



**2025** | **16-20**  
**GIJÓN** | **JUNIO**

**9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL**

**9CFE-1774**

Actas del Noveno Congreso Forestal Español  
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**  
ISBN: **978-84-941695-7-1**

Organiza





## Diagnóstico post-incendio aplicado a restauración del Gran Incendio Forestal (GIF) de Tenerife 2023

PEDRO PABLO RANZ VEGA (1), JOSÉ LUIS TOMÉ MORÁN (1), NUR ALGEET (1), STÉFANO ARELLANO PÉREZ (1), JUAN AGULLÓ PÉREZ (2), EVA PADRÓN CEDRÉS (2)

(1) Agresta Sociedad Cooperativa.

(2) Cabildo de Tenerife. Área de Medio Natural, Sostenibilidad y Emergencias

### Resumen

En agosto de 2023, un incendio forestal en la isla de Tenerife afectó 12.367 hectáreas de pino canario, matorral de cumbre, monteverde y gran parte del pino radiata. A diferencia de otras especies, el pino radiata no tiene capacidad de rebrote tras el fuego, lo que, sumado a su estado de decrepitud, generó 200.000 m<sup>3</sup> de combustible muerto, con áreas de difícil acceso.

Para la restauración, se diagnosticó el estado de las masas afectadas de pino radiata. Se combinaron nuevas tecnologías como imágenes satelitales y datos LiDAR con trabajos de campo para obtener información crítica: accesibilidad, severidad del fuego en suelo y arbolado, inventario de existencias y potencial de rebrote del monteverde, entre otras.

El procesamiento de estos datos mediante algoritmos de decisión permitió segmentar el terreno en rodales y asignar técnicas de restauración específicas para cada área, permitiendo así priorizar y optimizar las actuaciones posteriores. Todo ello resalta la importancia de la sistematización y las tecnologías avanzadas en las fases iniciales de recuperación forestal.

Este enfoque multidisciplinario busca proporcionar herramientas efectivas para la restauración en contextos de alta vulnerabilidad ambiental.

### Palabras clave

Incendios forestales, Efectos del fuego, Restauración post-incendio, Observación de la tierra, Diagnóstico.

### 1. Introducción

El incendio forestal ocurrido en Arafo, Tenerife, en agosto de 2023, fue clasificado como un evento de alta intensidad que afectó un total de 12.367 hectáreas. Este suceso comprometió no solo la estructura del ecosistema forestal, sino también su funcionalidad ecológica, impactando significativamente diversas comunidades vegetales. Entre estas, se encuentran especies autóctonas como el pino canario (*Pinus canariensis*) y las pertenecientes al monteverde; como los brezos (*Erica arborea*), fayas (*Morella faya*) o acebiños (*Ilex canariensis*); así como especies introducidas como el pino radiata (*Pinus radiata*). Este último, empleado ampliamente en repoblaciones forestales, presentaba una notable vulnerabilidad debido a su avanzado estado de decrepitud y su incapacidad para regenerarse naturalmente tras el fuego.

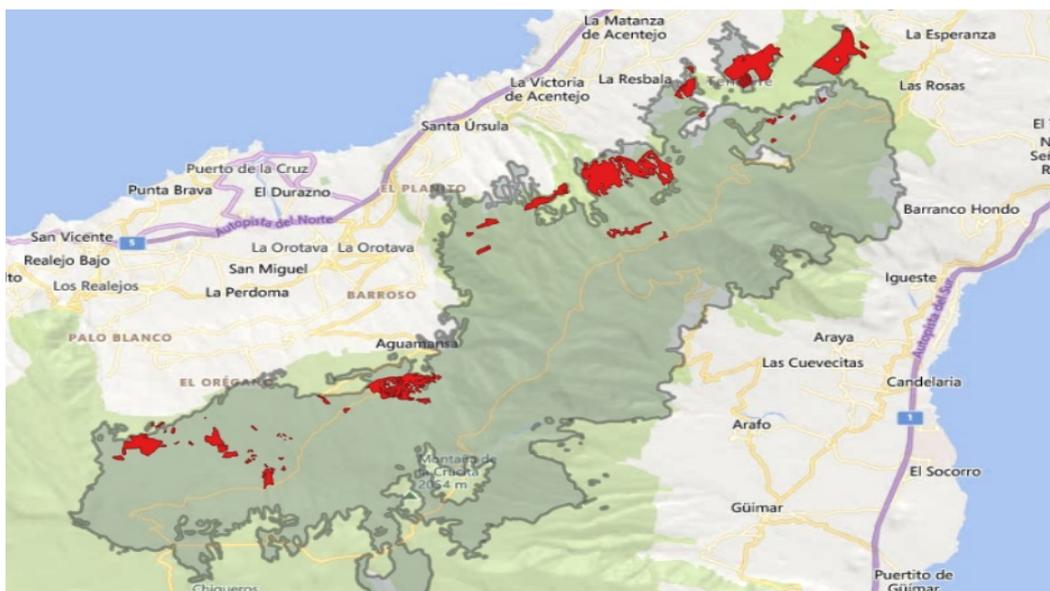


Figura 1. Localización de las masas de pino radiata (en rojo) dentro del perímetro del incendio

La magnitud del incendio, sumada a las condiciones específicas del territorio hicieron necesario implementar estrategias de restauración basadas en diagnósticos precisos que combinen diferentes tecnologías avanzadas. Estos diagnósticos resultaron fundamentales para interpretar y localizar los diferentes grados de daño en el suelo, el vuelo forestal, y los riesgos inherentes derivados del paso del fuego. La información obtenida permitió identificar diversos niveles de impacto, indicadores y variables, todos ellos georreferenciados; que permiten su combinación para segmentar las áreas afectadas en función de sus diferentes necesidades de restauración.

