MINISTERIO
DE CIENCIA E
INNOVACIÓN

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA AGRARIA Y ALIMENTARIA (INIA)

INSTITUTO DE CIENCIAS FORESTALES (ICIFOR)

CSIC INIA

EXPTE.: 23ICIFOR-009_CHL

OBJETO: **DETERMINACIÓN DE LA EFICACIA ANTE EL FUEGO RETARDANTES DE LARGO PLAZO**

EMPRESA SOLICITANTE

NOMBRE: **ESTANTERÍAS SIMÓN S.L.**

DIRECCIÓN: Polígono de Alfamen, C/ Polígono C nº 3. 500461 Alfamen**,** Zaragoza

TELÉFONO: 976628537

NOMBRE DEL PRODUCTO: ECOFIRE FOREST

Fecha fabricación: 04/2023

Nº de lote: 00117

LOS RESULTADOS Y CONCLUSIONES DEL PRESENTE INFORME HACEN REFERENCIA A LAS MUESTRAS SUMINISTRADAS POR LA EMPRESA SOLICITANTE

ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DEL PRESENTE INFORME

- **Este documento consta de 21 páginas**

ÍNDICE **Página**

0.- ANTECEDENTES 3

1.- INTRODUCCIÓN 3

2.- ENSAYO DE EFICACIA ANTE EL FUEGO 3

3.- RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN 13

4.- ANEXO: Protocolo de ensayo 18

0. ANTECEDENTES

En fecha 05/06/2023 se recibe en el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria INIA, CSIC carta de la firma **ESTANTERÍAS SIMÓN S.L.,** solicitando la realización de los ensayos de retardantes para incendios forestales, requeridos para la determinación de la eficacia ante el fuego del producto **ECOFIRE FOREST.**

INTRODUCCIÓN

Los ensayos se han realizado, de acuerdo con el protocolo de ensayo que se incluye en el Anexo, y recogido en la Norma UNE 23530 (Noviembre de 2021) sobre la muestra de producto recibida en el Laboratorio de Incendios Forestales del Instituto de Ciencias Forestales (ICIFOR) del INIA, CSIC el 12 de junio de 2023.

Dichos ensayos cubren los datos demandados por el Pliego de Condiciones establecido por el Área de Defensa contra Incendios Forestales (Subdirección General de Política Forestal y Lucha contra la Desertificación) del MITECO, para participar en el concurso de adquisición de productos para la lucha contra incendios forestales, por parte del citado Organismo, así como algunas Comunidades Autónomas.

Este documento, no constituye en sí mismo ni una homologación ni ningún tipo de acreditación y los resultados, en él recogidos, se refieren exclusivamente a la muestra entregada por la empresa solicitante para la realización del ensayo de eficacia.

2.- ENSAYOS Y PRUEBAS REQUERIDOS: ENSAYO DE EFICACIA ANTE EL FUEGO

La **EFICACIA** del producto se determina por medio de una experiencia de fuego que no tiene como objetivo reproducir las condiciones de un fuego real (tanto en lo que se refiere a las dimensiones como a la energía desprendida), sino analizar el efecto que origina la aplicación del producto, en la combustión del combustible forestal. En el Anexo de este documento (Páginas 19 - 23), así como en la Norma UNE 23530 se describe la metodología llevada a cabo para la realización de los ensayos de eficacia correspondientes a los retardantes de largo plazo.

Por indicación de la empresa solicitante, los ensayos se han realizado con el producto **ECOFIRE FOREST** facilitado por la misma, sin realizar ningún tipo de dilución, aplicándolo sobre el combustible objeto del tratamiento a razón de 1 l/m^2.

Una vez realizada la aplicación, se realizaron los dos siguientes tipos de **condiciones de ensayo o tratamientos**:

1.- El combustible tratado con la disolución de retardante se deja reposar durante 15 minutos en laboratorio, a temperatura ambiente, y posteriormente se mantiene en estufa a 42 ± 2 °C

durante 30 minutos.

