

CONAMA 2024

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Selvicultura preventiva en la isla de Tenerife

La selvicultura como herramienta para minimizar los daños de los incendios en diferentes formaciones vegetales en Tenerife. 30 años de gestión.



CONAMA 2024

SELVICULTURA PREVENTIVA EN LA ISLA DE TENERIFE

Autor Principal: Pedro Martínez Costa (Cabildo de Tenerife)

Otros autores: Tomás Reneses de la Fuente (Cabildo de Tenerife)

Índice

1. Selvicultura preventiva en la isla de Tenerife.	2
2. Resumen.....	2
3. Los montes de Tenerife. Breve reseña histórica.....	3
4. Las repoblaciones desde 1939 hasta la actualidad.....	6
4.1 Repoblaciones de pino radiata.....	7
4.2 Repoblaciones de pino canario.....	8
5. Los tratamientos selvícolas sobre las masas de repoblación de monteverde.....	9
5.1 Situación en masas no procedentes de repoblaciones recientes.....	10
5.2 Situación en masas procedentes de repoblaciones recientes.....	13
6. Análisis de la severidad del incendio en los principales ecosistemas afectados por el incendio forestal de Tenerife de 2023.....	14
6.1 Análisis de daños por ecosistemas o formaciones forestales.....	15
6.1.1 Daños en las masas de monteverde.....	15
6.1.2 Daños en las masas de pino canario.....	19
6.1.3 Daños en las formaciones de especies forestales autóctonas.....	22
7. Recuperación de las masas afectadas. incremento de su capacidad de resiliencia.....	23
7.1 Resiliencia de las masas de monteverde.....	24
7.2 Resiliencia de las masas de pinar canario.....	25
8. Conclusiones.....	26
9. Bibliografía.....	27

1. SELVICULTURA PREVENTIVA EN LA ISLA DE TENERIFE.

La selvicultura como herramienta para minimizar los daños de los incendios en diferentes formaciones vegetales en Tenerife. 30 años de gestión.

2. RESUMEN

El gran incendio de agosto de 2023 en Tenerife afectó prácticamente a todos los ecosistemas forestales existentes en la isla: Matorral de cumbre, pinar canario seminatural y procedente de repoblaciones de los años 40-60, laurisilva seminatural y de repoblación, masas introducidas de pino radiata, matorrales de codeso y escobón, castaños y eucaliptares.

En la presente comunicación se describe el origen y evolución de las principales masas forestales de la isla, haciendo hincapié en las masas de pino canario y de monteverde, para entender en qué situación se encontraban en el momento de iniciarse el fuego.

Se presenta un resumen de como el estado de las masas de pino canario procedentes de repoblación, las cuales estaban siendo naturalizadas con la aplicación de tratamientos selvícolas, ha condicionado los daños del incendio en las mismas. Se analiza como las claras realizadas en dichas masas, desde 1995 hasta la actualidad, influyeron en la severidad del fuego.

De igual forma, se destaca cómo los desbroces y cuidados culturales realizados sobre las amplias repoblaciones de monteverde efectuadas en Tenerife, que en el momento del incendio tenían entre 10 y 29 años, modificaron la severidad de los daños. Además, se señala cómo las formaciones procedentes de continuos aprovechamientos, sobre las que se han venido realizando periódicos resalveos, no participaron en la propagación del fuego llegando a autoextinguir el mismo en algunos puntos.

Por último, se presentan los daños que el incendio ocasionó en masas extramaduras de pino radiata ubicadas en zona potenciales de pinar canario y monteverde, que aún no habían sido sustituidas por vegetación potencial.

Dada la recurrencia de los últimos grandes incendios en la isla de Tenerife, es de gran importancia acelerar el ritmo de ejecución de los tratamientos mencionados en las masas de pino canario y monteverde, para lograr que los futuros incendios se propaguen con menor intensidad y favorecer, de igual forma, la rápida recuperación de los ecosistemas.

3. LOS MONTES DE TENERIFE. BREVE RESEÑA HISTÓRICA.

Canarias es un conjunto de tierras emergidas y aisladas, geográficamente próximas al Sahara, que nunca han estado unidas al continente, siendo Tenerife la mayor en superficie y altitud.

Recibe desde el océano la influencia directa de los vientos alisios húmedos del noreste que chocan con las laderas de orientación norte-noreste, y generan un marcado contraste barlovento-sotavento y esto, junto la influencia de la corriente fría de Canarias y la altitud de la isla, condicionan la vegetación.

La vegetación en Tenerife se distribuye de forma catenal, en pisos, condicionados por las precipitaciones, las temperaturas y las horas de insolación. Por ello los pisos son diferentes en las laderas de sotavento y barlovento.

En las laderas de barlovento, el cardonal-tabaibal da paso a los 200 m de cota a un bosque termófilo húmedo, que se transforma progresivamente en laurisilva a los 500 m, para transformarse en faya brezal sobre los 1.200 m y pasar a pinar húmedo a los 1.400 m, hasta convertirse en matorral de cumbre sobre los 1.900 m.

En las laderas de sotavento, el cardonal-tabaibal alcanza los 500 m de cota. A partir de aquí y hasta los 900 m existía un bosque termófilo seco que daba paso a un pinar xerófilo hasta los 2.000 m donde aparece el matorral de cumbre.

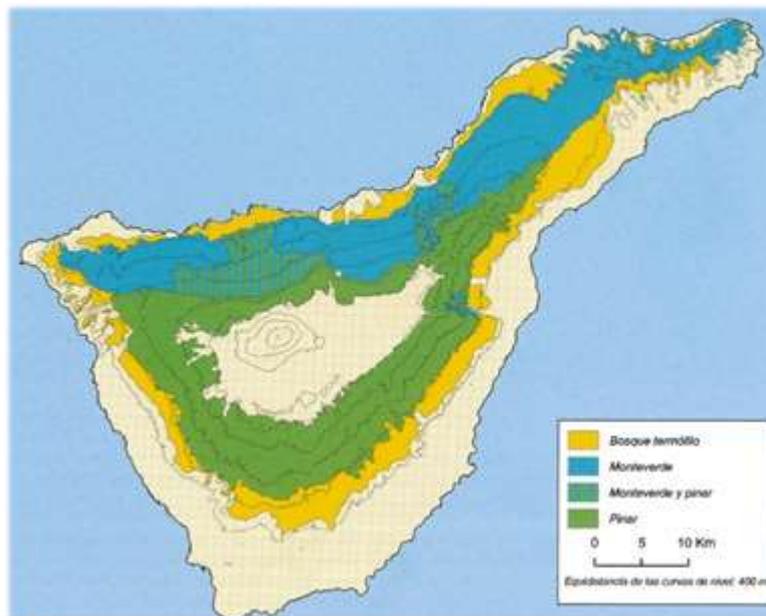


Figura 1. Extensión de las masas que presentan riesgo de incendio forestal en Tenerife antes de la llegada de los aborígenes. En el centro de la Isla debería figurar el matorral de cumbre. (Fuente: *Historia de los Montes de Tenerife*)

Todas estas formaciones son, salvo excepciones, exclusivas de la Macaronesia y algunas, como el pinar canario y el matorral de cumbre, existen solo en unas pocas islas canarias.

Tradicionalmente consideramos que las masas forestales son formaciones que han alcanzado la forma en la que nos las encontramos de forma natural, sin tener en cuenta que las consecuencias de los procesos históricos y los aprovechamientos sobre estas masas tienen una importancia capital en las formas y composición de las mismas.

Desde la llegada de los aborígenes a la Isla en un momento aún no determinado, la masa forestal de Tenerife fue modificada, primero únicamente por los aprovechamientos y las quemaduras e incendios antrópicos y, ya a partir de mediados del siglo XX, por las repoblaciones ejecutadas por la Administración Forestal.

El bosque termófilo, en la actualidad prácticamente desaparecido, fue alterado profundamente por los asentamientos y los aprovechamientos aborígenes y destruido por completo en los 70 primeros años de colonización castellana (1496-1570). El monocultivo de la caña de azúcar y la leña que se quemaba para convertir el vegetal en azúcar en los ingenios fueron responsables de su desaparición.

