

Degradación del acetato de celulosa presente en colillas de cigarro mediante el hongo *Pleurotus Ostreatus Var Florida* para su conversión a celulosa

Brayan Adolfo Caro Bejarano¹

brayancaro14@hotmail.com

<http://orcid.org/0009-0000-1498-8150>

Gerardo Galindo Ramos

gerardo.gr@acapulco.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-3268-2857>

Beatriz Gabriel Salmerón

beatriz.gs@acapulco.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0001-6785-1342>

María de los Ángeles Gama Gálvez

gmaria.gg@acapulco.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0003-2687-1990>

Nyx Anaid Vargas Sotomayor

nyx.vs@acapulco.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0003-2295-6567>

Tecnológico Nacional de México Campus

Acapulco

Acapulco-México

RESUMEN

Las colillas de cigarro son un grave problema ambiental debido a su gran cantidad y a la dificultad para su degradación. En este contexto, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivos determinar las condiciones óptimas para evaluar el desarrollo del hongo *Pleurotus Ostreatus var florida*, con el propósito de utilizarlo para degradar el acetato de celulosa presente en las colillas de cigarro. Además, se identificaron las marcas de cigarro que predominan en la zona que fue objeto de estudio y se precisó el porcentaje de humedad de las muestras del hongo. Para llevar a cabo este estudio, se sembró el micelio del hongo en un medio de cultivo adecuado, permitiendo su crecimiento. Después, se trataron las colillas y se incubaron en placas Petri con el micelio desarrollado, añadiendo sustrato, para conseguir una degradación más rápida y efectiva de las colillas. El resultado final fue favorable, ya que la metodología desarrollada permite demostrar que la hipótesis es correcta, utilizando el hongo *Pleurotus Ostreatus var florida* es posible degradar los componentes no celulósicos de las colillas de cigarro.

Palabras clave: Celulosa; *Pleurotus*; ambiente; extracción; filtro.

¹ Autor Principal

Degradation of cellulose acetate present in cigarette butts by the fungus Pleurotus Ostreatus Var Florida for its conversion to cellulose

ABSTRACT

Cigarette butts are a serious environmental problem due to their large quantity and the difficulty of their degradation. In this context, the present research work aimed to determine the optimal conditions to evaluate the development of the fungus Pleurotus Ostreatus var florida, with the purpose of using it to degrade the cellulose acetate present in cigarette butts. In addition, the cigarette brands that predominate in the area that was the object of study were identified and the percentage of humidity of the samples of the fungus was specified. To carry out this study, the mycelium of the fungus was sown in a suitable culture medium, allowing its growth. Later, the butts were treated and incubated in Petri dishes with the developed mycelium, adding substrate, to achieve a faster and more effective degradation of the butts. The final result was favorable, since the developed methodology allows to demonstrate that the hypothesis is correct, using the fungus Pleurotus Ostreatus var florida it is possible to degrade the non-cellulosic components of the cigarette butts.

Keywords: Cellulose; Pleurotus; atmosphere; extraction; filter.

Artículo recibido 21 junio 2023

Aceptado para publicación: 21 julio 2023

INTRODUCCIÓN

El tema central del presente proyecto es la degradación del acetato de celulosa presente en colillas de cigarro haciendo uso del hongo conocido como *Pleurotus Ostreatus var florida*.

Las colillas de cigarro pueden ser degradadas en un periodo de seis a siete días, mediante diversos métodos que son llevados a cabo en condiciones adecuadas de humedad, temperatura e hidratación, para que se logre la degradación y obtención de celulosa. Cuando se habla de celulosa se menciona que no es más que el material hecho a base de madera más utilizado para la fabricación de papel; sin embargo, ésta misma celulosa puede obtenerse de las colillas de los cigarros.