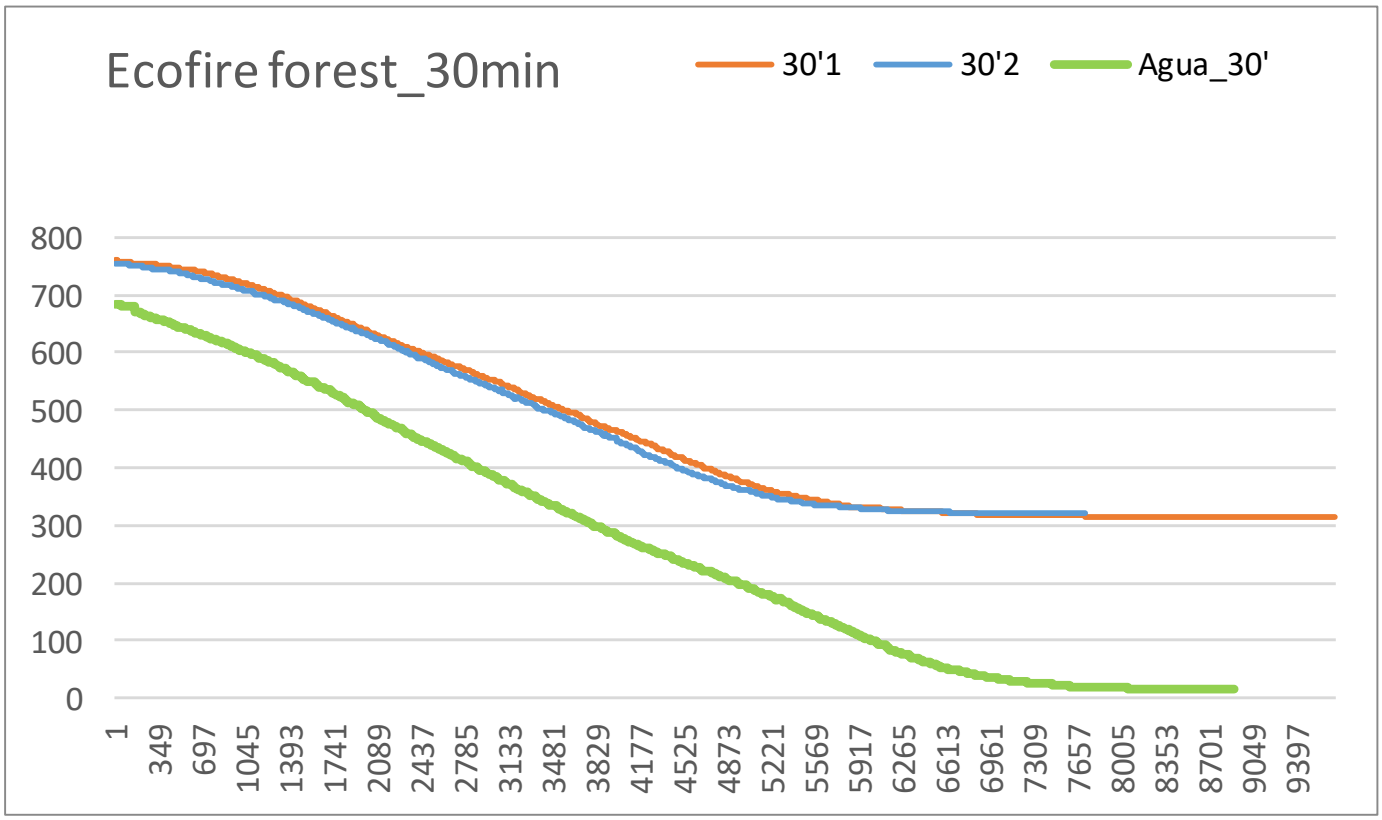
2.- El combustible tratado con la disolución de retardante se deja reposar durante 15 minutos en laboratorio, a temperatura ambiente, y posteriormente se mantiene en estufa a 42 ± 2 °C durante 90 minutos.

El dispositivo experimental diseñado para la realización del ensayo de eficacia permite efectuar un registro continuo de la pérdida de peso del combustible a lo largo del paso del fuego, tanto en la zona de combustible no tratada como en la zona en la que se ha aplicado el retardante al combustible. En consecuencia, las ***curvas peso-tiempo*** reflejan gráficamente, para cada condición de ensayo contemplada, la diferencia producida en la combustión del combustible tratado con el producto, con respecto a la zona de combustible al que no se había aplicado producto, así como con los ensayos testigo en los que, para las mismas condiciones de ensayo en la zona tratada se aplica agua sin ningún aditivo (Páginas 5 y 6).