El uso de estas herramientas diagnósticas permitió planificar de manera más precisa, eficaz y adaptada las actuaciones post-incendio, priorizando las medidas de restauración según las características particulares y las necesidades concretas de cada zona afectada.

## 2. Objetivos

Los objetivos principales de este estudio son:

1. Evaluar el estado de las masas forestales de *Pinus radiata* D. Don afectadas por el incendio mediante el uso de teledetección, datos LiDAR (Light Detection and Ranging); que es una tecnología que usa láseres para medir distancias y crear modelos digitales del terreno; y trabajo de campo.
2. Analizar los factores de priorización, incluyendo la severidad del fuego, el riesgo de erosión, la accesibilidad del terreno y el potencial de regeneración del monte verde.
3. Identificar y delimitar rodales homogéneos en función de la severidad del fuego, la accesibilidad, el riesgo de erosión y el potencial de regeneración natural.
4. Diseñar modelos de actuación adaptados a las características del territorio, priorizando la restauración del monte verde y la mitigación de riesgos asociados al suelo.
5. Explorar la aplicabilidad de estos enfoques en la respuesta en labores de restauración frente a fenómenos abióticos como los incendios forestales.

## 3. Metodología



### 3.1 Diagnóstico

El diagnóstico tuvo como objetivos principales:

1. Definir el área de estudio: Identificando las zonas afectadas por el incendio mediante teledetección y trabajo de campo.
2. Evaluar la severidad del fuego: Determinando el impacto sobre el suelo, el arbolado y la vegetación utilizando índices espectrales y datos LiDAR.
3. Cuantificar las existencias: Estimando los volúmenes de madera afectada y la biomasa disponible.
4. Analizar los factores de priorización: Incluyendo accesibilidad, riesgo de erosión, el riesgo de caída del arbolado y potencial de regeneración natural.

Para alcanzar estos objetivos, se integraron diversas herramientas y enfoques metodológicos, tales como:

#### Teledetección satelital

Las imágenes de los satélites Sentinel-2 y Landsat-8 fueron clave para identificar y delimitar el área de estudio afectada por el incendio. El uso de imágenes satelitales como Landsat y Sentinel para generar mapas de severidad del fuego está ampliamente validado en la literatura científica (KEY & BENSON, 2006; PARKS ET AL., 2014), siendo una herramienta estándar en evaluaciones post-incendio a nivel internacional.

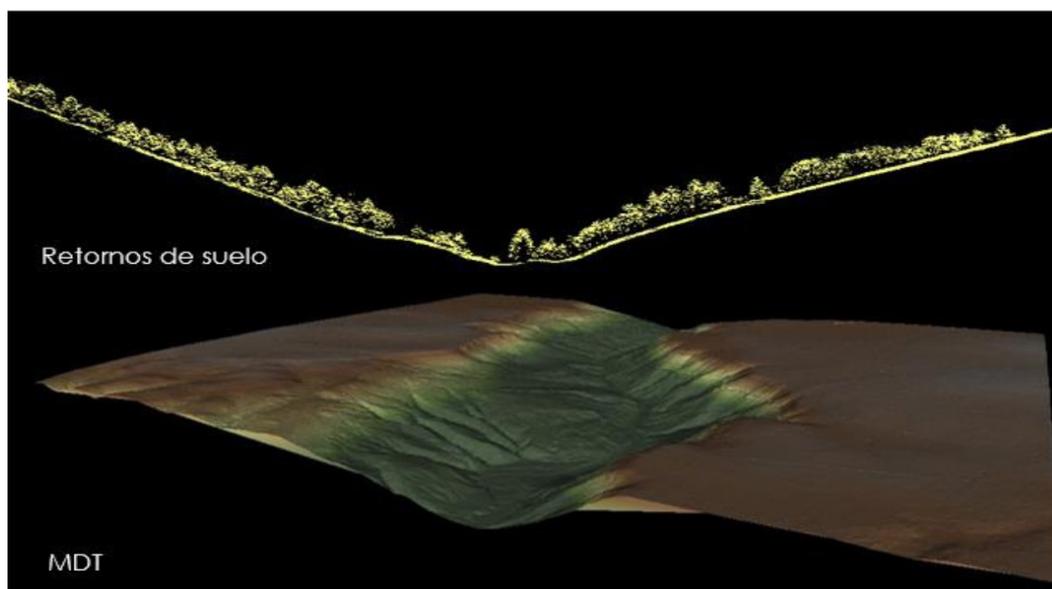
Los índices espectrales como el NBR (Normalized Burn Ratio) y su versión diferenciada, el dNBR, permitieron evaluar cambios significativos en la vegetación y el suelo tras el fuego. El NBR mide la diferencia entre la reflectancia en el espectro del infrarrojo cercano (NIR) y el infrarrojo de onda corta (SWIR), valores directamente relacionados con la vegetación viva y la materia quemada.

