



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TÍTULO**

La eficiencia del hongo *Pestalotiopsis spp* en la biodegradación de los tipos de plásticos (Poliuretano, polietileno de baja densidad y poliestireno de cristal), a nivel de laboratorio, 2016.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR:**

Carlos Augusto Barja Tapia

**ASESOR:**

Dr. Carlos Francisco Cabrera Carranza

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y gestión de los residuos

**LIMA-PERÚ**

**2016-I**

**PAGINA DE JURADO**

DR. Carlos Francisco Cabrera Carranza

---

PRESIDENTE

Mg. Elmer Benites Alfaro

---

SECRETARIO

Mg. Verónica Tello Mendevil

---

VOCAL

## **DEDICATORIA**

-Gracias a mis padres que me han apoyado en la parte emocional y en seguir día a día mi tesis.

-Gracias a mis hermanos que han está detrás de mí aconsejándome en seguir mi tesis.

## AGRADECIMIENTOS

- A mi padre **Arturo Barja Salome** y a mi madre **Nancy Tapia Grillo** por la formación que tengo y el agradecimiento de poder estudiar en una universidad.
- A mis hermanos **Guillermo** y **Ricardo**, quienes me han apoyado moralmente, dando me fuerzas para seguir adelante con mi investigación.
- A mí enamorada **Beatriz H.** por la confianza y el apoyo que día a día me ha apoyado en la realización de mi tesis.
- A mi asesor técnico **Jaime Borja** quien me ha brindado su tiempo y espacio en el laboratorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina, dándome sus sabios conocimientos para realizar con éxito el desarrollo experimental de mi tesis.
- A los **docentes** de la Escuela Académica profesional de Ingeniería Ambiental quien han contribuido en mí la formación profesional entre los 5 años de estudio.
- A mis grandes amigos de la infancia a **Víctor V., Geraldo y Bryan C., Marco H. y Bryan R.**, por conocernos y tener una amistad leal y sincera que perdurara a pesar del tiempo.

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo **Carlos Augusto Barja Tapia** con **DNI N°73864609**, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de **Ingeniería**, Escuela **Académica Profesional de Ingeniería Ambiental**, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 4 de julio del 2016

**Carlos Augusto Barja Tapia**  
Nombres y apellidos del tesista

## PRESENTACIÓN

Señores miembros de Jurado, presento ante ustedes la tesis titulada “**Eficiencia del hongo *Pestalotiopsis spp* en la biodegradación de los tipos de plástico (Poliuretano, polietileno de baja densidad y poliestireno de cristal), a nivel laboratorio**”, en cumplimiento del reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

Barja Tapia, Carlos Augusto (El Autor)

## INDICE

	<b>Pag.</b>
Página del jurado	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Declaratoria de autenticidad	v
Presentación	vi
Índice general	vii
Índice de figuras	x
Índice de tablas	xii
<b>RESUMEN</b>	xv
<b>ABSTRACT</b>	xvi
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	17
1.1 Realidad problemática	18
1.2 Trabajos Previos	19
1.3 Teorías relacionadas al tema	21
1.3.1 Industria del plástico en el Perú	21
1.3.2 Tipos de plástico	23
1.3.2.1 Por su naturaleza	23
1.3.2.2 por su estructura interna	23
1.3.3 Impactos los plásticos y medio ambiente	24
1.3.4 Hongo endófito	24
1.3.5 Biodegradación del plástico	25
1.4 Formulación del problema	26
1.4.1 Problema general	26
1.4.2 Problema específico	26
1.5 Justificación del estudio	26

