



***Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus djamor* como agentes mineralizantes en el tratamiento de residuos lignocelulósicos de colillas de cigarrillo, Cusco**

Verónica Isela Vera-Marmanillo^{1,*}, Renán Ramírez Vargas²

¹Universidad de San Antonio Abad del Cusco UNSAAC, Facultad de Ciencias Biológicas. Cusco, Perú; ² Universidad Andina del Cusco UAC, Facultad de Ciencias de la Salud. Cusco, Perú

Keys: *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus djamor*, Biotechnology, Lignocellulosic Waste, Cigarette Butts;
Claves: *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus djamor*, Biotecnología, Residuos Lignocelulósicos, Colillas.

ABSTRACT

Pleurotus ostreatus and *Pleurotus djamor* as mineralizing agents in the treatment of lignocellulosic waste from cigarette butts, Cusco. Cigarette butts underwent a mineralization process to lower their levels of harmful contaminants. A regenerative treatment using saprobial fungi was applied, leveraging the enzymatic action of cellulases to break down toxic compounds. The fungi *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus dejamor* were cultivated under carefully regulated humidity and temperature conditions. Scanning Electron Microscopy (SEM) confirmed the breakdown of cellulose and lignin fibers, while Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) showed the presence of mineralized elements. After 45 days, chlorine and sulfur showed significant mineralization, followed by titanium, silicon, and aluminum at 75 days. The resulting substrate was detoxified, partially decomposed, and suitable for composting—posing no environmental threat.

RESUMEN

Las colillas de cigarrillo fueron sometidas a un proceso de mineralización para reducir sus niveles de contaminantes nocivos. Se aplicó un tratamiento regenerativo utilizando hongos saprobióticos, aprovechando la acción enzimática de las celulasas para descomponer compuestos tóxicos. Los hongos *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus dejamor* fueron cultivados bajo condiciones cuidadosamente controladas de humedad relativa y temperatura. La Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) confirmó la degradación de las fibras de celulosa y lignina, mientras que la Espectroscopía de Dispersión de Energía (EDS) reveló la presencia de elementos mineralizados. A los 45 días se observó una mineralización significativa de cloro y azufre, seguida por titanio, silicio y aluminio a los 75 días. El sustrato resultante fue detoxificado, parcialmente degradado y apto para compostaje, sin representar ningún riesgo ambiental.

Revista Boliviana de Química, 2025, 42, 63-73
ISSN 0250-5460, Rev. Bol. Quim. Paper edition
ISSN 2078-3949, Rev. boliv. quim. e-edition, May-Nov
30 noviembre 2025, <https://doi.org/10.53287/hexw3962gw74p>
© 2025 Universidad Mayor de San Andrés,
Facultad de Ciencias Puras y Naturales,
Carrera Ciencias Químicas, Instituto de Investigaciones Químicas
<https://bolivianchemistryjournaliiq.umsa.bo>

¹Received May 19, 2025, accepted October 1, 2025, published November 30, 2025. *Mail to: veronika.vera@unsaac.edu.pe

INTRODUCCIÓN

La contaminación antropogénica genera diversos problemas ambientales, siendo las colillas de cigarro un contaminante común en la naturaleza¹. Estas contribuyen a la pérdida de biodiversidad y destrucción de ecosistemas² al contener sustancias tóxicas como arsénico (As), nicotina ($C_{10}H_{14}N_2$), cadmio (Cd) y tolueno ($C_6H_5CH_3$)^{3,4}. Al contacto con el agua, liberan toxinas, incluidos metales pesados como el arsénico, que afectan a la fauna y a la salud humana⁵. La gestión de estos residuos es un desafío global⁶, y en Perú su presencia en áreas comunes y cuerpos de agua amenaza la biodiversidad y el medio ambiente^{7,8}. Una técnica de biorremediación es la micorremediación, que utiliza hongos para degradar o retener contaminantes⁹. Se ha demostrado que varias especies de hongos tienen la capacidad de absorber metales pesados, así como degradar polímeros sintéticos similares al acetato de celulosa¹⁰. También podrían asimilar las sustancias tóxicas de los cigarrillos y almacenar estos químicos en el cuerpo del hongo. uno de los principales componentes de la biomasa vegetal, está compuesta por cadenas poliméricas que, al hidrolizarse, liberan glucosa. Estas cadenas, junto con fibras hemicelulósicas, forman polímeros de azúcares como xilosa ($C_5H_{10}O_5$) y manosa^{11,12}. La hidrólisis de la celulosa y la hemicelulosa depende de su estructura¹³ los monómeros que la integran y los enlaces entre ellos^{14,15}. La descomposición de la celulosa y sus compuestos asociados ocurre en la naturaleza a través de la hidrólisis catalizada por enzimas como las celulasas, así como varios complejos enzimáticos no asociados¹⁶ que también se pueden encontrar en actinomicetos, bacterias, hongos filamentosos y macromicetos^{17,18}. Estos últimos teniendo un papel importante en las redes tróficas, así como en los diferentes ciclos biogeoquímicos y en la distribución de compuestos tanto orgánicos como inorgánicos al ambiente, por lo que han sido considerados una fuente importante para la biorremediación, además de ser especies clave. para el medio ambiente^{19,20}. El objetivo de la investigación fue evaluar la efectividad de *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus djamar* en la mineralización de residuos lignocelulósicos de colillas de cigarrillos y la desintoxicación de sustancias tóxicas, mediante un protocolo adaptado a las características de estos basidiomicetos^{21,22}. Además, se buscó establecer las condiciones óptimas de humedad relativa (HR), temperatura ($^{\circ}T$) y horas de luz (HL) para su desarrollo y verificar la degradación de fibras de celulosa y hemicelulosa en los residuos tratados