Estos datos, combinados con verificaciones de campo, facilitaron la caracterización precisa de la severidad del fuego tanto en el arbolado como en el suelo, detectando zonas de mayor impacto y priorizando la aplicación de medidas de restauración. Además, estas herramientas permiten monitorear la regeneración del ecosistema a lo largo del tiempo, apoyando decisiones a largo plazo.

#### Datos LiDAR aerotransportados

Utilizados para evaluar la estructura forestal, los datos LiDAR aerotransportados empleados en este estudio provienen de vuelos realizados por el Gobierno de Canarias en los años 2014, 2016 y 2019. Estos datos fueron analizados para generar estadísticos de estructura forestal, como altura dominante, densidad del dosel y área basimétrica. Estos estadísticos, combinados con información obtenida en parcelas de inventario, permitieron desarrollar modelos predictivos utilizando metodologías como Random Forest.

Todo ello con el objetivo de obtener cartografías detalladas de existencias de biomasa quemada y su distribución espacial, proporcionando una herramienta clave para planificar las intervenciones. Además, los datos LiDAR generan modelos digitales de elevación (DEM) y de superficie (DSM), fundamentales para identificar áreas con alto riesgo de erosión.



*Figura 2. Perfil de la nube de puntos y Modelo Digital del Terreno en 3D*

Por otro lado, para mapear el potencial de rebrote del monteverde, se utilizan modelos de diferencia de altura entre el dosel y el sotobosque, junto con índices de reflectancia espectral derivados del LiDAR. Esto permite clasificar las áreas con probabilidades altas o bajas de regeneración natural, guiando así las intervenciones de restauración.

#### Análisis complejo de Sistemas de Información Geográfica

Otros factores como la accesibilidad, el riesgo de caída de árboles, o el riesgo de erosión fueron evaluados a partir de la combinación y activación de geoprocesos sobre cartografía topográfica, modelos de elevación, y otras cartografías obtenidas en el propio diagnóstico como las relativas a severidad.

#### Trabajo de campo y parcelas

Se establecieron 34 parcelas representativas para evaluar parámetros clave como la severidad del fuego en suelo y arbolado, el potencial de regeneración del monteverde y las condiciones físicas del terreno. Estas parcelas circulares de 14,1 m de radio, se emplazaron espaciadas y representativas según la superficie ocupada diferentes niveles de severidad del fuego preliminares obtenidos por teledetección. El personal técnico, hizo uso de equipos GPS submétricos, y de dasometría para capturar información relativa a la ubicación de la parcela, inventario de arbolado, caracterización del biotopo, y recogida de parámetros relacionados con la severidad del fuego en suelo y vuelo. Además, para reforzar los datos de campo, se hizo uso de las parcelas del 4º Inventario Forestal Nacional; y de parcelas levantadas en inventarios previos en la misma zona; que todas ellas formaron el set de datos que fueron utilizados para calibrar y validar los modelos generados a partir de datos LiDAR, permitiendo una estimación precisa de las existencias de biomasa afectada y su distribución espacial.

### **3.2 Rodalización**

La identificación y caracterización de rodales, conformados por superficies homogéneas según sus características fisiográficas, de accesibilidad, grado de severidad, etc. permite asignar la mejor intervención posible; teniendo para ello en cuenta la optimización de los recursos, los riesgos sobre infraestructuras, y la propia afeción de las operaciones sobre el suelo, el rebrote o el regenerado.



Para llevar a cabo la caracterización de rodales, que permita su posterior asignación de modelos de actuación, es necesario partir de los resultados obtenidos del informe de Diagnóstico, y más en concreto los citados a continuación:

1. Severidad del fuego: Clasificada en 4 niveles desde "baja afectación" hasta "consumido" (alta afectación), lo que facilita priorizar intervenciones en zonas críticas. Los 4 niveles de severidad se asociaron a los niveles de severidad propuestos por ARELLANO-PÉREZ (2014) que se describen a continuación:
  - a. Verde (1) : Más del 50% de la superficie de la parcela con arbolado con copas verdes.
  - b. Soflamado-verde (2): Entre el 50-90% de la superficie de la parcela con arbolado con copas soflamadas, el resto hasta el 100% ocupado por arbolado con copas verdes.
  - c. Soflamado-consumido (3): Entre el 50-100% de la superficie de la parcela con arbolado con las copas soflamadas, el resto hasta el 100% ocupado por arbolado con copas consumidas por el fuego.
  - d. Consumido (4): Más del 50% de la superficie de la parcela con arbolado por copas consumidas por el suelo
2. Accesibilidad: Determinada por la pendiente del terreno y la proximidad a infraestructuras, identificando zonas de acceso mecanizado y áreas que requieren teleféricos o intervenciones manuales; e incluso detectar áreas inaccesibles.
3. Potencial de regeneración: Evaluado a partir de la presencia de sotobosque de monteverde preexistente y su capacidad de rebrote, identificado mediante análisis LiDAR y datos de campo.
4. Riesgo de erosión: Modelado a partir de la topografía, la severidad del fuego en el suelo y la estructura edáfica afectada, priorizando intervenciones que estabilicen las áreas más vulnerables.

