

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**INCORPORACIÓN DE ESPECIES VEGETALES DE BAJA INFLAMABILIDAD
COMO CERCOS CORTAFUEGO EN EL DISEÑO DE JARDINES**

POR

FRANCISCO JOSÉ GARCÍA DUHALDE

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO.**

**CONCEPCIÓN – CHILE
2024**

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**INCORPORACIÓN DE ESPECIES VEGETALES DE BAJA INFLAMABILIDAD
COMO CERCOS CORTAFUEGO EN EL DISEÑO DE JARDINES**

POR

FRANCISCO JOSÉ GARCÍA DUHALDE

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO.**

**CONCEPCIÓN – CHILE
2024**

Aprobada por:

Profesor Asociado, Inés Figueroa C.
Ing. Agrónomo, Mg., Dr. Cs.

Guía

Profesor Asistente, Analí Rosas G.
Ing. Agrónomo, Dr. Cs.

Asesor

Profesor Asistente, Miguel Garriga C.
Lic. en Biología, Mg., Dr. Cs. Agrarias

Asesor

Profesor Asociado, Guillermo Wells
Ing. Agrónomo, Mg. Cs.

Decano

TABLA DE CONTENIDOS

	Página
Resumen.....	1
Summary.....	1
Introducción.....	2
Desarrollo y discusión.....	5
Conclusiones.....	18
Bibliografía.....	19

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

		Página
Figura 1	Planificación del paisaje mediante zonas de defensa...	17
Tabla 1	Clasificación de inflamabilidad de especies forestales de acuerdo al índice de inflamabilidad (FI), basado en el promedio de tiempo de ignición (IT) y frecuencia de inflamación (FR).....	3
Tabla 2	Comparación de árboles ornamentales caducifolios de baja inflamabilidad.....	10
Tabla 3	Comparación de árboles ornamentales perennes de baja inflamabilidad.....	11
Tabla 4	Comparación de arbustos ornamentales de baja inflamabilidad.....	13
Tabla 5	Comparación de arbustos ornamentales de baja inflamabilidad.....	14
Tabla 6	Especies de cactus y suculentas recomendadas para su uso en cortafuegos.....	15

INCORPORACIÓN DE ESPECIES VEGETALES DE BAJA INFLAMABILIDAD COMO CERCOS CORTAFUEGO EN EL DISEÑO DE JARDINES

INCORPORATION OF LOW-FLAMMABILITY PLANT SPECIES AS FIREBREAK HEDGES IN GARDEN DESIGN

Palabras índice adicionales: Incendios forestales, interfaz, urbano-forestal, zonas de defensa.

Resumen

En los últimos años, los incendios forestales se han convertido en una amenaza constante en muchas regiones del mundo, poniendo en peligro no solo los ecosistemas naturales, sino también la seguridad de las propiedades y las vidas humanas. La incorporación de plantas ornamentales de baja inflamabilidad promete ser una solución eficaz y eficiente para el combate de incendios en el interfaz urbano-forestal. Algunas características de estas plantas como forma y tamaño de hojas y contenido de aceites y resinas determinan su grado de inflamabilidad, por lo cual la elección de las especies de acuerdo a estos parámetros es fundamental. Esta revisión hace un alcance sobre los beneficios que tiene la selección de plantas de baja inflamabilidad y sirve como una guía para la buena implementación y diseño del paisaje, identificando distintas zonas de defensa alrededor de las viviendas. Esta zonificación permite establecer una barrera estratégica de vegetación resistente al fuego no solo para prevenir y mitigar los efectos del fuego, sino también para facilitar las operaciones de control de un incendio forestal.

Summary

In recent years, wildfires have become a constant threat in many regions of the world, endangering not only natural ecosystems but also the safety of properties and human lives. Incorporating low-flammability ornamental plants promises to be an effective and efficient solution for fire management in the wildland-urban interface. Certain characteristics of these plants, such as leaf shape and size, and the content

of oils and resins, determine their degree of flammability, making the selection of species based on these parameters essential. This review highlights the benefits of choosing low-flammability plants and serves as a guide for effective landscape implementation and design, identifying different defense zones around homes. These zones establish a strategic barrier of fire-resistant vegetation, not only to prevent and mitigate the effects of fire but also to facilitate wildfire control operations.

INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales representan una amenaza constante en muchas regiones del mundo, poniendo en peligro no solo los ecosistemas naturales, sino también la seguridad de las propiedades y las vidas humanas (Murray y Hardstaff, 2018). En la actualidad, las plantaciones forestales cubren aproximadamente 3,11 millones de hectáreas en Chile, lo que representa alrededor del 17,27 % del total de bosques del país. De esta superficie, aproximadamente el 60 % está ocupada por pino radiata y el 33 % por especies del género *Eucalyptus*. Estas plantaciones se concentran principalmente entre las regiones de O'Higgins y Los Lagos (CONAF, 2021).

Guerrero *et al.* (2021) investigaron propiedades termoquímicas como la inflamabilidad, poder calorífico y punto de inflamación en cinco especies de árboles esclerófilos presentes en los bosques de Chile, como los que fueron significativamente afectados por los incendios forestales ocurridos en la región de Valparaíso en el año 2017. El estudio analizó la relación entre estas propiedades y factores que afectan la inflamabilidad, como los compuestos orgánicos y el contenido de humedad presente en la vegetación y, de acuerdo con esto, se clasificaron las especies en inflamables y extremadamente inflamables. Los resultados revelaron que *Eucalyptus globulus*, *Acacia dealbata* y *Cryptocarya alba* son extremadamente inflamables, mientras que *Pinus radiata* y *Quillaja saponaria* son clasificados como especies inflamables (Tabla 1).

El índice de inflamabilidad (FI) es un parámetro adimensional que varía de cero (muy baja inflamabilidad) a cinco (extremadamente inflamable), según la inflamabilidad del material. Se calcula a partir de los valores promedio de tiempo de

ignición (IT) y frecuencia de inflamación (FR). El parámetro IT se define como el intervalo transcurrido desde el contacto de la hoja con la superficie radiante del epiradiador, hasta que ocurre la inflamación del material vegetal. La FR se calcula como la fracción de pruebas positivas en relación con el número total de pruebas. Las pruebas se consideran positivas cuando la inflamación ocurrió en menos de 1 minuto.

Tabla 1. Clasificación de inflamabilidad de especies forestales de acuerdo al índice de inflamabilidad (FI), basado en el promedio de tiempo de ignición (IT) y frecuencia de inflamación (FR).

