



ANÁLISIS DEL RIESGO DE INCENDIO FORESTAL EN EL VALLE DE OLAIBAR

Memoria



PromotorAyuntamiento de Olaibar

Fecha Noviembre de 2023

Índice

1	Αr	nte	cedentes	1		
2	Ju	Justificación del proyecto				
3	0	bje	tivos	3		
	3.1		Otros objetivos del proyecto	3		
	3.	1.1	Objetivos de Desarrollo Sostenible	3		
4	C	ara	cterización de la zona de estudio	4		
	4.1		Geografía			
	4.	1.1	Fisiografía del terreno	5		
	4.2		Caracterización de los modelos de combustible	7		
	4.	2.1	Vegetación	7		
	4.	2.2	Modelos de combustible	8		
	4.	2.3	Combustible de copas	10		
	4.3		Condiciones meteorológicas y de humedad del combustible	14		
5	Sir	mul	lación de incendios	16		
	5.1		Determinación de las zonas fuera de capacidad de extinción	16		
	5.	1.1	Longitud de llama	16		
	5.	1.2	Velocidad de propagación	17		
	5.	1.3	Actividad de copas	18		
	5.	1.4	Áreas fuera de capacidad de extinción	18		
	5.2		Determinación de las áreas críticas	20		
	5.	2.1	Ejes de propagación	20		
	5.	2.2	Puntos o áreas críticas	23		
	5.3		Zonas estratégicas de gestión del combustible (ZEG)	24		
6	Ar	náli	isis de riesgo de incendios forestales	27		
	6.1		Análisis histórico de incendios	27		
	6.2		Peligrosidad	28		
	6.3		Exposición de incendio forestal	28		
	6.	3.1	Interfaz urbano-forestal	28		
	6.	3.2	Exposición de los concejos	35		
	6.4		Vulnerabilidad de incendio forestal	36		
	6.	4.1	Vulnerabilidad de los ecosistemas	36		
	6.	4.2	Área de especial conservación	36		
	6.5		Riesgo de incendio forestal	37		
7	Ple	an	de actuaciones	42		
	7.1		Actuaciones sobre el medio	42		
	7.	1.1	Áreas de gestión de combustible y Fajas Auxiliares estratégicas	42		
	7.	1.2	Áreas de gestión de combustible y Fajas Auxiliares estratégicas	45		

Figura 1 Mapa general y localización del valle de Olaibar	4
Figura 2 Mapa de pendientes	
Figura 3 Mapa de Altitud	6
Figura 4 Mapa de Orientación	6
Figura 5 Tipo de vegetación	7
Figura 6 Mapa de modelo de combustible	10
Figura 7 Mapa de Fracción Cabida y Cubierta	11
Figura 8 Mapa de alturas medias	
Figura 9 Mapa de altura a la base de las copas	
Figura 10 Mapa de densidad aparente de las copas	14
Figura 11 Mapa de longitud de llama	17
Figura 12 Velocidad de propagación	
Figura 13 Mapa de capacidad de extinción	
Figura 14 Ejes de propagación punto Ignición 1	
Figura 15 Ejes de propagación punto Ignición 2	
Figura 16 Ejes de propagación punto Ignición 3	
Figura 17 Ejes de propagación punto Ignición 4	
Figura 18 Ejes de propagación punto Ignición 5	
Figura 19 Mapa de puntos o áreas críticas	
Figura 20 Mapa de Zonas Estratégicas de Gestión en el entorno forestal	
Figura 21 Mapa de vulnerabilidad de los ecosistemas	
Figura 22 Mapa de exposición de las edificaciones encontradas en Olaibar	
Figura 23 Mapa de probabilidad de quema	
Figura 24 Mapa de puntos de ignición según la probabilidad de ignición INFONA 202	
Figura 25 Mapa de longitud de llama condicionada	
Figura 26 Mapa de la integración del riesgo de incendio en el valle de Olaibar	
Figura 27 Diseño de la vegetación en el interior de la Zona Estratégica de Gestión er	
caso que se disminuya la vegetación en el interior	
Figura 28 Diseño de los tratamientos junto a caminos y sendas	43
llustración 5 Riesgo de incendios forestales (Chuvieco et al., 2023)	28
Tabla 1 Descripción de los modelos de combustible utilizados en el municipio de	_
Olaibar	
Tabla 2 Variables climáticas estáticas empleadas en la simulación	
Tabla 3 Tabla de humedad del combustible empleada en la simulación	
Tabla 4 Características de fuego fuera de capacidad de extinción	
Tabla 5 Datos de incendios en Olaibar 1986 - 2019 (EGIF)	
Tabla 6 Comportamiento ante el fuego según longitud de llama	
Tabla 7 Dimensiones mínimas recomendadas para los tramos transversales de las áre	as A
cortafuegos	42

1 Antecedentes

El cambio climático y el escenario de emergencia climática consecuencia del mismo es un hecho que está afectando a todo el planeta. Muchas instituciones públicas y privadas a distinto nivel quieren afrontar esta situación, entre las que se encuentran las instituciones públicas de la Comunidad Foral de Navarra.

Debido a las consecuencias del cambio climático que estamos viviendo, el Gobierno de Navarra el 24 de septiembre de 2019, realizó una declaración frente a la emergencia climática. Esta declaración indicaba que es necesario implantar una estrategia ambiental integral y transversal en Navarra para abordar desde lo local el gran reto del cambio climático. Y que las instituciones locales representan, a su vez, importantes motores en la lucha contra el cambio climático.

En este sentido, el Pacto de Alcaldías por el clima y la Energía de Navarra, un 83% de la población de navarra. Uno de los objetivos es aumentar la resiliencia de los entes locales mediante la adaptación a los efectos del cambio climático.

Este trabajo esta dentro de lo programado en la Agenda Local 21 de la que tiene cuenta el ayuntamiento de Olaibar y su acción en el Plan de Actuación Local. Además el trabajo esta alineado con el Plan de Acción para el Clima y la Energía Sostenible (PACES).

