

2020
ENTREGABLE



Difusión

Transferencia de resultados

Proyecto "MATTOX"

INVESTIGACIÓN DE LA TOXICIDAD DE MATERIALES Y PRODUCTOS

Número de proyecto: 22000008

Expediente: IMAMCC/2020/1

Duración: Del 01/01/2020 al 31/12/2020

Coordinado en AIDIMME por: BLASCO MOLLÁ, FRANCISCO

Línea de I+D: **TOXICIDAD DE MATERIALES**



**GENERALITAT
VALENCIANA**

iVACE
INSTITUTO VALENCIANO DE
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL

“MATTOX” – Investigación de la toxicidad de materiales y productos

ÍNDICE

1 *Objetivos*

2 *Actividades realizadas*

3 *Alcance*

4 *Introducción*

5 *Desarrollo del trabajo*

6 *Resumen. Conclusiones*

7 *Bibliografía*

8 *Anexos*

“MATTOX” – Investigación de la toxicidad de materiales y productos

1.- Objetivos

Los objetivos del proyecto Mattox 2020 son los de estudiar posibles sustancias con probable toxicidad presentes en materiales del hábitat.

Se han trabajado en las siguientes áreas:

- Contacto con alimentos materiales de madera y derivados (Materiales de Madera y derivados)
- Desarrollo de métodos para parámetros en matrices de papel y cartón (Materiales celulósicos)
- Procesos de combustión (Laboratorio del Fuego)

2.- Actividades realizadas

Las actividades realizadas dentro del marco del proyecto se resumen a continuación:

- Contacto alimentario:
 - Actividades implementación Marca AIDIMME Seguridad Contacto Alimentario
 - Validación método para la determinación de la migración de formaldehído (contacto seco)
- Desarrollo de métodos para la caracterización de matrices de papel y cartón
 - Blanqueantes fluorescentes
 - Aminas Aromáticas
 - Haloanisoles y halofenoles
- Estudio de la emisión de gases en procesos de combustión
 - Determinación de los gases de combustión en materiales de madera tratados y sin tratar. Identificación de sustancias por cromatografía de gases (GC-MS)

3.- Alcance

Estudio de la metodología para la caracterización de diferentes sustancias presentes en el hábitat. En el proyecto Mattox, se estudiarán materiales celulósicos, madera y derivados y la combustión de materiales de madera.

“MATTOX” – Investigación de la toxicidad de materiales y productos

4.- Introducción

Los materiales presentes en el hábitat pueden contener sustancias tóxicas. En este proyecto se abordan diferentes materiales con alguna problemática para dichos los correspondientes sectores.

5.- Desarrollo del trabajo

A continuación se detallan los trabajos realizados en cada área del proyecto.

5.1.- Materiales de madera en contacto con alimentos

AIDIMME ha registrado su Marca AIDIMME Seguridad Contacto Alimentario para distinguir aquellos productos metálicos y de madera que son seguros en contacto con alimentos. La Marca surgió tras la realización del proyecto MEAL (20015-2018). Tras su registro en 2019, se ha estado adecuando tanto el Reglamento de Marca como algunos de los parámetros (determinación de la migración de formaldehído en tableros de madera y derivados. Contacto seco).

Los trabajos relacionados con el Reglamento de Marca, recogen trabajos de actualización de legislación y estrategias de aplicación de la marca a las empresas del tejido industrial de la Comunitat Valenciana.

En cuanto a la validación del método de migración de formaldehído en materiales de madera y derivados (contacto seco), una vez escogido el DNPH sobre el Tenax como simulante, el trabajo se centró en resolver los problemas que a finales de 2019 quedaron sin resolver. Entre ellos, la cantidad de DNPH necesaria en el simulante (mezcla de DNPH con gel de sílice) y su medición por HPLC.

Tras todas las pruebas realizadas, se concluye su utilización en un porcentaje del 4 % al 6 % en gel de sílice. Se comprueba que la metodología es adecuada con patrones y se valida todo el procedimiento con una determinación final por HPLC-DAD.

Se redacta un procedimiento interno para la determinación del formaldehído en materiales de madera y derivados (contacto seco).

A continuación se muestra un pequeño extracto de dicho procedimiento.

“MATTOX” – Investigación de la toxicidad de materiales y productos


 <p>AIDIMME INSTITUTO TECNOLÓGICO METALMECÁNICO, MUEBLE, MADERA, EMBALAJE Y AFINES</p>	<p>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</p> <p>TÍTULO: DETERMINACIÓN DE LA MIGRACIÓN DE FORMALDEHÍDO (CONTACTO SECO) EN TABLEROS DE MADERA Y DERIVADOS (DNPH-Silicagel)</p> <hr/> <p>ÍNDICE:</p> <ul style="list-style-type: none">1. OBJETO2. ALCANCE3. CONTENIDO<ul style="list-style-type: none">3.1. Descripción del equipo, material y reactivos necesarios<ul style="list-style-type: none">3.1.1 equipos y material necesario3.1.2 reactivos y patrones necesarios3.2. Muestras<ul style="list-style-type: none">3.2.1 tratamiento previo de la muestra3.3. Ensayos de migración	<p>Página 1/5</p>
--	---	-------------------

Figura 1.- Procedimiento interno para la determinación de la migración de formaldehído en tableros de madera y derivados (contacto seco).

5.2.- Desarrollo de métodos para la caracterización de matrices de papel y cartón

5.2.1.- Haloansoles y halofenoles

Los envases y embalajes derivados del papel se emplean extensivamente en todos los sectores, debido a su resistencia, versatilidad, sostenibilidad y alta valoración.

Cuando se emplean para el almacenamiento y transporte de alimentos, están sujetos al cumplimiento del Reglamento 1935/2004 y tienen que demostrar que no modifican las propiedades organolépticas y no se produce migración de sustancias peligrosas. Si bien todavía no se dispone de una medida específica armonizada para toda la Unión Europea para evaluar el cumplimiento de dicho Reglamento, son muchas las legislaciones nacionales que establecen los parámetros a cumplir y existe normativa europea desarrollada al respecto.

Sin embargo, no todos los aspectos están cubiertos por las legislaciones ni por la normativa. Este es el caso de los halofenoles y los haloansoles, que en la industria del vino adquieren especial relevancia por la capacidad que tienen de modificar las propiedades organolépticas del vino, cuando están presentes en concentraciones muy bajas y muy alejadas de cualquier posibilidad de ser preocupantes con respecto a la toxicidad.