Especies	IT (S) ($\bar{x} \pm s$)	FR (%)	FI (-)	Clasificación
<i>E. globulus</i>	3,98 \pm 0,74	100	5	Extremadamente inflamable
<i>C. alba</i>	6,85 \pm 1,16	100	5	Extremadamente inflamable
<i>A. dealbata</i>	9,65 \pm 2,26	100	5	Extremadamente inflamable
<i>P. radiata</i>	19,64 \pm 3,08	100	3	Inflamable
<i>Q. saponaria</i>	20,99 \pm 6,09	100	3	Inflamable

Fuente: (Guerrero *et al.*, 2021)

Esta investigación destaca la alta inflamabilidad de los bosques chilenos, demostrando así la urgencia con la cual hay que abordar este problema. La extrema inflamabilidad de *Eucalyptus globulus*, *Acacia dealbata* y *Cryptocarya alba* indica una alta susceptibilidad a la ignición. Además, el alto poder calorífico de combustión de *Eucalyptus globulus* y *Acacia dealbata* puede asociarse con una alta liberación de energía, lo que incrementa el riesgo de propagación de incendios.

Como consecuencia del cambio climático, se prevé un aumento en la frecuencia, intensidad y duración de los incendios forestales en gran parte del mundo (Flannigan *et al.*, 2006). Algunos factores climáticos que han intensificado los incendios forestales son las altas temperaturas en verano y los bajos niveles de precipitación, generando largos periodos de sequía que disminuyen el contenido de humedad en las plantas (Guerrero *et al.*, 2021).

Esto es especialmente relevante para Chile, donde la interfaz entre áreas urbanas y zonas forestales presenta un desafío único en términos de protección contra

incendios, ya que el 80 % de los siniestros ocurre en las zonas de interfaz urbano-forestal (Zonas IUF) entre los meses de octubre y abril (CONAF, s.f.). El concepto de zonas IUF nace en Estados Unidos en los años 70 en el estado de California, debido a la creciente urbanización en áreas forestales. Las zonas IUF se definen como aquellas áreas donde las infraestructuras humanas, principalmente edificaciones, se encuentran próximas a superficies forestales (Radeloff *et al.*, 2005).

La necesidad de una solución contra incendios ha llevado al desarrollo de estrategias que aprovechan la capacidad de ciertas especies vegetales para actuar como barreras naturales de baja inflamabilidad (Huber-Smith *et al.*, 2023). Estas especies, seleccionadas cuidadosamente y dispuestas estratégicamente, pueden no solo reducir el riesgo de propagación de incendios, sino también promover la biodiversidad local y el desarrollo sostenible (Devoto, 2023). Curran *et al.* (2018) describe los cortafuegos verdes como la creación de una franja de vegetación de baja inflamabilidad, posicionados estratégicamente en el paisaje con la finalidad de ralentizar o detener el avance de los incendios.

Factores como la intensidad, propagación e impacto de los incendios dependen en cierta medida de la susceptibilidad que tengan las plantas frente al fuego. Frecuentemente, aquellas que se inflaman con facilidad permiten que los incendios se propaguen más rápido y hacen más difícil la intervención sobre estos (White *et al.*, 2010; Guarín *et al.*, 2022). Características como el tamaño y la forma de las hojas, la presencia de aceites volátiles y el nivel de humedad pueden afectar su inflamabilidad (Dimitrakopoulos *et al.*, 2011).

La exitosa inclusión de plantas de baja inflamabilidad en jardines residenciales, jardines públicos y plantaciones en la interfaz entre áreas urbanas y forestales podría parecer inicialmente un objetivo complicado y difícil de lograr, dada la variedad de intereses que deben considerarse en la elección (Murray *et al.*, 2018). Sin embargo, es importante mencionar que Devoto (2023) señala que ninguna planta es incombustible, por lo que el cuidado y la mantención del jardín pueden tener como consecuencia que una planta con mayor resistencia al fuego pueda llegar a arder más que una inflamable.

En el diseño de paisajes resistentes al fuego se establecen zonas de defensa, las cuales se identifican como zona de defensa inmediata, zona de defensa intermedia y zona de defensa extendida (Detweiler, 2023). En la zona de defensa inmediata, que se encuentra junto a las edificaciones, es esencial utilizar plantas de baja inflamabilidad y mantener un espacio libre de vegetación seca. La zona de defensa intermedia debe incorporar una mezcla de plantas con bajo porcentaje de material seco y realizar un manejo adecuado de la vegetación. Finalmente, en la zona de defensa extendida, se pueden incluir especies de mayor tamaño, siempre y cuando se mantenga una separación adecuada entre las copas de los árboles para evitar la propagación de incendios. La disposición estratégica de las plantas en estas zonas no solo puede ayudar a proteger las estructuras y vidas humanas, sino también a crear paisajes más resilientes y sostenibles frente a los incendios forestales (Devoto, 2023).

A lo largo de esta revisión, se identificarán las características anatómicas de especies vegetales de baja inflamabilidad, llamadas plantas ignífugas. Se seleccionarán especies de baja inflamabilidad que puedan ser incorporadas en la planificación del paisaje. El enfoque será principalmente en especies arbustivas, desde su identificación, planificación del paisaje, mantenimiento y aspectos ambientales.

DESARROLLO Y DISCUSIÓN

1. Determinación de la inflamabilidad vegetal

La inflamabilidad puede definirse según Anderson *et al.* (1970) como la habilidad de cierto combustible a incendiarse y sostener la llama. Esta tiene varios componentes (Anderson *et al.*, 1970, Behm *et al.*, 2004, Kauf *et al.*, 2014, Martin *et al.*, 1994):

Ignición. Tiempo que demora una superficie en generar llama al disponerse sobre una fuente de calor.

Sostenibilidad. Tiempo en que la llama se mantiene con o sin fuente de calor, siendo esta variable muy relacionada con la transferencia de calor y llamas a las plantas o estructuras que rodean al combustible vegetal.

Combustibilidad. Rapidez con la cual el fuego arde.

Consumibilidad. Proporción de masa o volumen consumido por el fuego.

La inflamabilidad de una especie se puede medir mediante el índice propuesto por Valett (1990), el cual considera tres parámetros: tiempo de ignición, duración de la llama y tiempo de quemado. Este índice ha sido adoptado por diversos investigadores alrededor del mundo para clasificar especies según su inflamabilidad y gestionar el riesgo de incendios forestales.

La inflamabilidad de las plantas varía en el espacio y en el tiempo, ya que depende de la etapa de desarrollo del individuo, su estado fisiológico y las condiciones ambientales como la humedad del entorno (CONAF, 2020).

Según Pausas (2012) la facilidad de ignición de la vegetación suele ser mayor en las etapas iniciales. En etapas tempranas predomina el combustible fino, como las plantas herbáceas, que tienden a secarse rápidamente debido al menor contenido de humedad. En cambio, en las etapas tardías, la cantidad de combustible suele ser mayor, lo que incrementa la liberación de calor y, por lo tanto, favorece la propagación del fuego.