Con todo ello, el Ayuntamiento de Olaibar es una entidad concienciada con la problemática que supone el Cambio Climático y sus efectos, uno de ellos tan devastador como son los grandes incendios forestales, para su ciudadanía y su medio físico, hecho que ha demostrado reiteradamente a través de diversos proyectos y actuaciones relacionados con el tema. Por ejemplo, ha tratado de sacar rentabilidad a sus recursos naturales mediante la movilización un aprovechamiento de madera. Se quiere realizar un estudio de senderos para fomentar el uso recreativo de sus montes.

Además, Olaibar tiene la peculiaridad de la presencia de dos ganaderos que realizan toda su actividad en extensivo, siendo un uso fundamental para mantener el paisaje actual.

Es por ello por lo que, en pos de mejorar la adaptación del valle y que su ciudadanía esté más concienciada frente a los efectos del cambio climático, presenta el proyecto "Análisis del riesgo de incendio forestal el Valle de Olaibar".

2 Justificación del proyecto

Los incendios forestales afectan a la vida de las personas, especialmente en las comunidades rurales, donde cobran gran importancia las zonas de interfaz urbanoforestal, alterando el entorno, sus usos asociados y generando un problema de protección civil.

En un contexto de cambio climático como en el que nos encontramos, los fenómenos de carácter extremo son cada vez más habituales, entre los cuales se encuentran los Grandes Incendios Forestales (GIFs). Estos incendios son capaces de recorrer grandes distancias (>10 km) y presentan comportamientos extremos que superan la capacidad de extinción. Como consecuencia, es fácil que alcancen zonas urbanas y acaben afectando al bienestar de las personas que habitan en ellas.

Debido a la fisiografía que presenta Olaibar, tiene unas características que hacen bastante vulnerable a esta afección. Esto puede generar una gran cantidad de daños y afectar a personas que realizan su actividad en este territorio.

Es prioritario la forma de gestionar los distintos usos y aprovechamientos del territorio, ya que estos tienen relación directa con el riesgo de incendio, por lo que se podría hablar de incendios territoriales. Así, es fundamental la gestión integral del paisaje y del territorio, siendo conscientes de los diferentes riesgos y potenciando modelos de paisaje más resiliente. Una herramienta puede ser a través del aprovechamiento racional de los recursos naturales de proximidad, y fomentando por ejemplo la ganadería extensiva.

Desde las últimas décadas del S. XX se ha producido el abandono del medio rural y, por tanto, su gestión y el mantenimiento de sus paisajes. Es por ello que muchos de los entonces campos de cultivo colindan con viviendas sin ningún tipo de protección. Además, algunas zonas adyacentes a los núcleos urbanos en los que no hay cultivos se han ido colonizándose por matorral y dejando de lado el pasto.

El fomento del paisaje en forma de mosaico es vital para disminuir el impacto del fuego en las comunidades, reduciendo su vulnerabilidad, aumentando su resiliencia y su capacidad adaptativa frente al cambio climático. Consecuentemente, los territorios gestionados de forma sostenible contribuyen a tener ecosistemas saludables, lo que a su vez redunda en la mejora de la calidad de vida de las personas.

De esta manera, es necesario integrar el análisis del riesgo de incendio forestal con la participación y concienciación ciudadana, incluyéndose en el marco de instrumentos de planificación territorial (planificación urbanística, ordenación forestal, planes de autoprotección, etc.) con el fin de reducir la vulnerabilidad de las zonas de interfaz urbano-forestal, así como el establecimiento de medidas de autoprotección ajustadas y dimensionadas al comportamiento previsible de los fuegos dentro de la zona de estudio.

Es por este motivo por el cual es necesario el presente proyecto "Análisis del riesgo de incendio forestal en el Valle de Olaibar" y en línea con la Agenda Local 21 de Olaibar.

Por otro lado, el papel de la ciudadanía es fundamental a la hora de tomar medidas para combatir los incendios territoriales. Por ende, tanto las administraciones públicas (estatales, regionales y locales), como los propietarios particulares poseen una responsabilidad social sobre la posible afección por los incendios. En consecuencia, es importante su coordinación e implicación en el mantenimiento de los combustibles en la interfaz urbano-forestal para generar comunidades adaptadas a estos incendios territoriales.

3 Objetivos

Se pretende obtener unas medidas de prevención y adaptación del valle al cambio climático desde el punto de vista de la reducción de la peligrosidad de los incendios territoriales, centradas en la interfaz urbano-forestal e integrar en la planificación del territorio, en la ordenación de los municipios y en la regulación de los usos del suelo.

Estas medidas consisten en la reducción del riesgo de incendio aplicando diferentes soluciones, y en la medida de lo posible basadas en la naturaleza, en la mejora de hábitats, la recuperación, restauración y puesta en valor de los paisajes, aumentando la biodiversidad y mejorando la infraestructura verde y azul del valle, situada dentro de la infraestructura verde y azul de la Comarca de Pamplona.

3.1 Otros objetivos del proyecto

Además de los alineados con la convocatoria "Fomentar y apoyar la adaptación al cambio climático en el espacio urbano y periurbano, potenciando las sinergias entre las estrategias de adaptación y mitigación en la lucha frente al cambio climático", el proyecto "Análisis participado del riesgo de incendio forestal y co-responsabilidad en el Valle de Olaibar" tiene los siguientes objetivos:

- Mejorar la adaptación al riesgo de incendio mediante la actuación en zonas estratégicas para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales presentes.
- Minimizar la transmisión del fuego a núcleos urbanos maximizando la eficiencia de las inversiones realizadas en el territorio.
- Aumentar la conciencia e implicación ciudadana respecto a los incendios.
- Integrar el riesgo de incendio en la gestión del paisaje y del territorio a través de los diversos instrumentos de planificación territorial.
- Potenciar la gestión del territorio y los modelos de vida sostenible a través del aprovechamiento racional de los recursos naturales, fomentando así el desarrollo rural.
- Tener ecosistemas saludables, lo que a su vez redunda en la mejora de la calidad de vida de las personas.

3.1.1 Objetivos de Desarrollo Sostenible

La reducción del impacto de los incendios forestales tiene una relación directa con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), contribuyendo a su vez al cumplimiento del EU Green Deal. En particular, los ODS a los que se aporta son los siguientes:

- ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles, entre cuyas metas está aumentar la urbanización inclusiva y sostenible y la capacidad para la planificación y la gestión participativas, integradas y sostenibles de los asentamientos humanos en todos los países.
- ODS 13: Acción por el clima, cuyo objetivo es adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos, fortaleciendo la resiliencia y adaptación de los riesgos relacionados con el clima.

- ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres, cuyo objetivo es la gestión sostenible del bosque, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de la biodiversidad.

4 Caracterización de la zona de estudio

EL municipio de Olaibar se sitúa al norte de Pamplona y se encuentra en la comarca Zona media y Ribera. Ocupa una superficie de 11,6 km² y localizándose a una altitud de 450 m.s.n.m. El vallese conecta de Norte a Sur a través de la carretera N-121-A y de Este a Oeste con la carretera Autonómica NA-4210.

Anocibar Sanotaber

Delate

De

Figura 1 Mapa general y localización del valle de Olaibar

4.1 Geografía

Todo el territorio pertenece al Eoceno Inferior y Medio, salvo la cinta de sedimentos cuaternarios depositados por el río Ulzama en su estrecho valle, que cruza transversalmente los pliegues dispuestos de E a O. El relieve refleja con claridad las diferencias litológicas: las rocas más resistentes (calizas, calcarenitas, margocalizas) se corresponden con crestas (Ostiasco, 974 m), se corresponden con las pendientes más fuertes y mejor conservadas; al Este los diversos tipos de flush, más erosionados, presentan pendientes abarrancadas y forman una serrezuela cuya línea de cumbres, orientada de Norte a Sur, es transversal a la dirección de las estructuras.

El clima es de tipo subatlántico y los principales valores medios anuales son: 1.000-1.400 mm de precipitación en 100-140 días, 10°-13° C de temperatura media, 1-2 meses de aridez estival y unos 600-700 mm de evapotranspiración potencial. Al estar situado en una encrucijada bioclimática, la vegetación es variada. El pino silvestre (o albar), que presenta aquí su máximo avance meridional y occidental en Navarra, es la especie más extendida. Entre las frondosas predominan, en solanas y umbrías, los robledales

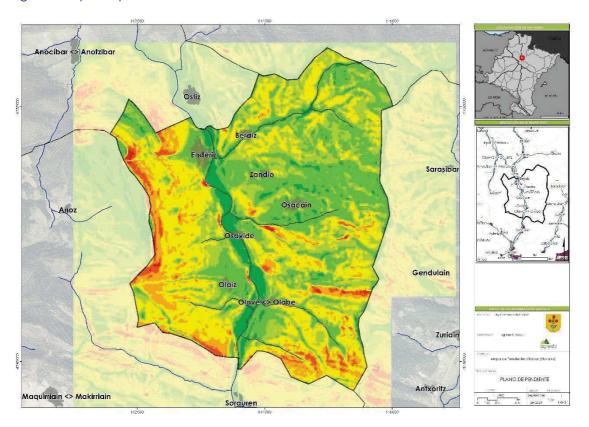
bastantes degradados, y en el ambiente más húmedo del extremo NO del valle, hacen su aparición las hayas. Frecuentemente pinos y frondosas forman bosques mixtos.

4.1.1 Fisiografía del terreno

El principal factor topográfico que condiciona el comportamiento del incendio forestal es la pendiente del terreno que deriva de las diferencias altitudinales existentes en la zona de estudio.

Su efecto es similar al producido por el viento, afectando a la geometría de la llama y a la transmisión de calor por radiación y convección. El grado de irregularidad del relieve y su interacción con el viento va a condicionar enormemente la propagación del incendio, añadiendo una mayor dificultad a la hora de predecir el comportamiento del fuego.

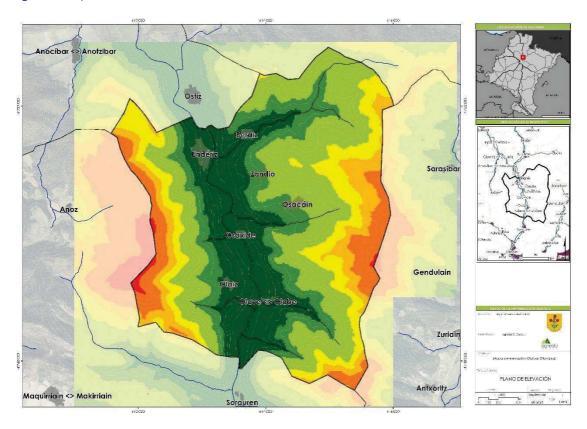
Figura 2 Mapa de pendientes



Como se muestra en la Figura 2 el municipio de Olaibar, presenta poca pendiente hasta que nos alejamos de la influencia fluvial.

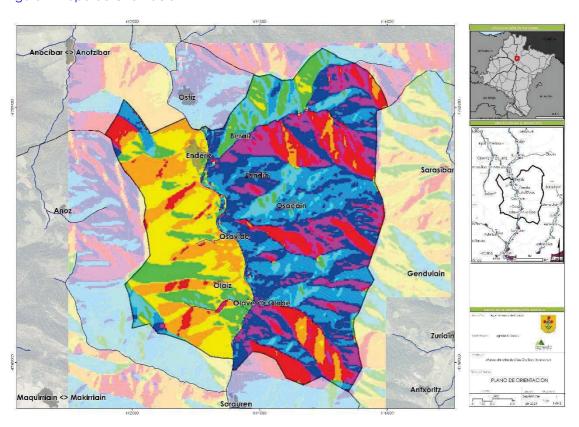
Otros factores topográficos como la altitud o la orientación, también condicionan indirectamente la propagación del incendio, al afectar a características ambientales y al tipo de vegetación existente.

Figura 3 Mapa de Altitud



Como se ve en la Figura 3 el desnivel que existe en el municipio oscila de 500 m.s.n.m y los 1.000 m.s.n.m. Y en la Figura 4 se muestra la orientación de las laderas que influye mucho en la exposición de la ladera al sol y en consecuencia las solanas y umbrías.

Figura 4 Mapa de Orientación



4.2 Caracterización de los modelos de combustible

La vegetación es el principal agente en el inicio y comportamiento del fuego. Además, es el único factor ambiental que puede ser modificado por la acción humana. La manipulación o gestión del combustible es clave para reducir tanto el riesgo de ocurrencia del incendio como su severidad, así como facilitar su control y extinción e, incluso, favorecer la capacidad de recuperación del ecosistema afectado.