Finalmente, la eficacia queda evaluada a través del porcentaje de ***combustible consumido*** en la zona tratada. Obviamente, para las mismas condiciones de ensayo, un mayor peso de los residuos se traduce en una mayor eficacia del producto (Página 21).

Por otra parte, para cada condición de ensayo, se presentan fotografías en las que se puede observar el avance del fuego, en diferentes momentos de los ensayos, y el aspecto de los residuos al final de los ensayos, lo que proporciona una idea bastante precisa de la forma en la que se ha desarrollado el fuego, tanto en la zona tratada como en la no tratada (Páginas 7 - 12).

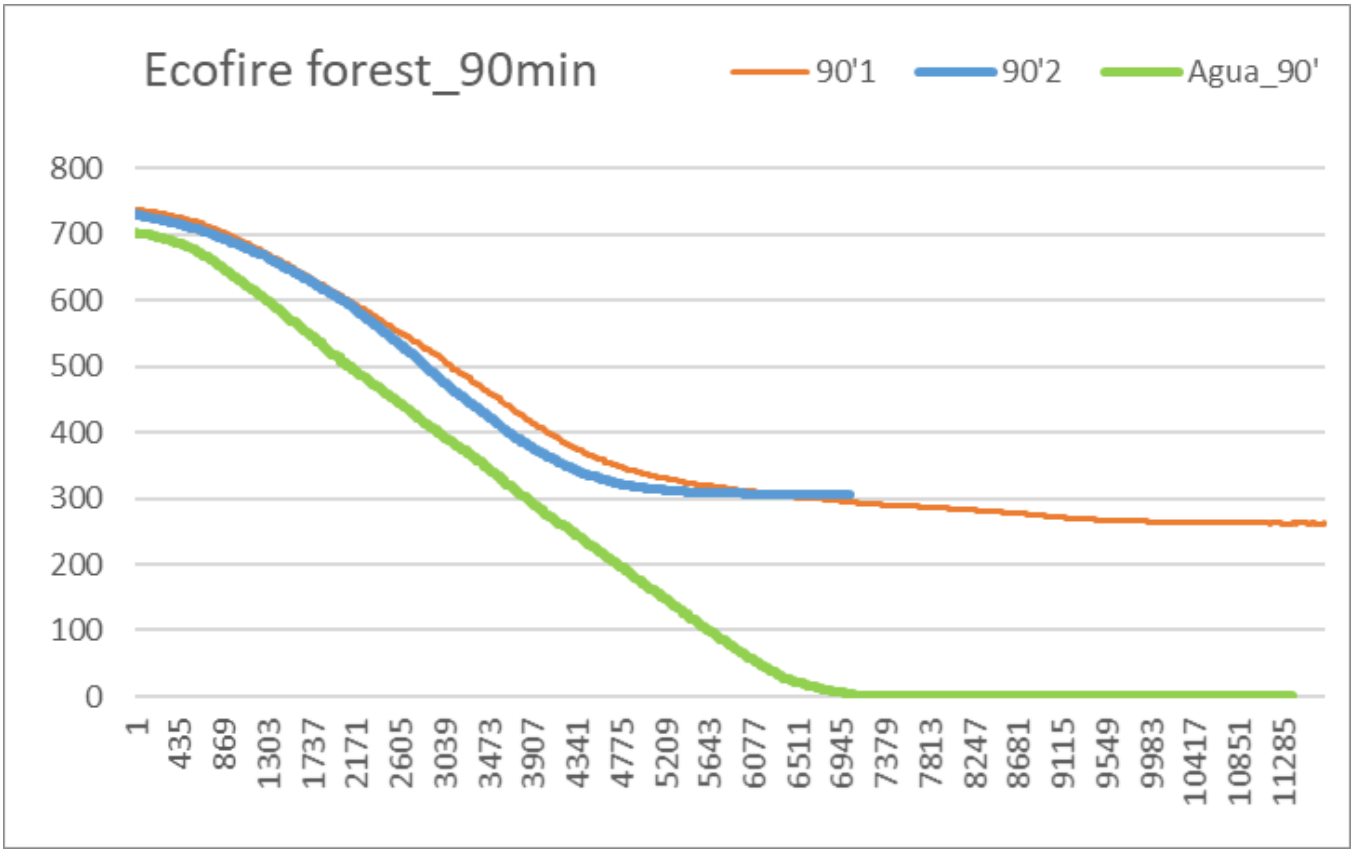
<u>Gráfico nº 1:</u> Curvas peso-tiempo de los ensayos realizados para el tratamiento 1 y el tratamiento con agua (30 minutos en estufa)