1.1. Componentes de las plantas que afectan la inflamabilidad

Contenido de humedad. El contenido de humedad de las hojas es un factor crucial en la inflamabilidad de una planta. Las hojas con alto contenido de humedad actúan como retardantes naturales del fuego, disminuyendo significativamente la velocidad de combustión (Doran *et al.*, 2004). Las plantas con hojas gruesas y suculentas, como los cactus y el aloe, tienden a mantener un alto contenido de humedad incluso durante períodos de sequía, lo que contribuye a una baja inflamabilidad. La mayoría de las hojas vivas contienen al menos un 50 % de agua en peso y no prenden fuego hasta que pierden la mayor parte de su agua por evaporación. Además, los tejidos hidratados de las hojas retardan la aparición de llamas (Etlinger *et al.*, 2004). Según Batista *et al.* (2012), las especies con mayor contenido de humedad presentan menor inflamabilidad, reduciendo así el riesgo de propagación del fuego.

Forma y tamaño foliar. La forma y el tamaño foliar son determinantes clave en la inflamabilidad de las plantas. Doran *et al.* (2004) señala que las hojas delgadas tienden a secarse rápidamente y son más propensas a inflamarse con facilidad,

mientras que las plantas con hojas gruesas o suculentas tardan más en encenderse y, por ende, tienen una menor inflamabilidad. Además, las hojas pequeñas en forma de aguja (acículas) suelen ser más inflamables en comparación con las plantas que tienen hojas anchas y planas (Zylstra, 2014). Las hojas coriáceas y cerosas son más resistentes a la ignición, proporcionando una barrera adicional contra el fuego (Batista *et al.*, 2012).

Aceites y resinas. La composición química de las hojas y la corteza influye directamente en la inflamabilidad de las plantas. Según Keeley *et al.* (2005) y Murray y Hardstaff (2018) las plantas con bajos niveles de aceites y resinas son menos propensas a contribuir a la propagación del fuego, siendo esta una característica importante al momento de la implementación de un cerco cortafuego.

Variables climáticas. El entorno en el que crecen las plantas también influye en su inflamabilidad. Factores como la disponibilidad de agua, la exposición al sol y las condiciones del suelo pueden alterar el contenido de humedad y la salud general de la planta, modificando así su inflamabilidad (Agee *et al.*, 2005).

2. Selección de plantas de baja inflamabilidad

La selección de plantas de baja inflamabilidad es esencial para la gestión eficaz de incendios forestales y la mitigación del riesgo en áreas propensas a incendios. La vegetación desempeña un papel crucial en la propagación del fuego, por lo que identificar especies vegetales con características que reduzcan su inflamabilidad es fundamental para la planificación y manejo del paisaje. La utilización de especies vegetales de baja inflamabilidad como cercos cortafuegos puede ser una estrategia efectiva para crear barreras naturales que disminuyan la velocidad de propagación del fuego y protejan las áreas habitadas o de interés ecológico (Agee *et al.*, 2005). Diversas investigaciones han demostrado que ciertas especies vegetales tienen propiedades que las hacen menos inflamables que otras, debido a características como un alto contenido de humedad en sus hojas, bajos niveles de aceites volátiles y estructuras físicas que no favorecen la combustión rápida (Gill y Zylstra, 2005; Dimitrakopoulos *et al.*, 2001; White *et al.*, 2010). La selección de estas especies no solo se basa en sus atributos inflamables, sino también en su adecuación ecológica y ambiental. Esto implica considerar factores como el clima, tipo de suelo y

compatibilidad con la flora local, asegurando así que las plantas seleccionadas puedan adaptarse y prosperar en el entorno específico donde se implementarán (Bradstock *et al.*, 2012).

Además, la adaptación de las plantas al entorno asegura su supervivencia y efectividad a largo plazo como barrera natural contra incendios. Las especies que no están bien adaptadas al clima local o a las condiciones del suelo pueden tener dificultades para establecerse y crecer, lo que disminuye su eficacia como cercos cortafuegos. Por lo tanto, es crucial realizar una evaluación integral de las especies, considerando tanto sus características inflamables como su capacidad para adaptarse al entorno (Burrows, 2001; Zedler, 2003).

La gestión del paisaje debe incluir una combinación de especies nativas y exóticas, siempre y cuando estas últimas no se conviertan en invasoras, para maximizar la resistencia al fuego y la biodiversidad (Keeley *et al.*, 2005). En este capítulo, se presenta una selección de plantas de baja inflamabilidad, basada en criterios específicos derivados de la literatura científica y estudios previos. Las especies analizadas en este trabajo son las sugeridas por Devoto (2023) quien recomienda plantas de baja inflamabilidad para la implementación de barreras verdes. Esta selección se basa en distintos criterios mostrados a continuación y también incluirá una mezcla de las plantas más vistas en los jardines de la zona centro de Chile y que además posean los atributos que se requieren. Esta selección está destinada a proporcionar una guía para la implementación de cercos cortafuegos más eficientes y sostenibles

2.1. Árboles de baja inflamabilidad

La adaptación de las plantas a su entorno se evalúa a través de varios parámetros clave, que incluyen contenido de humedad, tolerancia térmica, requerimiento hídrico, facilidad de establecimiento y el tiempo de desarrollo.

El contenido de humedad de las plantas es un parámetro crucial que afecta su adaptabilidad y resistencia en diferentes entornos. Este contenido se clasifica en tres rangos: alto, medio y bajo (Royal Horticultural Society, 2023).

- Alto: 60 % o más
- Medio: 40 % - 60 %

- Bajo: 40 % o menos

En términos de tolerancia térmica, las especies pueden clasificarse en alta, media y baja según su capacidad para soportar temperaturas extremas, tanto frías como cálidas (Larcher, 2003).

Temperaturas mínimas:

- Alta: -15 °C - -25 °C
- Media: -15 °C - -5 °C
- Baja: -5 °C - 0 °C

Temperaturas máximas:

- Alta: 40 °C o más
- Media: 30 °C - 40 °C
- Baja: 30 °C o menos

El requerimiento hídrico se divide en alto, medio y bajo, reflejando la cantidad de agua que cada especie necesita para crecer adecuadamente en diferentes condiciones climáticas (Allen *et al.*, 1998).

- Alto: 800 - 1200 mm año⁻¹
- Medio: 400 - 800 mm año⁻¹
- Bajo: 200 - 400 mm año⁻¹

La facilidad de establecimiento también se clasifica en alta, media y baja, dependiendo de su capacidad para adaptarse a diversos tipos de suelo y condiciones de drenaje (Royal Horticultural Society, 2023).