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se describen los elementos químicos presentes en las fibras de celulosa de las muestras de colilla de cigarro antes de someterlas a tratamiento.

Tabla 1: Análisis EDS de fibra de acetato de celulosa de colillas de cigarrillos sin tratar

Elemento	N°Atom	Netto	Mass (%)
Magnesio	12	8883	4.25
Carbono	6	10139	48.81
Aluminio	13	1057	0.46
Silicio	14	357	0.27
Fósforo	15	4001	1.24
Azufre	16	5787	1.73
Cloro	17	12169	3.86
Potasio	19	34066	12.30
		Sum	100.00

Las primeras imágenes obtenidas mediante Microscopía Electrónica de Barrido (MEB), presentadas en la Figura 2, corresponden a muestras sin tratamiento. Estas, junto con los resultados de la Tabla 1 revelan fibras de celulosa desgastadas y elementos químicos adheridos, como Mg, Al, Si, P, S, Cl y K. Estos elementos, presentes en formas conjugadas o libres, se describieron según su porcentaje de masa neta en la fibra analizada, evidenciando su toxicidad inherente.

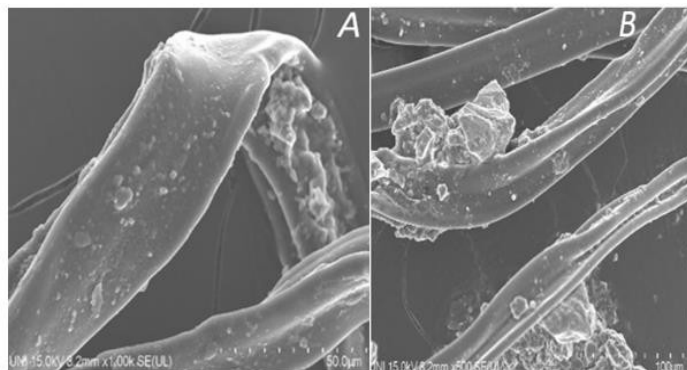


Figura 1: Fibras de colillas sin tratamiento desintoxicante y mineralización. (A) 50 μm -15 kV (B) 100 μm -15 V

Resultados Fase I (45 días)

Se realizó un monitoreo continuo durante 45 días de las condiciones de humedad relativa (HR), temperatura (T) y horas de luz (HL), exponiendo sustratos de colillas de cigarrillos, considerados residuos sólidos altamente tóxicos, a micelios de *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus djamor*. En las muestras evaluadas, se obtuvieron condiciones promedio de 22.17 °C y 52.46% HR para la muestra 1 (*Pleurotus ostreatus*) y 19.05 °C y 53% HR para la muestra 2 (*Pleurotus djamor*). El crecimiento sistemático de los micelios evidenció su capacidad como biodegradadores de celulosa y lignina, logrando una proliferación del 100% en ambos casos, adaptándose de manera óptima al medio establecido.

Detoxificación de fibras de celulosa y lignina - Fase I

Las imágenes MEB confirmaron la detoxificación de fibras de celulosa y hemicelulosa en los residuos degradados de colillas tratados con *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus djamor*. Estas fibras fueron analizadas bajo alta tensión (15,0 kV) con aumentos de 50 y 100 μm , evidenciando la capacidad de estos organismos para degradar celulosa y lignina.