“MATTOX” – Investigación de la toxicidad de materiales y productos

Esta preocupación por estos compuestos quedaba tradicionalmente relegada al vino y a los tapones de corcho, como posible vía de entrada al producto. No obstante, ahora se considera que las cajas de cartón ondulado que se emplean para el almacenamiento y transporte también pueden ser una fuente de contaminación, ya que por sus características pueden absorber los halofenoles y los haloanisoles, con lo que se está exigiendo que certifiquen que están libres de estos compuestos.

No existe un método normalizado o, al menos, generalizado para la determinación de halofenoles y haloanisoles en papel, cartón o sus derivados. Habitualmente cuando se presenta un informe o un certificado de la concentración de los mismos en los embalajes de cartón, no se hace una mención específica del método empleado o, simplemente, no se lleva a cabo ninguna referencia a éste.

En este proyecto se desarrolla metodología específica para la determinación de la presencia de los halofenoles y los haloanisoles que se suelen controlar habitualmente en las bodegas:

- TCA: Tricloroanisol
- TeCA: Tetracloroanisol
- PCA: Pentacloroanisol
- TBA: Tribromoanisol
- TCF: Triclorofenol
- TBF: Tribromofenol
- TeCF: Tetraclorofenol
- PCF: Pentaclorofenol
- PBF: Pentabromofenol

Si bien esta metodología será de aplicación al resto de compuestos de la misma naturaleza.

La principal dificultad de esta metodología es la de reducir el límite de detección hasta los valores que son adecuados para el sector vinícola, lo que es complicado en el papel y el cartón. El análisis del vino se lleva a cabo en el propio material sin ningún tipo de extracción, sin embargo en el caso del cartón ondulado habría que realizar una extracción sólido-líquido, asegurando que los compuestos halogenados se transfieren al líquido empleado. Para las extracciones sólido-líquido diferentes al agua, se emplea la norma UNE-EN 15519, en la que 10 gramos de la muestra se extraen con 200 mL del simulante escogido durante un periodo determinado, 2 horas o 24 horas a temperatura de 20 °C o bien 2 horas a 60 °C, para uso en caliente. Por otro lado, la industria del vino propone 25 cm² de cartón en una cantidad indeterminada de simulante. La determinación de la concentración de halofenoles y haloanisoles la completan mediante cromatografía gaseosa GC-MS.

Tras diversas pruebas, la metodología propuesta por AIDIMME es la siguiente:

- El simulante que se emplea es etanol al 15 %
- La cantidad de muestra a extraer es 10 gramos en 100 mL (siempre que las características del cartón lo permitan, sino se incrementarán de 10 mL en 10 mL hasta que la extracción sea factible, con un máximo de 150 mL)
- El tiempo de extracción: 24 horas
- La temperatura de extracción estará comprendida entre los 20°C y los 23°C
- Finalizado el periodo de extracción se determinará la concentración de cada uno de los haloanisoles y de los halofenoles en el extracto mediante cromatografía de gases con detector de masas, GC-MS: sobre la muestra se realiza una acetilación, posterior extracción



“MATTOX” – Investigación de la toxicidad de materiales y productos

con hexano y se inyecta a 250 °C en splitless (modo SIM). La rampa de temperatura se inicia en 40 °C y llega a 300 °C a una velocidad de 10 °C/min.

Se comprueba que con esta metodología se produce una extracción efectiva de los compuestos halogenados de interés.

A continuación se muestra el cromatograma obtenido:

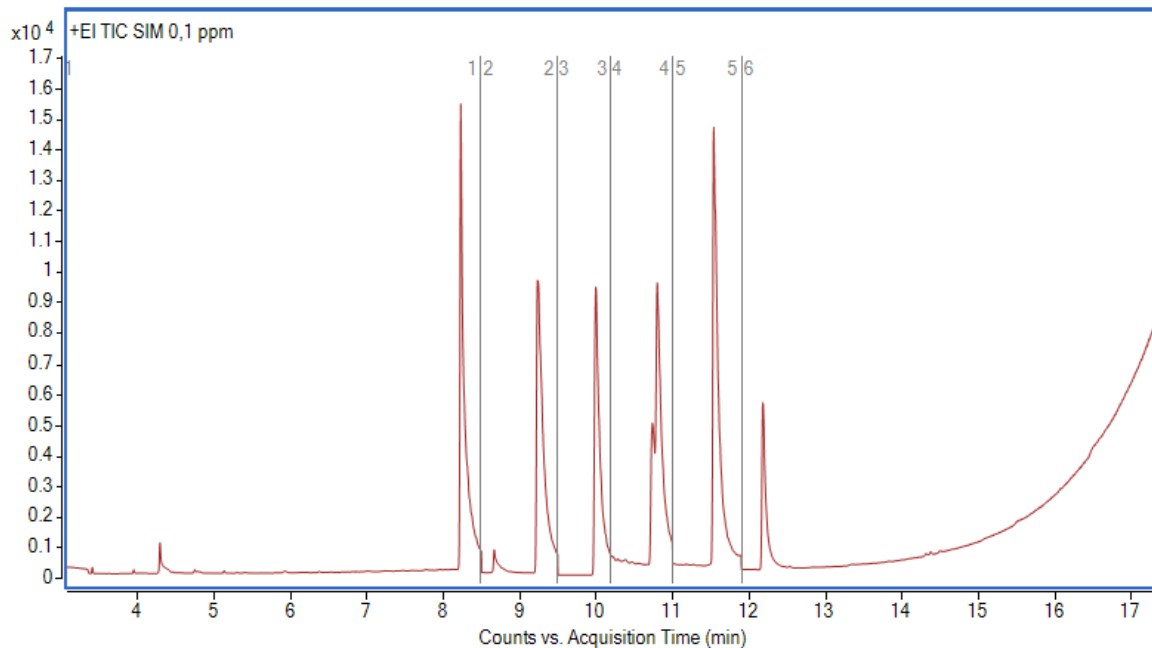


Figura 2.- Cromatograma obtenido en la determinación de haloanisoles y halofenoles.

5.2.2.- Blanqueantes ópticos y colorantes (Aminas Aromáticas Primarias, AAP).

Los blanqueantes ópticos son empleados en la industria gráfica para conseguir una mayor sensación de blancura a la vista, pero son potencialmente tóxicos y cada vez son más las regulaciones que limitan su presencia o su migración.

En los papeles y cartones en contacto con alimentos, se permite el empleo de blanqueantes ópticos en la fabricación, siempre que se demuestre que no hay migración hacia los alimentos. Otra fuente de blanqueantes ópticos es la presencia de pasta reciclada, aunque no haya habido una adición intencionada.