- Alta: Se adaptan bien a una amplia gama de tipos de suelo y condiciones de drenaje.
- Media: Requieren suelos que mantengan una humedad moderada y una buena calidad de drenaje.
- Baja: Necesitan suelos específicos para establecerse adecuadamente.

El tiempo de desarrollo se evalúa como alto, medio o bajo, indicando cuánto tiempo tarda una planta en alcanzar su madurez completa (Hillel, 2004).

- Alto: Máximo desarrollo >25 años.
- Medio: Máximo desarrollo 15 - 25 años
- Bajo: Máximo desarrollo 5 - 15 años

Gevuina avellana y *Fagus sylvatica* tienen un alto contenido de humedad en sus hojas, lo que reduce significativamente su inflamabilidad. Hojas densamente dispuestas, como en *Acer campestre* y *Lomatia dentata*, ayudan a reducir la velocidad del viento y la propagación del fuego. Además, las hojas coriáceas de *Olea europea* y *Ceratonia siliqua* son más resistentes a la ignición (Tabla 2 y 3).

Olea europea y *Ceratonia siliqua* contienen altos niveles de aceites y ceras, sin embargo, gracias a su resistencia estructural responden bien frente a la ignición. Por otro lado, *Acer campestre* y *Fagus sylvatica* tienen niveles más bajos de estos compuestos, lo que las hace menos inflamables.

Tabla 2. Comparación de árboles ornamentales caducifolios de baja inflamabilidad.

Parámetros	<i>Acer campestre</i>	<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Prunus avium</i>	<i>Alnus glutinosa</i>
Nombre común	Acer campestre	Haya	Guindo	Aliso
Familia	Aceraceae	Fagaceae	Rosaceae	Betulaceae
Contenido de humedad	Medio	Alto	Medio	Medio
Foliación	Caducifolio	Caducifolio	Caducifolio	Caducifolio
Forma y tamaño foliar	Lobuladas, pubescentes, follaje denso	Ovadas, dentadas, coriáceas 5 - 10 cm	Ovaladas, serradas 6 - 15 cm	Obovadas, dentadas 6 - 10 cm
Requerimiento hídrico	Bajo	Medio	Medio	Bajo
Tolerancia térmica	Alta	Alta	Alta	Alta
Especie nativa	No	No	No	No
Tiempo de desarrollo	Bajo	Medio	Medio	Bajo
Facilidad de establecimiento	Alto	Medio	Medio	Alto
Altura	Hasta 10 m	Hasta 25 m	Hasta 9 m	Hasta 20 m
Referencias	Zecchin <i>et al.</i> , 2016; Chanes, 1969	Leuschner, 2020; Chanes, 1969	Chanes, 1969	Chanes, 1969

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Comparación de árboles ornamentales perennes de baja inflamabilidad.

Parámetros	<i>Gevuina avellana</i>	<i>Olea europea</i>	<i>Lomatia dentata</i>	<i>Ceratonía siliqua</i>
Nombre común	Avellano	Olivo	Avellanillo	Algarrobo Europeo
Familia	Proteaceae	Oleaceae	Proteaceae	Leguminosae
Contenido de humedad	Alto	Bajo	Medio	Medio
Foliación	Perenne	Perenne	Perenne	Perenne
Forma y tamaño foliar	Compuestas, imparipinnadas 7 - 35 cm	Lanceoladas 4 - 10 cm	Ovadas, coriáceas, Dentadas 3 - 8 cm	Coriáceas, pinnadas 10 - 20 cm
Requerimiento hídrico	Medio	Bajo	Medio	Bajo
Tolerancia térmica	Alta	Medio	Alta	Alta
Especie nativa	Sí	No	Sí	No
Tiempo de desarrollo	Alto	Alto	Alto	Medio
Facilidad de establecimiento	Alto	Alto	Alto	Alto
Altura	Hasta 15 m	Hasta 9 m	Hasta 10 m	Hasta 10 m
Referencias	Loewe <i>et al.</i> , 1997	Chanes, 1969	Chanes, 1969	Chanes, 1969

Fuente: Elaboración propia.

El requerimiento hídrico es un factor esencial, especialmente en áreas propensas a la sequía. *Olea europea* y *Ceratonía siliqua* destacan por su bajo requerimiento hídrico, lo que las hace ideales para regiones que presentan veranos secos. En contraste, *Fagus sylvatica* y *Gevuina avellana* tienen mayor requerimiento hídrico, lo cual limita su uso en zonas de sequía.

Acer campestre y *Alnus glutinosa* tienen una alta tolerancia térmica, lo que las hace adecuadas para diversas condiciones climáticas. Sin embargo, *Olea europea* y *Ceratonía siliqua* presentan una mediana tolerancia térmica.

El uso de especies nativas, como *Gevuina avellana* y *Lomatia dentata*, es preferible porque están adaptadas a las condiciones locales y generalmente requieren menos mantenimiento. Estas especies contribuyen a la conservación de la biodiversidad

local y a la estabilización del suelo, ayudando a reducir el riesgo de incendios (Tabla 2).

Prunus avium y *Olea europea* tienen tiempos de desarrollo moderados, proporcionando una protección relativamente rápida. *Alnus glutinosa* y *Ceratonia siliqua* tienen un crecimiento más lento, ofrecen durabilidad a largo plazo.

La altura de las plantas afecta la funcionalidad del cerco cortafuego. Plantas altas como *Alnus glutinosa* y *Fagus sylvatica* proporcionan una barrera física significativa contra el fuego, mientras que plantas más bajas como *Lomatia dentata* y *Ceratonia siliqua* son útiles para la cobertura del suelo y la reducción de la propagación superficial.

En conclusión, las especies más aptas para la implementación de cercos cortafuego son *Olea europea*, *Ceratonia siliqua* y *Acer campestre*. Estas especies combinan características clave como baja inflamabilidad, resistencia a condiciones adversas y facilidad de establecimiento. *Olea europea* y *Ceratonia siliqua* destacan por su bajo requerimiento hídrico y alta tolerancia térmica, haciéndolas ideales para regiones con sequía y diversas condiciones climáticas. *Acer campestre* es altamente adaptable a diferentes tipos de suelo y condiciones climáticas extremas. En conjunto, estas especies ofrecen una solución robusta y eficaz para la creación de barreras naturales contra incendios.

2.2. Arbustos de baja inflamabilidad

Hydrangea macrophylla y *Daphne odora* tienen un alto contenido de humedad en sus hojas, lo que reduce significativamente su inflamabilidad. En contraste, otras especies como *Ilex aquifolium* y *Pittosporum tobira* también presentan alto contenido de humedad, pero pueden tener una inflamabilidad ligeramente superior debido a la diferencia en su capacidad de retención de agua (Tabla 4).