Tratamiento de *Pleurotus ostreatus* - Fase I

Tras evaluar cada espectro, en una región de la muestra tratada con *Pleurotus ostreatus*, se observó que los elementos descritos como oxígeno están presentes en el uno por ciento de los átomos del 97,21% $\pm$ un error relativo del 11,13%, el K al 1,01 % de porcentaje atómico, el Ti al 0,99 %, el S al 0,36 % y el P al 0,43 % (Tabla 2). Se ha producido un aumento significativo de oxígeno en la fibra, desaparición de elementos como Al, Si, Mn, Mg, Cl y un ligero aumento porcentual de Ti. La mineralización y detoxificación de estos elementos, en contacto con las catalasas del hongo *Pleurotus ostreatus*, potencian las propiedades químicas estables de los elementos, eliminando su factor tóxico.

Tabla 2: Análisis EDS de fibra de acetato de celulosa de colillas de cigarro mineralizadas por *Pleurotus ostreatus* - espectro 1

Element	Netto	Mass (%)
Carbono	149940	0.00
Oxígeno	32894	97.21
Potasio	1376	1.01
Titanio	888	0.99
Azufre	512	0.36
Fosforo	579	0.43
Sum		100

Tras evaluar cada espectro, en una región de la muestra tratada con el hongo ostra, se ha observado que los elementos descritos como oxígeno están presentes en un porcentaje de los átomos del 96,67% $\pm$ un error relativo del 11,2%, el Ti en 0,94 % de porcentaje atómico, K 1,41 %, P 0,38 %, S 0,29 %, S 0,93 % y Al 0,31 % (Tabla 3). Se ha producido un aumento significativo de oxígeno en la fibra, desaparición de elementos como Mg, Si, Cl y Mg y un ligero aumento

porcentual de Ti. La mineralización y detoxificación de estos elementos, en contacto con las catalasas del hongo *Pleurotus ostreatus*, potencian las propiedades químicas estables de los elementos, eliminando su factor tóxico.

Tabla 3: Análisis EDS de fibra de acetato de celulosa de colillas de cigarrillos mineralizadas por *Pleurotus ostreatus* - espectro 2

Element	Netto	Mass (%)
Carbono	120045	0.00
Oxígeno	29303	96.67
Titanio	862	0.94
Potasio	1760	1.51
Fósforo	423	0.38
Azufre	358	0.29
Aluminio	246	0.31
Sum		100

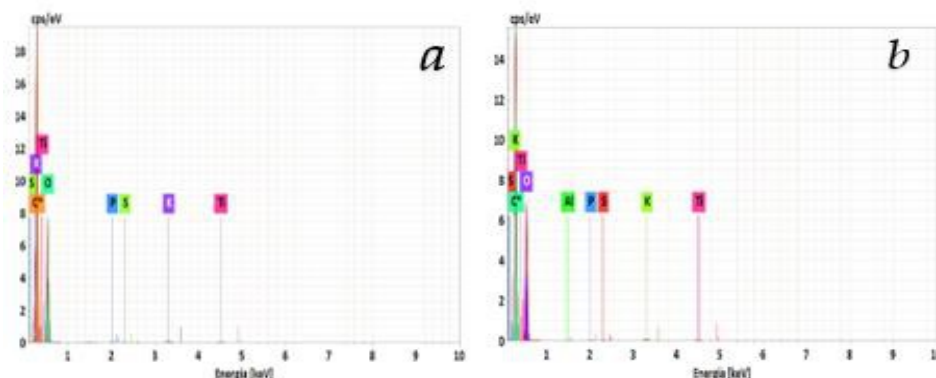


Figura 2: (a) Espectro - 1 de minerales en la fibra de acetato de celulosa a 20 μm – 15kV a los 45 días
(b) Espectro - 2 de minerales en la fibra de acetato de celulosa a 20 μm – 15kV a los 45 días

Tratamiento de *Pleurotus djamor* - Fase I

Tras evaluar cada espectro, en una región de la muestra tratada con *la cepa roja*, se ha observado que los elementos descritos como oxígeno están presentes en el uno por ciento de los átomos del 67,42% +- un error relativo del 12,50%, el Si 12,18%, Al 1,92%, P 2,17%, S 3,06%, Cl 3,57%, K 19,11% y Ca 8,92 (Tabla 4). Se ha producido un aumento de oxígeno en la fibra, desaparición de elementos como Mg y Mn y una evidente disminución porcentual de Ca. La mineralización y detoxificación de estos elementos, en contacto con las catalasas del hongo *Pleurotus djamor*, potencian las propiedades químicas estables de los elementos, eliminando su factor tóxico.

Tabla 4: Análisis EDS de fibra de acetato de celulosa de colillas de cigarrillos mineralizadas por *Pleurotus djamor* - espectro 1.

