinaria en relación agua suelo planta atmosfera. INIFAP. Abonos y plasticultura. Pp 1 – 80

Fontalvo, J.A., L.S, Córdoba., K.I, Gil., I.M, Romero. (2013). Efecto de residuos agroforestales parcialmente biodegradados por *Pleurotus ostreatus* (Pleurotaceae) sobre el desarrollo de plantulas de tomate. Pp 366-371

Guzmán, G., Mata, G., Salmones, D. Soto-Velazco., Guzmán-Dávalos. (1993). El Cultivo de los Hongos comestibles con atención especial a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agroindustriales. Instituto Politécnico Nacional. ISBN: 978-968-29-4492-9. Pp.245.

Gaitán Hernández, R., G. Mata., D. Salmones. (2007). Como llegar a la certificación de la calidad del inóculo para producción de *Pleurotus*. Pp 73-77.

Gaitan, R., D, Salmones., R, Merlo., G, Mata. (2006). Manual practico del cultivo de setas. Aislamiento, siembra y cultivo. Instituto de Ecología. Pp 3-5.

PARDO, I. M. G. (2008). Efecto del uso del suelo sobre la descomposición de hojarasca y grupos funcionales microbianos (cuenca del Rio la Vieja, Quindío).

Guerrero, R. (2010). Producción de plántula de chile (*Capsicum annuum* L) en invernadero. V. Producción de plántula de chile en almácigos. Comité organizador, 57. Pp 71

Hernández, J. (2012). Fungicultura: un sistema productivo ecoeficiente para alcanzar los objetivos de desarrollo del milenio. Ponencia en II Congreso Internacional de Productos Naturales y Terapias Alternativas contra el Cáncer, realizado en Cuba. Fundación Universitaria Internacional del Trópico Americano UNITROPICO. <http://www.unitropico.edu.co/index.php/80-unitropico/noticias/96-jairo-hernandez-docente-de-unitropico-participo-en-el-ii-congreso-internacional-de-productos-naturales-y-terapias-alternativas-contra-el-cancer> consultado el 5 de abril del 2015.

Hernández, J. (2008). Tesis de Maestría. Algunas consideraciones bioéticas y ecoéticas sobre el cultivo de hongos nutracéuticos en el departamento de Casanare, Colombia. Universidad el Bosque. Bogotá, D.C. Pp 7-64

Harbhajan, S. (2006). Mycoremediation: fungal bioremediation. Published Wiley-interscience, Canada.

Kirkby, E., V, Romheld. (2008). Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad. Formaciones Agronómicas No. 68. Pp. 2-4.

Landschoot, P., A, McNitt. (2007). Using Spent Mushroom Substrate as a soil admendment to improve turf. Retrieved from <http://plantscience.psu.edu/research/centers/turf/extension/factsheets/smstopdressing>

López, B., Javier, M., Artemio, P., Lina, A., Edilberto, R., María, L. (2013). Evaluación agronómica de sustratos en plántulas de chile 'onza' (*Capsicum annuum*) en invernadero. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. núm. 6. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Pp 1139-1150.

Moreno, M (2008). Tesis de grado. Producción de setas de *Pleurotus eryngii* (DC.: Fr) Quel. En paja de trigo y posterior evaluación del sustrato bioaumentado incorporado a un suelo Hapudadnd. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias.

Martínez-Carrera, D., Morales, P., Sobal, M., Bonilla, M., & Martínez, W. (2007). México ante la globalización en el siglo XXI: el sistema de producción-consumo de los hongos comestibles. *El cultivo de setas Pleurotus spp. En México. Sánchez, J.*

Medina, E., Paredes, C., Pérez-Murcia, M. D., Bustamante, M. A., & Moral, R. (2009). Spent mushroom substrates as component of growing media for germination and growth of horticultural plants. *Bioresource technology*, 100(18), 4227-4232.

Montoya, S., Gallego, J. H., Sucerquia, A., Peláez, B. J., BETANCOURT, O., & Arias, D. F. (2010). Macromicetos observados en bosques del Departamento de Caldas: su influencia en el equilibrio y la conservación de la biodiversidad. *Bol. cient. mus. hist. nat*, 14(2), 57-73.

Mora, V. M., & Martínez-Carrera, D. (2007). Investigaciones básicas, aplicadas y socioeconómicas sobre el cultivo de setas (*Pleurotus*) en México. *El cultivo de setas Pleurotus spp. en México*, 7-26.

Muratalla-Lúa, S., de las Nieves Rodríguez-Mendoza, M., Sánchez-García, P., Tijerina-Chávez, L., Santizo-Rincón, J. A., & López-Jiménez, A. (2006). Paja de maíz como sustrato en el crecimiento de plántulas de jitomate. *Terra Latinoamericana*, 24(3), 319-325.

Naranjo, N., Herrera C.J., Ávila R.J.A., Almaraz A.N.; Ávila F.I.; Sánchez A. F., Delgado A. A. y Quintos E.M. (2002). Catálogo de la Región de El Salto Pueblo Nuevo, Durango. CIIDIR Durango.

Naranjo N. (1999). Contenido de proteína detergente acido en paja de maíz tratada con *Pleurotus* spp fermentado en estado sólido. Tesis de maestría. Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de veterinaria y zootecnia.

Pp 68.

Naranjo, N., Aurelio, C., Imelda, R., Margarita, O. (2011). El cultivo de hongos comestibles para el desarrollo comunitario. Centro interdisciplinario de investigación para el desarrollo integral regional, Instituto Politécnico Nacional, Unidad Durango.