4.2.1 Vegetación

La principal característica de los combustibles forestales es su gran heterogeneidad, característica inherente a la gran variabilidad de la vegetación entre los distintos tipos de ecosistemas como dentro de la misma formación forestal.

Para describir la vegetación existente en los municipios, se ha recurrido, como base cartográfica, a la cartografía del mapa forestal comarcal escala 1:50.000, elaborado en Navarra en el año 2012. Además de un inventario en campo que ha determinado las diferentes tipologías de masa existente.

Anocibar & Anotzibar

Sarasibar

Candilo

Sarasibar

Candilo

Sarasibar

Candilo

Ca

Figura 5 Tipo de vegetación

Como se puede apreciar en la Figura 5 las poblaciones se localizan en el centro del valle, cerca de los cursos principales de agua, en donde los campos de cultivo abundan y algunos pastizales. A medida que se gana altitud, comienzan a entrar formaciones arbóreas de carácter forestal, hasta llegar a las cotas más altas en donde entran el haya y otras frondosas.

Los grandes grupos presentes son matorrales heliófilos, con aliagares, pacharanes, zarzas, en algunos puntos algo de boj y habitualmente tomillo. En zonas más húmedas, el matorral es capaz de llegar a 2 metros de altura.

La vegetación forestal esta compuesta principalmente de pino silvestre de colonización, ya que su presencia deriva del abandono de pastizales. Su densidad es altísima ya que desde que ha colonizado los terrenos no ha habido ninguna actuación selvícla.

Algunas formaciones de silvestre formaciones proceden de repoblación, siendo coetáneas.

Por último, las formaciones más complejas son hayedos con pino silvestre y roble pubescente. Estos se localizan en las zonas con mayor altitud o en las umbrías más frescas.

4.2.2 Modelos de combustible

Los modelos de combustible tratan de representar los valores típicos de las principales características de la vegetación desde el punto de vista de las propiedades que definen el concepto de combustible, de acuerdo a un sistema de clasificación del combustible determinado. Se ha seleccionado el sistema de clasificación basada en la estructura de los 13 modelos clásicos del Northern Forest Fire Laboratory de USA (NFFL) que aparecen en el sistema BEHAVE (Anderson 1982, Burgan y Rothermel 1986) equiparados por el ICONA en 1987 a los combustibles forestales españoles.

Los modelos de combustible forestal se clasifican siguiendo como criterio fundamental el estrato vegetal que va a condicionar la propagación del fuego.

La cartografía de combustibles se ha obtenido a partir de la cartografía previa de formaciones forestales proveniente del mapa forestal comarcal de Navarra, los datos LiDAR del PNOA de 2012 y 2017, según la metodología de MARINO et al. (2012)¹ y las visitas de campo y conocimiento de la zona.

A la estructura básica (pastizal, matorral, arbolado, etc) se le añaden características de la estructura tridimensional de la vegetación, es decir, información sobre la cantidad de combustible de los diferentes estratos, así como su continuidad horizontal y vertical.

La utilización de datos LiDAR nos permite conocer la estructura tridimensional de la vegetación de forma continua en grandes superficies. Los parámetros estructurales fundamentales a analizar con los datos LiDAR serán:

- Fracción de cabida cubierta (FCC): coberturas de pasto, matorral y arbolado
- Altura media (Hm): alturas de los diferentes estratos de vegetación
- Canopy relief ratio (CRR): estadístico para evaluar la continuidad vertical del combustible

Se ha obtenido así el mapa de modelos de combustible en celdas de 20 x 20 metros, con la distribución superficial que se indica en la siguiente tabla.

Tabla 1 Descripción de los modelos de combustible utilizados en el municipio de Olaibar

Modelo		Descripción	
0	No combustible		
1	Pastizal bajo		

¹ MARINO, E., RANZ VEGA, P., TOMÉ MORÁN, J.L. 2016. Cartografía de alta resolución de modelos de combustible forestal: metodología de bajo coste basada en datos LiDAR. Foresta, 65, 34-42.

Modelo	Descripción
	Pasto fino, seco y bajo que recubre completamente el suelo. Pueden aparecer plantas leñosas dispersas ocupando menos de 1/3 de la superficie.
	Se refiere también a los cultivos entre zonas boscosas.
	Pastizal con matorral o arbolado disperso
2	Pasto fino, seco y bajo que recubre completamente el suelo. Las plantas leñosas dispersas cubren entre 1/3 y 2/3 de la superficie, pero la propagación del fuego se realiza por el pasto.
3	Pasto o combustibles herbáceos finos, (un tercio o más está seco). La altura media del pasto o combustible es 1m. Ej.: campo de cereales sin cosechar y praderas naturales altas
	Matorral alto y continuo.
4	Matorral, regeneración de arbolado o plantación joven densa, de más de 2 m de altura. Presencia de ramas muertas en su interior. Propagación por las copas de las plantas.
	Matorral bajo
5	Matorral denso y verde, de menos de 1 m de altura. Propagación del fuego por la hojarasca del propio matorral o por herbáceas intercaladas.
	Matorral medio, más inflamable.
6	Similar al modelo 5 pero con especies más inflamables y con plantas de mayor talla (entre 1 y 2 m). Propagación del fuego con vientos moderados a fuertes.
7	Propagación del fuego por el sotobosque bajo arbolado.
	Propagación del fuego por la hojarasca muy compacta.
8	Los bosques densos adultos de pino silvestre son representativos de este modelo.
	Propagación del fuego por la hojarasca no muy compacta.
9	Similar al modelo 8 pero con hojarasca menos compacta formada por acículas largas y rígidas o follaje de frondosas de hoja grande.
	Los hayedos en esta zona representan el modelo 9.