1.6 Hipótesis	26
1.6.1 Hipótesis General	28
1.6.2 Hipótesis Específica	28
1.7 Objetivos	28
1.7.1 Objetivo general	28
1.7.2 Objetivo específico	28
<b>II. METODO</b>	<b>30</b>
2.1 Diseño de investigación	31
2.2 Variables, Operalización	31
2.3 Población y muestra	32
2.3.1 Población	32
2.3.2 Muestra	32
2.3.3 Muestreo	32
2.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	33
2.5 Validación de instrumento	34
2.6 Metodología	34
2.6.1 Preparación del medio de cultivo	34
2.6.2 Cultivo del hongo en la placa Petri	35
2.6.3 Condiciones de temperatura	36
2.6.4 Montaje y Taxonomía	37
2.6.5 Condiciones de Humedad	38
2.6.6 Muestras de plástico	39
2.6.7 Pesado de plástico	41
2.6.8 Plásticos en los frascos de vidrio	41
2.6.9 Biodegradación	42
2.7 Métodos de análisis de datos	43
2.8 Aspectos éticos	44
<b>III. RESULTADOS</b>	<b>45</b>
3.1 Temperatura y Humedad optima	46
3.1.1 Temperatura optima	46

3.1.2 Humedad optima	46
3.2 Biodegradación	48
3.3 Estadística descriptiva	51
3.4. Prueba de hipótesis	55
3.4.1 Hipótesis general	55
3.4.1.1 Hipótesis específica 2	56
3.4.1.2 Hipótesis específica 3	59
<b>IV. DISCUSIÓN</b>	<b>62</b>
<b>V. CONCLUSIÓN</b>	<b>66</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	<b>68</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>70</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>69</b>

## INDICE DE FIGURA

	Pag.
<i>Figura 1:</i> Polietileno de baja densidad. Fuente: Google.	19
<i>Figura 2:</i> Poliestireno. Fuente: Google.	19
<i>Figura 3:</i> Poliuretano. Fuente: Google.	19
<i>Figura 4:</i> Variación Porcentual del índice de crecimiento industrial de fabricación de productos de plásticos, 2008 – 2013. Fuente: Sociedad Nacional de Industria (2014).	22
<i>Figura 5:</i> Consumo de los principales insumos para la industria de productos plásticos. Fuente: Sociedad Nacional de Industria (2014).	22
<i>Figura 6:</i> Tipos de plástico. Fuente: Elaboración propia.	24
<i>Figura 7:</i> <i>Pestalotiopsis spp.</i> Fuente: Evidencia Propia.	27
<i>Figura 8:</i> Agar + 1L de agua destilada. Fuente: Evidencia Propia.	34
<i>Figura 9:</i> Matraz de 200ml. Fuente: Evidencia Propia.	34
<i>Figura 10:</i> Autoclave. Fuente: Evidencia Propia.	35
<i>Figura 11:</i> Cámara de siembra. Fuente: Evidencia Propia.	35
<i>Figura 12:</i> Placas Petri con PDA. Fuente: Evidencia Propia.	35
<i>Figura 13:</i> Colocación de la Cepa. Fuente: Evidencia Propia.	36
<i>Figura 14:</i> Crecimiento del hongo. Fuente: Evidencia Propia.	36
<i>Figura 15:</i> Medición del hongo. Fuente: Evidencia Propia.	37
<i>Figura 16:</i> Observación Microscópica. Fuente: Evidencia Propia.	37
<i>Figura 17:</i> Esporas ( <i>Pestalotiopsis spp.</i> ). Fuente: Evidencia Propia.	37
<i>Figura 18:</i> Conideas ( <i>Pestalotiopsis spp.</i> ). Fuente: Evidencia Propia.	38