La celulosa es altamente hidrofílica por lo que al que, al ponerse en contacto con agua, sus fibras logran hidratarse y pueden hincharse en las zonas amorfas, mejorando de éste modo la flexibilidad y su capacidad de unirse a fibras que son adyacentes.

Para el desarrollo de éste punto es necesario entender el contexto del cuál surge la problemática y es que anualmente los fumadores de todo el mundo compran alrededor de 6.5 billones de cigarrillos al año, es decir, dieciocho mil millones por día. Aunque la gran parte de lo que conforma el cigarrillo y su envoltorio se desintegran al fumarse, no todo se consume. Billones de filtros de cigarro, más conocidos como colillas, son dejados atrás.

Se cree que sólo una tercera parte va a ir a parar a los contenedores de basura, mientras que el resto es arrojado al suelo. Cifras del sector salud y la Encuesta Nacional de Consumo de Drogas, Alcohol y Tabaco (ENCODAT, 2016) revelan que en México hay 14.9 millones de fumadores que, en promedio, consumen siete cigarros al día, lo que da como resultado 104.3 millones de cigarros; los cuales, en su mayoría, no son tratados de forma adecuada. Diariamente se generan entre diez y doce toneladas de desechos de cigarro al día, menos de la mitad van a parar a los ceniceros, la gran mayoría termina en la vía pública; un dato alarmante es que una colilla de cigarro puede contaminar hasta veinte litros de agua y tarda en degradarse hasta diez años.

La contaminación por colillas de cigarro es una problemática global, pero éste proyecto se enfocará en la contaminación de tal residuo que es desechado por los usuarios de un parque en una comunidad local.

Esta investigación de estudio y análisis de la degradación de colillas de cigarro, haciendo uso del hongo *Pleurotus Ostreatus var florida*, mediante la extracción de celulosa; servirá para tratar de atenuar, en la medida de su aplicación, la problemática generada por las colillas de cigarro que no son tratadas de una forma adecuada y terminan en la tierra o en los mares, contaminando así nuestro ambiente. Además de lo mencionado antes, estudios previos muestran cómo las colillas que no son depositadas en contenedores y son arrojadas a los suelos afectan la salud de las personas que forman parte del ambiente social.

Es importante dimensionar que al ser un residuo tan pequeño físicamente; existe una disociación respecto a la contaminación real que es producida por las colillas de cigarro y esto da paso a una percepción generalizada de que las colillas no son un gran problema a nivel global.

Con esta investigación se plantea una aportación que trata concientizar para mitigar el problema del exceso de colillas de cigarro a través de su recolección para un posterior tratamiento, contribuyendo a la limpieza de las calles, suelos y mares de este residuo; se busca concientizar a la sociedad y a las personas sobre el cuidado del medio ambiente y al mismo tiempo, aportar algo positivo al planeta. Imaginar un cambio de este tipo da pauta para investigar nuevos métodos que aporten al cuidado del medio ambiente.

De este modo se justifica el potencial de la investigación, aportando a su vez, una estrategia para el mejoramiento del medio ambiente y el medio social.

La información obtenida y generada en la investigación presentada es de mucha utilidad ya que aporta información nueva y confiable a futuros proyectos con un margen de mejora bastante amplio.

El autor Ruiz, J. (2019) menciona que “el objetivo principal de utilizar microorganismos es documentar su crecimiento en las colillas de cigarro buscando de ésta forma nuevos métodos que sean capaces de reducir la problemática de los residuos hormiga como estos”. En sus resultados se observa el crecimiento y el desarrollo de los micelios como esporas en todos los sustratos que fueron cultivados.

Peña, J. (2017) afirma en su estudio “que los residuos de cigarro representan un riesgo toxicológico para el medioambiente y a su vez, para la salud, debido a la gran cantidad de sustancias químicas que son retenidas en el filtro y la parte del tabaco cuando se encuentra en

combustión, agregando que de esta actividad se generan alrededor de mil compuestos cancerígenos como cianuro de hidrógeno, acetaldehído, monóxido de carbono, entre otros”.