Element	Netto	Mass (%)
Carbono	86454	0.00
Oxígeno	25514	49.08
Silicio	32163	12.18
Aluminio	4167	1.92
Fósforo	6257	2.17
Azufre	9551	3.06
Cloro	10557	3.57
Potasio	49866	19.11
Calcio	19367	8.92
Sum		100

Tras evaluar el segundo espectro, en una región de la muestra tratada con *Pleurotus djamor* se ha observado que los elementos descritos como oxígeno están presentes en un uno por ciento de los átomos del 80,32% +- un error relativo del 11,65%, el K en un 6,83%, el Ca en un 6,81%, el Cl en un 1,65%, el S en un 1,24%, el P en un 1,27%, el Si en un 0,92% y el Al en un 0,95% (Tabla 5). Se ha producido un evidente aumento de oxígeno en la fibra, desaparición de elementos como Mg y Mn y una evidente disminución porcentual de Ca. La mineralización y detoxificación de estos elementos, en contacto con las catalasas del hongo *Pleurotus djamor*, potencian las propiedades químicas estables de los elementos, eliminando su factor tóxico.

Tabla 5: Análisis EDS de fibra de acetato de celulosa de colillas de cigarrillos mineralizadas por *Pleurotus djamor* – espectro 2

Element	Netto	Mass (%)
Carbono	171302	0.00
Oxígeno	58974	80.32
Potasio	47397	6.83
Calcio	40358	6.81
Cloro	13159	1.65
Azufre	9801	1.24
Fósforo	9244	1.27
Silicio	5793	0.92
Aluminio	4931	0.95
Sum		100

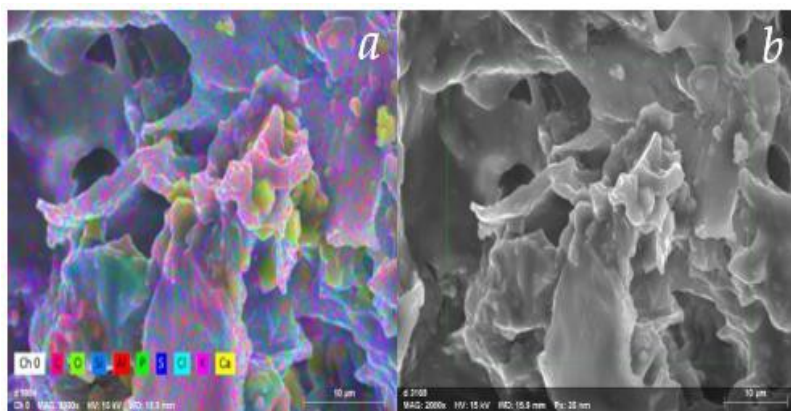


Figura 3: *Pleurotus djamor* Spectrum-2 de minerales sobre fibra de acetato de celulosa a 10 µm – 15kV a 45 días (a) Fibra de acetato de celulosa mineralizada por *Pleurotus djamor* a los 45 días. espectro 2 (b)

Resultados fase II

Destoxificación de fibras de celulosa y lignina -Fase II

Para la segunda fase, se monitorearon continuamente, durante 75 días, las condiciones de humedad relativa (HR), temperatura (T) y horas de luz (HL) en sustratos de colillas de cigarrillos, considerados residuos sólidos altamente tóxicos, tratados con micelios de *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus djamor*. En las muestras analizadas, se obtuvieron condiciones promedio de 23 °C y 54.25% HR para la muestra 1 (*Pleurotus ostreatus*) y 19.15 °C y 55% HR para la muestra 2 (*Pleurotus djamor*). Ambos micelios lograron un crecimiento del 100% sobre los sustratos, mostrando una adaptación óptima al medio y confirmando su capacidad como biodegradadores de celulosa y lignina.

Tratamiento de *Pleurotus ostreatus* - Fase II

Tras evaluar cada espectro, en una región de la muestra tratada, se ha observado que los elementos descritos como oxígeno están presentes en el uno por ciento de los átomos del 81,08 % +- un error relativo del 11,39 %, Mg en el 2,68 % de los átomos porcentaje, P en 3,88%, S en 1,24%, Cl en 1,42%, K en 5,66% y Ca en 4,04% (Tabla 6). Se ha producido un aumento significativo de oxígeno en la fibra, desaparición de elementos como Al, Si, Mn y una

disminución porcentual evidente de Ca. La mineralización y detoxificación de estos elementos, en contacto con las catalasas del hongo *Pleurotus ostreatus*, potencian las propiedades químicas estables de los elementos, eliminando su factor tóxico.