<i>Figura 19:</i> Medio de cultivo seco. Fuente: Evidencia Propia.	39
<i>Figura 20:</i> Sacando 9 muestras de poliuretano. Fuente: Evidencia Propia.	40
<i>Figura 21:</i> Sacando 9 muestras de poliestireno de cristal. Fuente: Evidencia Propia.	40
<i>Figura 22:</i> 9 muestras de Polietileno de baja densidad. Fuente: Evidencia Propia	40
<i>Figura 23:</i> Peso inicial de los 3 tipos de plástico. Fuente: Evidencia Propia	41
<i>Figura 24:</i> Colocación del plástico al frasco de vidrio. Fuente: Evidencia Propia	41
<i>Figura 25:</i> Los 3 tipos de plástico en el medio de cultivo del hongo en los frascos de vidrio. Fuente: Evidencia Propia.	41
<i>Figura 26:</i> Prueba de biodegradación en la bolsa de Polietileno de baja densidad. Fuente: Evidencia Propia.	42
<i>Figura 27:</i> Prueba de biodegradación en la placa Petri de Poliestireno de cristal. Fuente: Evidencia Propia	42
<i>Figura 28:</i> Prueba de biodegradación en la esponja de Poliuretano. Fuente: Evidencia Propia	42
<i>Figura 29:</i> Comparación de porcentaje de humedad. Fuente: Evidencia Propia	47
<i>Figura 30:</i> Promedio de la eficiencia de biodegradación del Poliuretano. Fuente: Elaboración Propia.	49
<i>Figura 31:</i> Promedio de la eficiencia de biodegradación del polietileno de baja densidad. Fuente: Elaboración Propia	50
<i>Figura 32:</i> Promedio de la eficiencia de biodegradación del Poliestireno de Cristal. Fuente: Elaboración Propia	50

<i>Figura N°33:</i> Comparación del porcentaje de la eficiencia del hongo Pestalotiopsis spp en la biodegradación del tipo de plástico (Poliuretano, polietileno de la baja densidad y poliestireno de cristal). Fuente: Elaboración Propia	51
<i>Figura 34.</i> Histograma de la Eficiencia promedio del hongo en la biodegradación de Poliuretano Fuente: IBM SPSS Statistics (Versión 19).	52
<i>Figura 35.</i> Histograma de la Variación relativa promedio (%) de Poliestireno de cristal. Fuente: IBM SPSS Statistics (Versión 19).	54
<i>Figura 36.</i> Diagrama de cajas de las variaciones relativas promedio porcentuales de la eficiencia del hongo pestalotiopsis spp en la biodegradación de poliuretano y poliestireno de cristal. Fuente: IBM SPSS Statistics (Versión 19).	61

## INDICE DE TABLA

	Pag.
<i>Tabla 01:</i> Operalización de variables. Fuente: Elaboración Propia.	31
<i>Tabla 02:</i> Población de los tipos de plásticos (PUR, PBD, PS). Fuente: Elaboración Propia.	32
<i>Tabla 03:</i> Muestra de los tipos de plásticos (PUR, PBD, PS). Fuente: Elaboración Propia	32
<i>Tabla N°4:</i> Cuadro para identificar la temperatura óptima para el crecimiento del hongo <i>Pestalotiopsis spp</i> y la biodegradación del plástico	46
<i>Tabla N°5:</i> Área del hongo. Fuente: Elaboración Propia	46
<i>Tabla N°6:</i> Cuadro de registro de porcentaje de humedad. Fuente: Elaboración Propia	46
<i>Tabla N°7:</i> Registro de biodegradación de los 3 tipos de plásticos (Poliuretano, polietileno de baja densidad y poliestireno de cristal) Tiempo vs Peso. Fuente: Elaboración Propia	48
<i>Tabla 8:</i> Estadísticos de la Eficiencia promedio (%) de Poliuretano. Fuente: IBM SPSS Statistics (Versión 19).	51
<i>Tabla 9:</i> Estadísticos de la Variación relativa promedio (%) de Poliestireno de cristal. Fuente: IBM SPSS Statistics (Versión 19).	53
<i>Tabla 10:</i> Prueba de bondad de ajuste. Fuente: IBM SPSS Statistics (Versión 19).	55
<i>Tabla 11:</i> Resultados de la prueba t-Student de la eficiencia promedio del hongo <i>Pestalotiopsis spp</i> en la biodegradación de poliuretano. Fuente: IBM SPSS Statistics (Versión 19).	55
<i>Tabla 12:</i> Resultados de la prueba t-Student de la eficiencia	

