



Investigaciones de pregrado sobre manejo del fuego

Marcos Pedro Ramos Rodríguez
Alfredo Jimenez González
René Gras Rodríguez
Sofía Ivonne Castro Ponce (Eds)

Investigaciones de pregrado sobre manejo del fuego

Marcos Pedro Ramos Rodríguez
Alfredo Jimenez González
René Gras Rodríguez
Sofía Ivonne Castro Ponce (Eds)

Primera edición: marzo 2018

Diseño de portada y diagramación:

Grupo Compás

Equipo Editorial

ISBN: 978-9942-770-59-2

Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total o parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de la misma por cualquiera de sus medios, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del copyright.



Investigaciones de pregrado sobre manejo del fuego

Editores

Marcos Pedro Ramos Rodríguez
Alfredo Jimenez González
René Gras Rodríguez
Sofía Ivonne Castro Ponce

Autores e instituciones por temas en orden de aparición en el texto

Heitor Renan Ferreira, Antonio Carlos Batista, Alexandre França Tetto
Universidade Federal de Paraná, Curitiba, Brasil

Carlos Padrón Díaz
Universidad de Pinar del Río, Pinar del Río, Cuba

Marcos Pedro Ramos Rodríguez
Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador

Juan Antonio Muñoz Navarro, Francisco Rodríguez y Silva, Juan Ramón Molina
Martínez
Universidad de Córdoba, Córdoba, España

Luis Andris López Castellanos, Edelmys Pérez Pereda
Universidad de Guantánamo, Guantánamo, Cuba

Yamisleidy Caso Hernández, Yulian Carrasco Rodríguez
Universidad de Pinar del Río, Pinar del Río, Cuba

Diocles Omar Albán Ventura, Marcos Pedro Ramos Rodríguez
Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador

Ana Isabel Gómez Cruz, Francisco Rodríguez y Silva, Juan Ramón Molina Martínez
Universidad de Córdoba, Córdoba, España

Sara Millán Gamarra, Rosa María Planelles González
Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España

Érika Silva Andrade, Alexandre França Tetto
Universidade Federal de Paraná, Curitiba, Brasil

Miguel Angel Fuentes Urrunaga, Sofía Ivonne Castro Ponce
Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador



Investigaciones de pregrado sobre manejo del fuego

Prólogo

El término manejo del fuego incluye todas las acciones que se lleven a cabo en un territorio con el fin de evitar la ocurrencia o disminuir los impactos en los ámbitos ecológico, económico y social de los incendios forestales, conocidos también en los últimos tiempos como incendios de vegetación o de la cobertura vegetal. Dichas acciones deben estar dirigidas al uso del fuego, la prevención y la extinción, los tres componentes básicos del manejo del fuego, a cuya efectividad contribuyen las investigaciones básicas y aplicadas que se desarrollan a nivel internacional tanto en institutos y centros de investigación como en las universidades, siendo significativo el aporte de estas últimas por la gran cantidad de conocimiento que producen, aporte importante para el desarrollo de los países, a la vez que les permite a cada una ocupar determinadas posiciones en los ranking de universidades.

Causas como el cambio climático o variabilidad climática, el aumento de la población y con ella sus necesidades de alimentación e infraestructura, el incremento de plantaciones monoespecíficas, muchas veces con especies tan inflamables como pueden ser los pinos y los eucaliptos y el uso ancestral del fuego en las actividades agrícolas y forestales, han provocado el aumento de las ocurrencias de incendios forestales y de las áreas quemadas por estos, tendencia que muy probablemente se mantenga en el futuro. Esta situación evidencia la importancia de desarrollar investigaciones en el área de los incendios forestales, tratando siempre de que se cierre el ciclo de este proceso con la publicación de los resultados, pues independientemente de lo modesto que los mismos puedan ser, siempre van a enriquecer el sustento teórico, científico y tecnológico de la ciencia del fuego.

En correspondencia con lo anterior y considerando que muchas veces los trabajos de investigación de pregrado no son publicados, este libro constituye un esfuerzo colectivo por rescatar algunos de ellos y ponerlos a consideración de estudiantes, docentes y profesionales vinculados al tema de los incendios forestales. El material tiene la característica de que puede ser utilizado como texto complementario tanto en pregrado como en postgrado, servir de guía para la realización de investigaciones similares en diferentes regiones a la vez que puede ser consultado por todas aquellas personas que se dediquen a tan apasionante, pertinente e interesante tema en Ecuador o en otros países. Poder cumplir con las expectativas de todos, sería nuestra máxima aspiración.