Anocibar Anotzbar

Berdiz

Landic

Osacidin

Osacidin

Cendulain

Olaiz

Anixontz

Ani

Figura 6 Mapa de modelo de combustible

4.2.3 Combustible de copas

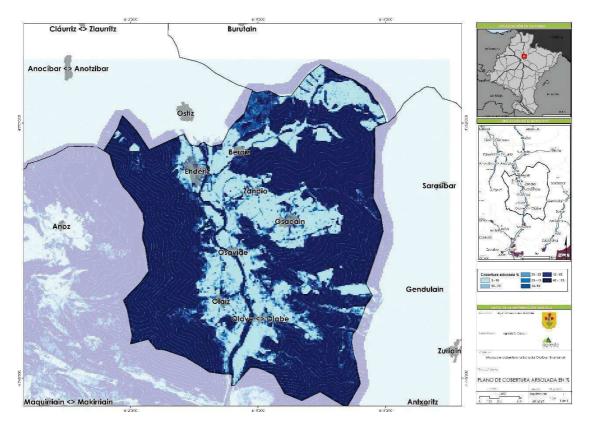
El combustible de copas se ha caracterizado en base a la fracción de cabida cubierta del arbolado, la altura de la vegetación, la altura a la base de las copas del arbolado y la densidad de las mismas.

La cartografía sobre la estructura del combustible de las copas se ha obtenido a partir de los datos LiDAR del PNOA de 2012 y 2017.

4.2.3.1 Cobertura del arbolado

La cobertura del arbolado o fracción de cabida cubierta (FCC) del estrato arbolado. Su importancia en los simuladores se debe a su influencia como factor de reducción del viento y de sombreado que afectan a los modelos de combustible. Por debajo del dosel de copas, la velocidad del viento se reduce significativamente. Como se muestra en la Figura 7, se puede observar perfectamente la zona arbolada y la que corresponde a los preados o cultivos.

Figura 7 Mapa de Fracción Cabida y Cubierta



4.2.3.2 Altura del arbolado

La altura del arbolado se refiere a la altura media de la vegetación arbolada (altura del arbolado a partir de 3 metros de altura media). Se utiliza para estimar la carga del combustible de las copas, que a su vez es necesaria para calcular la velocidad de propagación del fuego en el arbolado. Y esta velocidad de propagación servirá para determinar el tipo de fuego de copas y la actividad de focos secundarios.

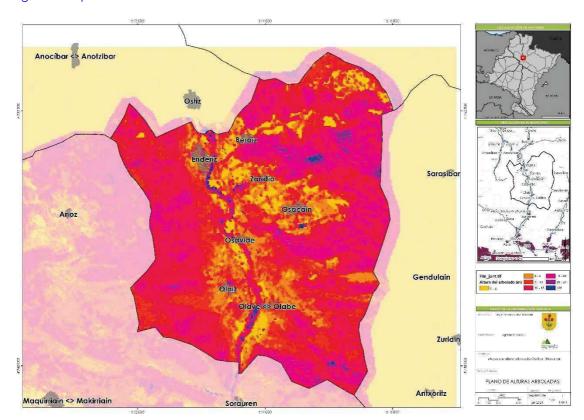


Figura 8 Mapa de alturas medias

4.2.3.3 Altura a la base de las copas del arbolado

Otro de los factores que van a influir en el comportamiento del fuego es la altura a la base de las copas, ya que determina la posible existencia de fuego de copas. Es una variable utilizada para determinar la transición de fuego de superficie a fuego de copas.

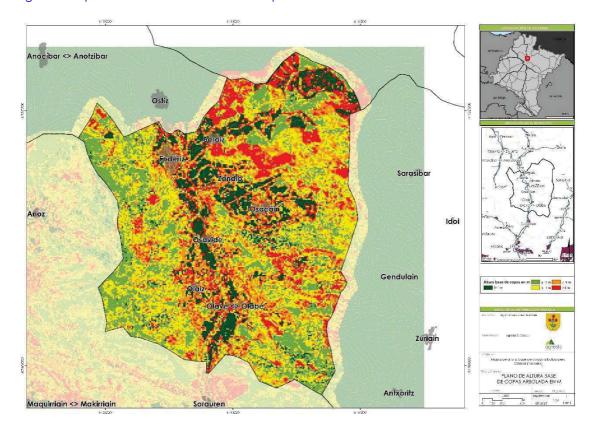


Figura 9 Mapa de altura a la base de las copas

4.2.3.4 Densidad aparente de las copas

En caso de existir actividad de copas en un incendio, la densidad de copas se utiliza para determinar el umbral entre un fuego de copas pasivo y un fuego activo de copas.

Un fuego activo de copas es aquel que se desplaza por las copas, y un fuego pasivo de copas es aquel en el que a pesar de que se pueden quemar algunas copas, el fuego no se desplaza por las mismas.

La densidad de copas no es un parámetro de estimación directa a partir de datos Lidar, se utilizan métodos indirectos para su cálculo. En este caso hemos utilizado la fórmula de Andersen et al, 2005.

Anocibar Anotzibar

Sarqsibar

Cangle

Figura 10 Mapa de densidad aparente de las copas

4.3 Condiciones meteorológicas y de humedad del combustible

Para la simulación del comportamiento del fuego, se han utilizado unas condiciones ambientales determinadas. Se ha utilizado un simulador estático (Flammap) que simula el comportamiento del fuego manteniendo las condiciones meteorológicas y de humedad de los combustibles constantes a lo largo de toda la simulación.

En cuanto a los datos meteorológicos se escoge una situación propicia para la propagación de un gran incendio, que son:

Tabla 2 Variables climáticas estáticas empleadas en la simulación

Temperatura (°)	Humedad	Velocidad del viento	Dirección del viento
	(%)	(km/h)	(°)
30	30	20 ²	160 (viento sur)

En cuanto a la humedad inicial del combustible muerto para las clases de tamaño 1h, 10h y 100h y para los combustibles vivos, herbáceos y leñosos:

² Se ha decidido una velocidad del viento inferior a las condiciones de propagación de un gran incendio (30 km/h) para atenuar la influencia del viento en las simulaciones y poner en relevancia otros factores como el combustible forestal o la topografía del terreno.

Tabla 3 Tabla de humedad del combustible empleada en la simulación

Humedad del combustible (%)				
1h	10h	100h	Vivos herbáceos	Vivos Ieñosos
6	7	9	45	85

Fuente: Escenarios de humedad moderada de Rothermel.

Se establecen humedades de combustible muy bajas para la zona, con el fin de reproducir un incendio en condiciones de riesgo meteorológico extremo.