El requerimiento hídrico es un aspecto esencial, especialmente en áreas propensas a sequía. *Hydrangea macrophylla* y *Rosa spp.* necesitan riego regular y suelos húmedos, lo que puede ser un desafío en regiones con veranos secos. En contraste, especies como *Pittosporum tobira* y *Ruscus aculeatus* son tolerantes a la sequía una vez establecidas (Tabla 4 y 5)

La tolerancia térmica es crucial para asegurar que las plantas puedan soportar

tanto el calor extremo como las condiciones de frío, *Salvia microphylla* y *Teucrium fruticans* destacan por su alta tolerancia térmica, lo que las hace ideales para diversas condiciones climáticas. Especies como *Ilex aquifolium* y *Pittosporum tobira* también son resistentes, aunque pueden necesitar protección adicional en condiciones extremas (Tabla 4 y 5).

La facilidad de establecimiento es vital para garantizar que las plantas puedan crecer y desarrollarse adecuadamente. *Rosa spp.*, *Pittosporum tobira*, *Ruscus aculeatus* y *Teucrium fruticans* son relativamente fáciles de establecer en suelos bien drenados con riego adecuado (Tabla 4 y 5).

Tabla 4. Comparación de arbustos ornamentales de baja inflamabilidad

Parámetros	<i>Daphne odorata</i>	<i>Ilex aquifolium</i>	<i>Hydrangea macrophylla</i>	<i>Pittosporum tobira</i>
Nombre común	Dafne	Ilex	Hortensia	Pitosporo
Familia	Thymelaeaceae	Aquifoliaceae	Hydrangeaceae	Pittosporaceae
Contenido de humedad	Alto	Medio	Alto	Medio
Foliación	Perenne	Perenne	Caducifolio	Perenne
Forma y tamaño foliar	Obovada, coriáceas, hasta 10 cm	Ovada, coriáceas, 3 - 10 cm	Obovada, 10 - 20 cm	Obovadas, coriáceas, 2,5 - 10 cm
Requerimiento hídrico	Bajo	Medio	Alto	Bajo
Tolerancia térmica	Alta	Alta	Medio	Baja
Especie nativa	No	No	No	No
Tiempo de desarrollo	Bajo	Medio	Medio	Medio
Facilidad de establecimiento	Medio	Medio	Alto	Alto
Altura	90 - 120 cm	Hasta 10 m	Hasta 2 m	2 - 4 m
Referencias	Missouri Botanical Garden (s,f)	Missouri Botanical Garden (s,f)	Missouri Botanical Garden, 2023	Missouri Botanical Garden, 2023

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Comparación de arbustos ornamentales de baja inflamabilidad.

Parámetros	<i>Rosa spp</i>	<i>Ruscus aculeatus</i>	<i>Salvia microphylla</i>	<i>Teucrium Fruticans</i>
Nombre común	Rosal	Rusco	Salvia Roja	Trenium
Familia	Rosaceae	Liliaceae	Lamiaceae	Lamiaceae
Contenido de humedad	Alto	Medio	Medio	Medio
Foliación	Caducifolio	Perenne	Perenne	Perenne
Forma y tamaño foliar	Compuestas, pinnadas, dentadas	Ovadas-elípticas, gruesas, Hasta 4 cm	Ovadas, coriáceas, 1,5 - 7 cm	Ovadas-lanceoladas 2 cm
Requerimiento hídrico	Medio	Bajo	Medio	Bajo
Tolerancia térmica	Alta	Alta	Medio	Medio
Especie nativa	No	No	No	No
Tiempo de desarrollo	Medio	Bajo	Medio	Medio
Facilidad de establecimiento	Alto	Alto	Alto	Alto
Altura	0,5 - 2 m	0,5 - 2 m	0,5 - 1,2 m	1 - 1,5 m
Referencias	University of Maryland Extension, 2024	GrowingVale, 2023	North Carolina Extension Gardener Plant Toolbox (s,f.)	RHS Gardening, 2023

Fuente: Elaboración Propia.

La altura y la forma de las plantas también son factores importantes para la funcionalidad de un cerco cortafuego. Plantas como *Pittosporum tobira* y *Ruscus aculeatus* alcanzan alturas de 2 - 4 metros, proporcionando una buena barrera física. Por otro lado, *Salvia microphylla* y *Teucrium fruticans* son más bajas, alrededor de 1 - 1,5 metros, lo que es útil para la cobertura del suelo y el control de la propagación superficial del fuego (Tabla 4 y 5).

Basándonos en los parámetros evaluados, las especies más aptas para su uso como cortafuegos son *Teucrium fruticans*, *Ruscus aculeatus* y *Salvia microphylla*.

Estas plantas no solo combinan baja inflamabilidad y alta tolerancia térmica, sino que también son fáciles de establecer y mantener en diversas condiciones climáticas. *Teucrium fruticans* destaca por su robustez y adaptabilidad, *Ruscus aculeatus* por su resistencia a la sequía y facilidad de establecimiento y *Salvia microphylla* por su baja altura y capacidad para proporcionar una cobertura eficaz contra la propagación del fuego. Estas características hacen de estas especies una solución eficaz para la creación de barreras naturales que minimizan el riesgo de incendios y protegen el entorno natural.

2.3. Cactus y suculentas de baja inflamabilidad

Las suculentas presentan las características ideales de una planta de baja inflamabilidad, alto contenido de humedad en las hojas (50 - 95 %) y bajo requerimiento hídrico (Tabla 6). Sus hojas al ser gruesas y carnosas minimizan la pérdida de agua, manteniéndolas hidratadas y, por ende, menos susceptibles a incendiarse (Griffith y Males, 2017).

Tabla 6. Especies de cactus y suculentas recomendadas para su uso en cortafuegos.

Familia	Especies
Crassulaceae	<i>Aeonium canariense</i> spp, <i>Aeonium atropurpurea</i> , <i>aeonium arboreum</i> , <i>Cotyledon orbiculata</i> , <i>Crassula ovata</i> , <i>Echeveria</i> spp, <i>Sedum retroinctum</i> gris, <i>Sedum retroinctum</i> verde, <i>Sedum variegatum</i> .
Cactaceae	<i>Copiapoa humilis</i> , <i>Echinocactus grusonii</i> , <i>Echinopsis chiloensis litoralis</i> , <i>Eriogyne subgibbosa</i> , <i>Eulychnia castanea</i> , <i>Opuntia máxima</i> , <i>Opuntia subulata</i> .
Agavaceae	<i>Agave americana</i> , <i>Agave americana striata</i> , <i>Agave angustifolia</i> , <i>Agave attenuata</i> , <i>Agave geminiflora</i> .
Xanthorrhoeaceae	<i>Aloe arborescens</i> , <i>Aloe brevifolia</i> , <i>Aloe striata</i> , <i>Aloe vera</i> .
Aizpaeae	<i>Oscularia</i> spp.
Asparagaceae	<i>Hesperaloe parviflora</i> .
Montiaceae	<i>Cisthante grandiflora</i> .