En su trabajo de fin de grado en la Universidad de Sevilla, Ramírez, J. (2020) propone un producto eco-eficiente, el cual resulta en la elaboración de paneles para el aislamiento térmico a partir de cigarrillos reciclados, con aplicación en la construcción. Explora una posible solución al problema que existe con respecto a la gestión y eliminación de residuos plásticos.

La producción de papel a partir de las fibras haciendo uso de seis tipos de agave fue un trabajo de Jiménez, E. (2017), donde fueron utilizados diversos métodos para la obtención de celulosa. Se realizaron a través de los métodos de Organosolv y el método de pulpeo alcalino, éste último en condiciones para la obtención de pulpa de celulosa con un rendimiento de 39.69%.

En el trabajo realizado por Jiménez, E., Prieto-García, F., Prieto, J., Acevedo, O. & Rodríguez, R. (2017), el objetivo principal del estudio es obtener pulpa de celulosa a partir de *agave salmiana*, *agave lechuguilla* y *agave tequelana* utilizando dos métodos, el alcalino y el método de pulpa ácida. Se manipulan los tres agaves a través de una técnica espectroscópica. El rendimiento de las celulosas obtenidas fue desde un 40% hasta un 70%, mientras que por el método alcalino fue de un 40% hasta un 50%.

La biodegradación de las colillas de cigarro mediante el cultivo de hongos para obtener una masa ya degradada para añadirse a una composta fue el trabajo de investigación de Camacho, Ma., Vecchi, P., Grajales, A. & Ruíz del Moral, A. (2013). Utilizando una metodología que consiste en mezclar el sustrato de paja de avena, setas *Pleurotus Ostreatus*, agua destilada y colillas de cigarro para su biodegradación y posterior obtención de celulosa. Los resultados arrojaron que más del 50% del cultivo de las setas lograron biodegradar las colillas de cigarro.

Luna, R. (2015) en la tesis “*Procesado de filtros de cigarro desechados para la construcción de paneles divisorios*” se enfocó en utilizar desechos sólidos (colillas de cigarro) que eran generados en el área metropolitana de la Ciudad de México para la elaboración de un elemento constructivo que posea características diferenciadoras (absorbentes de sonido), realizando campañas de recolección de colillas debido a que no existe una clasificación adecuada para dichos residuos.

De acuerdo con Barrera, A., Valenzuela, M. & Ballesteros, G. (2012, p. 46) en la averiguación de colillas de cigarro y sus utilidades, crearon una alternativa para mediaguas, identificando de este

modo propiedades como lo son la impermeabilidad, no tóxica y termoaislante en una capa que persiste. Al momento de realizar el proyecto se detalló que es necesario el uso de un gran número de colillas para la realización de un único producto, siendo esto si un problema. Empero, se afirmó la viabilidad al comparar la cantidad de colillas que son utilizadas en contra posición de aquellas que son desechadas por la población.

Monzonis, J. (2011) tuvo como objetivo el estudio de la reutilización de los filtros de acetato de celulosa; determinando que el filtro no cumplía con algunas de las propiedades necesarias, tales como la eliminación de los nitratos que se encuentran presentes como contaminantes en el agua, pero sí es capaz de funcionar como herramienta para cualquier proceso de limpieza en aguas, añadiendo la facultad de retener el zinc.

Las hipótesis de este trabajo de investigación son las siguientes:

La degradación del acetato de celulosa en colillas de cigarro haciendo uso del hongo *Pleurotus Ostreatus var florida* es un proceso efectivo y sostenible.

La degradación del acetato de celulosa en colillas de cigarro haciendo uso del hongo *Pleurotus Ostreatus var florida* no es un proceso efectivo y sostenible.