5 Simulación de incendios

Se va a realizar una simulación del comportamiento del fuego en el municipio de Olaibar utilizando como base la cartografía generada y las condiciones sinópticas descritas.

Se pretende obtener una serie de características del fuego que nos den idea de las posibles zonas fuera de capacidad de extinción en el territorio y de los puntos con mayor riesgo para la propagación de un fuego, los denominados puntos críticos.

5.1 Determinación de las zonas fuera de capacidad de extinción

Las zonas fuera de capacidad de extinción son las áreas donde la capacidad del operativo de extinción se podría ver muy limitada o incluso imposibilitada debido a una velocidad de propagación del fuego superior a la de despliegue y avance de los medios, una intensidad del fuego (calor y longitud de llama) que impida el ataque directo y fuegos con posibilidad de aparición de focos secundarios y por tanto simultaneidad de varios incendios que puedan provocar varios frentes de incendio.

- La <u>velocidad de propagación</u> del fuego, a causa del tipo de combustible, la topografía y el viento, es superior a la de despliegue y avance de los medios.
- Cuando la elevada <u>intensidad del fuego</u> (calor y longitud de llama) puede impedir que los medios trabajen en ataque directo.
- Cuando la simultaneidad de incendios y la <u>aparición de focos secundarios</u> dificulta y ralentiza el trabajo de los medios a causa del incremento de frentes de avance del fuego.

Se muestran en las siguientes figuras los resultados de las simulaciones, en concreto de las variables longitud de llama, velocidad de propagación y actividad de copas, que definirán las zonas fuera de capacidad de extinción.

5.1.1 Longitud de llama

La longitud de llama es la distancia entre la base de la llama y el extremo del cuerpo continuo de la llama, medido en su propia dirección.

Cuando la longitud de llama es demasiado elevada, también lo es la intensidad del fuego (también definida por el calor que genera el incendio) y esto puede impedir el ataque directo de los medios de extinción.

Según el Servicio Forestal de Estados Unidos, con una longitud de llama superior a 2,5 m., la peligrosidad del incendio es alta y se recomienda el ataque indirecto. Además, es una medida que nos permite discriminar las zonas potencialmente más peligrosas.

Las longitudes de llama previstas en la zona de estudio una vez realizada la simulación con el escenario propuesto son las siguientes:

Anocibar <> Anotzibar

Caraslar

Anoz

Caraslar

Candulain

Candulain

Caraslar

Candulain

Caraslar

Cara

Figura 11 Mapa de longitud de llama

5.1.2 Velocidad de propagación.

La velocidad de propagación del fuego, a causa del tipo de combustible, la topografía y el viento, puede ser superior a la de despliegue y avance de los medios.

Una velocidad de propagación por encima de 2 km/h (33 m/min) dificulta mucho las labores de extinción en ataque directo.

Como se muestra en la Figura 12 las mayores tasas de velocidad y como es de esperar es en los campos de cultivo. Este es debido a que el escenario escogido es desfavorable y se indica al simulados que estos campos tiene un combustible seco y una altura cerca de 1 metro.

Anocibar Anotzibar

Seraiz

Enderiz

Costig

Ostig

Costan

Co

Figura 12 Velocidad de propagación

5.1.3 Actividad de copas

Se divide la superficie en zonas que pueden tener actividad de copas, y zonas en las que solo se producirán fuegos que se propagan por la superficie del suelo (fuegos de superficie). En las zonas donde puede haber actividad de copas, el fuego puede quemar algunas copas sin desplazarse por las mismas (antorcheo) o bien, el fuego puede desplazarse por las copas (fuego de copas). Cuando hay antorcheo la posibilidad de aparición de focos secundarios es mayor y éstos dificultan las labores de extinción por la multiplicación de frentes de avance del fuego.

5.1.4 Áreas fuera de capacidad de extinción

Las zonas fuera de capacidad de extinción se han determinado a partir de los valores límite de comportamiento del fuego propuestos por COSTA et al. (2011)³, a partir de los cuales la extinción en ataque directo con línea de agua es ineficaz⁴:

- Cuando la velocidad de propagación del fuego, a causa del tipo de combustible, la topografía y el viento, es superior a la de despliegue y avance de los medios.
- Cuando la elevada **intensidad del fuego** (calor y longitud de llama) puede impedir que los medios trabajen en ataque directo.

³ COSTA, P., CASTELLNOU, M., LARRAÑAGA, A., MIRALLES, M. y KRAUS, D. 2011. La Prevención de los Grandes Incendios Forestales adaptada al Incendio Tipo. FIRE PARADOX. GRAF. Generalitat de Catalunya. Barcelona.

⁴ COSTA et al. (2011) establece los siguientes valores límite para los operativos de extinción actuales. Longitud de llama: > 3 m; velocidad de propagación: > 2km/h; Actividad de copas: > antorcheo.

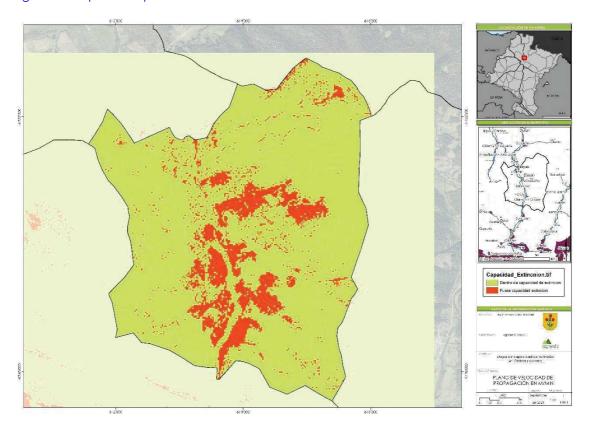
- Cuando la simultaneidad de incendios y la **aparición de focos secundarios** dificulta y ralentiza el trabajo de los medios a causa del incremento de frentes de avance del fuego.

Tabla 4 Características de fuego fuera de capacidad de extinción

Longitud de llama	>2,5 metros de longitud
Velocidad de propagación	>33 m/min (2km/h)
Actividad de copas	Antorcheo

Fuente: COSTA et al. (2011)

Figura 13 Mapa de capacidad de extinción



En la Figura 13 se muestra que la propagación por los campos de cultivo no se puede hacer un ataque directo, pero normalmente en estos casos se generan líneas de defensa con tractores retirando la parte vegetal y eliminando así el combustible. En esta figura también indica que las formaciones arbóreas cercanas a Garrues, Ezkaba Azoz, Eusa, Orrio, Cildoz y Sorauren, generarían una situación critica difícilmente abordable en un espacio temporal reducido.