Desde 1496 otros aprovechamientos que alteraron profundamente las masas forestales fueron:

- La fabricación de brea para calafatear barcos, en hornos construidos en medio del pinar. Destruyó entre un 20 y un 30 % de las masas de pinos en las zonas de más densidad de hornos, que fueron el 70% del total de pinares de la isla. Esta actividad, aunque prohibida por el Cabildo en 1699, se siguió realizando de forma furtiva.
- La corta de pinos para su empleo en la construcción de viviendas, conventos, iglesias, etc. A finales del siglo XVIII los pinares se agotaron y dejaron de proporcionar madera para esta actividad.
- La fabricación de navíos, actividad que como en el resto de Europa consumió gran parte de las masas forestales, en este caso de laurisilva y pinar canario. Esta actividad, también fue prohibida por el Cabildo en 1764, debido al deterioro de las masas.
- El aprovechamiento de horquetas y horquetillas de diferentes especies de laurisilva para el cultivo de la vid. Fue muy intensa desde finales del siglo XVI, al sustituir el viñedo al monocultivo de la caña de azúcar hasta finales del siglo XX.
- La roturación y el descepe de masas forestales para el cultivo.
- El sobrepastoreo en los matorrales de sustitución que se originaron al aprovecharse los bosques de forma excesiva.

A principios del siglo XX la situación de las masas forestales de Tenerife era de un profundo deterioro existiendo muy pocas masas en relativo buen estado de conservación.

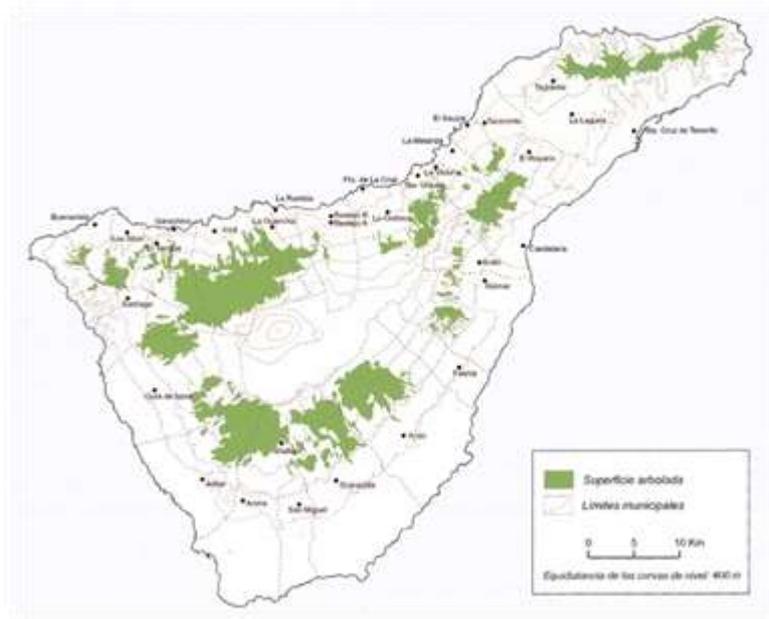


Figura 2. Superficie arbolada a principios del siglo XX. Fuente: *Historia de los Montes de Tenerife*

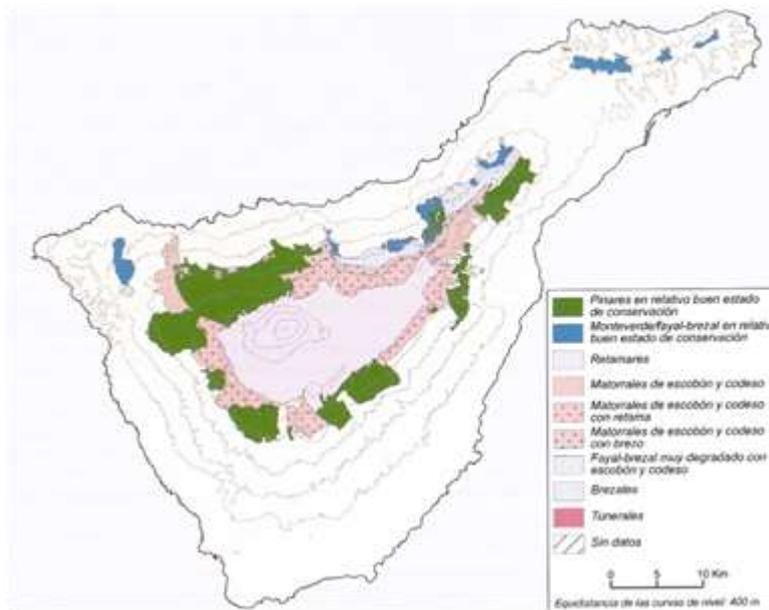


Figura 3. Vegetación antes de las repoblaciones. Fuente: *Historia de los Montes de Tenerife*

Comparando las tres figuras se observa:

- La desaparición completa del bosque termófilo, tanto en su orientación norte como sur. Los “sabinares”, “acebuchales”, “almacigales”, “lentiscales”, “palmerales” y “retamonares”, caracterizados por las especies *Juniperus Turbinata* subsp. *canariensis* (sabina), *Olea cerasiformis* (acebuche), *Pistacia atlantica* (almacigo), *Pistacia lentiscus* (lentisco), *Phoenix canariensis* (palmera) y *Retama rhodorhizoides* (Retamón) ocupaban una superficie hoy prácticamente inexistente. Estas formaciones se asentaban sobre las zonas más densamente pobladas y cultivadas de la Isla, cultivos que hasta bien entrado el siglo XX fueron base de la subsistencia de los habitantes de la Isla.
- La disminución de la extensión de la laurisilva y el pinar y la sustitución de amplias extensiones de estas comunidades vegetales por matorrales de brezo, codeso, escobón y retama.

4. LAS REPOBLACIONES DESDE 1939 HASTA LA ACTUALIDAD.

El Patrimonio Forestal del Estado, organismo creado en 1941 con el objetivo de desarrollar el Plan Nacional de Repoblación Forestal, comenzó la compra de Montes en Tenerife en 1942. De 1942 a 1950 se compraron, repoblaron y se declararon de Utilidad Pública cinco montes con una superficie total de 1.592,4 ha, cuatro de ellos ubicados en la cumbre de la dorsal de Tenerife.

Los objetivos principales de este Plan eran conseguir mediante la repoblación el máximo de producción de madera compatible con la especie repoblada y con las características ecológicas de la estación, incrementar la superficie forestal arbolada y conseguir el interés de los propietarios privados para que colaborasen en la consecución del objetivo anterior, poniendo sus tierras a disposición del Patrimonio Forestal para que fuesen repobladas. Esta colaboración se materializaba también mediante la firma de un consorcio.

Gran parte de las repoblaciones en Tenerife se realizaron mediante consorcios ya fuera con Ayuntamientos en Montes patrimoniales o de Utilidad pública o con Particulares.

De las 28.879.80 ha consorciadas, el 68% corresponden a Montes patrimoniales, el 17% a Montes de Utilidad Pública (MUP) en ambos casos de los ayuntamientos, y el 15% a Montes particulares. Las dos especies más utilizadas en las repoblaciones fueron el pino canario (*Pinus canariensis*) y el pino radiata (*Pinus radiata*).

4.1 Repoblaciones de pino radiata

En el caso del pino radiata, el 74% de la superficie repoblada fue en Montes de Utilidad Pública mediante consorcios. El 26% restante fue en montes patrimoniales, también consorciados. En la zona de Acentejo y en el Valle de La Orotava, se plantaron 1.700 ha. Estas masas, son las que han sufrido a lo largo de los años el efecto de fuertes incendios y temporales de viento.

Masas Radiata	Ha	Aprovechamientos de madera (1985-1995)	Incendio de 1995	Temporal de viento de 1996	Aprovechamientos de madera (1995-2000)	Temporal de viento de 2002	Aprovechamientos de madera (2000-2005)	Incendio de 2007	Temporal de viento de 2010	Incendio de 2022	Incendio de 2023	Vivas	Sin datos
Valle de La Orotava	1081	149	0	85	0	273	0	30	353,8	45	87	25,2	0
Acentejo	692,6	130,3	90,86	0	40	0	40	0	0	0	316,3	35	40

Tabla 1: Principales eventos sufridos por las masas de pino radiata desde su plantación hasta la actualidad.

Del total de las masas plantadas en el Valle de La Orotava, 85 ha fueron arrasadas en un temporal de viento en 1996, 273 ha en un temporal en 2002, que afectó parcialmente a otras 30 ha más, 30 ha ardieron en el incendio de 2007, y 128 ha y 226 ha fueron destruidas en los temporales de febrero y diciembre de 2010. Prácticamente todas estas masas fueron repobladas posteriormente, en concreto 380 ha de monteverde y 240 de pinar canario, masas que ardieron en parte con diferentes severidades en el incendio de 2023 y sobre las cuales ya se están haciendo trabajos de restauración.