El objetivo general de este proyecto es degradar el acetato de celulosa de las colillas de cigarro mediante el hongo *Pleurotus Ostreatus var florida* para su conversión a celulosa. De este modo, los objetivos específicos son: determinar las condiciones óptimas para evaluar el desarrollo del hongo *Pleurotus ostreatus* (condiciones favorables) que permita degradar el acetato de celulosa presente en las colillas de cigarro para la obtención de la pulpa de celulosa; la identificación de marcas predominantes de cigarrillos en el área de estudio y; determinar el grado de humedad de las muestras de hongo *Pleurotus Ostreatus*.

METODOLOGÍA

La presente investigación fue de tipo aplicada, esto debido a que está caracterizada por la búsqueda de aplicación y la utilización de conocimientos que ya han sido adquiridos. Claramente, no puede olvidarse que este tipo de investigación se vincula de forma estrecha con la investigación básica, dependiendo así de resultados y avances, requiriendo de un marco teórico. Con ello no se olvida que en cada investigación empírica realizada, al investigador le interesan, de forma primordial, las consecuencias prácticas.

El diseño de la investigación fue experimental, en vista de que se manipula una variable independiente (colillas de cigarro) que posteriormente serán degradadas por el hongo *Pleurotus Ostreatus var florida*, obteniendo así la pulpa de la celulosa.

Las muestras se constituyen por la cantidad de colillas de cigarro que se generan en el Parque Xoyotepec y sus alrededores en la colonia Ciudad Renacimiento, Acapulco de Juárez, Guerrero, México.

El medio de cultivo utilizado fue el agar Sabouraud, que funciona como un medio de enriquecimiento para los hongos de composición típica 40 g/L de glucosa, 15 g/L de agar-agar, 10 g/L de pluripectona y un pH de 5.6 ± 0.2 como máximo.

Para la realización de la siembra de los micelios en cajas Petri se utilizó la técnica de punción. Este método es utilizado para examinar el crecimiento de microorganismos para más adelante establecer su morfología; a su vez, se emplea para la transferencia o subcultivo de cepas previamente conservadas o almacenadas. La técnica consiste en tomar parte del micelio con un asa recta (o micológica), generando una punción suave en el centro de la caja para de este modo inocular el microorganismo que se estudia durante la investigación.

Para la preparación del medio de cultivo se añadieron sesenta y cinco gramos del medio deshidratado a un litro de agua destilada, se deja en reposo durante cinco minutos y se mezcla hasta que se obtenga una suspensión homogénea. Se calienta ligeramente, agitando de forma frecuente hasta que empiece a hervir y se consiga una disolución completa, de color ámbar claro, el color adecuado del medio con un pH de 5.6.

Durante esta parte del procedimiento se determinó el pH del medio de cultivo, Agar Sabouraud, mediante dos pruebas. Una de ellas consistió en sumergir dos tiras reactivas en el medio para así obtener un resultado visual y práctico de un aproximado del pH. Cabe aclarar que las tiras indicadoras de pH están especialmente diseñadas para proporcionar resultados fiables en disoluciones de muestras turbias o coloreadas sin necesidad de una mayor preparación de las muestras que son objeto de estudio.

Lo mismo ocurre con un pHmetro o medidor de pH, un instrumento que mide la concentración del ion hidrógeno en soluciones acuosas, indicando su grado de acidez o alcalinidad expresada como pH. Este medidor mide la diferencia de potencial eléctrico entre un electrodo de pH y uno

de referencia. Para poder usar este instrumento, el primer paso fue su calibración. La solución Buffer es aquella que se encarga de mantener estable el pH de una disolución frente a la adición de cantidades pequeñas de ácidos o bases fuertes y de este modo es posible calibrar un pHmetro. Después de realizar la calibración del pHmetro, se sumergió en el medio de cultivo Agar Sabouraud para obtener su pH.