<u>PORCENTAJE CONSUMIDO</u>

ECOFIRE FOREST 1: 11%
ECOFIRE FOREST 2: 10%
AGUA: 91%

<u>Gráfico nº 1:</u> Curvas peso-tiempo de los ensayos realizados para el tratamiento 2 y el tratamiento con agua (90 minutos en estufa)



<u>PORCENTAJE CONSUMIDO</u>

ECOFIRE FOREST 1: 19%
ECOFIRE FOREST 2: 14%
AGUA: 94%

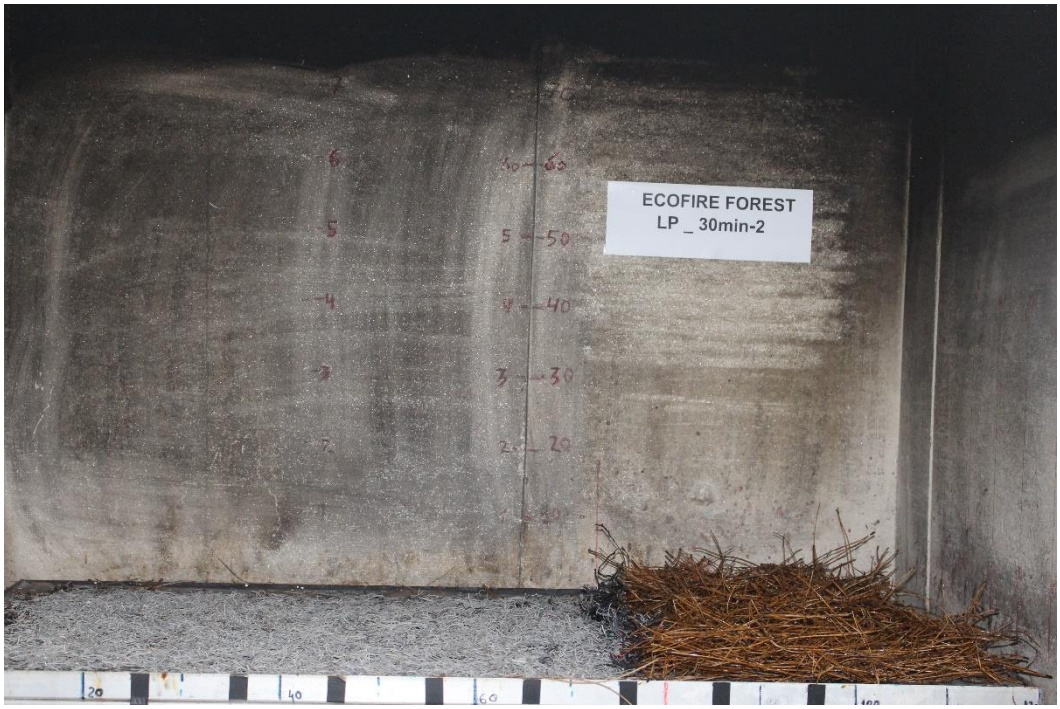
Fotografía nº 1.- Vista del **avance del fuego en la zona no tratada**, para el **tratamiento 1** (30 minutos en estufa)

Fotografía nº 2.- Vista del **avance del fuego antes de entrar en la zona tratada**, para el **tratamiento 1** (30 minutos en estufa)

Fotografía nº 3.- Vista del **avance del fuego al entrar en la zona tratada**, para el **tratamiento 1** (30 minutos en estufa)

Fotografía nº 4.- Vista del **avance del fuego en la zona tratada**, para el **tratamiento 1** (30 minutos en estufa)

Fotografía nº 5.- Vista del **avance del fuego en la zona tratada, para el tratamiento 1** (30 minutos en estufa)



Fotografía nº 6.- Vista del **residuo al final del ensayo**, para el **tratamiento 1** (30 minutos en estufa)

Fotografía nº 7.- Vista del **avance del fuego en la zona no tratada** para el **tratamiento 2** (90 minutos en estufa)

Fotografía nº 8.- Vista del **avance del fuego antes de entrar en la zona tratada** para el **tratamiento 2** (90 minutos en estufa)

Fotografía nº 9.- Vista del **avance del fuego al entrar en la zona tratada**, para el **tratamiento 2** (90 minutos en estufa)

Fotografía nº 10.- Vista del **avance del fuego en la zona tratada**, para el **tratamiento 2** (90 minutos en estufa)

Fotografía nº 11.- Vista del **avance del fuego en la zona tratada**, para el **tratamiento 2** (90 minutos en estufa)

Fotografía nº 12.- Vista del **residuo al final del ensayo,** para el **tratamiento 2** (90 minutos en estufa)

3.- RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

Resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos para el producto **ECOFIRE FOREST** en los **ensayos de eficacia**, para las dos condiciones de ensayo consideradas (**30 y 90 minutos en estufa**).