De las casi 700 ha plantadas en Acentejo, 300 ha fueron aprovechadas, 80 ha se restauraron con posterioridad al incendio de 1995 y prácticamente el resto, 300 ha han ardiendo en el incendio de 2023.

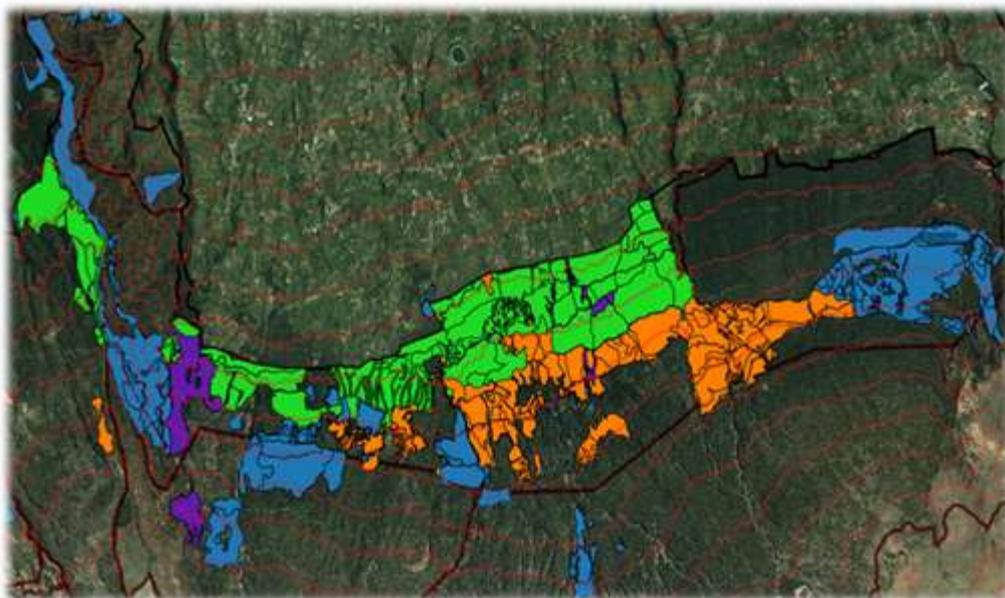


Figura 4: Valle de La Orotava. Año 2017. Situación antes de los incendios de 2022 y 2023. En verde repoblaciones de Monteverde. En naranja repoblaciones de pino canario. En azul masas de radiata o masas mixtas. En Morado zonas sin repoblar.

4.2 Repoblaciones de pino canario.

En total en la isla de Tenerife se plantaron 11.257 ha de pinar canario, 8.355 ha de ellas ubicadas en las laderas de barlovento y en las zonas de sotavento de las cumbres del Valle de Guimar, que se corresponden con el pinar húmedo.

A consecuencia de la excesiva densidad de plantación de las repoblaciones, de la prácticamente ausencia de marras, de los fuertes crecimientos y de falta de gestión intermedia, presentan densidades excesivas y trabadas. Parte de las mismas ardieron en el incendio de 2023.

Estas masas presentaban crecimiento en grosor estancado, poco vigor de los árboles, pies excesivamente altos y delgados y sin copa que ocasionaban daños por nieve, viento, plagas e incendios. Además, tenían problemas de persistencia al ser masas coetáneas con inexistencia de regeneración natural. Finalmente, la biodiversidad era escasa al ser masas monoespecíficas sin sotobosque, en las que no aparecía cortejo florístico ni fauna asociada.

Por todos estos motivos comenzaron a realizarse tratamientos de claras a partir del año 1995. Se realizaron diversas pruebas: claras mixtas de liberación de árboles de porvenir y claras bajas (pies dominados e intermedios), ensayándose los primeros años tres intensidades, fuertes (> 50% de N), intermedias y flojas (< 30% de N).

Finalmente se optó por las claras fuertes por lo bajo con control de rebrote posterior.



Fotografía 1: Distintas intensidades en las primeras claras en Candelaria MUP 52. Año 2002

Es importante destacar que las zonas tratadas en los primeros años, el Monte de Utilidad Pública (MUP) número 53, Orticososa y Lomitos y el MUP Nº 52, Chivisaya, de 1997 a 2002, volvían a demandar un tratamiento, al presentarse fuertes crecimientos y haberse producido de nuevo espesuras trabadas.

A pesar de los esfuerzos realizados en los últimos 30 años, el porcentaje de masas aclaradas en la zona afectada por el incendio forestal apenas supera el 15 %.

	Ha plantadas	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015	2015-2020	2020-2024	Total
Valle de la Orotava	3530	31	27	341	68	54	80	611
Acentejo	3196	117	259	46	0	0	0	422
	6726	148	286	387	68	54	80	1033

Tabla 2: Superficie de repoblación y superficie aclarada en los últimos 30 años en el Valle de la Orotava y en Acentejo.

5. LOS TRATAMIENTOS SELVICOLAS SOBRE LAS MASAS DE REPOBLACIÓN DE MONTEVERDE.

El “monteverde” es un nombre vernáculo que se emplea en Canarias para designar a la laurisilva, que es una formación madura con diferentes comunidades, así como al fayal-brezal, que es la comunidad que la sustituye cuando ésta ha sido degradada.

La laurisilva en su óptimo húmedo entre los 800 m y los 1.250 m se ubica por encima de la laurisilva seca y por debajo del fayal-brezal de altitud o del pinar húmedo. Es un bosque denso que adquiere una bóveda muy diversa en especies de unos 20-30 m de altura. Esta bóveda está dominada por el Laurel (*Laurus novocanariensis*), el naranjero salvaje (*Ilex Perado ssp platyphylla*), el barbusano (*Apollonias barbujana*), el brezo (*Erica arborea*), el sanguino (*Rhamnus glandulosa*), el aderno (*Heberdenia excelsa*), el viñátigo (*Persea indica*), el acebiño (*Ilex canariensis*), la hija (*Prunus lusitanica*), el follao (*Viburnum rigidum*) y la faya (*Morella faya*). Esta comunidad ha sido fuertemente degradada por las talas para su uso en la construcción de barcos y herramientas, combustible, carboneo y las formaciones secundarias han producido ingentes cantidades de varas, horquetas y horquetillas.

El fayal-brezal es una comunidad de sustitución originada por la destrucción antrópica de la laurisilva. Puede estar dominada por el brezo (*Erica arborea*), denominándose brezal, por el brezo (*Erica arborea*) y la faya (*Morella faya*) denominándose fayal-brezal que en ocasiones también tiene abundante presencia de acebiño (*Ilex canariensis*).

Este fayal-brezal es la formación sobre el que se están realizando tratamientos de mejora para tratar de devolver estas zonas a su óptimo de laurisilva. Estas masas de monteverde existentes en la actualidad en la Comarca de Acentejo y en el Valle de la Orotava y zonas limítrofes tienen dos orígenes diferentes.

1. Por un lado, las zonas donde no se han efectuado repoblaciones de laurisilva.
 - En Acentejo, en zonas incendiadas hace casi 30 años (1995) en las que se eliminó el pinar de radiata quemado y sólo puntualmente se repobló con especies de monteverde y en otras, no afectadas por dicho incendio, que proceden de aprovechamientos de diferente intensidad y antigüedad, siendo los últimos

ejecutados en el año 2003.

- En el Valle de La Orotava estas masas se originan a raíz de antiguos aprovechamientos a matarrasa en masas seminaturales realizados en la década de los 70 del pasado siglo, y que empezaron a resalverse a principios del siglo XXI.