5.2 Determinación de las áreas críticas

Con las áreas fuera de capacidad de extinción (CE), nos falta conocer las áreas críticas para poder combinarlas y obtener los puntos de gestión del combustible (PEG).

Las áreas críticas se obtienen de la combinación de los ejes de propagación de diferentes fuegos simulados a partir de puntos aleatorios de ignición y el estudio de los cruces entre ellos (nodos).

5.2.1 Ejes de propagación

Se han seleccionado 5 puntos de ignición aleatorios dentro de los límites del municipio de Olaibar. Se han simulado diferentes incendios sobre la información cartográfica de nuestro territorio, obteniendo los ejes de propagación de varios incendios simulados.

A través de la herramienta MTT (minimun travel time) implementada en FlamMap se han simulado los posibles ejes de propagación de un incendio desde cada uno de los puntos de ignición con tiempo ilimitado y con unas condiciones meteorológicas constantes, de forma que cada eje de propagación avanza de forma ilimitada buscando las zonas por donde prefiere desarrollarse, dividiendo el frente de incendio cuando las condiciones son propicias para ello en función del combustible y la topografía del lugar principalmente.

Si nos fijamos en las figuras de los recorridos de los incendios desde cada punto de ignición, nos daremos cuenta que los incendios simulados tienden a tener ejes de propagación similares ya que los incendios tienden a encontrar el camino que les resulta más adecuado en función de la topografía y del combustible disponible.

Clauritz <> Zigoritz

Anocibar <> Anotzibar

Candida

Can

Figura 14 Ejes de propagación punto Ignición 1

Figura 15 Ejes de propagación punto Ignición 2

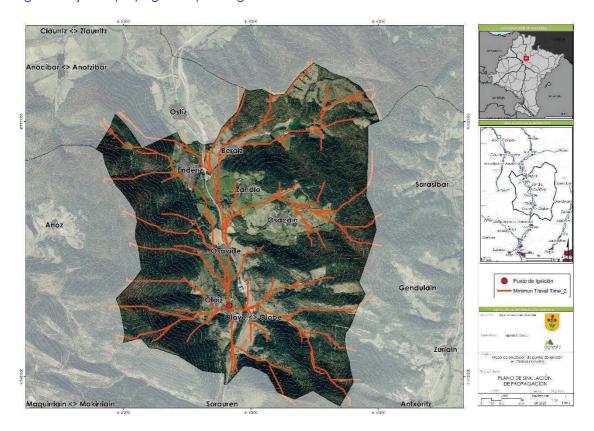


Figura 16 Ejes de propagación punto Ignición 3

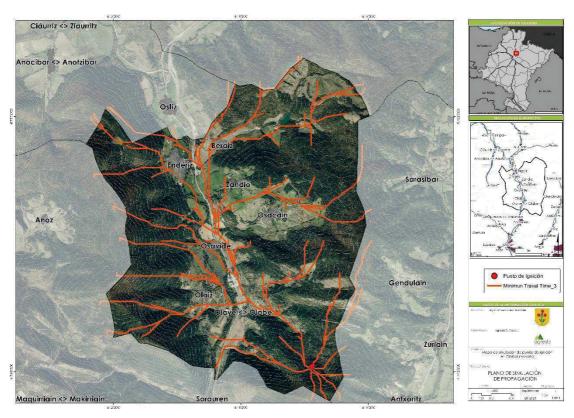


Figura 17 Ejes de propagación punto Ignición 4

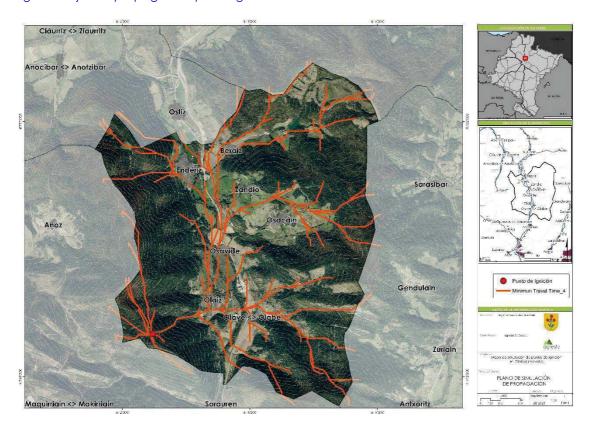
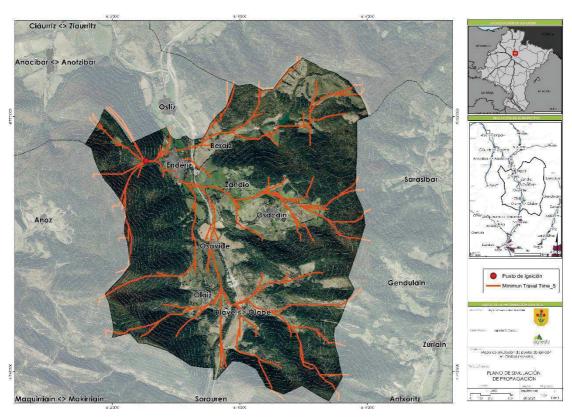


Figura 18 Ejes de propagación punto Ignición 5



De la combinación de los ejes de propagación se puede obtener las zonas en las que mas ejes se combinan y que pueden ser potencialmente peligrosos. Como se muestra en las figuras anteriores, casi todos los principales ejes de propagación discurren por los campos de cultivo.