Longitud media recorrida por el fuego en la zona tratada (40 cm):

- Tratamiento de **30 minutos**: **5 cm** (Fotografía 6)

- Tratamiento de **90 minutos**: **11 cm** (Fotografía 12)

Velocidad media de avance del frente de fuego:

- Zona no tratada: **Vznt = 0,30 cm/s**
- Zona tratada:
    - Tratamiento de **30 minutos**: **Vzt = Inapreciable**

    - Tratamiento de **90 minutos**: **Vzt = 0,06 cm/s**

Altura media de la llama:

- Zona no tratada: **Aznt = 46 cm**
- Zona tratada:
    - Tratamiento de **30 minutos**: **Azt = 5 cm**

    - Tratamiento de **90 minutos**: **Azt = 10 cm**

Como se puede observar, tanto para la condición de **30 minutos** como en el de **90 minutos** en estufa, **el producto ha mostrado una altísima eficacia**, recorriendo el fuego **5 cm** de la zona tratada en el primer caso y **11** cm en el segundo. Además los parámetros descriptores del comportamiento del fuego: velocidad de avance del frente de fuego y altura de la llama, sufren las disminuciones en la zona tratada en relación con la no tratada presentadas en la Tabla 2. La mencionada disminución de la velocidad de avance queda reflejada en la correspondiente curva peso-tiempo (Páginas 5 y 6).

En la Tabla 1 se muestra la clasificación obtenida para cada condición de ensayo, de acuerdo con el **porcentaje de combustible consumido en la zona tratada,** (Ver clasificación en ANEXO, Página 21) y su comparación con los ensayos testigos, realizados en las mismas condiciones, en los que en la zona tratada se ha añadido al combustible solamente agua.

Tabla 1: Clasificación de los retardantes de largo plazo de acuerdo al peso consumido

CLASIFICACIÓN POR % PESO CONSUMIDO			
TRATAMIENTO	**DOSIS**	**ECOFIRE FOREST**	**AGUA**
15 min goteo +30 min estufa (42ºC	**1l/m^2**	**0 (10,5%)**	**4 (91%)**
15 min goteo +90 min estufa (42ºC)	**1l/m^2**	**0 (16,5%)**	**4 (94%)**

Este efecto queda reflejado gráficamente en las curvas *peso-tiempo* (Páginas 5 y 6), donde se pone de manifiesto, para cada condición contemplada, la diferencia producida en el consumo de combustible en la zona de combustible tratado con el producto, con respecto a la zona de combustible al que no se había aplicado producto. Asimismo, se puede observar la diferencia producida frente a los ensayos testigo, en los que el tratamiento consiste en la aplicación únicamente de agua (Ver clasificación en Tabla 1 del Anexo).

Además de este criterio principal se utilizan para la clasificación de los retardantes otros índices complementarios. Estos vienen derivados de la disminución, como consecuencia de la adición del retardante de otros descriptores del comportamiento del fuego como son la velocidad de propagación y la altura de llamas (Ver clasificación utilizada el Tabla 2 del Anexo).

Tabla 2: Clasificación por velocidad de propagación y altura de llama

PARÁMETRO	TRATAMIENTO	DISMINUCIÓN	ÍNDICE
VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DEL FUEGO (V)	**30 min**	**Vzt = 0,01**	**V1**
	90 min	**Vzt = 0,2 Vznt**	**V1**
ALTURA DE LLAMA (A)	**30 min**	**Azt = 0,11 Aznt**	**A1**
	90 min	**Azt = 0,22 Aznt**	**A1**

En consecuencia y de acuerdo a las dos clasificaciones presentadas (Tabla 1 y Tabla 2) el producto se clasifica como:

CLASIFICACIÓN DEL PRODUCTO ECOFIRE FOREST: 0 V1 A1

Por tanto y de acuerdo a la Norma UNE 23530: 2021 queda clasificado como retardante de largo plazo.