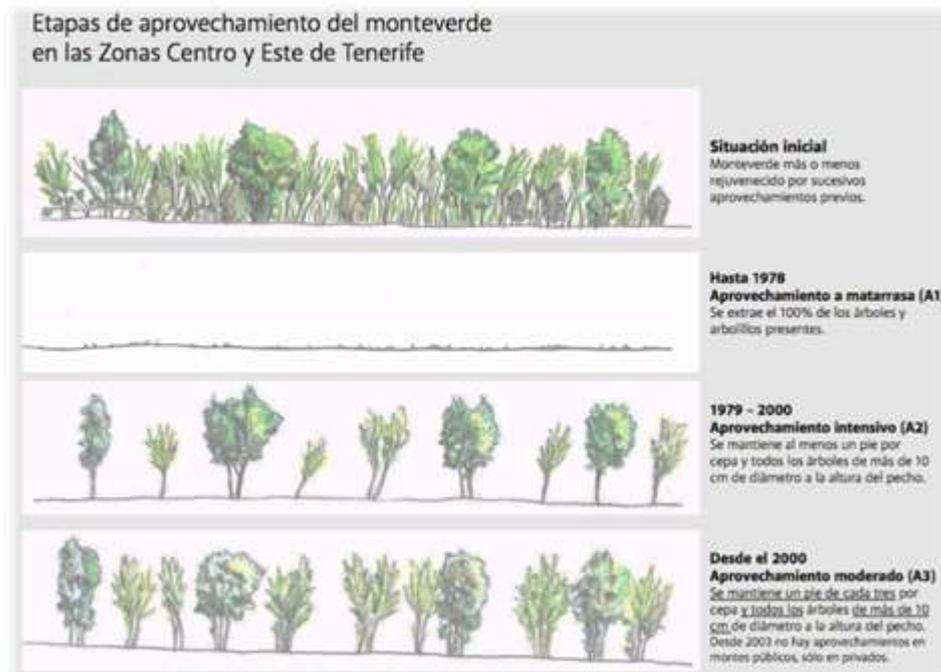


Figura 5: Etapas históricas de aprovechamiento de monteverde en las zonas afectadas por el incendio forestal

2. Por otro, en zonas donde sí se han realizado repoblaciones recientes de monteverde en sustitución de masas de pino radiata que han sido taladas para su aprovechamiento, destruidas por temporales o afectadas por incendios forestales.

5.1 Situación en masas no procedentes de repoblaciones recientes

En las primeras de estas masas, cuyo origen no procede de repoblaciones recientes, nos encontramos con diversas formas de masa según su estado selvícola:

- **Brezal:** Masas de brezo, generalmente arbustivas con fracción de cabida cubierta variable, en ocasiones defectiva, y presencia también ocasional de matorral (jara, tojo, zarza, codeso). En algunas ocasiones es imposible su evolución a masas más maduras por mala calidad de estación (suelos muy escasos o/y pedregosos).
- **Fayal brezal acebiñal Tipo 1:** Fayal-brezal-acebiñal arbustivo o arbóreo, de muy elevada densidad (espaciamiento medio de 1 metro), con diámetro medio de resalvos inferior a

5 cm y aspecto muy impenetrable (muro). La proporción de brezo en la composición específica es muy elevada.

- Fayal brezal acebiñal Tipo 2: Fayal-brezal-acebiñal arbustivo o arbóreo, de elevada densidad, con diámetro medio de resalvos entre 5 y 10 cm y aspecto denso, incluso de “muro”, pero no siempre es tan impenetrable. Empiezan a diferenciarse algunos resalvos de porvenir dentro de las cepas. La proporción de brezo todavía es alta, pero no tan dominante como en el caso anterior. Puede aparecer regenerado de laurel, follao y otro tipo de especies planifolias.
- Fayal brezal acebiñal Tipo 3: Fayal-brezal-acebiñal arbóreo, de elevada densidad, con diámetro medio mayor de 10 cm, aspecto denso y con diferencia de resalvos de porvenir dentro de las cepas. Las cepas/pies de brezo comienzan a estar dominadas y a presentar síntomas de decaimiento. El regenerado y la presencia de otras especies es patente (laurel, follao, otras planifolias).
- Laurisilva: Masas mixtas arbóreas de varias especies y con presencia significativa de laurel y follao. Diámetro medio mayor de 10 cm, aspecto denso y con diferencia de resalvos de porvenir dentro de las cepas. La presencia de brezo es testimonial, si es que aparece. El regenerado de las diferentes especies es significativo.

Las masas, seminaturales, procedentes de antiguos tratamientos a matarrasa sobre las que se puede trabajar por situación y pendiente ocupan 270 ha en el valle de La orotava y 350 ha en Acentejo.

En estas masas se llevan realizando desde principios de siglo tratamientos de conversión a monte alto mediante distintos tipos de resalveo. De entre los tratamientos descritos a continuación se han realizado principalmente resalveos iniciales, resalveos y resalveos con entresaca de cepas.

- Resalveo inicial. Es el tipo de tratamiento más empleado. El tratamiento de la masa mediante resalveo inicial se aplica cuando la cantidad de necromasa o de fino es muy alta y se ejecuta de manera que no entre excesiva luz, con el objetivo de controlar el rebrote y la aparición de especies invasoras o exóticas. Consiste en la eliminación de todo el material muerto y de todos los rebrotes finos, es decir, inferiores a 3 cm de diámetro, de manera que todos los residuos sean susceptibles de ser astillados con motodesbrozadora.

El tipo de monte verde sobre el que normalmente se aplica es un brezal o un fayal brezal acebiñal tipo 1, con densidad excesiva de cepas y de resalvos y con gran cantidad de material fino y muerto, dando la impresión de una masa intransitable, que no permite la visión ni la entrada a su interior. Además, la proporción de brezo es muy elevada. Este tipo de masas puede tener diversos antecedentes, pero el origen siempre se encuentra en una fuerte entrada de luz al suelo que ha provocado el rebrote de las cepas y la aparición de brinzales de las especies heliófilas.



Figura 6: Estado de la masa de monteverde antes del tratamiento.



Figura 7: Estado de la masa de monteverde tras el tratamiento de resalveo inicial.

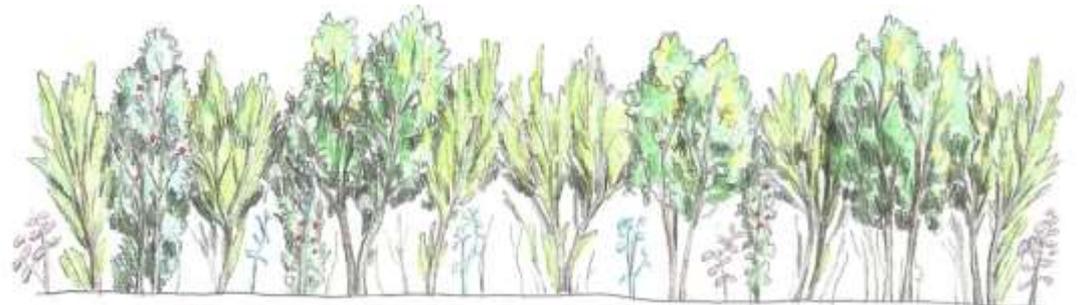


Figura 8: Estado de la masa de monteverde pasados 5 años desde el tratamiento

- **Resalveo.** El tratamiento de la masa mediante resalveo consiste en elegir los chirpiales de futuro, que ya están participando del dosel. Se eliminan los chirpiales dominados. Como todavía hay mucho material fino y muerto, también se elimina. La selección de resalvos se hace controlando la apertura del dosel arbóreo, para minimizar el rebrote, sobretodo del brezo, y la aparición de especies heliófilas.
- **Resalveo con entresaca de cepas.** El resalveo con entresaca de cepas consiste en elegir los chirpiales de futuro, que ya están participando del dosel, como en el caso del resalveo, pero eliminando cepas enteras que prácticamente no participan del dosel. Las cepas eliminadas son principalmente de brezo, especie que puede llegar a eliminarse casi por completo si la abundancia de planifolias lo permiten. Si todavía hay material fino y muerto, también se elimina. Se sigue controlando la entrada de luz, pero se permite en zonas donde el regenerado a la espera sea abundante, para favorecer su desarrollo.
- **Entresaca por bosquetes.** La entresaca por bosquetes consiste en abrir claros en la masa, recreando la estrategia natural de la laurisilva de crear huecos o “gaps” para favorecer

la regeneración. El tamaño óptimo de estos claros sería tema de investigación, pero dependería de la orientación de la masa y de las especies objetivo.

Aunque estas masas no han sido tratadas en su totalidad y muchas de las tratadas sólo han recibido un único tratamiento desde principio de siglo, como se explicará a continuación, lograron contener el incendio de 2023 aunque sufrieron daños en localizaciones específicas.

5.2 Situación en masas procedentes de repoblaciones recientes

En las segundas, las masas procedentes de repoblaciones de monte verde en zonas plantadas de pino radiata en el siglo pasado se han venido realizando otros tratamientos diferentes. Estas son las primeras masas creadas de laurisilva a gran escala, por lo que su dinámica selvícola se está implementando según se ejecutan los trabajos. En la zona de La Orotava existen 380 ha de repoblación y en el Acentejo unas 100 ha.

En estas masas repobladas es necesario realizar desbroces y plantaciones de enriquecimiento.