En la actualidad existe una norma de ámbito europeo, actualizada a finales del 2019, para la determinación de la migración de blanqueantes ópticos, que es la UNE-EN 648. La migración se lleva a cabo empapando respectivamente papeles de fibra de vidrio - 60 mm x 90 mm, de 70 g/m², ausente de blanqueante ópticos con un pH entre 9,0 y 9,5 - con cuatro líquidos que simulan los alimentos y poniéndolos en contacto con probetas de 50 mm x 20 mm del papel o cartón que se desea evaluar, aplicando 1 kg peso para acelerar la migración. Se aplican distintos tiempos de contacto y temperaturas, en función del uso. Transcurrido el tiempo de la prueba se evalúa la transferencia de blanqueantes ópticos mediante observación bajo luz ultravioleta y no permitiéndose

“MATTOX” – Investigación de la toxicidad de materiales y productos

ningún tipo de migración para considerar el resultado satisfactorio, lo que se clasifica como Grado 5. Para ayudar a la evaluación se preparan una serie de patrones con diferentes niveles de fluorescencia con los que comparar.

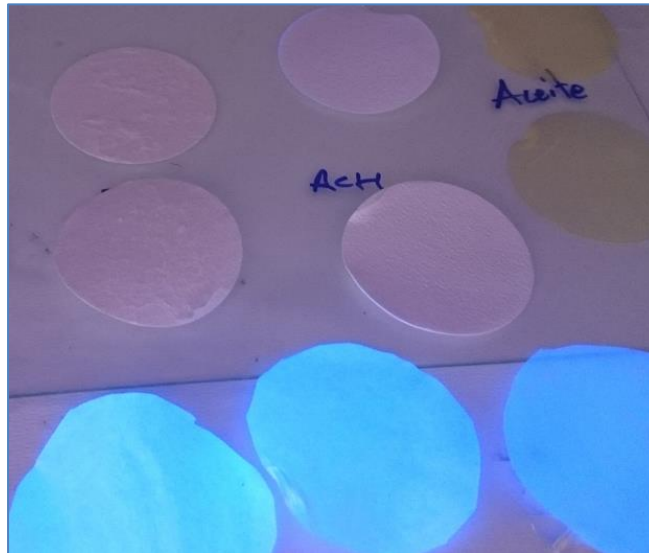


Figura 3.- determinación de los agentes blanqueantes según norma vigente.

Los líquidos que se emplean son agua destilada, ácido acético al 3%, una disolución salina alcalina (formada por bicarbonato sódico, cloruro sódico y carbonato potásico) y aceite vegetal, representando alimentos acuosos, ácidos, básicos y grasos.

Los tiempos establecidos son 10 minutos, 4 horas o 24 horas (tiempos de contacto corto, medio y largo, respectivamente) a 23 °C de temperatura, o bien 30 minutos a 120°C de temperatura en aceite y 30 minutos a 90°C de temperatura en agua, cuando el contacto es en caliente.

Sin embargo, últimamente se ha planteado el hecho de que una evaluación visual no sea suficiente para la determinación de la migración, por un lado porque está muy sujeta a la subjetividad del evaluador y por otro lado porque puede que hay migración lo suficientemente pequeña para quedar enmascarada bajo la luz ultravioleta, por lo que hay propuestas para realizar extracciones de los agentes blanqueantes de forma similar a las que se realizan en la determinación de otros compuestos.

En este sentido también se propone cambios en los simulantes para facilitar la prueba. Además, no queda suficientemente justificado el empleo de la disolución salina alcalina, que no tiene réplica en ninguna de las normas o regulaciones que existen para contacto alimentario, y el uso de aceite como simulante también dificultaría la posterior evaluación. Con todo ello, los simulantes a emplear serían los siguientes:

- Alimentos acuosos: Agua
- Alimentos con contenido en alcohol: alcohol al 10%
- Alimentos grasos: alcohol al 95%

“MATTOX” – Investigación de la toxicidad de materiales y productos

- Alimentos ácidos: ácido acético al 3%

Así se realiza la migración empleando los nuevos simulantes, empleando los papeles de fibra de vidrio, siguiendo el procedimiento especificado en la norma UNE-EN 648, incluyendo los tiempos de contacto y las temperaturas, si bien la evaluación de la migración de agentes blanqueantes se realiza extrayéndolos con acetonitrilo, de la siguiente manera:

- Se corta el papel de fibra de vidrio en trozos de 1 cm x 1 cm aproximadamente y se depositan en un matraz Erlenmeyer protegido de la luz
- Se añaden 20 mL de una disolución acuosa de acetonitrilo (50/50 v/v), se agita enérgicamente durante 10 minutos, si bien se recomienda el empleo de un baño de ultrasonidos.
- Completado el periodo de agitación se trasvasan los 20 mL a un matraz aforado protegido de la luz, de 50 mL de volumen y se repite la operación anterior, trasvasando al matraz los siguientes 20 mL de la extracción.
- Se enrasa el matraz con la disolución de acetonitrilo hasta la marca.
- Se analiza la disolución del matraz para determinar la presencia de blanqueantes ópticos mediante cromatografía líquida con detector de fluorescencia.

Se propone las siguientes condiciones para el cromatógrafo líquido:

- Caudal de elución: 0,8 mL/min
- Disolventes de elución: Acetato amónico 0,005 molar (A) y mezcla de acetonitrilo y el acetato amónico 0,005 molar (90/10 v/v) (B)
- Programa: 89/11 (A/B) durante 10 minutos; en gradiente lineal hasta 68/32 (A/B) 5 minutos + 1 minuto y en gradiente lineal hasta 89/11 (A/B) durante 10 minutos más.
- Tiempo total de análisis: 26 minutos
- Volumen analizado: 20 µL
- Longitud de onda de excitación del detector: 340 nm
- Longitud de onda de emisión del detector: 440 nm

Existe una gran variedad de blanqueantes ópticos y hay que detectar con esta metodología la concentración de los mismos uno por uno, preparando disoluciones de calibrado para cada uno de ellos, teniendo en cuenta los diferentes tiempos de retención a los que se detectará la señal. Ejemplos de blanqueantes utilizados en la industria papelera que se puede detectar son los derivados de diamino estilbena o el distitibifenil.

De forma similar a como se determina la migración de blanqueantes ópticos, se determina la migración de sustancias colorantes, aplicando la norma UNE-EN 646, que también fue actualizada a finales del año 2019.