Fuente: Adaptado de Devoto (2023).

3. Diseño de paisajes resistentes al fuego

La pirojardinería es una práctica de diseño y manejo del paisaje que utiliza plantas y técnicas específicas para reducir el riesgo de propagación de incendios forestales. Esta práctica implica la selección de plantas de baja inflamabilidad, la disposición

estratégica de vegetación y el mantenimiento adecuado del paisaje para minimizar el combustible disponible para un incendio (OSU Extension Service, 2023).

En el diseño de jardines resistentes al fuego, la topografía del terreno es un factor muy importante a considerar. En las pendientes, el fuego y el calor aumentan de forma proporcional a la inclinación del terreno (Devoto, 2023). El fuego tiende a moverse más rápido a favor de la pendiente, generando también un microclima desfavorable para las plantas disminuyendo el contenido de humedad de las hojas y facilitando su ignición (FEMA, 2023).

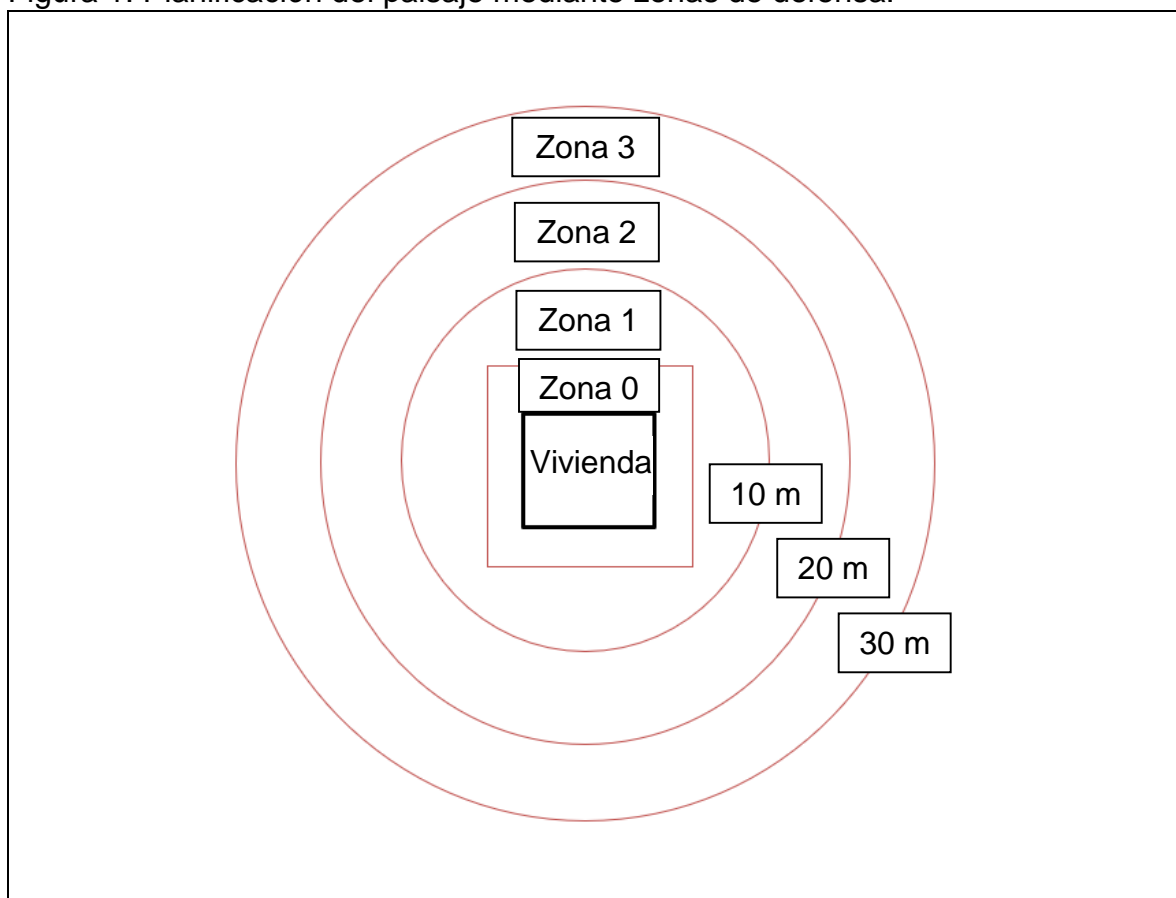
La distancia de plantación es importante para evitar el fenómeno llamado "combustible escalera vertical", el cual se produce por la separación vertical entre arbustos y árboles, los cuales se encienden como peldaños llevando el fuego desde los arbustos hasta la copa de los árboles (Diputación de Girona, 2023).

3.1. Zonas de defensa

Aunque en Chile el diseño de jardines resistentes al fuego es una práctica relativamente nueva, en países como Estados Unidos, España y Australia se ha estudiado y aplicado durante muchos años. En la década de 1960, el Arboretum de Los Ángeles, California (EE.UU.), desarrolló un modelo de jardín basado en la "Teoría de las Zonas". Este proyecto botánico, orientado a la investigación científica de árboles, implementó una selección particular de especies vegetales destinadas a retrasar la propagación de incendios. La teoría consiste en una distribución estratégica de plantas con alta tolerancia al fuego, que actúan como barreras naturales contra las llamas. La efectividad de esta teoría fue tan notable que su implementación se extendió a otros estados y, posteriormente, a países como España y Australia, que enfrentan condiciones climáticas similares (Devoto, 2023).

La "Zona de defensa" se refiere al área inmediata que rodea una vivienda y está diseñada para mantener condiciones de riesgo controlado (Figura 1). Este espacio debe facilitar la operación segura de defensa y extinción de incendios. La gestión adecuada de esta área defendible es esencial para reducir el riesgo a las viviendas y asegurar una respuesta efectiva en caso de incendio. Como se ha mencionado, esta teoría contempla la plantación de especies poco inflamables distribuidas en zonas alrededor de la vivienda, denominadas Zonas de Defensa.

Figura 1. Planificación del paisaje mediante zonas de defensa.



Fuente: Elaboración propia.

Zona 0

Zona resistente a las brasas, se extiende desde la vivienda hasta los 2 metros de distancia. Es el área más cercana y debe estar libre de cualquier vegetación inflamable. Este espacio debe utilizar materiales no combustibles como grava, ladrillo o concreto. La eliminación de vegetación seca y desechos acumulados es crucial para prevenir que las brasas prendan fuego a la estructura (Roice-Gomes *et al.*, 2023).