El desbroce selectivo consiste en la eliminación de la vegetación invasora o accesoria, para liberar el regenerado o los individuos adultos de las especies de interés.

La aparición de especies pirófitas en los primeros estadios de desarrollo de la laurisilva al producirse una puesta en luz total las hace por un lado muy sensibles a los incendios, y por otro provoca una altísima competencia que puede llegar a ahogar a las plantas provocando su muerte. No es, hasta alcanzar alturas de dosel elevadas, cuando el matorral heliófilo tiende a desaparecer a la sombra de las especies que alcanzan mayor porte, generándose los bosques húmedos que actúan como cortafuegos verdes y logran la regeneración natural por semilla.

En función de la calidad del suelo, es necesario realizar varias rotaciones en los tratamientos.

Si bien se han venido realizando desbroces puntuales a lo largo de los diferentes años, no es hasta la última década en la que estos se han ejecutado de forma más sistemática, tal y como refleja la tabla siguiente.

Desbroces	Ha	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Total	%
Valle de la Orotava	380	5	22,3	22,5	16,8	16,3	5	3	87,9	23,10%
Acentejo	100		15,2	12,5	16,7	15,1	3	0	62,5	62,50%
	480	5	37,5	35	33,5	31,4	8	3	150,4	31,30%

Tabla 3: Evolución de los desbroces de liberación de repoblaciones los últimos 10 años.

Los desbroces deben realizarse no más tarde de 3 años después de la implantación de la repoblación y repetirse cada 4 años al menos, dada la intensa puesta en luz, el carácter umbrófilo de las especies que se quiere favorecer y el lento crecimiento de estas. Las primeras zonas repobladas en 1995, con alturas de fuste considerables y desbrozadas en 2017, frenaron por sí solas el incendio de 2023.

6. ANÁLISIS DE LA SEVERIDAD DEL INCENDIO EN LOS PRINCIPALES ECOSISTEMAS AFECTADOS POR EL INCENDIO FORESTAL DE TENERIFE DE 2023.

Desde los primeros momentos posteriores a la estabilización del incendio, a finales de agosto del año 2023, se inició el análisis de los daños en las masas afectadas para proceder, en el menor tiempo posible, a la restauración de los mismos.

A tal fin y para poder priorizar las diferentes labores a realizar se generó una cartografía de severidad de los daños, obtenida a partir del índice de calcinación normalizada, en sus siglas en inglés de Normalized Burn Ratio (NBR).

Este índice (NBR) compara la relación entre la longitud de onda de luz en el infrarrojo cercano y el de onda corta. La vegetación saludable muestra una reflectancia muy alta en el infrarrojo cercano y una baja reflectancia en la porción del espectro infrarrojo de onda corta, al contrario que en áreas devastadas por el fuego. La severidad de un incendio se estima comparando el valor del índice NBR antes del incendio con el valor de este índice posterior al incendio (dNBR). Un valor más alto de dNBR equivale a daños más severos, y además es indicador de la intensidad del fuego en cada sitio. Previsiblemente, daños más severos van a provocar una recuperación más lenta de las masas afectadas.

Esta metodología usada, que detecta con facilidad los daños en la cobertura arbórea, infravalora los daños que generó el fuego de subsuelo en el pasado incendio. Este fuego de subsuelo, presente en algunas zonas con alto contenido en materia orgánica, se mantuvo activo varios meses después del control, consumiendo la materia orgánica en condiciones de escasez de oxígeno y afectando a las raíces. Esta situación ha sido especialmente evidente en zonas dominadas por pino radiata y monteverde.

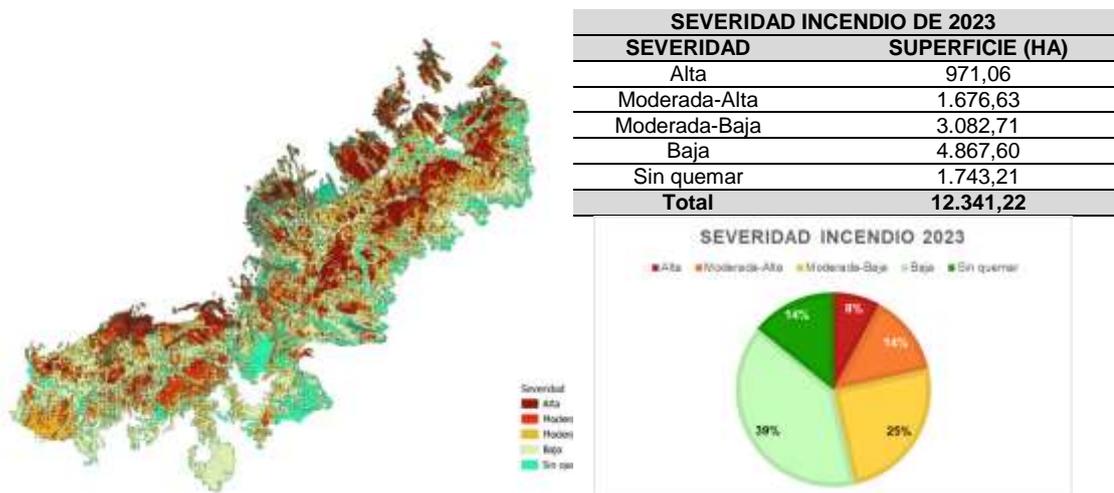


Figura 9: Severidad incendio de 2023

6.1 Análisis de daños por ecosistemas o formaciones forestales.

Tal y como se describió con anterioridad, los principales ecosistemas afectados y por el incendio de 2023 fueron pinar canario (*Pinus canariensis*), monteverde canario (desde brezales a bosques de lauráceas), el matorral de alta montaña y formaciones de especies alóctonas como pinares de pino de Monterrey (*Pinus radiata*).

6.1.1 Daños en las masas de monteverde.

La primera aproximación que se puede realizar al analizar la afección de un incendio forestal es comprobar dónde se logró estabilizar y controlar. En general, de un análisis rápido del perímetro del incendio, se puede observar que las zonas donde se produjo este control coinciden con áreas que presentan discontinuidades de vegetación (como en el caso de las áreas de matorral dentro del Parque Nacional del Teide); áreas cultivadas, especialmente una vez el incendio sale de la zona forestal en la ladera norte; infraestructuras existentes, como carreteras; o áreas donde se combinan varios factores como reducción de la intensidad del incendio por avanzar contrapendiente y la escasez de combustible, como ocurrió en la zona sur, una vez el incendio abandonó el pinar. En todas estas áreas los medios de extinción encuentran oportunidades de actuación y los trabajos de control se vuelven efectivos y seguros.

Sin embargo, en el sector noreste del incendio, en el municipio de Tacoronte, el incendio se detuvo formando una línea recta en un entorno que no cumple con las condiciones anteriores: no hay discontinuidad de combustible, no hay áreas cultivadas, ni infraestructuras, ni una reducción de la intensidad previa del incendio.

Lo que encontramos en ese punto es un cambio de ecosistema, de formación boscosa. El incendio que se desarrollaba con humedades relativas muy bajas y altas temperaturas, avanzó en esta zona por una masa de pino radiata, produciendo pavesas que alcanzaban cotas inferiores, y chocó con una masa de monteverde, con abundancia de planifolias, que no participó en la combustión.



Fotografía 2: A la izquierda masa de monteverde que frena el avance del incendio. A la derecha masa de pino radiata afectada, donde ya se han iniciado los trabajos de restauración.



Fotografía 3: Ortofotografía posterior al incendio, se aprecia la masa dañada de pino radiata al sur y la masa sin daños de monteverde al norte.

Esta masa de monteverde ha sido gestionada de forma continua desde mediados de los años 80 del siglo pasado. Primero eliminando las cortas a matarrasa, pasando por un aprovechamiento que permitía el crecimiento en altura de algunos chirpiales. Segundo, a partir del inicio del presente siglo, mediante la aplicación de resalveos y la eliminación puntual de ejemplares de brezo que habían quedado dominados en el interior de la masa.

Algo similar ocurrió en el Valle de la Orotava, en el sector noroeste del perímetro. El incendio que avanzó hacia cotas inferiores con intensidades altas alimentado por pinares de pino canario y pino radiata, con numerosos focos secundarios procedentes de pavesas desde cotas superiores, al encontrarse con las masas de monteverde más maduras se detuvo en su totalidad y las pavesas caídas no fueron capaces de evolucionar de forma rápida, autoextinguiéndose o permitiendo que los medios de extinción controlasen estos focos con cierta facilidad.