Por otra parte, el producto confiere algo de **coloración** del combustible tratado.

Madrid, 11 de junio de 2023

LA INVESTIGADORA RESPONSABLE,

HERNANDO LARA CARMEN - DNI 50415081R

Firmado digitalmente por HERNANDO LARA CARMEN - DNI 50415081R
Fecha: 2023.07.11 19:29:30 +02'00'

Fdo. Carmen Hernando Lara

Los resultados que se indican se refieren, exclusivamente, a la muestra o producto entregado al Laboratorio, tal como se indica en la Introducción, y ensayados en las condiciones citadas en el Anexo.

4.- ANEXO

PROTOCOLO DE ENSAYO DE EFICACIA DE LOS RETARDANTES DE LARGO PLAZO ANTE EL FUEGO

El ensayo se realiza en una mesa de combustión con seguimiento gravimétrico. Dicho dispositivo experimental está integrado por una bandeja soporte del combustible, constituida por dos placas de borosilicato de 1,5 cm de espesor, 70 cm de ancho y 120 cm de largo, que descansan sobre unos perfiles de aluminio (Figura 1A). El conjunto reposa en una balanza con una sensibilidad de 1 g que permite efectuar un registro continuo, a lo largo del ensayo, de la variación del peso del combustible existente en la mesa, como consecuencia de su combustión.

Figura 1A.- Mesa de ensayo

El combustible forestal utilizado está constituido por acículas procedentes de la hojarasca de un pinar de *Pinus pinea* (Pino piñonero). En laboratorio se eliminan las acículas en descomposición, las ramillas y los diversos residuos existentes, con el fin de conservar solamente las acículas intactas.

La elección de este combustible viene determinada por la homogeneidad que presenta, su fácil disponibilidad y la facilidad de manipulación para obtener la disposición espacial deseada, así como por su adecuación energética y de comportamiento del fuego a las características generales del ensayo. Las acículas son acondicionadas en cámara (Temperatura = 23 ºC y Humedad relativa = 50%) hasta alcanzar un contenido en humedad en torno al 9-10%. La determinación de la humedad se lleva a cabo mediante secado en estufa (100 °C), hasta peso constante, de tres muestras tomadas del combustible inmediatamente antes de realizar el ensayo.

La cantidad de combustible utilizado en cada ensayo es de 700 g/m^2 de materia seca, homogéneamente dispuesto a lo largo de la mesa de quemas. El correspondiente a los 80 primeros cm de la mesa "zona sin tratar" se dispone directamente sobre la mesa del dispositivo experimental y el correspondiente a los últimos 40 cm "zona tratada" se dispone en una bandeja independiente sobre la que se aplica la disolución con el producto a ensayar, o el agua, en el caso de los ensayos

testigo.

Dicha aplicación se realiza con una mochila de extinción, cuyas características principales son:

Capacidad: 18 l
Volumen residual: 200 cm^3
Dimensiones del depósito: 49 cm x 65 cm
LANZA manual de doble embolada, con filtro en la aspiración y con boquilla de doble efecto: chorro-pulverización.
Alcance:
Chorro > 8 m
Pulverización > 3 m
Caudal: 120 cm^3 (Recorrido completo ida y retorno)
Dimensiones de la lanza: 1070 - 670 mm

Concentración y dosis: Se considera una **concentración de 1:4 en volumen** (recomendada por las empresas solicitantes), aplicando la disolución, en agua dulce, a razón de **1 l/m^2**. Si bien, la empresa solicitante, puede requerir la realización de los ensayos a otras concentraciones.

Una vez realizada la aplicación, se realizan dos tipos de **condiciones de ensayo o tratamientos**:

- El combustible tratado se deja reposar durante 15 minutos, en laboratorio, a temperatura ambiente, y posteriormente se mantiene en estufa a 42 ± 2 ºC durante 30 minutos.

- El combustible tratado se deja reposar durante 15 minutos, en laboratorio, a temperatura ambiente, y posteriormente se mantiene en estufa a 42 ± 2 ºC durante 90 minutos.

Desarrollo del ensayo

Una vez transcurrido el tiempo definido para cada uno de los tratamientos, se dispone el combustible no tratado y el combustible tratado con la solución del producto a ensayar, en su correspondiente zona de la mesa de quemas, siendo la superficie de la zona no tratada de 80 cm x 70 cm y la de la tratada de 40 cm x 70 cm.