La forma de actuar en lo que se refiere a los papeles de fibra de vidrio, los simulantes y las muestras es idéntica a la descrita en la norma UNE-EN 648, si bien la evaluación final se lleva a cabo comparando el papel de fibra de vidrio de partida (sin contacto) con el que ha estado en contacto con el papel o cartón que se desea evaluar y se clasifica de acuerdo con la escala de grises. Si no hay

“MATTOX” – Investigación de la toxicidad de materiales y productos

diferencias de color es Grado 5 (el único que se considera como satisfactorio) y así se desciende hasta el Grado 1, con un contraste de color muy elevado.

Sin embargo, al igual que ocurría con los blanqueantes ópticos, pueden existir transferencia de colorantes azoicos que no sean detectadas mediante una inspección visual. En concreto se puede ser más preciso determinando la presencia de aminas aromáticas primarias en los papeles de fibra de vidrio empleados en la migración. Una vez más se considera adecuada una modificación de los simulantes, para facilitar la evaluación y se lleva a cabo la extracción de las aminas aromáticas primarias con la mezcla de acetonitrilo y agua, de forma similar a la realizada en el caso de las blanqueantes ópticos.

La técnica para la detección de la concentración de las aminas aromáticas primarias es diferente, empleándose en este caso cromatografía HPLC-MS.

Por este procedimiento se puede detectar la presencia de 24 aminas aromáticas primarias:

- o-Toluidina
- o-Anisidina
- 4-Cloroanilina
- p-Cresidina
- 4-Cloro-o-toluidina
- 3-Cloro-o-toluidina
- 2-Naftilamina
- 4-Aminobifenilo
- 2-Aminobifenilo
- 4,4-Diaminofenilmetano
- 4,4'-Metilenbis-(2-cloroanilina)
- 2,4- Toluilendiamina
- 4-Aminoazobenzeno
- o-Aminoazotolueno
- 2-amino-4-nitrotolueno
- Benzidina
- 3,3'-Diclorobenzidina
- 3,3'-Dimetilbenzidina
- 3,3-Dimetil-4,4'-diaminodifenilmetano
- 2,4,5-Trimetilanilina
- Anilina
- o-Dimetiloxibencidina
- 4,4'-Oxidianilina
- 4,4'-Tiodianilina

A continuación se muestran varios cromatogramas (HPLC-MS) con las aminas aromáticas estudiadas:



“MATTOX” – Investigación de la toxicidad de materiales y productos

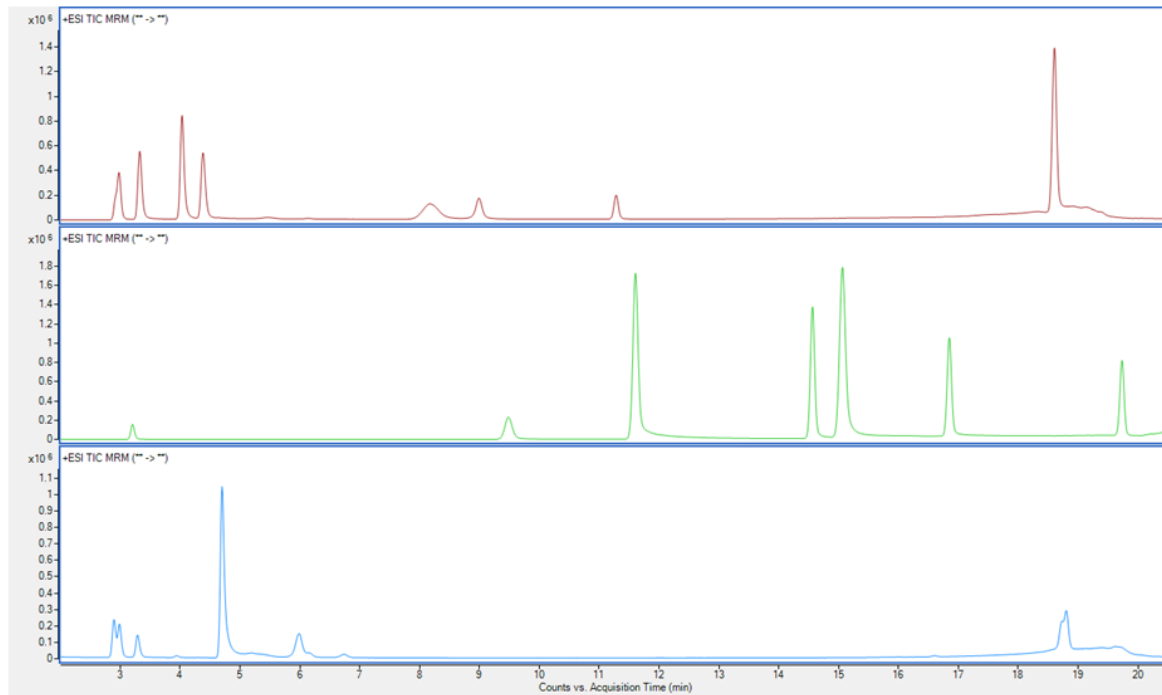


Figura 4.- Cromatograma aminas aromáticas pirmarias, AAP. HPLC.MS.

“MATTOX” – Investigación de la toxicidad de materiales y productos

5.2.3.- Estudio de los gases emitidos en procesos de combustión.

Es por todos bien sabido que el humo en un incendio es letal. Con el fin de evaluar la situación normativa actual en Europa, la Comisión Europea realizó un estudio en Octubre de 2017 para evaluar la necesidad de la regulación de la toxicidad producida en incendios de los productos de construcción (*“Study to evaluate the need to regulate within the Framework of Regulation (EU) 305/2011 on the toxicity of smoke produced by construction products in fires*), se recogen diversos datos y estadísticas de todos los países participantes en el estudio. Aproximadamente se estima que algo más del 50 % de las muertes en incendios son ocasionadas por la inhalación de humo. Sin embargo, la pregunta a resolver sería si los diferentes grados de toxicidad del humo afectan de manera relevante a ese número de víctimas y si, en caso de regularse, podría reducirse.

Los productos tóxicos del humo de incendio se dividen en dos tipos: **asfixiantes e irritantes**. Entre los primeros se encuentran el monóxido de carbono (CO), el ácido cianhídrico (HCN) y el dióxido de carbono (CO₂). Entre los irritantes cabe señalar los ácidos halógenos como el ácido clorhídrico (HCl), el bromhídrico (HBr) y el fluorhídrico (HF), los óxidos de nitrógeno (NO_x), el dióxido de azufre (SO₂), la acroleína o el formaldehído.