Fotografía 4: Las masas de monteverde resalveadas en el Valle de la Orotova (parte superior de la fotografía) detuvieron el incendio que avanzaba por masas de pino canario.

Estas masas de monteverde maduro no son inexpugnables. Cuando el incendio llega con la intensidad suficiente es capaz de avanzar unos metros en ellas, pero en ese avance pierde fuerza, intensidad y velocidad, favoreciendo su control. Pero no todo el monteverde ha sido capaz de frenar el incendio, siendo afectado en algunas áreas en mayor o menor medida por el avance del mismo.

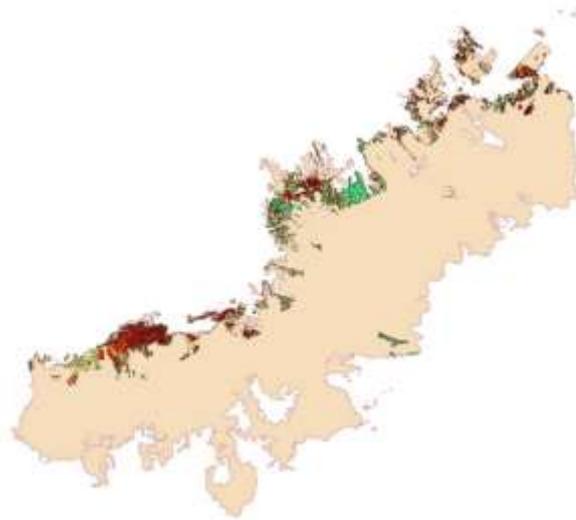
Tal y como se ha comentado con anterioridad, las masas de monteverde existentes en la zona afectada por el incendio han sido objeto de diferentes actuaciones del hombre y no todas poseían la misma estructura.

Aquellas masas procedentes de aprovechamientos a matarrasa en las que se habían realizado un número menor de tratamientos de restauración (resalveos) mantenían una proporción mayor de brezo, en muchas áreas sin porte arbóreo.

Por otro lado, las masas procedentes de repoblaciones recientes, no habían tenido tiempo de evolucionar. En estas repoblaciones, entre los individuos plantados, era frecuente la regeneración natural de brezo y de especies de matorral, que compiten con la masa repoblada y frenan su evolución.

Como se aprecia en los gráficos adjuntos, las masas caracterizadas como brezal, áreas no evolucionadas con una proporción alta de brezo o de matorral acompañante, han sufrido los mayores daños, superiores incluso a los que, de media, ha sufrido el pinar canario.

Sin embargo, a medida que la masa aumenta en altura, comienza el dominio de las especies planifolias y la proporción de brezo disminuye, los daños son mucho menores. En estas masas de laurisilva el fuego no logró entrar y si lo hizo, los daños fueron, por lo general, de baja intensidad.



Severidad en masas de brezal	
SEVERIDAD	SUPERFICIE (ha)
Alta	35,90
Moderada-Alta	157,03
Moderada-Baja	131,57
Baja	122,39
Sin quemar	36,09
Total	482,99



Severidad en masas de fayal-brezal-acebiñal	
SEVERIDAD	SUPERFICIE (ha)
Alta	56,59
Moderada-Alta	95,51
Moderada-Baja	140,44
Baja	254,32
Sin quemar	145,57
Total	692,42



Severidad en masas de laurisilva	
SEVERIDAD	SUPERFICIE (ha)
Alta	0,92
Moderada-Alta	1,13
Moderada-Baja	4,67
Baja	6,74
Sin quemar	11,48
Total	24,94



Figura 10: Severidad en masas de montevede (Brezal; Fayal-brezal-acebiñal;Laurisilva).

6.1.2 Daños en las masas de pino canario

Por superficie, los pinares de pino canario han sido el combustible principal del que se alimentó el incendio y el que permitió que avanzara hacia zonas habitadas o se adentrara en los límites del Parque Nacional del Teide, afectando al matorral de cumbre.

La mayor parte de estos pinares, cuyo origen se sitúa en las repoblaciones de la segunda mitad del siglo pasado, tienen densidades excesivas que favorecen la generación de incendios de gran intensidad y, en ocasiones, de propagaciones muy rápidas.

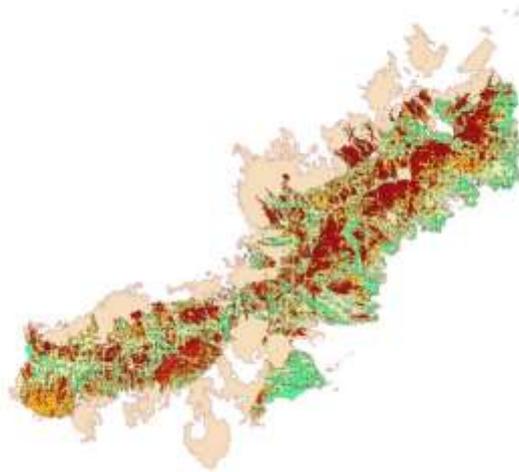
Tal y como se ha comentado anteriormente, dentro de la zona afectada por el incendio, se realizaron tratamientos de claras por lo bajo, en una superficie de unas 800 ha, con la intención de acercarlos a la estructura que poseen los pinares maduros de origen natural.

Estas claras por lo bajo, con tanta intensidad, producen una entrada de luz muy fuerte, que provoca un rebrote vigoroso en las cepas de pino canario cortadas (es una especie que rebrota de cepa) y la aparición, en algunos casos, de matorral, habitualmente de leguminosas (escobón y codeso).

En los primeros días del incendio se produjeron los comportamientos más explosivos del mismo, debido especialmente a la topografía y a las condiciones meteorológicas existentes. Las fuertes pendientes generaron rápidas propagaciones y se alcanzaron alturas de llamas superiores a los 50 metros. En estas áreas la severidad fue muy alta, independientemente de si las masas habían sido tratadas con anterioridad o no.



Fotografías 5 y 6: Las fuertes intensidades iniciales del incendio, marcadas por el componente topográfico.



Severidad en masas de pino canario	
SEVERIDAD	SUPERFICIE (HA)
Alta	697,66
Moderada-Alta	1.154,75
Moderada-Baja	2.265,44
Baja	3.149,59
Sin quemar	996,59
Total	8.264,04



Figura 11: Severidad en masas de pino canario.

Sin embargo, al adentrarse en el Valle de la Orotava, con pendientes más suaves, el fuego adquirió una intensidad menor.

Analizando exclusivamente el efecto del fuego en el ámbito del Valle de la Orotava, en el sector Oeste del incendio, se observa que las masas que han recibido un tratamiento de claras por lo bajo han sufrido daños de menor severidad que las no tratadas.

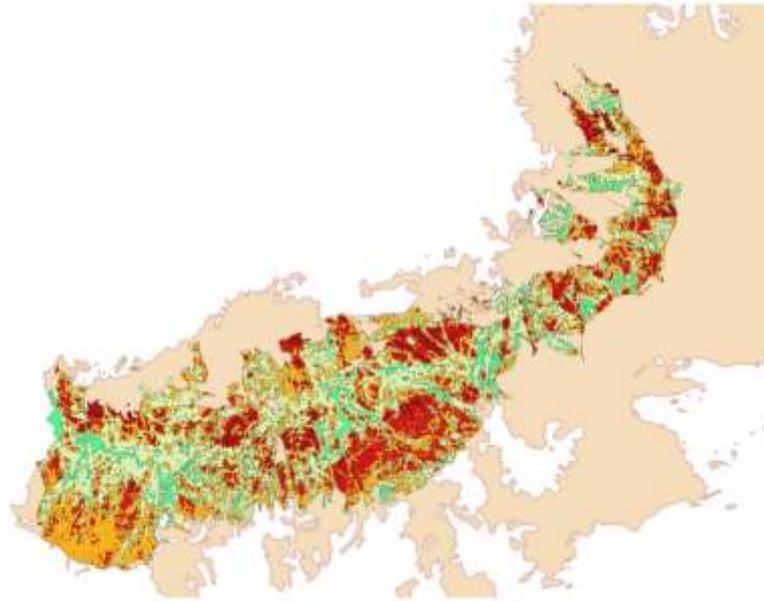


Figura 12: Zona de pino canario de menor severidad en el Valle de la Orotava. A la derecha polígono aclarado en 2006 con posterior control del rebrote del pino.