Una parte fundamental del proceso fue la clasificación semiautomática, que consistió en aplicar algoritmos sobre las cartografías referidas para segmentar el terreno en un primer estado en tres tipos de zonas:

1. Zonas de baja prioridad de intervención: Generalmente áreas con accesibilidad complicada y niveles bajos de severidad.
2. Zonas de intervención moderada: Espacios con accesibilidad media y alta severidad en arbolado o suelo.
3. Zonas de intervención prioritaria: Superficies accesibles, con alta severidad y bajo potencial de regeneración natural.

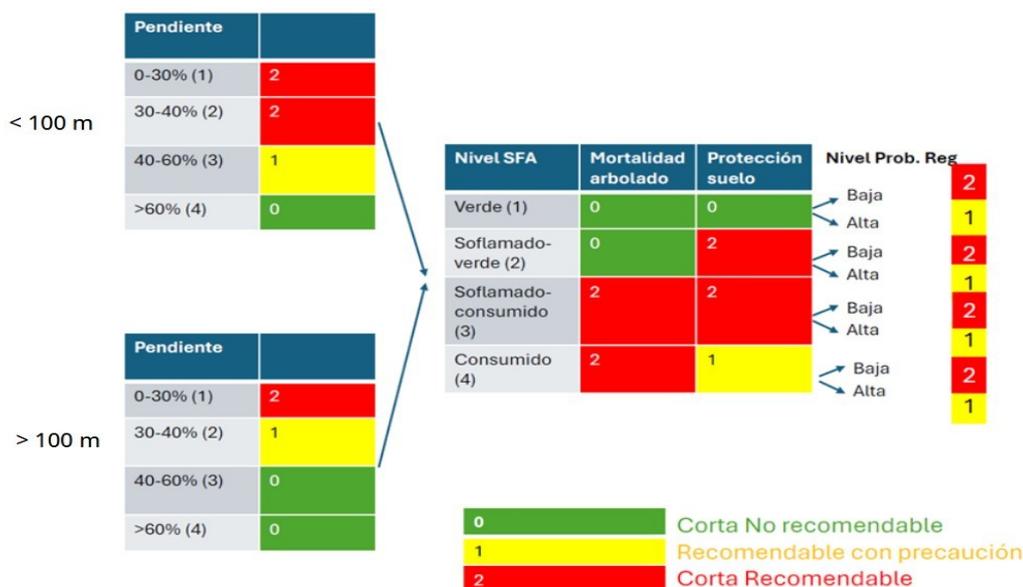


Figura 3. Ejemplo de algoritmo para la segmentación de rodales

Estos resultados iniciales se ajustaron mediante verificaciones de campo, que permitieron refinar la delimitación atendiendo a singularidades que no son observables en gabinete (presencia de taludes, grado de pedregosidad, barreras por infraestructuras, etc.); con el fin de obtener una cartografía de rodales homogéneos en sí mismos, sobre las que se pudiera aplicar un mismo tipo de estrategia de restauración.

### 3.3. Modelos de actuación

El objetivo principal de las actuaciones de restauración es la eliminación y extracción de la mayor cantidad posible de combustible muerto, al tiempo que se favorece la regeneración y la presencia de especies de monteverde y otras autóctonas, adaptadas a la potencialidad ecológica de cada territorio, con el fin de avanzar hacia paisajes más resilientes y seguros.

Los modelos de actuación se configuran como conjuntos operativos que abarcan la gestión del material vegetal muerto (apeo y/o extracción, incluyendo la gestión de residuos), la implementación de medidas de protección del suelo y las intervenciones de ayuda a la regeneración, rebrote y reforestación. Cada uno de estos conjuntos operativos se aplica de forma diferenciada en función de las características específicas de cada rodal:

1. Extracción de biomasa quemada: En rodales accesibles y con altas concentraciones de combustible muerto, se priorizan técnicas mecanizadas para minimizar riesgos y facilitar la regeneración.
2. Bioingeniería: En áreas con alto riesgo de erosión, se implementan medidas como albarradas, fajinas y empalizadas transversales para estabilizar el suelo y retener sedimentos.
3. Regeneración natural asistida: En rodales con alto potencial de rebrote, se protege el sotobosque existente mediante recepado y control de especies competidoras.
4. Reforestación activa: En zonas sin potencial de regeneración, se introducen especies autóctonas adaptadas al fuego, respetando las condiciones edáficas y climáticas locales.

Estos modelos permiten una restauración eficiente, equilibrando las necesidades ecológicas, operativas y económicas, y asegurando la sostenibilidad a

largo plazo. En total, se identificaron **7 modelos de actuación**; que van desde operaciones totalmente mecanizadas, aplicado en rodales con accesibilidad total para maquinaria pesada; hasta modelos sin apeo, para zonas inaccesibles y grado de severidad de incendio alto, en el que las maniobras suponen un alto riesgo para el personal y solamente se contemplan acciones de ayuda a la regeneración.