Tabla 6: Análisis EDS de fibra de acetato de celulosa de colillas mineralizadas por *Pleurotus ostreatus*-espectro 1. Fase II

Element	Netto	Mass(%)
Oxígeno	82926	81.08
Carbono	200034	0.00
Magnesio	13686	2.68
Fósforo	34923	3.88
Azufre	11846	1.24
Cloro	13289	1.42
Potasio	43587	5.66
Calcio	26063	4.04
Sum		100

Tras evaluar cada espectro, en una región de la muestra tratada, se ha observado que los elementos descritos como oxígeno están presentes en el uno por ciento de los átomos del 73,70% +/- un error relativo del 12,55 %, el P en el 5,13 %, S en 1,93%, Cl en 3,00%, K en 10,63%, Ca en 3,06%, Mg en 1,95% y Al en 0,60% (Tabla 7). Se ha producido un aumento significativo del oxígeno en la fibra, desaparición de elementos como el Si y el Mn, una disminución porcentual evidente del Ca. La mineralización y detoxificación de estos elementos, en contacto con las catalasas del hongo *Pleurotus ostreatus*, potencian las propiedades químicas estables de los elementos, eliminando su factor tóxico.

Tabla 7: Análisis EDS de fibra de acetato de celulosa de colillas mineralizadas por *Pleurotus ostreatus* – Fase 2

Element	Netto	Mass (%)
Carbono	63552	0.00
Oxígeno	24572	73.70
Fósforo	16866	5.13
Azufre	7124	1.93
Cloro	11599	3.00
Potasio	37639	10.63
Calcio	8958	3.06
Magnesio	2982	1.95
Aluminio	1279	0.60
Sum		100.00

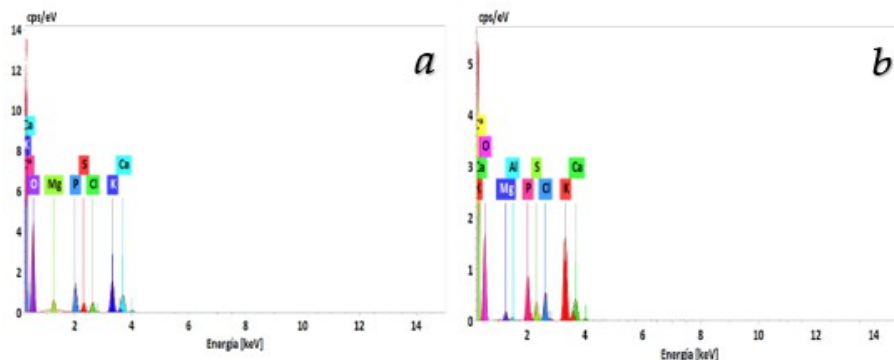


Figura 4: Espectro - 1 de minerales en la fibra de acetato de celulosa a 20 μm – 15kV a los 75 días (a) Espectro - 2 de minerales en la fibra de acetato de celulosa a 20 μm – 15kV a los 75 días (b)

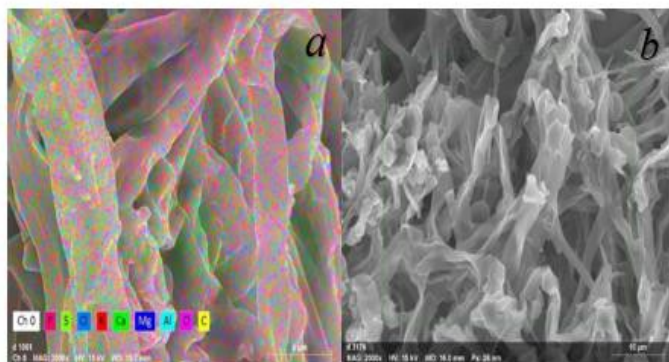


Figura 5: *Pleurotus ostreatus* Spectrum-2 de minerales sobre fibra de acetato de celulosa a 10 μm – 15kV a 75 días (a) Fibra de acetato de celulosa mineralizada por *Pleurotus ostreatus* a 10 μm – 15kV, 75 días. espectro 1 (b)

Tratamiento de *Pleurotus djamor* - Fase II

Tras evaluar cada espectro, en una región de la muestra tratada con la cepa roja, se ha observado que los elementos descritos como oxígeno están presentes en el uno por ciento de los átomos del 42,88% +- un error relativo del 16,21%, el K en un 22,97 %, Ca en un 17,54 %, Cl en un 3,85 %, S en un 3,51 %, P en un 4,79 %, Si en un 1,36 % y Al en un 3,1 % (**Tabla 8**). Se ha producido una ligera disminución porcentual del oxígeno en la fibra, desaparición de elementos como el Mn y una ligera disminución porcentual del Ca. La mineralización y detoxificación de estos elementos, en contacto con las catalasas del hongo *Pleurotus djamor*, potencian las propiedades químicas estables de los elementos, eliminando su factor tóxico.