Básicamente este fenómeno se explica por dos razones fundamentales:

- Las claras realizadas, por lo bajo, con pesos medios del 60 % en número de individuos, han modificado la estructura del bosque. En estas masas, algunas de ellas tratadas hace más de 15 años, los pies remanentes han alcanzado una altura mayor y en algunos casos no ha llegado a producirse la tangencia de copas, provocando discontinuidades verticales y horizontales en el combustible.
- La entrada de luz generada por el nuevo espaciamiento provocó posteriormente un rebrote de las cepas de pino cortadas, a la par que una aparición puntual de

matorral. En las áreas donde este rebrote fue importante se eliminó con un desbroce posterior (control de rebrote), incrementando los efectos de la discontinuidad vertical generada por el aumento en altura de los pies no cortados.



Severidad en zonas no aclaradas	
SEVERIDAD	SUPERFICIE(HA)
Alta	92,20
Moderada-Alta	1.199,95
Moderada-Baja	428,26
Baja	780,40
Sin quemar	220,39
Total	2.721,20



Severidad en zonas aclaradas	
SEVERIDAD	SUPERFICIE(HA)
Alta	2,23
Moderada-Alta	26,67
Moderada-Baja	109,77
Baja	237,79
Sin quemar	26,81
Total	403,27



Figura 13: Severidad en zonas aclaradas y no aclaradas del Valle de la Orotava

6.1.3 Daños en las formaciones de especies forestales alóctonas.

Entre las formaciones de especies forestales alóctonas nos encontramos que el incendio afectó principalmente a masas formadas por pino radiata y a masas de eucalipto.

Las primeras, mucho más extensas que las segundas, se encontraban en un estado sanitario deficiente y a lo largo de los últimos años han sufrido sucesivos daños, especialmente producidos por temporales de viento. Esto ha provocado que en su interior se acumulara una gran cantidad de combustible muerto.

Cuando estas masas eran alcanzadas por el avance del incendio o por las pavesas que procedían de cotas superiores, comenzaban a arder con gran virulencia e intensidad, el fuego ascendía a copa con facilidad y generaba de nuevo numerosas pavesas, contribuyendo a la propagación del incendio. De hecho, la proporción de daños severos en masas de pino radiata es mucho mayor que en el resto de formaciones forestales afectadas por el incendio.

Algunas de las masas de monteverde más dañadas se encontraban en entornos cercanos a estos pinares, recibiendo de ellos una energía calorífica mucho mayor y, por lo tanto, sufriendo impactos mayores que otras masas de monteverde con similar estructura.

Estas masas de pino radiata han venido siendo gestionada en los últimos 30 años, sustituyéndolas por masas autóctonas, especialmente monteverde. Los tratamientos más antiguos, en los que tras el paso del tiempo y de sucesivos tratamientos de gestión sobre la masa repoblada, se han alcanzado masas en estado de latizal o fustal o bien no han sido afectadas por el fuego, o bien los daños han sido menores.



Severidad en masas de pino radiata	
SEVERIDAD	SUPERFICIE (ha)
Alta	111,77
Moderada-Alta	91,56
Moderada-Baja	94,01
Baja	79,81
Sin quemar	26,76
TOTAL	403,92



Figura 14: Severidad en masas de pino radiata.

Las masas existentes de eucalipto, mucho menos extensas, tienen cierto interés en la gestión porque se ubican en entornos cercanos a las poblaciones. Tal y como ocurre con las masas de pino radiata, estas formaciones generaron fuegos de alta intensidad y los daños identificados en ellas han sido mayores que en otras formaciones forestales, aunque por debajo de las formaciones de radiata.



Severidad en masas de eucalipto	
SEVERIDAD	SUPERFICIE(HA)
Alta	8,01
Moderada-Alta	15,90
Moderada-Baja	18,16
Baja	15,02
Sin quemar	1,58
Total	58,68



Figura 15: Severidad en masas de eucalipto.

7. RECUPERACIÓN DE LAS MASAS AFECTADAS. INCREMENTO DE SU CAPACIDAD DE RESILIENCIA.

Los ecosistemas están expuestos a alteraciones que modifican sus condiciones tales como sequías, inundaciones, temporales de viento o, como en el caso que nos atañe, incendios forestales. Estos últimos son la única alteración que a corto plazo está aumentando por motivos antrópicos. El número de igniciones antrópicas que provocan conatos que en ocasiones generan un gran incendio han aumentado de forma importante y no parece que a corto plazo esta dinámica cambie.

Estos mismos ecosistemas poseen una propiedad denominada resiliencia ecológica, que es la capacidad que tienen para recuperar sus propiedades o atributos una vez superada una perturbación. Ésta está integrada por dos componentes: resistencia y recuperación.

La resistencia le otorga al ecosistema la capacidad de soportar el impacto inmediato de una perturbación exógena sobre el estado del sistema. En la práctica se reconoce como una

disminución en la reducción de los valores de los atributos del ecosistema, mientras dura la perturbación.

La recuperación consiste en el restablecimiento del atributo afectado después de la perturbación y se reconoce como un aumento en el valor de dicho atributo o propiedad.

Sin embargo, cuando hablamos de incendios forestales, los ecosistemas no son sólo agentes pasivos que deben de soportar una perturbación exógena (resistencia) tal y como ocurre por ejemplo con los periodos de sequía o los temporales de viento. En el caso del fuego el propio ecosistema es capaz de modificar determinadas propiedades de la perturbación, que se origina de forma exógena pero que se alimenta de forma endógena, por el propio ecosistema. Atributos del incendio, como la intensidad o la velocidad del mismo, pueden verse incrementados o reducidos por el ecosistema. Este ecosistema en estos casos se convierte en un agente activo, formando parte de la propia perturbación.

El propio Reglamento (UE) 2024/1991 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 24 de junio de 2024, relativo a la restauración de la naturaleza y por el que se modifica el Reglamento (UE) 2022/869, recoge en su artículo 1 que su objeto implica la recuperación a largo plazo y sostenida de unos ecosistemas ricos en biodiversidad y **resilientes** en todas las zonas terrestres y marinas de los Estados miembros mediante la restauración de los ecosistemas degradados.

Por lo tanto, si el objetivo en la gestión debe ser lograr ecosistemas más resilientes ante las distintas perturbaciones, en el caso de incendios forestales no sólo debemos buscar las condiciones para que estos resistan mejor los incendios y que se recuperen en el menor tiempo posible, sino también para que logren minimizar la intensidad de la propia perturbación.

7.1 Resiliencia de las masas de monteverde

Por lo general, las masas ricas en especies como el monteverde canario, tienden a tener una mayor capacidad de resiliencia. Si comparamos dos ecosistemas, el que tenga más especies tendrá también más posibilidades de regenerarse después de una perturbación, ya que es más posible que algunas especies resistan mejor el impacto y garanticen la recuperación.

Tal y como ocurre con el pino canario, la mayor parte de las especies que forman parte del estrato arbóreo del monteverde son capaces de brotar con vigor, bien de cepa o de raíz, tras la eliminación de la parte aérea de las mismas.

En el caso del paso de un incendio forestal, una proporción importante de estas cepas, especialmente si el incendio no ha alcanzado intensidades altas, vuelven a brotar, ocupando en el plazo de pocos años el espacio a su alrededor.

Pero en el caso del monteverde maduro, la laurisilva, no sólo es capaz de resistir mejor un incendio forestal y de recuperarse rápidamente tras él, sino que en determinadas circunstancias es capaz de anular totalmente la propia perturbación, autoextinguendo el propio incendio forestal.

En definitiva, las masas de monteverde maduro constituyen el ejemplo más claro de lo que en selvicultura preventiva se define como *cortafuego verde*.

La recurrencia de incendios forestales puede implicar una regresión ecológica de las masas de monteverde afectadas, ya que una de las especies que mejor responde a estas perturbaciones es el brezo. El brezo tiene carácter pionero, generando bancos de semilla extendidos por todo el bosque. Éstas sólo pueden germinar en condiciones de elevada insolación, como las que en ocasiones se generan tras el paso de un incendio forestal. Además, rebrota con fuerza de cepa, llegando a ocupar el espacio por delante de otras especies.

En las áreas de sustitución de pino radiata, en zonas potenciales de monteverde, las etapas iniciales también suelen estar dominadas por especies pioneras, no sólo por el brezo sino también por especies de matorral de comportamiento similar. Las plántulas de especies propias de la laurisilva introducidas con la repoblación deben de competir con especies que rápidamente ocupan los recursos (luz, agua, nutrientes).