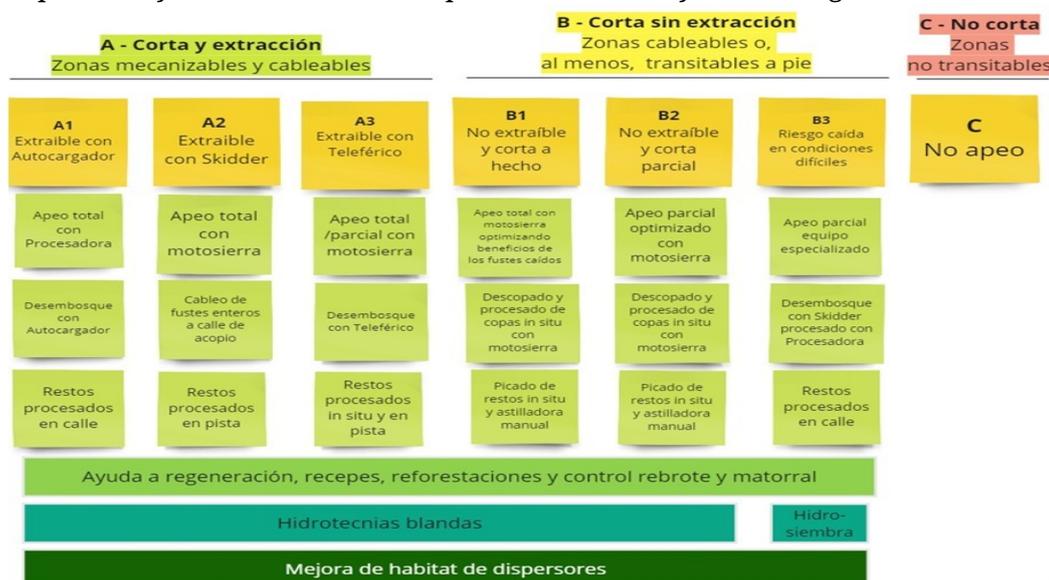


Figura 4. Detalle de las actividades que componen cada modelo de actuación

## 4. Resultados

### 4.1 Diagnóstico

En esta sección se detallan los principales resultados obtenidos del diagnóstico realizado, basados en las herramientas y metodologías descritas en los apartados previos:

- Definición del área de estudio: El perímetro del incendio se amplió en relación al original, incorporando la reactivación de octubre. El incendio afectó un total de 12.367 hectáreas, de las cuales 514 hectáreas correspondían a masas de pino radiata; de éstas, se aplicaron modelos de intervención en 219 hectáreas.
- Cartografías de severidades: Se elaboraron mapas detallados que clasifican el impacto del incendio en el arbolado y en el suelo en categorías de baja, media, alta y muy alta severidad. **Más del 55% de la superficie presentó niveles de severidad en el arbolado altos o muy altos.**

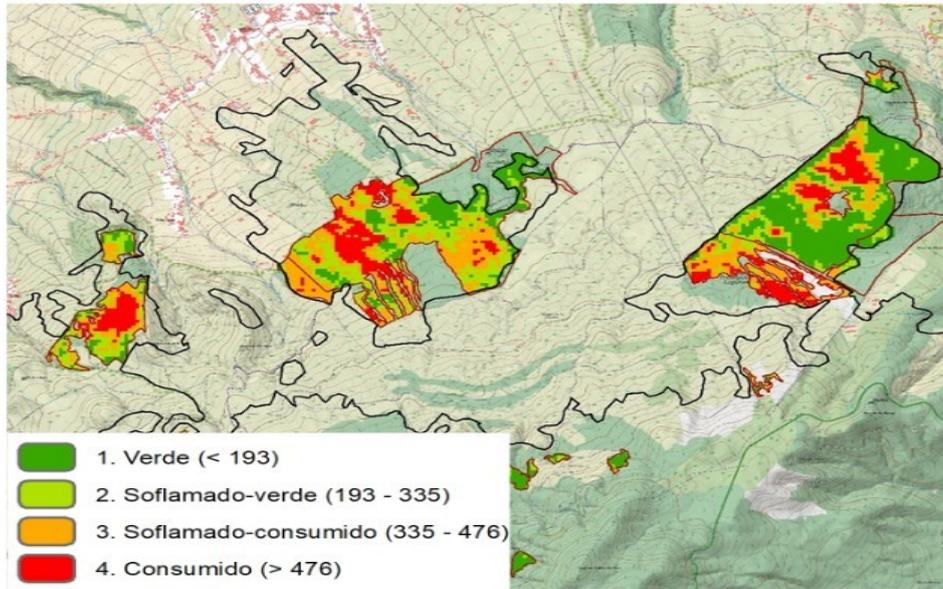


Figura 5. Cartografía de clases de severidad en el arbolado

- Se definieron las áreas de riesgo de caída de árboles sobre la red viaria a proteger, atendiendo al nivel de severidad en el suelo y la pendiente del terreno.
- Se identificaron áreas con capacidad de rebrote de especies autóctonas de monteverde.