A través de los días, se evidenció el registro del hongo *Pleurotus Ostreatus var florida*, en varias de las muestras. Todas las muestras del hongo se encuentran en las mismas condiciones de incubación, a una temperatura de 25°C y en ausencia total de luz. En las cajas Petri que funcionan como muestras testigo no se evidenció crecimiento fúngico de otro tipo o cualquier otro microorganismo; demostrando la inocuidad y control de la técnica de punción realizada.

Para la determinación de la humedad del hongo *Pleurotus Ostreatus Var Florida* se pesó la placa Petri y posteriormente el hongo en la placa para así obtener el peso inicial.

Al finalizar esta parte del proceso se tomó la muestra y llevó a la estufa a 105°C por tres horas, se deja enfriar dentro del desecador y se toma su peso final. Todo lo mencionado anteriormente fue realizado a peso constante con recipientes de porcelana. En la Tabla 1 se muestran los pesajes realizados a los crisoles de porcelana hasta obtener su peso constante.

El tratamiento a que sometieron las colillas de cigarro una vez recolectadas y divididas en filtro, papel y residuo fue de agitación, mezclado y homogeneización; posterior lavado, para después ser llevadas a la estufa y finalmente vaciadas en placas Petri.

El método de para la identificación de celulosa consistió en realizar la hidrólisis ácida del polisacárido ya que tienen la particularidad de hidrolizarse a azúcares más simples mediante la acción enzimática, o mediante una sustitución nucleófila provocada por la adición de un ácido capaz de donar el protón necesario para favorecer la fragmentación de la cadena de la molécula por la acción del agua.

Se agregan 3 mL de cloruro de zinc ($ZnCl_2$), también conocido como el reactivo de Lucas, a ambas muestras y se calientan por un minuto. Posteriormente, se agrega fenoltaleína como indicador para la neutralización con hidróxido de sodio.

Se toman 4 mL de cada una de las soluciones y se vierten en tubos de ensayo, 2 mL en cada tubo.

En el primer tubo se añaden dos gotas de lugol y en el segundo tubo, dos gotas del reactivo de

Benedict. El objetivo del procedimiento es descomponer las cadenas que conforman la celulosa permitiendo una identificación de glucosa por degradación y reducción de la celulosa derivada del acetato de celulosa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificaron los requerimientos específicos del proyecto de investigación, es decir, el tipo de experimentos a realizar, los reactivos y los materiales necesarios, las condiciones de temperatura, humedad y los equipos necesarios. Se evaluó la infraestructura, revisando las características de laboratorio tales como la ventilación, iluminación, tamaño, disposición de espacio, entre otros aspectos. Además, se identificaron los posibles riesgos y consideraron medidas de seguridad, cumpliendo de este modo uno de los objetivos específicos del proyecto.

Como se menciona en la metodología, se identificaron las marcas que predominan en el área de estudio, con la finalidad de que puedan servir como fuente de información fidedigna en otros proyectos de investigación y para aportar a concienciar a la población sobre los efectos negativos del consumo de tabaco en la salud y en el medio ambiente. Las marcas fueron Marlboro, Pall Mall, Winston, Blueriver, Tropical Shuffle y L&M.

Otro de los objetivos de esta investigación fue determinar la humedad de las muestras del hongo *Pleurotus Ostreatus var florida* que se desarrollaron a lo largo del proyecto, teniendo como resultado un porcentaje entre 83% a 86% en diversas muestras. Sánchez y Royce (2001) comentan que el tanto por ciento de humedad del hongo se encuentra entre un 80% y 90%, es importante conocer que el hongo con el cual se trabajó está dentro de los parámetros ya que éstos garantizan la calidad del hongo y validez en la investigación.

El proceso de extracción de celulosa a partir de colillas de cigarro inicia desde el tratamiento que se le da a las colillas de cigarro, las cuales fueron lavadas y llevadas a un secador con la finalidad de eliminar cualquier contaminante que pueda interferir con la actividad de los hongos. Una vez preparado el medio de cultivo, éste se inocula con el hongo *Pleurotus Ostreatus var florida* y se incuba una vez que hayan añadido las colillas de cigarro y el soporte, que es aserrín.