Como hemos visto, la severidad de los incendios forestales, es mucho mayor en estas etapas iniciales, dominadas por el brezo. Por lo tanto, la gestión debe de intentar acelerar los procesos de sucesión ecológica, para llegar cuanto antes a las etapas dominadas por especies planifolias, etapas más resilientes. Desde las labores de desbroces cuyo objeto es la liberación de las repoblaciones a la realización de resalveos que permitan que la masa gane en altura en el menor tiempo posible.

7.2 Resiliencia de las masas de pinar canario.

Es conocida la capacidad que tiene el pino canario para rebrotar tras el paso de un incendio forestal. Si bien, en general, las masas de pino canario han participado activamente y de forma intensa en el pasado incendio de 2023, en determinadas circunstancias, especialmente en áreas de topografía más suave, las áreas gestionadas mediante claras y control del sotobosque en años pasados han generado intensidades más suaves y han sufrido daños menos severos.

A corto plazo, las masas menos afectadas desprenden pinocha al suelo, que forma una barrera de protección frente a los fenómenos erosivos.

A medio plazo, la brotación del pino canario es más rápida, recuperando la copa que tenía de forma inmediata, manteniendo la misma fisonomía que antes del incendio.



Fotografía 7: A la izquierda de la pista forestal, situación de una masa aclarada de pino canario un año después del incendio, donde la severidad fue menor. A la derecha, situación de una masa sin aclarar.

En múltiples estudios se señala el efecto positivo de las claras en el vigor individual de los árboles remanentes, en la mitigación de los efectos de los eventos prolongados de sequía y las olas de calor y en el aumento de la estabilidad de la masa frente a perturbaciones relacionadas con el viento y la nieve, a través de la reducción de la esbeltez. Muchos de estos estudios señalan la importancia de reducir la densidad de la copa para minimizar la probabilidad de que se produzca un fuego de copas, siendo las claras, en especial aquellas ejecutadas por lo bajo, de gran ayuda para reducir el riesgo y la intensidad de este tipo de fuegos a corto plazo.

Por lo tanto, es fundamental reforzar los tratamientos sobre las masas de pino canario, aumentando el ritmo de ejecución de las claras sobre las masas repobladas el siglo pasado y sobre las que no se ha hecho tratamiento alguno.

8. CONCLUSIONES

El uso continuo por parte del hombre generó que, a principios del siglo XX, una superficie importante de los ecosistemas forestales de la isla de Tenerife se hubiese perdido o estuviese enormemente degradada.

Durante el siglo XX se ejecutó una política de repoblación, que generó miles de hectáreas de pino, principalmente de pino canario, muchas de las cuales fueron afectadas por el incendio forestal del pasado verano de 2023.

La mayor parte de las masas de monteverde que quedaban en la isla procedían de aprovechamientos continuos a través de cortas a matarrasa. Las más recientes, ya procedentes de repoblación, surgen a raíz de la sustitución de los pinares de pino radiata, a finales del siglo pasado y comienzos de éste.

Los tratamientos selvícolas realizados sobre las masas forestales de la isla en los últimos años persiguen acelerar los procesos de sucesión ecológica, imitando en lo posible los fenómenos naturales y acercando estas formaciones a su clímax.

Estos tratamientos han convertido estas masas en formaciones más resistentes a la acción de los incendios forestales aumentando su capacidad de resiliencia. Esto es especialmente evidente en las masas de monteverde, que no sólo resisten la acción del fuego y mantienen su capacidad de rebrote, sino que, cuando están dominadas por especies planifolias y adquieren características propias de la laurisilva, constituyen un auténtico cortafuego verde, no inexpugnable, pero capaz de autoextinguir fuegos de cierta intensidad en determinadas condiciones.

En el caso de las masas de pinar canario, en ausencia de fuertes pendientes, las áreas tratadas mediante claras por lo bajo han presentado daños de menor severidad que las masas no tratadas. El incendio en estas áreas ha reducido su intensidad, dando oportunidades de control. El ecosistema, en estos puntos, rebrota con mayor celeridad demostrando una mayor capacidad de resiliencia.

Dado que las perturbaciones por incendio forestal de origen antrópico son cada vez más frecuentes e intensas, es imperativo acelerar los tratamientos selvícolas, hasta dotar a las formaciones forestales de una estructura adecuada que les permita resistir con mayor facilidad nuevos incendios. Es cierto que la evolución natural conduciría también a una estructura resiliente, pero en un plazo de tiempo mucho mayor. Durante ese plazo de transición sería habitual encontrarnos en ocasiones formaciones de combustibilidad mucho mayor, en la que los incendios forestales serían más intensos y severos.

Por último, la mayor parte de estos tratamientos requieren una inversión económica importante y un sector forestal desarrollado que permita acometer los trabajos que se plantean. En la actualidad la inversión es insuficiente para los cambios estructurales que deben realizarse en las masas. Si bien los costes de ejecución podrían reducirse mediante la obtención de productos (madera, leñas, biomasa) no existe un sector forestal desarrollado en la isla de Tenerife que pueda comercializar estos productos con continuidad. La lejanía del archipiélago al mercado continental complica también la formación de un tejido empresarial forestal sólido en la isla.

9. BIBLIOGRAFÍA

Agee, J. K., & Skinner, C. N. (2005). Basic principles of forest fuel reduction treatments. *Forest ecology and management*, 211(1-2), 83-96.

Banco de Datos de Biodiversidad de Canarias (2022). Gobierno de Canarias. Disponible en: <https://www.biodiversidadcanarias.es/biota/>

De Frutos S., Bravo-Fernández J.A., Roig-Gómez S., Del Río M., Ruiz-Peinado R. (2022). *Natural regeneration and species diversification after seed-tree method cutting in a maritime pine reforestation*. iForest Biogeosciences and Forestry vol. 15, pp. 500-508.

De Frutos S., Fortin M., Roig-Gomez S. Ruiz-Peinado R., del Río M. , Bravo-Fernandez J.A. (2023). *Group selection cutting for regenerating Mediterranean Pinus pinaster plantations: Gap*

effects on seedling survival. Forest Ecology and Management.

Fernández-Palacios J.M., Arévalo J.R., Balguerías E., Barone R., de Nascimento L., Delgado J.D., Bento Elias R., Fernández-Lugo S., Méndez J., Menezes de Sequeira M., Otto R. (2017). *La Laurisilva. Canarias, Madeira y Azores.* Editorial Macaronesia

García-Güemes, C., & Calama, R. (2015). La práctica de la silvicultura para la adaptación al cambio climático. *Los bosques y la biodiversidad frente al cambio climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España*, 12.

Gil Muñoz P., Conde Díaz A. (2014) *Guía Técnica. Mejora selvícola de masas de monte verde seminaturales en Tenerife. Síntesis de 15 años de aprendizaje.* Cabildo de Tenerife

González Marrero M.C., Onrubia Pintado J. (2023). *Instalaciones y paisajes azucareros atlánticos (siglos XV-XVII).* Archaeopress Publishing Ltd.

González, R., Báez, F., *El pinar sentenciado a la hoguera: la deforestación en el sur de Tenerife como consecuencia de la extracción de brea durante el primer tercio del siglo XVI en XVIII* Coloquio de Historia Canario Americana, en prensa

Guerra-Martínez F., García-Romero A. y Martínez-Morales M.A. (2020). *Evaluación de la resiliencia ecológica de los bosques tropicales secos: una aproximación multiescalar.* Madera y Bosques vol. 26

Jactel, H., Branco, M., Gonzalez-Olabarria, J. R., Grodzki, W., Långström, B., Moreira, F., ... & Vodde, F. (2009). Forest stands management and vulnerability to biotic and abiotic hazards. *EFORWOOD, Tools for Sustainability Impact Assessment*, 6.

Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., Garcia-Gonzalo, J., ... & Marchetti, M. (2010). Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest ecology and management*, 259(4), 698-709.

Navarro-Cerrillo, R.M., Padrón Cedrés, E., Cachinero-Vivar, A.M., Valeriano, C., Camarero, J.J. (2024) *Integrating Dendrochronological and LiDAR Data to Improve Management of Pinus canariensis Forests under Different Thinning and Climatic Scenarios.* Remote Sens., 16, 850.

Peterson, D. L. (2005). *Forest structure and fire hazard in dry forests of the western United States* (Vol. 628). US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.

Quirantes González F., Nuñez Pestano J.R., García Mesa D.A. (2011). *Historia de los montes de Tenerife.* Universidad de La Laguna.

Viña Brito A. y González Rodríguez R. (2008). *Hornos de brea en Tenerife. Identificación y catalogación.* REVISTA DE HISTORIA CANARIA, 190; marzo 2008, pp. 111-133