Durante el incendio, la generación de estos compuestos está condicionada por la fase del mismo, la temperatura del recinto y el oxígeno disponible, de manera que además de las características (y composición) del combustible presente, la mayor o menor producción de gases tóxicos dependerá del desarrollo del incendio y, entonces, de la arquitectura del edificio, la ventilación, las medidas de seguridad contra incendios, etc. En cualquier caso, de la literatura técnica se infiere que las muertes por inhalación de humo son causadas principalmente por monóxido de carbono y ácido cianhídrico, al ser gases habituales en fase inicial de un incendio.

Normas aplicables

Se ha realizado un estudio bibliográfico de las distintas normativas existentes relacionadas con la toxicidad de gases, destacando las siguientes:

Referencia	Título
ISO 13344	Estimation of the lethal toxic potency of fire effluents
ISO 13571	Life-threatening components of fire - Guidelines for the estimation of time to compromised tenability in fires
ISO 19021	Test method for determination of gas concentrations in ISO 5659-2 using Fourier transform infrared spectroscopy
ISO/TS 19700	Controlled equivalence ratio method for the determination of hazardous components of fire effluents
ISO 19701	Methods for sampling and analysis of fire effluents
ISO 19702	Guidance for sampling and analysis of toxic gases and vapours in fire

“MATTOX” – Investigación de la toxicidad de materiales y productos

	effluents using Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy
ISO 19703	Generation and analysis of toxic gases in fire - Calculation of species yields, equivalence ratios, combustion efficiency in experimental fires
ISO 19706	Guidelines for assessing the fire threat to people
ISO 27368	Analysis of blood for asphyxiant toxicants - Carbon monoxide and hydrogen cyanide

Tabla 1.- Normas aplicables.

Se han realizado los ensayos de comportamiento al fuego siguiendo las especificaciones técnicas recogidas en las siguientes normas:

UNE-EN ISO 5659-2018. Plásticos. Generación de humo. Parte 2: Determinación de la densidad óptica mediante el ensayo en una cámara simple. (ISO 5659-2:2017).

UNE-EN 45545-2:2013+A1:2016. Aplicaciones ferroviarias. Protección contra el fuego de vehículos ferroviarios. Parte 2: Requisitos para el comportamiento frente al fuego de los materiales y componentes. Anexo C: Método de ensayo para la determinación de los gases tóxicos en productos ferroviarios. Método de la cámara de humos.

Muestras seleccionadas. Descripción

Se proponen inicialmente para el estudio los siguientes materiales:

Madera de pino tratado (MATTOX-01)

Muestras correspondiente a listón de pino silvestre de 25mm espesor, correspondiente a una clase de uso 4 e ignifugado con una clasificación de reacción al fuego B-s1, d0 (UNE-EN 13501-1:2019). El preservante empleado es el *Tanalith E 3474* en cuya composición se encuentran los compuestos de carbonato básico de cobre, 2-Aminoetanol, Tebuconazol, Propiconazol). El ignifugante empleado es el *IGNIMAD LA-33*.

“MATTOX” – Investigación de la toxicidad de materiales y productos



Figura 5.- Aspecto de las muestras MATTOX-01 (madera pino tratada e ignifugada).

Tablero contrachapado sin tratar (MATTOX-02)

Muestras correspondientes a tablero contrachapado de clase 3 de encolado (cola urea-formaldehído), de 10mm de espesor (caras externas de fromager) y con una densidad de 450 Kg/m^3 sin tratamiento ignifugante.

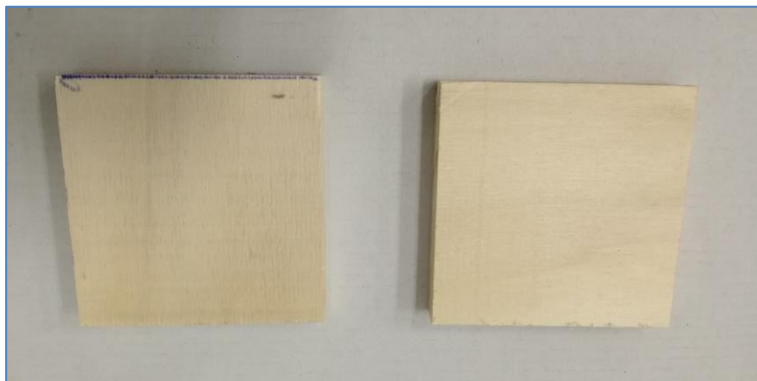


Figura 6.- Aspecto de las muestras MATTOX-02 (tablero contrachapado).

Tablero contrachapado ignífugo (MATTOX-03)

Muestra correspondiente a tablero contrachapado de 13mm de espesor con una densidad de 446 Kg/m^3 , de color madera natural, tratado con ignifugante IGNIMAD LA-33 mediante autoclave vacío-vacío, con una retención de 50 Litros/m^3

“MATTOX” – Investigación de la toxicidad de materiales y productos

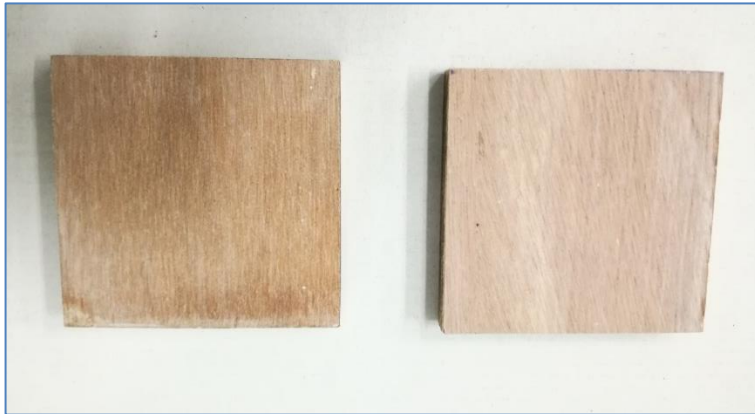


Figura 7.- Aspecto de las muestras MATTOX-03 (tablero contrachapado ignifugado).

Tablero MDF sin tratar (MATTOX-04)

Muestras correspondientes a tablero de fibras de densidad media (MDF), de 16mm de espesor y con una densidad de 760 Kg/m³ sin tratamiento ignifugante (resina urea-formaldehido)



Figura 8.- Aspecto de las muestras MATTOX-04 (tablero MDF sin tratar).