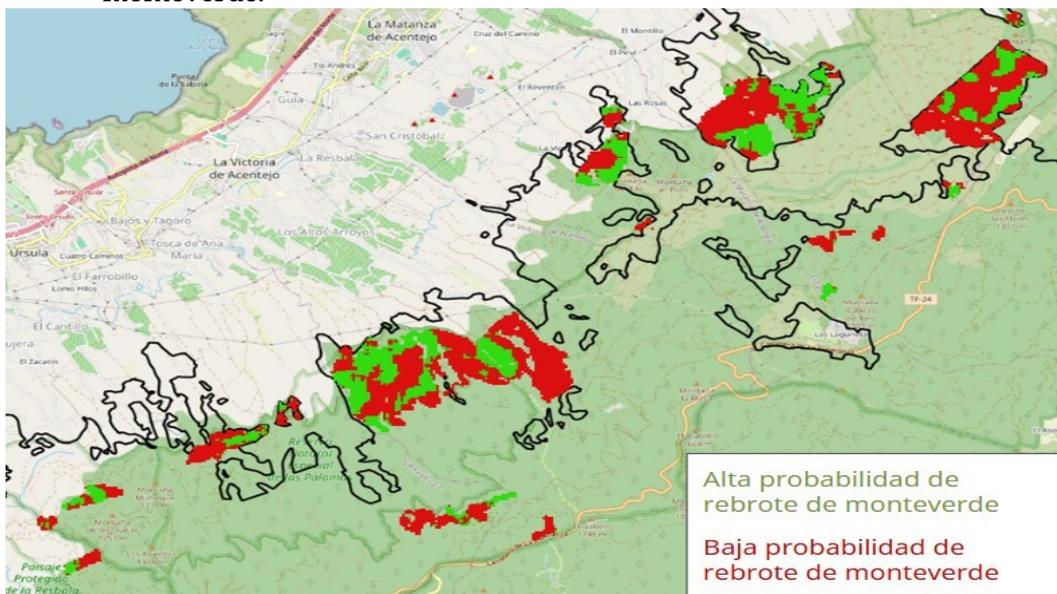


Figura 6. Identificación de áreas con capacidad de rebrote de especies de monteverde

- Datos de existencias: Se calculó un volumen total de madera afectada de 98.628 m<sup>3</sup>, con una biomasa total de 76.214 toneladas. Estos datos se georreferenciaron para su análisis espacial y priorización de intervenciones.
- Se generaron mapas que identifican zonas accesibles para maquinaria, áreas que requieren teleféricos y terrenos inaccesibles, esenciales para la planificación logística de las intervenciones.
- Integrando datos de pendiente, severidad del fuego en el suelo y modelos digitales de elevación, se clasificaron las zonas en diferentes niveles de riesgo.

Estas herramientas y resultados facilitaron una comprensión detallada del estado post-incendio y proporcionaron la base para las estrategias de restauración implementadas.

#### 4.1 Restauración

Haciendo uso de la información obtenida en la fase de diagnóstico se delimitaron 92 rodales homogéneos clasificados en tres categorías principales:

- Rodales prioritarios: Ubicados cerca de infraestructuras y en áreas con alta severidad, requieren intervenciones inmediatas para prevenir riesgos como caídas de árboles o erosión extrema.
- Rodales moderados: Presentan condiciones desafiantes pero accesibles, con potencial para intervenciones mecanizadas limitadas y planes de restauración progresivos.
- Rodales restrictivos: En pendientes extremas o con suelos frágiles, donde las intervenciones deben ser cuidadosamente planificadas para minimizar impactos negativos y proteger los procesos de regeneración natural.

A partir de la caracterización de cada rodal, se pudo establecer las diferentes operativas adecuadas según las características del terreno, la accesibilidad y las necesidades específicas de restauración. Se delimitó el área operativa diferenciando aquellas zonas donde es posible llevar a cabo el apeo de las masas de pino radiata con maquinaria pesada, otras donde se combinan apeos manuales con diferentes sistemas de extracción, así hasta determinar las zonas donde no es viable la intervención debido a la inaccesibilidad o las probables afecciones sobre regenerado o suelo.

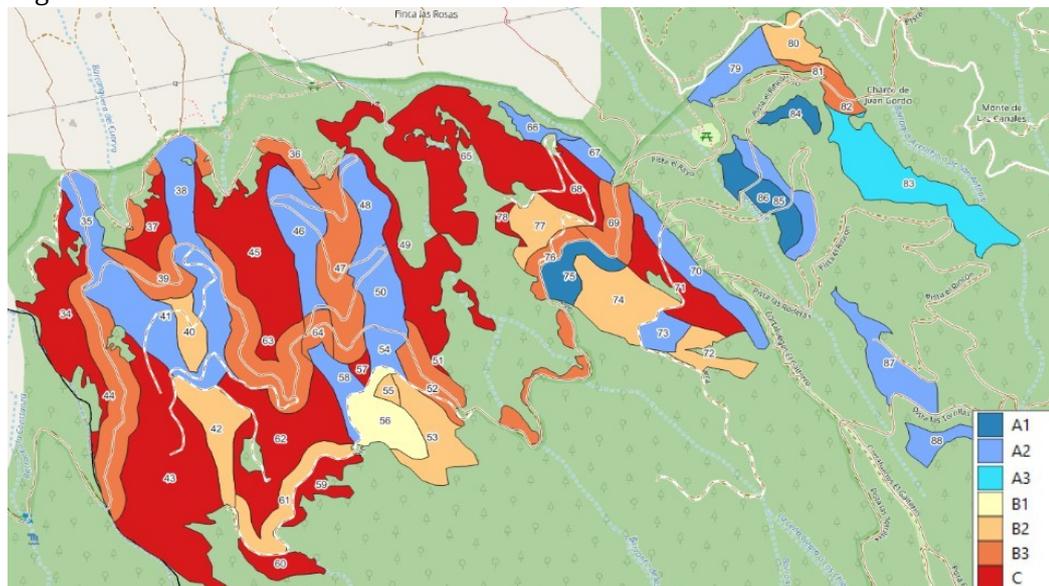


Figura 7. Mapa de rodales con asignación de modelos de actuación

Gracias a la caracterización de los rodales y la asignación de los diferentes modelos de actuación, se obtuvieron datos que caracterizan las intervenciones de restauración, posibilitando una adecuada planificación de las mismas, así como la identificación de necesidades de maquinaria y personal especializado. Algunos ejemplos destacados incluyen:

- Se descartó el apeo de ejemplares de *Pinus radiata* en 41 hectáreas, debido a la fragilidad del suelo, la afección sobre el regenerado y en mayor medida a las limitaciones operativas de ejecución de las propias labores de apeo.
- El volumen objeto de apeo supera los 60.000 m<sup>3</sup>, de los cuales se



desemboscarán 44.000 m<sup>3</sup>; esto equivale a la necesidad de disponer 7 km de pista libre para el apilado de madera en sus márgenes.

- Se generarán 200.000 estéreos de residuos, que serán objeto de astillado; quedando parte de la astilla dispersada en el monte, favoreciendo la protección del suelo; y parte destinado a agricultura y ganadería
- Más de 30.000 m<sup>3</sup> deben desemboscarse mediante técnicas de arrastre con Skidder o cable teleférico debido a la imposibilidad de operar con tractores autocargadores en la mayor parte de los rodales.
- 30 hectáreas requieren intervención de personal especializado en trabajos verticales, centrados en los modelos de actuación con alto grado de riesgo de caída de árboles y condiciones fisiográficas con pendientes superiores al 60%.
- Se planificó la reforestación de 66.000 plantas; distribuidos entre núcleos de dispersión, y reforestaciones clásicas; en todo los casos haciendo uso de especies de autóctonas ya sea coníferas, fundamentalmente pino canario (*Pinus canariensis*) y cedro canario (*Juniperus cedrus*) o monteverde, entre las que destacan el brezo (*Erica arborea*), la faya (*Morella faya*) y el acebiño (*Ilex canariensis*); tal y como se recomienda en la "Guía técnica de recuperación de zonas dañadas por incendios forestales" elaborada por el Cabildo de Tenerife.

Finalmente, el costo total estimado para las operaciones de restauración asciende a **5 millones de euros**, distribuidos entre las diferentes intervenciones; siendo el apeo, extracción y procesado de madera quemada la que representa la mayor parte de la inversión, con un 65% del total.

#### 5. Discusión

La frecuencia y magnitud de los incendios forestales han aumentado considerablemente en las últimas décadas, generando una amenaza constante para los ecosistemas forestales. En este contexto, disponer de herramientas de diagnóstico y planificación ágiles resulta imprescindible para enfrentar los retos que presentan los grandes incendios. Estas herramientas no solo permiten interpretar las diferentes gravedades de los daños y los riesgos asociados, sino que también facilitan la segmentación de áreas afectadas en función de sus necesidades específicas de restauración.

Por ejemplo, en Tenerife, los incendios forestales han afectado más de 30.000 hectáreas en las últimas dos décadas, con eventos destacables en 2007, 2015, 2019, 2022 y 2023 que además de presentar una alta recurrencia, devastaron grandes extensiones de bosque. Estas cifras reflejan la importancia de implementar estrategias proactivas que incluyan metodologías avanzadas como la teledetección y el análisis LiDAR, las cuales no solo mejoran la precisión en el diagnóstico, sino que también optimizan la asignación de recursos y la eficacia de las intervenciones.

El contexto post-incendio exige una capacidad de respuesta alta, dada la situación de extrema fragilidad en la que quedan expuestos los ecosistemas. Esto se debe tanto al impacto directo del fuego sobre la vegetación y el suelo como a la falta de cobertura vegetal, que incrementa la pérdida de suelo y eleva el riesgo de avenidas durante las primeras lluvias. Además, la situación se agrava con la posible colonización de especies invasoras, lo que complica aún más la restauración y la recuperación natural.

Los resultados destacan que el uso de tecnologías avanzadas reduce



considerablemente el trabajo de campo y permite obtener diagnósticos precisos y ágiles en contextos de alta complejidad. Es fundamental disponer de un procedimiento sistemático que permita identificar las necesidades específicas de cada terreno y aplicar modelos de actuación sistemáticos, lo cual facilita planificar actuaciones post-incendio de forma precisa y en tiempos de respuesta cortos. Esta sistematización mejora la eficiencia en la gestión y optimiza los recursos disponibles para la restauración.

Además, la experiencia adquirida ofrece una base replicable para intervenciones en otros incendios de alta intensidad, fortaleciendo la capacidad de respuesta ante futuros eventos.

## 6. Conclusiones

Este trabajo demuestra la viabilidad y la utilidad de integrar nuevas tecnologías como LiDAR y datos satelitales en las tareas de diagnóstico y restauración post-incendio, complementando la metodología tradicional.