Padmavathi, T., R, Rajiv., V, Anjanappa., S, Sardesai., S, Servaraj & S, Khan. (2011). Comparing the potential of spent mycelium substrate of *Pleurotus florida* with biofertilizers to enhance growth of *Capsicum annum*. Asian Journal of Plant Science and Research. Pp. 76-86.

Phan, C. W., & Sabaratnam, V. (2012). Potential uses of spent mushroom substrate and its associated lignocellulosic enzymes. *Applied microbiology and biotechnology*, 96(4), 863-873.

Quezada, R., M, Lopez., J, Ibarra., M, de la Rosa., R, Cedeño. (2004) Efecto de acolchados fotoselectivos sobre la acumulación de material seca y rendimiento en pimiento morron. Memorias. VI congreso iberoamericano para el desarrollo y aplicacion de plasticos en la agricultura. Bogota, Colombia.

Quiñones, D. M. (2012). Aprovechamiento de residuos agroforestales para el cultivo de hongos comestibles (*Pleurotus sp.*). Tesis de maestría. Centro interdisciplinario de investigación para el desarrollo integral regional, Instituto Politécnico Nacional, Unidad Durango.

Raven, P. (1995). What is biological diversity and why is important to us? *Environmental Review* 2, <http://www.environmentalreview.org/archives/vol02/raven.html> Consultado el 10 de Abril del 2015.

Reveles, M., Huchin S., Velásquez R., Trejo R., Ruiz T. (2010). Producción de plántula de chile en invernadero. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. ISBN: 978-607-425300-9. Pág. (1-7).

Redin, A. (2010). Tesis Efecto de la inducción con extractos acuosos de paja de trigo sobre la producción de enzimas lignolíticas en *Pleurotus ostreatus*. Universidad Pública de Navarra. Escuela técnica superior de ingenieros agrónomos.

Reyes, J., A, Aldrede., V.M, Cetina., J, Lopez. (2005). Produccion de plantulas de *Pinus pseudostrobus* var. *Apulcensis* en sustratos a base de aserrin. Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente 11(2): 105-110,2005. Pp 106-109

Rinker, D., Woo, S. (2015). El sustrato gastado (residual) de hongos ostra. Universidad de Guelph, Canadá. Pp 202-205.

Rodríguez, R., V, Flórez. (2004). Elementos esenciales y beneficiosos en el fertiriego. Pp. 25-33.

Rojas, G., Ruby, S., Salazar A., Octavio, L., Katiushka, A. (2010). Estudio de oxidasas y peroxidasas producidas por Basidiomicetos nativos. Instituto de biotecnología, facultad de ciencias biológicas. UANL.

Ronen, E. I. (2008). Microelementos en la agricultura. Red hidroponia No. 38. Pp 2-10

Sánchez, J.E., D, Martínez., G, Mata., H, Leal. (2007). El cultivo de setas *Pleurotus* spp en México. Pp 225-235.

Sánchez, J.E., D, Royse. (2001). *La biología y el cultivo de Pleurotus spp*. Pp 19-25.

Sagar MP., OP Ahlawat., Dev, Raj., B, Vijay & C Indurani. (2009). Ingenious technical knowledge about the use of Spent Mushroom substrate. Indian Journal of Traditional Knowledge. Vol. 8, April 2009, pp. 242-248.

Sánchez, J., G. Orozco., D. Hernández., M. Nieto., F. Márquez. (2007). El sustrato degradado por *Pleurotus pulmonarius* para la degradación del insecticida Endosulfan. Pp 199.

Sierra, C., Rojas, C. (2012). La materia organica y su efecto como enmienda y mejorador de la productividad de los cultivos. Pp 10-19

Saldaña, M. I., Álvarez, R. G., Cruz, M. D. C. R., Solís, J. D. Á., García, C. F. O., & Fernández, J. M. P. (2014). Efecto de abonos orgánicos en la dinámica microbológica el suelo y producción *Alpinia purpurata* (VIEILL) K. SCHUM. *Interciencia*, 39(11), 809.

Soto, J. N. F., Castrejón, T. G., & Pastrana, A. L. (1996). *Manual de laboratorio de ecología microbiana*. Instituto Politécnico Nacional. Pp 71-74

Steubing, L., Godoy, R., Alberdi, M. (2012). *Metodos de Ecologia Vegetal*. Editorial Universitaria S.A. 1^{ra} Edicion. Santiago de Chile. Pp 345

Suess, A., J, Curtis. (2006). Value added strategies for Spent Mushroom substrate in BC. Pp 2-20.

Usme W., Mauricio, A., Dora, R., Fernando, C. (2004). Utilización de los hongos de la pudrición blanca en la biodegradación de contaminantes orgánicos. Escuela de procesos y energía, facultad de minas, universidad nacional de Colombia, sede Medellín. *Revista Biotecnología* Vol.9 No. 1 Pp 8-15

Uribe, J.N., N, Almaraz., N, Naranjo., J, Herrera. (2014) Producción de pimiento morrón bajo invernadero pasivo en Durango. Producción agroalimentaria para Durango. Fundación Produce Durango A.C. pp 66

Zhang, R. H., Zeng-Qiang, D. U. A. N., & Zhi-Guo, L. I. (2012). Use of spent mushroom substrate as growing media for tomato and cucumber seedlings. *Pedosphere*, 22(3), 333-342.

Zúñiga Tarango, R. (2003). La materia orgánica del suelo. Abonos y plasticultura. Pp 22.