Tablero MDF ignífugo (B-s1,d0) (MATTOX-05)

Muestras correspondientes a tablero de fibras de densidad media (MDF), de 16mm de espesor y con una densidad de 760 Kg/m³ sin tratamiento ignifugante (resina urea-formaldehido)

“MATTOX” – Investigación de la toxicidad de materiales y productos



Figura 9.- Aspecto de las muestras MATTOX-04 (tablero MDF ignifugo B-s1,d0).

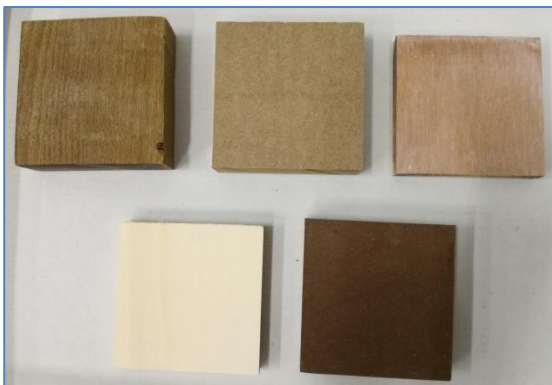


Figura 10.- Aspecto del conjunto de las muestras MATTOX.

“MATTOX” – Investigación de la toxicidad de materiales y productos

1. Método de ensayo

Se han realizado los ensayos siguiendo las indicaciones técnicas descritas en las normas **UNE-EN ISO 5659-2018** y **Anexo C de las norma UNE-EN 45545-2:2013+A1:2016**. Se disponen en el marco retenedor, muestras de 75mm x 75 mm x espeso envueltas en papel de aluminio, tal y como se aprecia en las siguientes imágenes:



Figura 11.- Muestra MATTOX-05 insertada en el marco retenedor .

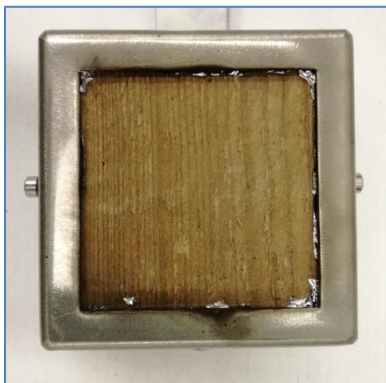


Figura 12.- Muestra MATTOX-01.

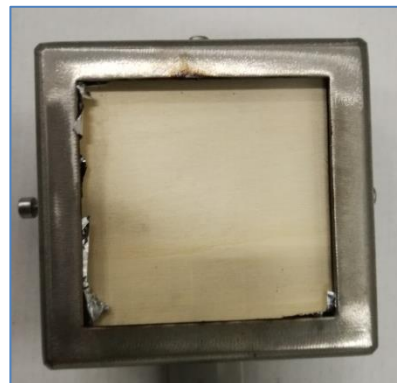


Figura 13.- Muestra MATTOX-02.



Figura 14.- Muestra MATTOX-03.



Figura 15.- Muestra MATTOX-04.

“MATTOX” – Investigación de la toxicidad de materiales y productos

Estos dos ensayos se realizan de forma simultánea y en las siguientes condiciones:

- La radiación aplicada sobre la probeta es de 25 kW/m² y con presencia de llama.
- Las probetas se disponen en posición horizontal
- La distancia entre la superficie de la probeta y el foco radiante es de 25mm.
- Los productos ensayados presentan un espesor superior a 12,5mm y por lo tanto en todos los casos y se ensayan envueltos en film de aluminio.
- El ensayo tiene una duración de 1200 segundos. Se toman tres muestras por probeta

Muestra 1	Desde t=0 hasta t=4 min (240s)
Muestra 2	Desde t=4 hasta t=8 min (480s)
Muestra 3	Desde t=8 hasta t=20 min (1200s)

2. Galería fotográfica de las experiencias realizadas



Figura 16.- Cámara de emisión de humos (smoke box).

“MATTOX” – Investigación de la toxicidad de materiales y productos

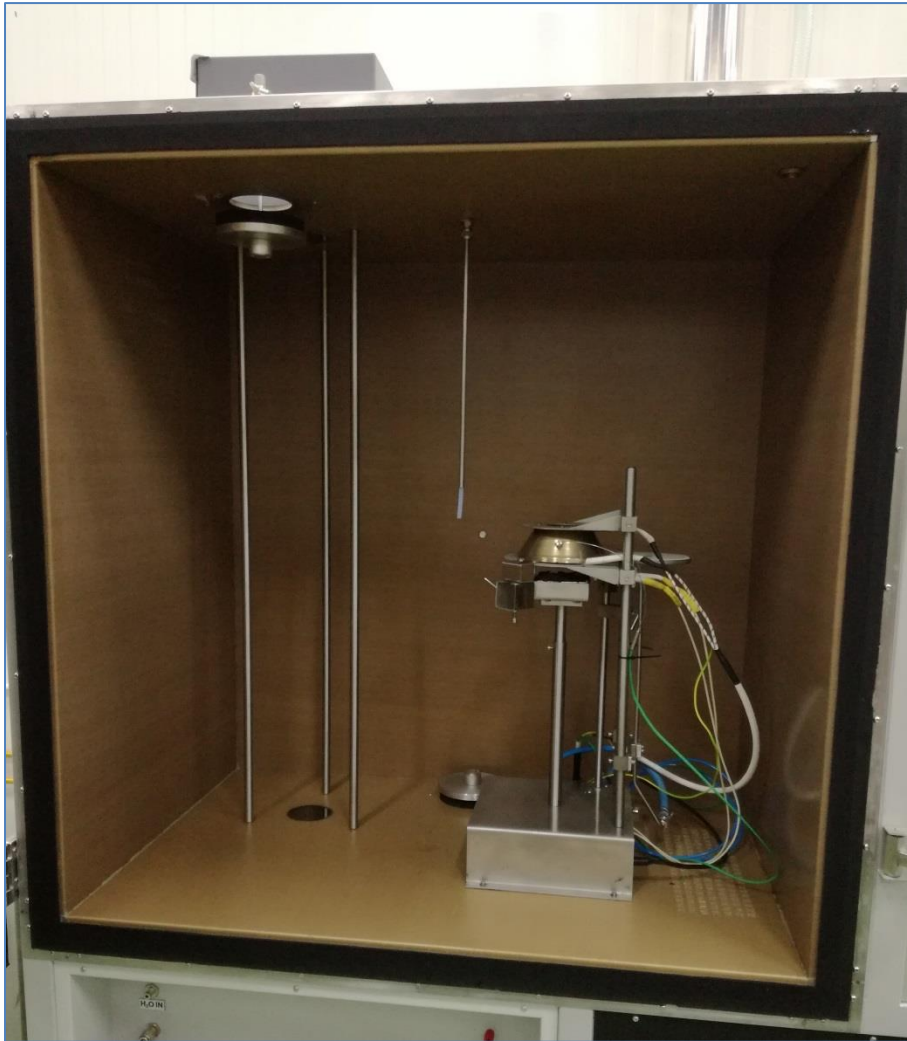


Figura 17.- Interior de la cámara (smoke box).