El diagnóstico post-incendio del GIF de Tenerife de 2023 se convierte en un ejemplo de buenas prácticas para la planificación y ejecución de los trabajos de restauración en los escenarios post-incendio. La combinación de tecnologías y la validación de datos en campo, permiten:

- Delimitar con precisión la zona afectada y el alcance del daño.
- Priorizar actuaciones en función del riesgo y del potencial de recuperación.
- Diseñar estrategias de restauración adaptadas a las condiciones específicas del terreno.
- Optimizar el uso de recursos.
- Potenciar la inteligencia forestal como herramienta de gestión.

En definitiva, este trabajo representa un paso adelante hacia la gestión forestal basada en la inteligencia geográfica y la planificación a partir de una información más precisa y detallada de cada territorio.

## 7. Agradecimientos

Este trabajo es una iniciativa del Servicio de Medio Ambiente del Cabildo de Tenerife. Durante el desarrollo del mismo colaboraron con su experiencia y disposición técnicos tanto responsables de la extinción de incendios como de la gestión de los espacios. Muy arduo e intenso fue el trabajo llevado a cabo por diferentes ingenieros e ingenieras de Agresta en los primeros meses tras el incendio.

Finalmente se hace extensiva el agradecimiento a los Ingenieros de Montes, Pablo Pascual Domínguez, que aportó su conocimiento tras varias décadas de trabajo en tratamientos selvícolas en la isla de Tenerife; y Yeray Martínez Montesdeoca por su visión estratégica.

## 8. Bibliografía

ARELLANO-PÉREZ, S. (2014). Comparación de la capacidad de los índices dNBR y RdNBR para evaluar la severidad del fuego en incendios forestales de Galicia. MSc Thesis. Universidad de Córdoba, España.

BREIMAN, L.; (2001). Random Forests. Machine Learning, DOI-10.1023/A:1010933404324, 45(1): 5-32. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1023/A%3A1010933404324>.

FERNÁNDEZ, C., & VEGA, J. A. (2016). Modelling the effect of soil burn severity on soil erosion at hillslope scale in the first year following wildfire in NW Spain. *Earth Surface Processes and Landforms*, 41(7), 928–935. <https://doi.org/10.1002/esp.3876>



GENUER, R., POGGI, J.-M., TULEAU-MALOT, C.; (2016). Variable selection using Random Forests. *Pattern Recognition Letters*, 31(14): 2225-2236.

GOMEZ, C., ALEJANDRO, P., HERMOSILLA, T., MONTES, F., PASCUAL, C., RUIZ, L.Á., ALVAREZ-TABOADA, F., TANASE, M.A., VALBUENA, R. (2019). Remote sensing for the Spanish forests in the 21 st century: a review of advances , needs , and opportunities. *For. Syst.* 28. (1). 33.

KEY, C.H., & BENSON, N.C. (2006). Landscape Assessment: Ground measure of severity, the Composite Burn Index; and remote sensing of severity, the Normalized Burn Ratio. In D.C. Lutes (Ed.), FIREMON: Fire Effects Monitoring and Inventory System (Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-164-CD, pp. LA1-LA51). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.

LIAW, A.; WIENER, M. (2002). Classification and Regression by randomForest. *R News*, 2(3): 18-22.

MARINO, E., GUILLÉN-CLIMENT, M., RANZ, P., & TOMÉ, J. L. (2014). Fire severity mapping in Garajonay National Park: Comparison between spectral indices. *FLAMMA: Madrid, Spain*, 7, 22-28.

MARTÍNEZ MONTESDEOCA, Y; GIL MUÑOZ, P.; MARTÍNEZ COSTA, P.; HERRANZ PASTOR, O.; LORENZO GIL, A. (2010). Guía técnica de recuperación de zonas dañadas por incendios forestales. Área de Medio Ambiente. Cabildo de Tenerife.

PARKS, S.A., DILLON, G.K., & MILLER, C. (2014). A new metric for quantifying burn severity: the relativized burn ratio. *Remote Sensing of Environment*, 140, 679-687.

ROBLA GONZÁLEZ, E., VALLEJO BOMBÍN, R., LERNER CUZZI, M. (2017). La Foto Fija del Mapa Forestal de España, fuente de información para el cálculo de tendencias e indicadores de los ecosistemas forestales españoles. Principales resultados. 7º Congreso Nacional Forestal. Plasencia.

ROUSSEL, J-R., AUTY, D., COOPS, N., TOMPALSKI, P., GOODBODY, T.R.H., MEADOR A.S., BOURDON J-F., BOISSIEU, F., ACHIM, A. (2020). lidR: An R package for analysis of Airborne Laser Scanning (ALS) data. *Remote Sens. of Environ.*, Volume 251, 112061, ISSN 0034-4257

VEGA, J. A., FONTÚRBEL, T., FERNÁNDEZ, C., ARELLANO, A., DÍAZ-RAVIÑA, M., CARBALLAS, M. T., MARTÍN, A., GONZÁLEZ-PRIETO, S., MERINO, A., & BENITO, E. (2013). Acciones urgentes contra la erosión en áreas forestales quemadas. Guía para su planificación en Galicia. Santiago de Compostela

ZHONG, L., DAI, Z., FANG, P., CAO, Y., & WANG, L. (2024). A Review: Tree Species Classification Based on Remote Sensing Data and Classic Deep Learning-Based Methods. *Forests*, 15(852). <https://doi.org/10.3390/f15050852>&#8203.