Tabla 8: Análisis EDS de fibra de acetato de celulosa de colillas mineralizadas por *Pleurotus djamor* - espectro 1. Fase II

Element	Netto	Mass
Carbono	116214	0
Oxígeno	4152	42.88
Potasio	42900	22.97
Calcio	26471	17.54
Cloro	7821	3.85
Azufre	6737	3.51
Fósforo	8009	4.79
Silicio	1814	1.36
Aluminio	3047	3.1
Sum		100.0

Tabla 9: Análisis EDS de fibra de acetato de celulosa de colillas mineralizadas por *Pleurotus djamor* – Fase II

Element	Netto	Mass (%)
Carbono	67632	0.00
Oxígeno	159246	67.01
Magnesio	8147	0.80
Aluminio	36278	2.79
Silicio	378869	26.08
Fósforo	6085	0.42
Azufre	1794	0.13
Potasio	18737	1.49
Calcio	3470	0.32
Hierro	4834	0.95
Sum		100.00

Tras evaluar cada espectro, en una región de la muestra tratada con la cepa roja, se ha observado que los elementos descritos como oxígeno están presentes en un uno por ciento de los 67,01% de los átomos $\pm$ un error relativo del 11%, el Mg en un 0,80 %, Al 2,79%, Si 26,08%, P 0,42%, S 0,13%, K 1,49%, Ca 0,32% y Fe 0,95% (Tabla 9). Se ha producido un ligero aumento de oxígeno en la fibra, desaparición de elementos como Cl y Mn y una evidente disminución porcentual de Ca. La mineralización y detoxificación de estos elementos, en contacto con las catalasas del hongo *Pleurotus djamor*, potencian las propiedades químicas estables de los elementos, eliminando su factor tóxico.

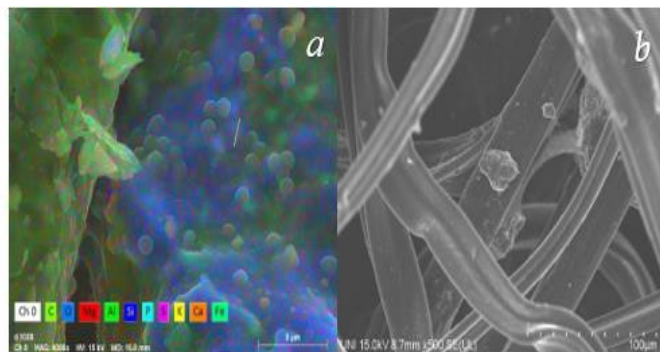


Figura 6: *Pleurotus djamor* Spectrum-2 de minerales sobre fibra de acetato de celulosa a 5 μ m – 15kV a 75 días (a). Fibra de acetato de celulosa mineralizada por *Pleurotus djamor* a 100 μ m – 15kV, 75 días (b)

Tabla 10: Prueba de Tukey para la homogeneidad del porcentaje de mineralización promedio sobre la presencia de Sodio

Cepas	N	Media	Agrupación
PD 45	2	1.895	A
PO 45	2	1.770	A
PO 75	2	0.6100	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Mediante la prueba de Tukey, podemos concluir que se forma un grupo homogéneo respecto la efectividad de la aplicación de *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus djamor* sobre la presencia de Sodio en el tratamiento de residuos de colillas de cigarro. Todos los tratamientos presentan un alto porcentaje de mineralización, siendo la primera *Pleurotus djamor* a 45 días y la segunda *Pleurotus ostreatus* a 45 días las que obtienen el mayor porcentaje de efectividad sobre la presencia de hierro en el tratamiento de residuos de colillas de cigarro.



Figura 7: Colilla de cigarro biodegradada por *Pleurotus ostreatus*

EXPERIMENTAL

La investigación se realizó en el distrito de San Jerónimo, al sur de la provincia del Cusco, Perú, utilizando 2500 colillas como sustrato lignocelulósico para evaluar su mineralización y detoxificación mediante *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus djamor*^{23 24}. El tratamiento se llevó a cabo en dos fases, a los 45 y 75 días, con las colillas en contacto con estructuras miceliales. Los parámetros ambientales se monitorearon con termohigrómetros calibrados en cámaras de crianza asépticas, diseñadas para evitar contaminación y fomentar el desarrollo de los micelios²⁵.

Para recolectar datos ambientales de temperatura (°T), humedad relativa (HR) y horario de luz (HL), se utilizaron termohigrómetros calibrados con resolución de 1% HR y 0,1 °C, y un termistor externo IP67. La humedad fluctuó entre el 20 % y el 90 %, y el control del horario de luz en las cámaras de crianza se realizó según criterio del monitor (Figura 8). Para evaluar el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus djamor*, se acondicionaron cámaras de crianza acondicionadas para su desarrollo en el sustrato de colillas.