“MATTOX” – Investigación de la toxicidad de materiales y productos



Figura 18.- Toma de muestra del humo interior de la cámara para su posterior análisis cromatográfico.

“MATTOX” – Investigación de la toxicidad de materiales y productos

óptica específica máxima $D_{s,\max}$, mediante cálculo, con dos cifras significativas, empleando la siguiente ecuación:

$$D_{s,\max} = 132 \cdot \log_{10} \left(\frac{100}{T_{\min}} \right) \quad (1)$$

Dónde:

132 es el factor derivado de la expresión $\frac{V}{A \cdot L}$ para la cámara de ensayo, donde V es el volumen de la cámara, A es el área expuesta de la probeta y L es la longitud de la trayectoria de la luz.

Si se requiere, el valor de D_s a los 4 min ($D_{s,4}$), 8 minutos ($D_{s,8}$), y 20 minutos ($D_{s,20}$),



“MATTOX” – Investigación de la toxicidad de materiales y productos

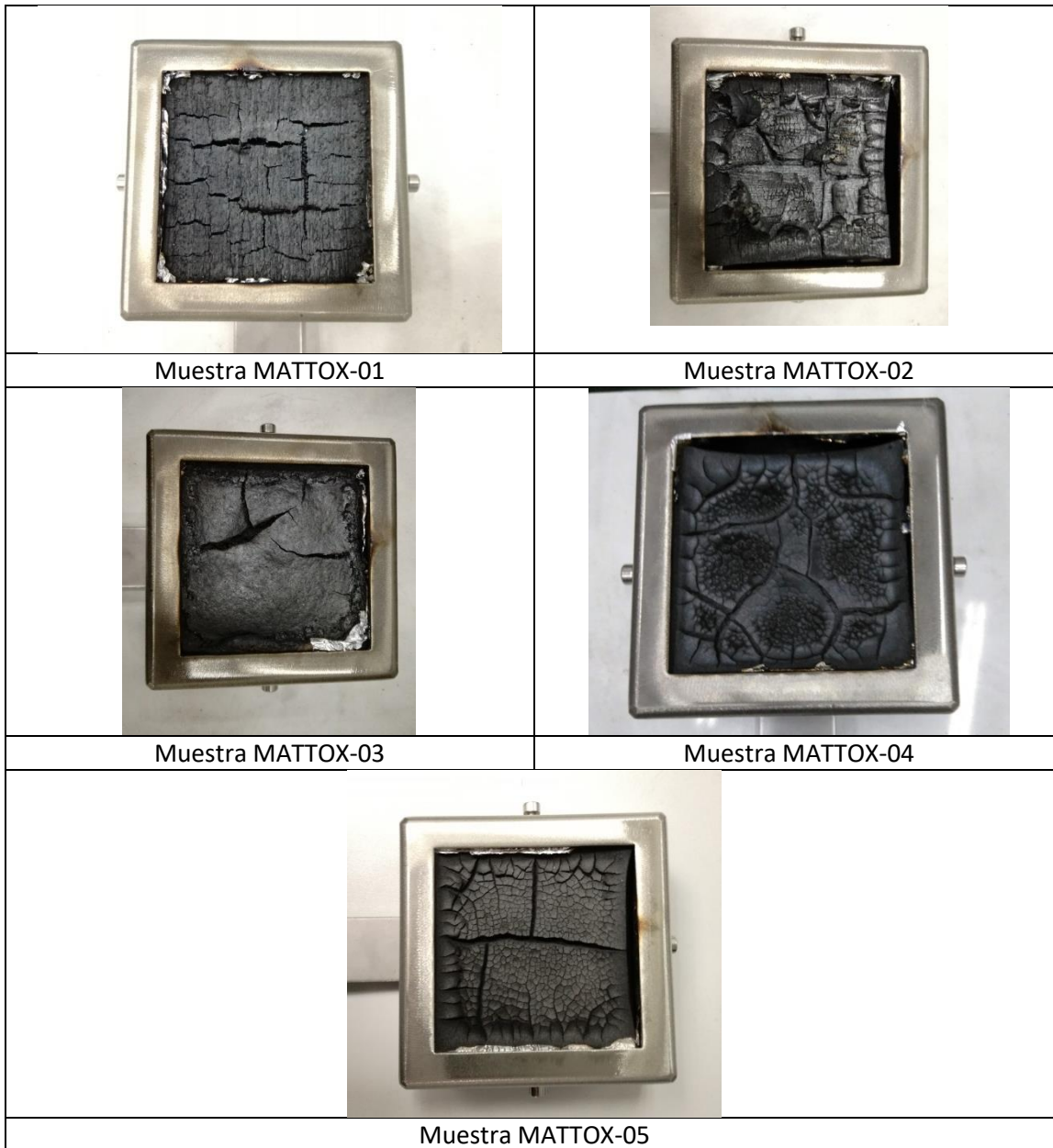


Figura 20.- Aspecto de las muestras MATTOX tras ensayo cámara de humos ISO 5659-2.