Del método para la identificación de glucosa que deriva de la celulosa degradada del acetato de celulosa presente en colillas de cigarro, en la Figura 1 puede observarse que el reactivo de Benedict no reaccionó ya que la muestra utilizada contiene únicamente acetato de celulosa; es

decir, colillas de cigarro que fueron lavadas y secadas, sin ser degradadas por el hongo *Pleurotus Ostreatus var florida*. Por otra parte, en el centro de la imagen se aprecia un cambio de color a un rojo intenso, demostrando así que las muestras de colillas de cigarro que se incubaron con el hongo *Pleurotus Ostreatus var florida* fueron degradadas, pasando de un acetato de celulosa a celulosa, cumpliendo con la hipótesis principal. Del lado derecho se encuentra una muestra de colillas de cigarro en el mismo medio de cultivo, pero sin la presencia del hongo *Pleurotus Ostreatus var florida*. El cambio de color a un rojo suave se debe a la glucosa que contiene el medio de cultivo.

ILUSTRACIONES, TABLAS, FIGURAS.

Tabla 1.

Tara de crisoles para la obtención de peso constante.

Peso inicial.	Primer pesaje.	Segundo pesaje.	Tercer pesaje.
1. 48.6883	1. 48.6824	1. 48.6825	1. 48.6804
2. 43.9508	2. 43.9364	2. 43.9360	2. 43.9363
3. 44.6730	3. 44.6609	3.44.6603	3. 44.6602
Cuarto pesaje.	Quinto pesaje.	Sexto pesaje.	Séptimo pesaje.
1. 48.6795	1. 48.6848	1. 48.6811	1. 48.6805
2. 43.9350	2. 43.9408	2. 43.9370	2. 43.9368
3. 44.6592	3. 44.6655	3. 44.6618	3. 44.6611
Octavo pesaje.	Noveno pesaje.	Décimo pesaje.	Onceavo pesaje.
1. 48.6819	1. 48.6839	1. 48.6832	1. 48.6830
2. 43.9381	2. 43.9397	2. 43.9390	2. 43.9389
3. 44.6621	3. 44.6640	3. 44.6638	3. 44.6641

Figura 1.

Resultados de identificación de glucosa.



CONCLUSIONES

Los hongos basidiomicetos de inicio mostraron resultados favorables en su crecimiento y desarrollo y es con estos que se trabajaría de forma adecuada con las colillas de cigarro. En dichas colillas se empieza a notar un cambio cuando éstas son absorbidas para luego ser degradadas por el hongo, este cambio ocurre lento, la textura y el color comienzan a tornarse oscuros y se deshacen muy fácil al tacto.

El proceso general, por el cual fueron pasando las colillas también tuvo resultados favorables, ya que se obtuvieron los efectos deseados; es decir, su coloración fue la adecuada y se podían disolver de manera más sencilla, sin mucho esfuerzo.

Se debe considerar la variedad de proyectos, desarrollo de productos, el alcance ambiental y los beneficios que puede tener el extraer pulpa de celulosa o celulosa de diversas materias.

Empero, con todo esto, todavía quedan interrogantes por responder; la viabilidad económica y la escalabilidad del proceso. Añadiendo la importancia de seguir investigando en este tema para continuar evaluando los posibles efectos ambientales y de salud asociados al uso de colillas de cigarro como materia prima en la producción de pulpa de celulosa.

Basado en la información proporcionada, la investigación tuvo resultados favorables y se lograron los objetivos deseados. La utilización de hongos basidiomicetos para degradar colillas de cigarro parece ser una estrategia prometedora para abordar el problema de la contaminación ambiental,

pudiendo contribuir al avance en la búsqueda de soluciones sostenibles para los desafíos ambientales actuales.