Zona 1

Se extiende desde la vivienda hasta los 10 metros de distancia. Se enfoca en la reducción de combustible disponible. Las plantas en esta área deben estar bien espaciadas y mantenidas. Se recomienda eliminar las plantas muertas, mantener el césped corto y utilizar suculentas o arbustos de baja inflamabilidad, posicionados de menor a mayor follaje (Devoto, 2023).

Zona 2

Se extiende desde los 10 a 20 metros de distancia. El objetivo es reducir la continuidad horizontal y vertical del fuego. En esta zona, se debe mantener una separación adecuada entre árboles y arbustos. La creación de áreas despejadas o cinturones verdes es recomendada junto con especies de baja inflamabilidad plantados en grupos aislados (Devoto, 2023, Roice-Gomez *et al.*, 2023).

Se recomienda la utilización de especies vegetales de baja inflamabilidad, tanto árboles (Tablas 2 y 3) como arbustos (Tablas 4 y 5) y suculentas (Tabla 6).

Lo importante en esta zona es la distancia de plantación y la mantención adecuada.

Zona 3

Se extiende desde los 20 a 30 metros de distancia. Debe haber buena mantención de las plantas, con podas de material muerto y utilización de árboles y arbustos de baja inflamabilidad de forma discontinua (Detweiler *et al.*, 2023, Devoto, 2023).

Se recomienda utilización de las mismas especies de la Zona 2, aunque el crecimiento de los árboles puede ser más robusto.

CONCLUSIONES

La implementación de plantas de baja inflamabilidad como cercos corta fuego en el diseño de jardines presenta un desafío único, al mismo tiempo entrega estrategias viables para la contención de incendios en el interfaz urbano forestal.

La selección de especies de baja inflamabilidad también contribuye a la adaptación a las condiciones climáticas y edafológicas, por lo que no solo son importantes para la reducción del fuego, sino que también promueven la biodiversidad y sostenibilidad.

Especies como *Olea europea*, *Ceratonia siliqua*, *Acer campestre*, *Teucrium fruticans*, *Ruscus aculeatus* y *Salvia microphylla* representan una solución efectiva para la implementación de cercos cortafuego debido a sus propiedades de baja inflamabilidad.

Las zonas de defensa juegan un rol fundamental en la prevención y mitigación de incendios, al establecer una barrera estratégica de vegetación resistente al fuego

que no solo reduce la propagación de las llamas, sino que también facilita las operaciones de control.

BIBLIOGRAFÍA

1. Agee, J. K. and C. N. Skinner 2005. Basic principles of forest fuel reduction treatments. *Forest Ecology and Management*, 211(1-2), 83-96.
2. Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements (Irrigation and Drainage Paper No. 56). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <http://www.fao.org/3/x0490e/x0490e00.htm>
3. Anderson, H. E. 1970. Forest fuel ignitability. *Fire Technology*, 6(4), 312-319.
4. Batista, J. V. F., Barroso, M. V. A., and Barros, N. F. 2012. Effect of leaf thickness and specific leaf area on leaf desiccation rate. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(4), 500-509.
5. Behm, A. L., Duryea, M. L., Long, A. J., and Zipperer, W. 2004. Flammability of native understory species in pine flatwood and hardwood hammock ecosystems and implications for the wildland–urban interface. *International Journal of Wildland Fire*, 13(3), 355-365.
6. Bradstock, R. A., Gill, A. M., and Williams, R. J. 2012. *Flammable Australia: fire regimes, biodiversity and ecosystems in a changing world*. CSIRO Publishing.
7. Burrows, G. E. 2001. Comparative anatomy of the photosynthetic organs of 39 xeromorphic species from subhumid New South Wales, Australia. *International Journal of Plant Sciences*, 162(2), 411-430.
8. Ciccioli, P., Brancaleoni, E., Frattoni, M., Marta, S., and Brachetti, A. 2014. Reactive organic compounds emitted by red oak (*Quercus rubra* L.) leaves in a central Italian forest. *Environmental Science & Technology*, 48(24), 14117-14125.
9. CONAF, 2020. *Estrategia nacional de prevención y control de incendios forestales en Chile*. Santiago: Corporación Nacional Forestal.
10. CONAF, 2021. *Estadísticas forestales 2020*. Santiago: Corporación Nacional Forestal.

11. CONAF s.f. Incendios forestales en Chile. <https://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/>
12. Curran, T., Perry, G., Wyse, S., and Alam, M., 2018. Managing fire and biodiversity in the wildland-urban interface: a role for green firebreaks. *Fire* 1, 3.
13. Detweiler, A. J., Fitzgerald, S., Cowan, A., Bell, N., and Stokely, T. 2023. Fire-resistant Plants for Home Landscapes. Oregon State University Extension Service. <https://extension.oregonstate.edu>
14. Devoto, P., 2023. Paisajismo y jardines resistentes al fuego, *Escribo tu historia*, Santiago, Chile.
15. Dimitrakopoulos, A. P., and Mitsopoulos, I. D. 2011. Assessing ignition probability and fire behaviour in the Mediterranean Basin using field fuel characteristics. *International Journal of Wildland Fire*, 20(7), 895-913.
16. Dimitrakopoulos, A. P., and Panov, P. I. 2001. Pyric properties of some dominant Mediterranean vegetation species. *International Journal of Wildland Fire*, 10(1), 23-27.
17. Diputación de Girona. 2020. Guía de pirojardinería: Guía práctica adaptada a la prevención de incendios forestales. https://interior.gencat.cat/web/.content/home/030_arees_dactuacio/bombers/foc_forestal/publicacions_tecniques_i_normativa/guies_tecniques/preveccio_i_extincio/2020_Guia_de_pirojardineria_ca.pdf
18. Doran, J. C., and Turnbull, J. W. 2004. *Australian Trees and Shrubs: Species for Land Rehabilitation and Farm Planting in the Tropics*. ACIAR Monograph Series.
19. Etlinger, M. G., and Beall, F. C. 2004. Development of a laboratory protocol for fire performance of landscape plants. *International Journal of Wildland Fire*, 13(4), 479-488.
20. FEMA. 2023. Best practices for wildfire-resilient subdivision planning. <https://www.fema.gov>
21. Flannigan, M. D., Stocks, B. J., Turetsky, M. R., and Wotton, B. M. 2006. Impacts of climate change on fire activity and fire management in the circumboreal forest. *Global Change Biology*, 15(3), 549-560.