En la siguiente representación gráfica se puede comparar la evolución de la producción de humos de cada uno de las muestras MATTOX. En la tabla se recogen los valores máximos de densidad óptica

“MATTOX” – Investigación de la toxicidad de materiales y productos

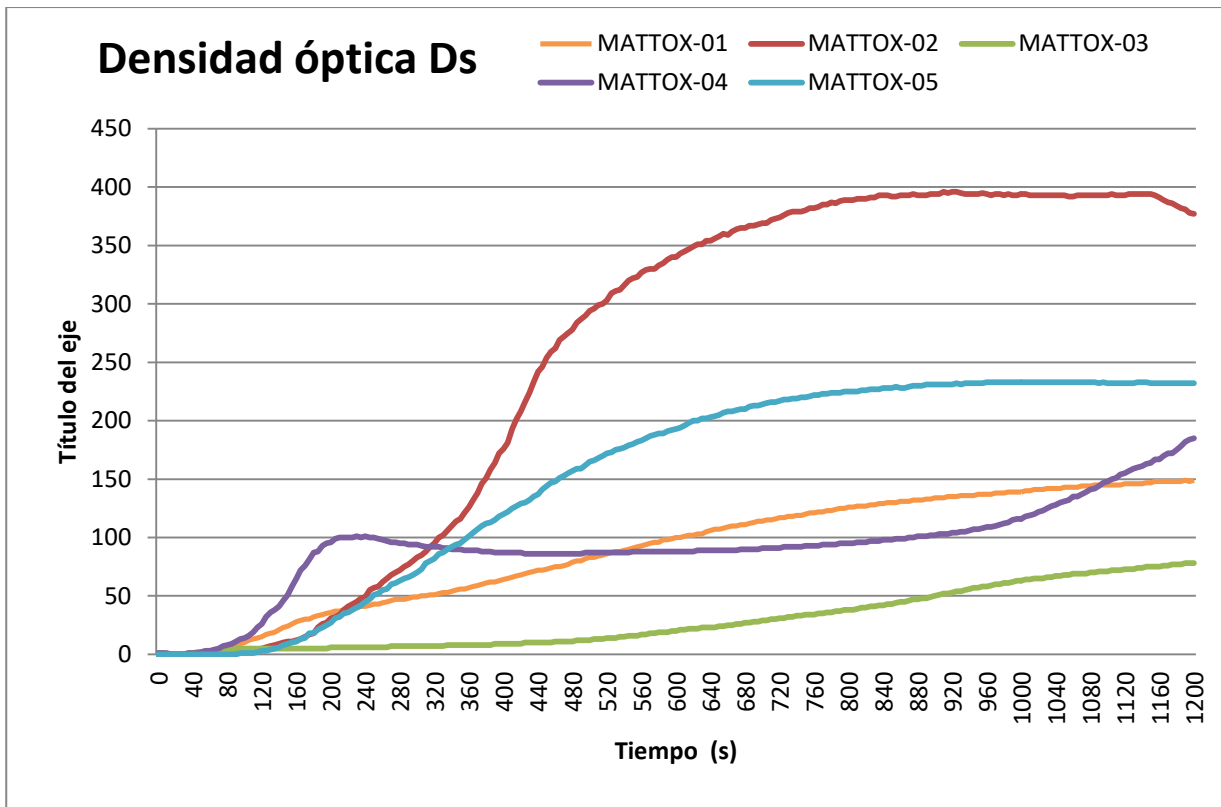


Figura 21.- Densidad óptica en función del tiempo (gráfica).

Muestra	Ds (máx)	Tiempo (s)
MATTOX-01	149	1190
MATTOX-02	396	910
MATTOX-03	78	1190
MATTOX-04	185	1200
MATTOX-05	233	955

Figura 22.- Densidad óptica en función del tiempo (tabla).

“MATTOX” – Investigación de la toxicidad de materiales y productos

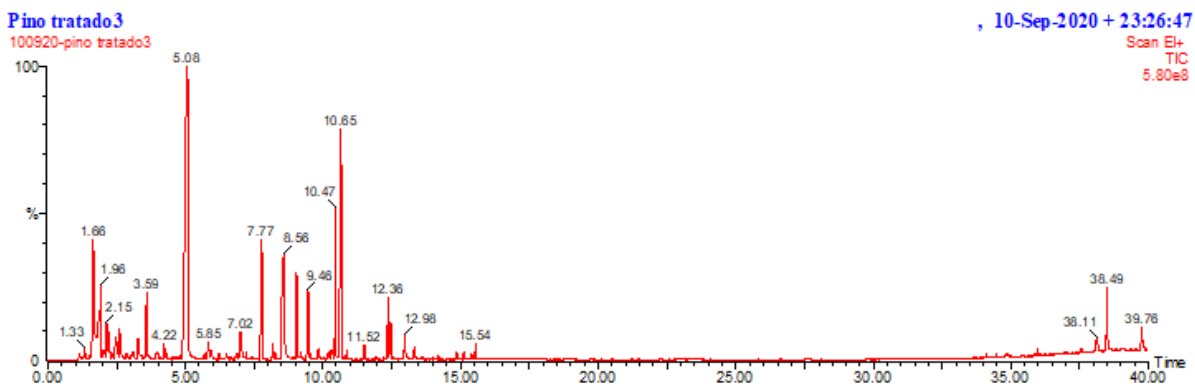
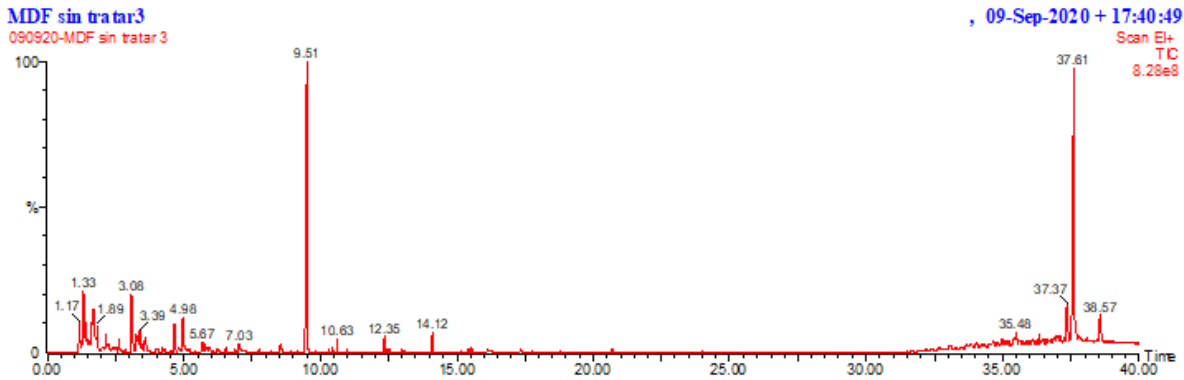


Figura 23.- Cromatogramas obtenidos en dos muestras (arriba: MDF sin tratar; abajo: pino tratado).

MDF Ignífugo	MDF sin tratar	Contrachapado sin tratar	Contrachapado ignífugo	Pino tratado
Furfural	1-metylpyrrolene	1-metylpyrrolene	1-metylpyrrolene	Levoglucosenone
Metil furfural	Furfural	Furfural	Furfural	
levoglucosenone	metilfurfural		2-furancarboxaldehído	
			Fenol	
			2-metoxifenol	

Tabla 2.- compuestos identificados en las emisiones de GC-MS.