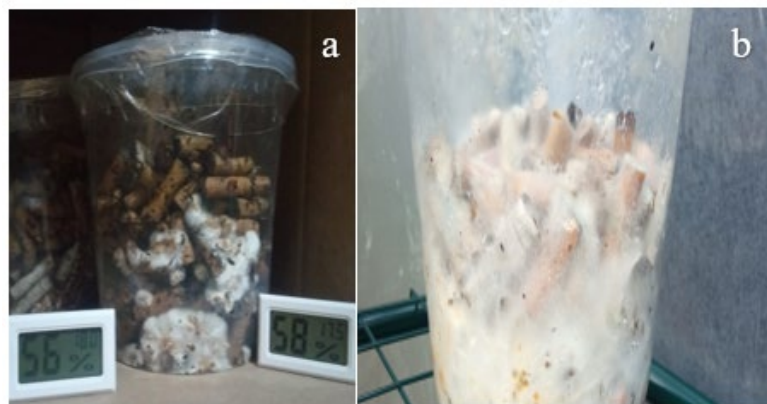


Figura 8: Proceso de aplicación del sustrato de colillas con micelios (a) *Pleurotus ostreatus* (b) colonización de micelios

Recolección de datos

El procedimiento se desarrolló sistemáticamente e incluyó los siguientes pasos: Esterilización del ambiente laboral y de crianza. Preparación del sustrato con 60 g de colillas por contenedor y una relación peso micelio de 2:1. Hidratación de las colillas con agua destilada hasta alcanzar una humedad relativa de 60-80%²⁵, aplicando presión manual. Esterilización de recipientes y materiales mediante autoclave. Siembra y contacto de los micelios de *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus djamor* con las colillas tratadas. Traslado de los envases rotulados a un ambiente aséptico. Monitoreo periódico (cada tres días) de humedad relativa (HR), temperatura (°T) y horario de luz (HL). Incubación del sustrato a una temperatura mínima de 15 °C durante 45 y 75 días, hasta la formación de primordios y cuerpos fructíferos. El proceso de evaluación se realizó en dos fases: la primera a los 45 días y la segunda a los 75 días, verificando la mineralización de fibras de celulosa y lignina en el residuo degradado mediante Microscopio Electrónico de Barrido (Hitachi SU8230) y Espectroscopía de Energía Dispersiva (EDS) para analizar la mineralización de los elementos químicos.

CONCLUSIONES

Se determinó la efectividad mineralizante de *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus djamor* en el tratamiento de residuos lignocelulósicos de colillas de cigarrillos como organismos biodegradadores de celulosa y lignina, evidenciado en las imágenes MEB que muestran una evidente actividad mineralizadora, desintoxicante, limpiadora y catalítica de las catalasas de los 2 basidiomicetos en las 2 fases de evaluación a los 45 días y 75 días de actividad biológica respectivamente. Se establecieron condiciones específicas de HR, T° y HL para el crecimiento y desarrollo de *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus djamor* como organismos biodegradadores de celulosa y lignina en el tratamiento de residuos de colillas, mediante el monitoreo sistemático de las condiciones ambientales. cada 3 días durante la Fase I y II de evaluación de la actividad mineralizante y detoxificante. Se verificó la detoxificación de fibras de celulosa y hemicelulosa MEB y EDS del residuo degradado de colillas por *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus djamor* como agentes mineralizantes en el tratamiento de residuos lignocelulósicos, llegándose a la conclusión de que *Pleurotus ostreatus*



es más eficiente en la mineralización y detoxificación de acetato de celulosa, seguido de *Pleurotus djamor*, por la cantidad de sustancias mineralizadas evidenciadas durante el proceso.