REFERENCIAS

Arriaza, J., Sandoval, G., Cortes, E. & Pozo, K. (2019). *Un mar de micro plásticos en Chile: Propuestas para minimizar sus efectos en Salud y el Medioambiente*. Facultad de Ingeniería y Tecnología. Universidad San Sebastián. Disponible en:

<https://fit.uss.cl/content/uploads/2019/05/Un-Mar-de-Micro-Plasticos.pdf>

Barrera, A., Valenzuela, M., & Ballesteros, G. (2012). *Con colillas de cigarrillos crean alternativa para mediatas*. *Beauchef*, Revista de Ingeniería y Ciencias de la Universidad de Chile.

Disponible en: <https://www.cec.uchile.cl/~webfcfm/revista/bm3/projet/Beauchef-Magazine%3B-Segundo-semester-2012.pdf>

Benítez, L. (2012). *Degradación de los Residuos Sólidos del Cigarrillo por crecimiento de Pleurotus ostreatus y Trametes versicolor*. Disponible en:

<https://1drv.ms/b/s!AvMamKJBNbqPhV7yh5DVkYvE6daL>

Camacho, Ma., Vecchi, P, Grajales, A. & Ruíz del Moral, A. (2013) *Eco-colillas: Una opción*. Instituto de Humanidades y Ciencias, UNAM. Disponible en:

<http://vinculacion.dgire.unam.mx/vinculacion-1/Memoria-Congreso-2013/trabajos-areas-convergentes/15.pdf>

Casaperalta, H. & Matias, C. (2020). *Análisis del aprovechamiento de las colillas de cigarro para la fabricación de aislantes termo acústicos*. Facultad de Ingeniería. Universidad Católica San Pablo. Perú. Disponible en:

https://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/20.500.12590/16699/1/CASAPERALTA_RAMIREZ_HEC_AIS.pdf

Curvetto, N. (2004). *Bioteología en hongos superiores: posibilidades presentes y futuras*. Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur. CONICET.

Disponible en: <https://onx.la/9f79b>

Garduño, F., Gudiño, A., Pineda, E. & Salmerón, T. (2017). *Alternativas De Solución A Las Colillas De Cigarro*. Ciudad de México. Disponible en:

<https://vinculacion.dgire.unam.mx/vinculacion-1/Memoria-Congreso-2017/trabajos-ciencias-biologicas/quimica/6.pdf>

Gómez, V. & Maderuelo-Sanz, R. 2017. *Acoustical performance of samples prepared with cigarette butts*. Applied Acoustics, Volume 125, Pages 166-172, ISSN 0003-682X.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2017.05.001>

Greenpeace. (2016). *Nadando en plásticos*. GREENPEACE, 20(1), 16-20. Disponible en:

<https://archivo-es.greenpeace.org/espana/es/GPmagazine/GPM20/Plasticos-en-los-oceanos/index.html>

IMSS (2018). *Por tabaquismo mueren en México 135 personas al día* | Sitio Web «Acercando el IMSS al Ciudadano». Disponible en:

<http://www.imss.gob.mx/prensa/archivo/201805/138>

Infobae. (2022). *Alerta contaminación: encontraron microplásticos en la leche materna de mujeres sanas*. INFOBAE. Disponible en:

<https://www.infobae.com/america/ciencia-america/2022/10/17/alerta-contaminacion-encontraron-microplasticos-en-la-leche-materna-de-mujeres-sanas/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Instituto Nacional de Salud Pública (2018). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018*. ENSANUT. Disponible en:

https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ensanut/2018/doc/ensanut_2018_diseno_conceptual.pdf

Jamain, C., Sánchez, J., Yuwen, L., & Patiño, M. (2019). *Ladrillos ecológicos a partir de colillas de cigarro*. Ingenia Materiales, (1), 52-53. Disponible en:

http://polired.upm.es/index.php/ingenia_materiales/article/download/3941/4038.