promedio del hongo <i>Pestalotiopsis spp</i> en la biodegradación de poliestireno de cristal. Fuente: IBM SPSS Statistics (Versión 19).	56
<i>Tabla 13:</i> Resultados de la prueba de Levene de homogeneidad varianzas de biodegradación promedio del Poliuretano a 30, 60 y 90 días. Fuente: IBM SPSS Statistics (Versión 19).	56
<i>Tabla 14:</i> Resultados del ANOVA de la biodegradación a 30, 60 y 90 días en Poliuretano. Fuente: IBM SPSS Statistics (Versión 19).	57
<i>Tabla 15:</i> Test de Tamhane entre biodegradación a 30, 60 y 90 días en Poliuretano. Fuente: IBM SPSS Statistics (Versión 19).	57
<i>Tabla 16:</i> Resultados de la prueba de Levene de homogeneidad varianzas de la biodegradación promedio del poliestireno de cristal a 30, 60 y 90 días. Fuente: IBM SPSS Statistics (Versión 19).	54
<i>Tabla 17:</i> Resultados del ANOVA de las eficiencias a 30, 60 y 90 días en Poliestireno. Fuente: IBM SPSS Statistics (Versión 19).	58
<i>Tabla 18:</i> Test de Tukey entre las biodegradación de 30, 60 y 90 días en Poliestireno. Fuente: IBM SPSS Statistics (Versión 19).	58
<i>Tabla 19:</i> Subconjuntos homogéneos según las pruebas de Tukey. Fuente: IBM SPSS Statistics (Versión 19).	59
<i>Tabla 20:</i> Resultados de la prueba t-Student de las variaciones relativas promedio porcentuales de la eficiencia del hongo <i>pestalotiopsis</i> en la biodegradación de poliuretano y poliestireno de cristal. Fuente: IBM SPSS Statistics (Versión 19).	60

## Resumen

Inspirado por la problemática ambiental de los plásticos a nivel mundial, por el tiempo de permanencia y los efectos que provocan daños a los seres vivos se realizó una investigación experimental sobre la biodegradación de los plásticos y así poder acelerar el tiempo de permanencia en el ambiente, esta investigación se realizó en el laboratorio de la Universidad Nacional Agraria la Molina, con el objetivo de determinar el tipo de plástico (Poliuretano, polietileno de baja densidad y poliestireno de cristal) donde el hongo *Pestalotiopsis spp* es más eficiente en su biodegradación; ya que existe artículos periodísticos e informes de trabajo referente a la biodegradación del poliuretano con la acción del hongo *Pestalotiopsis microspora*, pero hasta el momento no hay ninguna investigación sobre la biodegradación del polietileno de baja densidad y poliestireno de cristal, escogí estos 3 tipos de plásticos debido a que estos son los más utilizados en los supermercados y en los hogares y también porque dicho hongo se alimenta de enlaces de carbono que son componentes principales para la elaboración de los plásticos, a su vez mediante los resultados se podrán hacer recomendaciones de cómo utilizar este hongo en empresas que se dediquen al reciclaje o a fines de degradación de plásticos como en los vertederos.

**Palabras clave:** *Pestalotiopsis spp*, Plástico, Biodegradación.

## ABSTRACT

Inspired by environmental issues of plastics worldwide, the residence time and the effects that cause damage to individuals, an experimental research on biodegradation of plastics was done so we can accelerate the residence time in the environment, this research was conducted in the laboratory of the Universidad Nacional Agraria la Molina, in order to determine the type of plastic (polyurethane, low density polyethylene and polystyrene glass) where the fungus “*Pestalotiopsis spp*” is more efficient in its biodegradation, as there are newspaper articles and work reports about the biodegradation of polyurethane with *Pestalotiopsis* fungus microspore, but so far there is no research on the biodegradation of low density polyethylene and polystyrene glass, I chose these 3 types of plastics because these are the most widely used in supermarkets and homes and also because the fungus feeds on carbon bonds that are central to the development of plastics, along with the results, I can make recommendations on how to use this fungus to companies engaged in recycling or degradation of plastics late as in landfills.

**Keywords:** *Pestalotiopsis spp, plastic, biodegradation.*