22. Gill, A. M., and Zylstra, P. 2005. Flammability of Australian forests. *Australian Forestry*, 68(2), 87-93.
23. Griffiths, H., and Males, J. 2017. Succulent plants. *Current Biology*, 27(18), R853-R909. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.03.021>
24. Guarín, A., Álvarez, M. C., and Parra, J. 2021. Índice de inflamabilidad para la clasificación de especies vegetales en función de su susceptibilidad al fuego. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 12(2), 101-112.
25. Guerrero, F., Hernández, C., Toledo, M., Espinoza, L., Carrasco, Y., Arriagada, A., Muñoz, A., Taborga, L., Bergmann, J., and Carmona, C. 2021. Leaf thermal and chemical properties as natural drivers of plant flammability of native and exotic tree species of the Valparaíso Region, Chile. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(13), 7191.
26. GrowingVale. 2023. How to Grow and Care for Butcher's Broom (*Ruscus aculeatus*). GrowingVale. [en línea] <<https://growingvale.com>> [Consulta: 11 noviembre 2024]
27. Hillel, D. 2004. *Soil and Water: Physical Principles and Processes*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012088766-8/50001-6>
28. Huber-Smith, J., Gómez-González, S., and Valderrama, L. 2023. Use of fire-resistant plant species for wildfire prevention in urban-forest interfaces. *Environmental Management*, 62(5), 811-825.
29. Kauf, A., Baxter, G., and Ellis, S. 2014. Effects of fire on the flammability of understory plants in temperate forests. *Journal of Forestry Research*, 25(1), 12-22.
30. Keeley, J. E., Fotheringham, C. J., and Baer-Keeley, M. 2005. Factors affecting plant diversity during post-fire recovery and succession of Mediterranean-climate shrublands in California, USA. *Diversity and Distributions*, 11(6), 525-537.
31. Larcher, W. 2003. *Physiological Plant Ecology: Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups* (4th ed.)
32. Leuschner, C. 2020. Drought response of European beech (*Fagus sylvatica* L.) A review. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 47, 125576. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2020.125576>

33. Loewe Muñoz, V., Klein, F., and Pineda Bravo, G. 1997. Avellano chileno. *Gevuina avellana*. Monografía. Santiago, Chile: INFOR
34. Martin, R. E., and Sapsis, D. B. 1992. Fires as agents of biodiversity: pyrodiversity promotes biodiversity. In: Harris, Richard R.; Erman, Don C.; Kerner, Howard M., technical coordinators. Proceedings of the Symposium on Biodiversity of Northwestern California; 1991 October 28-30; Santa Rosa, CA. Report 29. Berkeley, CA: Wildland Resources Center, University of California.
35. Missouri Botanical Garden. s.f.. *Daphne odora* 'Aureomarginata' - Plant Finder. Missouri Botanical Garden. [en línea] <https://www.missouribotanicalgarden.org/PlantFinder/PlantFinderDetails.aspx?taxonid=256832>. [Consulta: 11 noviembre 2024]
36. Missouri Botanical Garden. s.f.. *Ilex aquifolium* - Plant Finder. Missouri Botanical Garden. [en línea] <https://www.missouribotanicalgarden.org/PlantFinder/PlantFinderDetails.aspx?taxonid=276162>. [Consulta: 11 noviembre 2024]
37. Missouri Botanical Garden. 2023. *Hydrangea macrophylla* - Plant Finder. Missouri Botanical Garden. [en línea] <https://www.missouribotanicalgarden.org/PlantFinder/PlantFinderDetails.aspx?taxonid=286874>. [Consulta: 11 noviembre 2024]
38. Missouri Botanical Garden. 2023. *Pittosporum tobira* - Plant Finder. Missouri Botanical Garden. [en línea] <https://www.missouribotanicalgarden.org/PlantFinder/PlantFinderDetails.aspx?taxonid=285126>. [Consulta: 11 noviembre 2024]
39. Murray, B. R., and Hardstaff, L. K. 2018. Differences in flammability of leaves and leaf chemical composition across four contrasting plant species. *Journal of Plant Research*, 131(3), 461-469.
40. Murray, B. R., Martin, L. J., Brown, C., Krix, D. W., and Phillips, M. L. 2018. Selecting low-flammability plants as green firebreaks within sustainable urban garden design. *Fire*, 1(1), 15. <https://doi.org/10.3390/fire1010015>
41. Nuñez-Regueira, L., Rodríguez-Añón, J. A., and Proupín-Castiñeiras, J. 2005. Terpenoids as indicators of flammability in selected biomass fuels. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 81(3), 531-535.

42. North Carolina Extension Gardener Plant Toolbox. n.d.. *Salvia microphylla*. North Carolina State University. <https://plants.ces.ncsu.edu/plants/salvia-microphylla/>
43. OSU Extension Service. 2023. Fire-resistant Plants for Home Landscapes. Oregon State University Extension Service
44. Pausas, J. G. 2012. Flammability is a niche construction trait: a review. *Frontiers in Plant Science*, 3, 79.
45. Pausas, J. G., and Keeley, J. E. 2014. Evolutionary ecology of resprouting and seeding in fire-prone ecosystems. *New Phytologist*, 204(1), 55-65.
46. Radeloff, V. C., R. B. Hammer, S. I. Stewart, J. S. Fried, S. S. Holcomb, and J. F. McKeefry. 2005. The Wildland-Urban Interface in the United States. *Ecological Applications*, 15(3), 799–805.
47. RHS Gardening. 2023. *Teucrium fruticans*. Royal Horticultural Society. <https://www.rhs.org.uk/plants/16384/teucrium-fruticans/details>
48. Roice-Gomes, J., Restaino, C., and Kay, M. 2023. Living with Fire Defensible Space Guide. University of Nevada, Reno Extension.
49. Royal Horticultural Society. 2023. Plant hardiness and frost tolerance. <https://www.rhs.org.uk>
50. University of Maryland Extension. 2024. Rose: Identify and Manage Problems. University of Maryland Extension. <https://extension.umd.edu/resource/rose-identify-and-manage-problems>
51. Valett, J. 1990. A comparative study of the flammability of various forest species. *Journal of Environmental Management*, 30(2), 123-134.
52. Varner, J. M., Kane, J. M., Hiers, J. K., Kreye, J. K., and Veldman, J. W. 2015. Suites of fire-adapted traits of oaks in the southeastern USA: multiple strategies for persistence. *Fire Ecology*, 11(2), 62-79.
53. White, R. H., and Zipperer, W. C. 2010. Testing and classification of individual plants for fire behaviour: plant selection for the wildland–urban interface. *International Journal of Wildland Fire*, 19(2), 213-227.
54. Zecchin, B., Caudullo, G., and de Rigo, D. 2016. *Acer campestre* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D.,

Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.), European Atlas of Forest Tree Species. Publ. Off. EU, Luxembourg,

55. Zedler, P. H. 2003. Fire and Ecosystem Retention and Restoration. In: The Ecological Importance of Mixed-Severity Fires: Nature's Phoenix. Elsevier, pp. 307-328.
56. Zylstra, P. 2014. Flammability dynamics in the Australian Alps. *Austral Ecology*, 39(7), 839-847.