Se toman muestras de combustible de la zona no tratada y de la zona tratada para llevar a cabo, mediante secado en estufa a 100 ºC, la determinación del contenido de humedad del combustible correspondiente a cada una de ellas. Asimismo, se realizan seis mediciones del espesor de la capa de acículas, tanto en la zona no tratada como en la zona tratada, a fin de verificar que dicho combustible se ha dispuesto homogéneamente.

Se inicia el fuego en una línea con una mecha de algodón impregnada en alcohol y se conecta el programa de adquisición de datos de la balanza. Cada 20 cm, se toman los tiempos de paso del frente y se estima la altura de la llama. Una vez que se mantiene constante el peso registrado por la balanza, lo que significa que la combustión ha finalizado, se desconecta el sistema de

adquisición de datos. Finalmente, se pesan, separadamente, los residuos correspondientes a la zona no tratada y a la zona tratada. En estos últimos, se determina el contenido de humedad para valorar la cantidad de materia seca no consumida durante la combustión. Para cada una de las condiciones, se realizan al menos dos repeticiones. Durante el transcurso de cada uno de los ensayos se realizan fotografías que permitan visualizar distintos aspectos del mismo.

Como ha sido señalado, el dispositivo experimental diseñado para realizar los ensayos de eficacia descritos permite efectuar un registro continuo de la pérdida de peso del combustible a lo largo de la combustión, tanto en la zona de combustible no tratada como en la zona en la que se ha efectuado el tratamiento. Los datos registrados permiten trazar la curva de variación del peso a lo largo del tiempo de duración de ensayo, en la que se diferencian las sucesivas fases de la combustión:

1. Establecimiento del régimen estacionario de combustión.
2. Régimen estacionario de combustión establecido en la zona de combustible no tratado, que viene representado por una recta.
3. Combustión en la zona del combustible tratado representada por la consiguiente disminución de la pendiente de la recta, en virtud de la eficacia del producto.

Para cada producto objeto del ensayo, se presentan en los Informes las curvas peso-tiempo, medias de las repeticiones realizadas para cada uno de los tratamientos. En el mismo gráfico, se presenta la curva correspondiente a los ensayos "testigo", en los que el tratamiento del combustible ha sido realizado solamente con agua, en idénticas condiciones en cuanto a las dosis y tratamientos se refiere. La comparación de la pendiente de las curvas permite visualizar la eficacia del producto frente a la del agua y la diferencia existente entre los tipos de tratamiento.

Por otro lado y de acuerdo con el porcentaje de peso consumido, respecto al dispuesto inicialmente, en la “zona tratada”, ha sido propuesta la clasificación que se presenta en la Tabla 1. Obviamente, para las mismas condiciones de ensayo, un mayor peso de los residuos se traduce en una mayor eficacia del producto.

Además de este criterio principal se utilizan para la clasificación de los retardantes otros índices complementarios, tal como recoge la norma UNE 23530: 2021. Estos vienen derivados de la disminución, como consecuencia de la adición del retardante de otros descriptores del comportamiento del fuego como son la velocidad de propagación y la altura de llamas (Ver clasificación utilizada en Tabla 2)

Tabla 1.- Clasificación de los retardantes de largo plazo de acuerdo al peso consumido

PESO CONSUMIDO EN LA ZONA TRATADA	CLASIFICACIÓN
0 – 20%	0
20 – 40%	1
40 – 60%	2
60 – 80%	3
80 – 100%	4

Tabla 2: Clasificación de los retardantes de largo plazo de acuerdo a la reducción de la velocidad de propagación y altura de llama

PARÁMETRO	DISMINUCIÓN	ÍNDICE
VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DEL FUEGO (V)	V ≥ 50%	V1
	V ≤ 50%	V2
ALTURA DE LLAMA (A)	A > 50% 50%	A1
	30% ≤ A≤	A2
	A < 30%	A3

En consecuencia, la clasificación del producto viene estimada a través de la suma de la clasificación obtenida por pérdida de peso en los dos tipos de tratamiento, acompañada de los índices resultantes por la disminución de la velocidad de propagación y altura de llama..

En la preparación de este ensayo, se anotan los resultados de las observaciones visuales de la **coloración** del producto.