REFERENCIAS

- ¹ A. Guevara-Lizano,. *Boletín Semillas Industriales*, 2010, **11**, 1-8.
- ² J. Manrique, D. Eslava, J. Pascual. Uso integral de colillas de cigarrillo con fines ambientales y comerciales. *Semillas Ambientales*, 2017, **11**, 72. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/bsa/article/view/12234>
- ³ B. Harris. The intractable cigarette 'filter problem'. *Tobacco control*, 2011, **20**, 1.. <https://doi.org/10.1136/tc.2010.040113>
- ⁴ LIBERA. 2018. *Informe Libera*. España
- ⁵ J. González, 2017, *Procesos de biorremediación en el tratamiento de residuos sólidos de cigarrillo*, (MSc tesis), Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/62316>
- ⁶ E. Crisan, A. Sands, T. Chang, W. Hayes,. 'The Biology and cultivation of edible mushrooms', Academic Press London, 1978, 137-168.
- ⁷ C. Díaz León, Luis A. Gil, C. Bardales, J. Cabos Sánchez, K. Díaz Muñoz, M. Casanova Guajardo, *Arnaldoa*, 2019, 1177-1184. <http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26322>.
- ⁸ Novotny T., Lum K., Smith E., Wang V., Barnes R. **2009**. Cigarettes Butts and the Case for an Environmental Policy on Hazardous Cigarette Waste. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 1691-1705. <https://doi.org/10.3390/ijerph6051691>
- ⁹ Griffin, M. **1972**. USA: John Wiley and Sons. *Ecology of soil fungi*, 28-43
- ¹⁰ Sierra, J.L., López, Eiroal J. **2022**. *Setas cultivadas en España*. España: Universal.
- ¹¹ Pavlik M., Pavlik S. 2013. Actividad de descomposición de la madera del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* aislado in situ. *Revista de Ciencias Forestales*, **59**(1), 28-33. <https://doi.org/10.17221/60/2012-JFS>
- ¹² Peña G., Jeimmy R. **2017**. Peña González, Jeimmy Roxana. *Procesos De Biorremediación En El Tratamiento De Residuos Sólidos Del Cigarrillo*. Lima.
- ¹³ Higuchi, T. 2006. Revise los estudios de bioquímica de la lignina. *Journal Wood Science*, **52**,2-8. <https://doi.org/10.1007/s10086-005-0790-z>
- ¹⁴ Harms H., Schlosser D., Wick L. 2011. Potencial sin explotar: explotación de hongos en la biorremediación de productos químicos peligrosos. *Nature Review Microbiol*, **9**, 177-192. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2519>
- ¹⁵ Iwamoto T., Masao N. 2011. Current bioremediation practice and perspective. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, **92**(1), 1-8. [https://doi.org/10.1016/S1389-1723\(01\)80190-0](https://doi.org/10.1016/S1389-1723(01)80190-0)
- ¹⁶ Wolter M., Zadrazil F., Marten R., et al. **1997**. Degradación de ocho hidrocarburos aromáticos policíclicos altamente condensados por *Pleurotus* sp. Florida en sustrato de paja de trigo macizo. *Review Microbiol Biotechnol*, 398-404. <https://doi.org/10.1007/s002530051070>
- ¹⁷ Delfin-Alcalá I., Durán-De-Bazúa C. 2003. Biodegradación de residuos urbanos lignocelulósicos por *Pleurotus*. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, **19**(1), 37-45. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37019104>
- ¹⁸ Castañeda, S. **2011**. *Transformación de las colillas de cigarrillo a medios creadores de vida, para mitigar el impacto ambiental*. España. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10554/4154>
- ¹⁹ Romero O., Huerta M., Damián M., Macías A., Tapia A., Parraguirre J., Juárez J. **2010**. Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* utilizando hoja de plátano deshidratada (*Musa paradisiaca* L.), en relación con otros sustratos agrícolas. *Agronomía Costarricense*, **34**(1), 53-63. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43617800005>
- ²⁰ Ruiz Ramos, J. **2019**. Ruiz Ramos, José. *Degradación de colillas por medio del "hongo ostra" Pleurotus ostreatus var. crema BPR-I*. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.02.005>
- ²¹ Aguilar-Pumallica F., Huamán Huamán H., Holgado M. 2019. Caracterización de *Pleurotus* sp. asilado de la comunidad nativa de Korimani, centro poblado de Kiteni-Echarate, la Convención, Cusco, Perú. *Ecología Aplicada*, **18**(1), 45-50. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v18i1.1305>
- ²² Herrera, J., Naranjo, N., Páez, L., Cisneros, M., Gurrola, D., Ricario R., Monreal, H., Amparan, H. 2015. Herrera, J. Los hongos de la pudrición blanca involucrados en la fertilidad del suelo. *Viduspra, Visión Científica*. **7**(1), 22-25.
- ²³ León-Avendaño H , Martínez-García R., Caballero P., Martínez-Carrera D. 2013. Caracterización de dos cepas de *Pleurotus djamor* nativas de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, **6**, 1285-1291. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263128353019>



²⁴ Araújo M., Costa F. **2018**. Araújo, M. C. B., & Costa, M. F. A critical review of the issue of cigarette butt pollution in coastal environments. *Environmental research*, 137-149. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.02.005>

²⁵ Updyke, R. **2014**. *Biodegradation and Feasibility of Three Pleurotus Species on Cigarette Filters*. Honors College. <https://digitalcommons.library.umaine.edu/honors/192>