Jiménez, E. (2017). *Obtención de pulpa de celulosa a partir de residuos de agavaceas: potencial elaboración de papel tipo artesanal*. Universidad Autónoma de Hidalgo.

Disponible en:

https://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/doctorado/documentos/tesis_edith.pdf

Jiménez, E., Prieto-García, F., Prieto, J., Acevedo, O. & Rodríguez, R. (2017). *Obtención de pulpa de celulosa a partir de residuos de Agave salmiana B. Otto ex Salm. Optimización*.

DYNA, 84(200), 253–260.

Disponible en: <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n200.58906>

Luna, R. (2015). *Procesado de filtros de cigarro para la construcción de paneles divisorios*.

Tesis, Unidad Académica de Nivel Posgrado, Instituto Politécnico Nacional.

Disponible en: <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/14250>

Manrique, J., Eslava, I. & Pascual, J. (2017). *Uso integral de colillas de cigarrillo con fines*

ambientales y comerciales. Proyecto piloto en la Facultad de Medio Ambiente, Universidad

Distrital Francisco José de Caldas. *Boletín Semillas Ambientales*. 11(1), 72–79.

Disponible en: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/bsa/article/view/12234>

Martínez, A., Pérez, Ma., Pinto, J., Gurrola, B. & Osorio, A. (2011). *Biorremediación de suelo*

contaminado con hidrocarburos empleando lodos residuales como fuente alterna de

nutrientes. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 27(3), 241-252.

Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992011000300009&lng=es&tlng=es)

[49992011000300009&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992011000300009&lng=es&tlng=es).

Monzonis, J. (2011) *Estudio para la minimización del residuo de colillas de tabaco y su posible*

reutilización. Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Politécnica Superior de Gandia.

Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/11025>

Peña, J. (2017). *Procesos de biorremediación en el tratamiento de residuos sólidos del cigarrillo*.

Universidad Nacional de Colombia. Repositorio Institucional.

Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/62316>

Quintero, J. (2011). *Degradación de plaguicidas mediante hongos de la pudrición blanca de la*

madera. Departamento de Ingeniería Química, Facultad Nacional de Agronomía, Colombia.

Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0304-](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0304-28472011000100012&script=sci_arttext)

[28472011000100012&script=sci_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0304-28472011000100012&script=sci_arttext)

Quintero, J. & Lema, J. (2006). *Producción de enzimas ligninolíticas con hongos basidiomicetos*

cultivados sobre materiales lignocelulosicos. VITAE. Revista de la Facultad de Química

Farmacéutica. Universidad de Antioquia, Medellín – Colombia. Págs. 61-67. Disponible en:

<http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v13n2/v13n2a08.pdf>

Ramírez, P. & Cocha, J. (2003). *Degradación enzimática de celulosa por actinomicetos termófilos: aislamiento, caracterización y determinación de la actividad celulolítica*. Revista Peruana de Biología, 10(1), 67-77.

Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332003000100008&lng=es&tlng=es.

Rengifo, S. & Maldonado, E. (2015). *Regulación jurídica y daño ambiental que generan las colillas de cigarrillo arrojadas al espacio público*. Universidad La Gran Colombia. Disponible en: <https://repository.ugc.edu.co/handle/11396/3724>

Reynales, L. (2020). *El control de tabaco en México: un pendiente histórico y una oportunidad para mejorar la salud*. Instituto Nacional de Salud Pública. Disponible en: https://insp.mx/resources/images/stories/2020/docs/200601_Control_del_Tabaco_en_Mexico_Reynales_29_Mayo%202020.pdf

Ruíz, J. (2019). *Degradación de colillas por medio del “hongo ostra” Pleurotus ostreatus var. crema BPR-1 final*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/336045909_Degradacion_de_colillas_por_medio_del_hongo_ostra_Pleurotus_ostreatus_var_crema_BPR-1_final