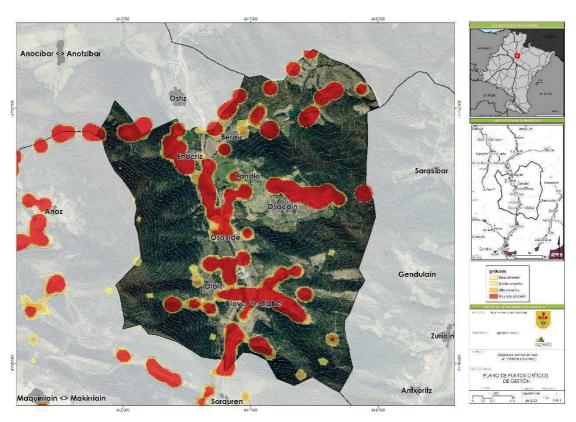
5.2.2 Puntos o áreas críticas

Los puntos críticos son las zonas que van a tener una mayor implicación en la propagación de incendios, ya que son las zonas donde un incendio tendría más posibilidades de dividir su cabeza debido a unas condiciones propicias en cuanto al combustible y la topografía.

A partir de los ejes de propagación, y en especial del cruce entre ellos, se han identificado las zonas donde más cruces se producen, es decir, las zonas donde independientemente del punto de ignición, un incendio podría alcanzar y además ser una zona propicia para que se divida en dos o más incendios. A los puntos con múltiples cruces los hemos llamado nodos o puntos de inflexión. Los nodos se pueden ponderar y priorizar en función del número de cruces que ocurran en ellos. Cuando en una zona convergen varios puntos de inflexión, esta zona se identifica como punto crítico.

A efectos de simulación, se han identificado como puntos de inflexión o nodos, aquellos donde existían más de 3 bifurcaciones de incendio. Una vez conocidos los nodos o puntos de inflexión más relevantes, se ha realizado un *análisis Kernel* de densidad de estos puntos en una superficie de 10 ha. Estableciendo un orden de prioridad de puntos críticos.

Figura 19 Mapa de puntos o áreas críticas



5.3 Zonas estratégicas de gestión del combustible (ZEG)

Como definición general, las Zonas Estratégicos de Gestión (ZEG's) son un conjunto de superficies ubicadas estratégicamente donde se reduce la carga y/o continuidad del combustible existente, con el objetivo de dificultar el avance de los incendios y crear o mejorar así las oportunidades de extinción. Para la localización de áreas potencialmente estratégicas, se ha empleado los siguientes criterios:

- Condiciones sinópticas y tipología de incendios.
- Áreas de oportunidad y puntos críticos (Figura 19).
- Ejes y nodos de propagación (Figura 14 a la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).
- Índices de riesgo, peligro, y potencial de GIFs.
- Afección a infraestructuras urbanas.

Los ZEG's se han diferenciado según el objetivo para el cual han sido diseñadas:

A. Puntos estratégicos de gestión (PEG's)

Son infraestructuras especialmente diseñadas para aprovechar las oportunidades para poder atacar el fuego.

- Objetivo: cambiar el comportamiento de la cabeza del incendio y el apoyo de maniobras de extinción (uso de fuego técnico).
- Localización: parte alta de las divisorias.
- Tipo de ataque: ataque indirecto.

B. Áreas cortafuegos estratégicas (ACE)

Áreas de baja carga que permiten limitar el avance del incendio y limitar su propagación especialmente en los flancos, permitiendo la actuación de los medios de extinción. Estas se localizan de forma general sobre los cambios de alineación.

- Objetivo: facilitar el ataque de flancos y cola del incendio, para la estabilización del perímetro y apoyo de maniobras de extinción.
- Localización: zonas de cambio de alineación.
- Tipo de ataque: ataque directo o paralelo.

C. Fajas auxiliares estratégicas (FAE)

Son infraestructuras apoyadas sobre infraestructuras viarias, libres de combustible hasta suelo mineral permitiendo el tránsito seguro de los medios, así como de apoyo para el ataque (directo, paralelo o indirecto) de flancos, conteniendo el perímetro del incendio. Estas pueden construirse también durante las operaciones de extinción con el uso de maquinaria pesada.

- Objetivo: facilitar el ataque de flancos y cola del incendio, para la estabilización del perímetro y apoyo de maniobras de extinción.
- Localización: apoyados en infraestructuras lineales (caminos, carreteras, etc.).
- Tipo de ataque: ataque directo o paralelo.

Tras una primera evaluación teórica en gabinete de los puntos o áreas críticas, junto con las zonas fuera de capacidad de extinción, combinadas con la topografía del terreno y la disposición de pistas e infraestructuras e infraestructuras van a permitir localizar posibles zonas estratégicas de gestión del combustible.

El objetivo de los tratamientos selvícolas en las Zonas Estratégicos de Gestión (ZEGs) es reducir la velocidad de propagación y minimizar la intensidad del frente de llama en esa zona, de forma que sea atacable por el dispositivo de extinción de incendios forestales. Un tratamiento de reducción de combustible forestal nunca funciona de manera autónoma, el incendio no se para al encontrar la zona de reducción de carga de combustible, sino que resulta necesaria una actuación para extinguir el incendio en este punto. Si la actuación de los medios de extinción no se produce, el fuego va a perder velocidad e intensidad, pero más tarde volverá a su normal propagación.

Hay que tener en cuenta que una Zona Estratégico de Gestión (ZEG) debe cumplir las siguientes características:

- Estar en una zona con especial incidencia e importancia en la dispersión del fuego: zonas con alta densidad de nodos, con especial atención a zonas especialmente peligrosas como nudos de barranco o crestas, que favorecen la propagación de los incendios topográficos, así como zonas donde existe un cambio de alineación del fuego.
- Zonas fuera de capacidad de extinción. En las zonas dentro de capacidad de extinción se mantendrá el modelo de combustible existente, y en las zonas fuera de capacidad de extinción se llevará la vegetación a un modelo de combustible que favorezca un comportamiento del fuego menos peligroso de forma que nos sitúe la zona dentro de la capacidad de extinción.
- Se recomienda que los puntos estratégicos estén siempre "anclados" a alguna zona con acceso desde carreteras, pistas o cortafuegos para el trabajo seguro del personal de los medios de extinción.
- Los puntos estratégicos deben estar en zonas accesibles para la extinción reuniendo condiciones seguras de trabajo.
- Las fajas auxiliares en pistas forestales son interesantes ya que pueden unir diferentes puntos estratégicos y facilitar el tránsito seguro de los equipos de extinción, así como el apoyo de maniobras de ataque.

.

Figura 20 Mapa de Zonas Estratégicas de Gestión en el entorno forestal