Los Editores

Acerca de este libro

El libro proporciona metodologías de investigaciones realizadas en diferentes contextos y desde la óptica de varias universidades, por lo que constituyen para los docentes que en pre y postgrado imparten el tema del manejo del fuego o de los incendios forestales, herramientas para desarrollar trabajos similares en otras regiones. A su vez, los resultados obtenidos en estas investigaciones pueden ayudar a la discusión de los que sean obtenidos en futuros trabajos. También los especialistas de la producción se nutren de nuevos conocimientos que seguramente van a contribuir a su desempeño profesional.

En sentido general puede decirse que los trabajos que en este texto se ponen a consideración de los lectores, constituyen ejemplos en el ámbito de la articulación de los procesos sustantivos de las universidades conocidos como docencia, investigación y vinculación con la colectividad.

Los lectores encontrarán diferentes formas de citación y referenciación de la bibliografía, toda vez que se ha respetado la norma utilizada por cada uno de los autores.

Organización flexible del material

Este libro ha sido dividido en cinco unidades temáticas: La UNIDAD 1 trata sobre las estadísticas de incendios forestales. En la UNIDAD 2 se presenta el comportamiento del fuego. La UNIDAD 3 se refiere a los combustibles forestales. La UNIDAD 4 muestra el tema de las quemaduras prescritas. Finalmente en la UNIDAD 5 se incluyen trabajos sobre prevención de incendios forestales.

Cobertura de los temas

Los temas se han organizado en dependencia de los contenidos que tratan. En cada caso su estructura responde a las exigencias de la universidad donde se ha realizado el trabajo. En el TEMA 1 se analizan las ocurrencias de incendios en vegetación para el municipio de Curitiba, Brasil, durante un período de cinco años (2011 a 2015), así como se verifica la eficiencia del índice de peligro de incendios Fórmula de Monte Alegre (FMA) observado para el período en cuestión. En el TEMA 2 se hace una evaluación del comportamiento histórico de los incendios forestales en la EFI "Minas de Matahambre", Cuba, del 2002 al 2011. El TEMA 3 constituye un diagnóstico y una caracterización de las masas arboladas de Villaviciosa de Córdoba (Córdoba, España) en relación a la potencialidad de ocurrencia de un evento de estas características. El TEMA 4 presenta una evaluación de las características del material combustible en la Reserva Ecológica Baitiquirí, Cuba, para disminuir la ocurrencia de propagación de incendios forestales. En el TEMA 5 se evalúa la influencia de las variables humedad, estrato y forma del combustible en la inflamabilidad de algunas especies vegetales asociadas a ecosistemas de pinares. En TEMA 6 muestra la planificación de una quema prescrita en una plantación de *Tectona grandis* (teca) en Jipijapa, Manabí, Ecuador. El TEMA 7 presenta la priorización de la interfaz urbano-forestal en la zona de mayor complejidad de la provincia de Córdoba, España, el núcleo de Santa María de Trasierra. En el TEMA 8 se valora una de las actividades practicada tradicionalmente en España enfocada hacia la prevención de incendios forestales donde un rebaño de ganado ovino se encarga de eliminar la biomasa de las áreas cortafuegos creadas en la Dehesa de Valdelatas. En el TEMA 9 se presenta la elaboración de la zonificación del riesgo de incendios forestales del Parque Estadual del Guartelá, Paraná, Brasil. En el TEMA 10 se determina el efecto negativo de los incendios forestales sobre la biodiversidad de las áreas periféricas de Jipijapa, Manabí, Ecuador.

Reconocimientos

A los 20 autores de este libro, procedentes de seis universidades de Brasil, España, Cuba y Ecuador, por haber aceptado participar en este proyecto.

A la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM) y su la Dirección de Investigación y posgrado (UNESUM), por incentivar y facilitar la publicación del libro.

Al personal del grupo COMPAS, quienes con su esfuerzo han hecho posible la producción de esta obra.

Los Editores

Agradecimientos

Manifestamos nuestro agradecimiento a los autores que confiaron en nosotros desde el primer momento enviando los trabajos que integran esta obra.

Al Dr. Julio Gabriel, investigador y catedrático boliviano, por contagiarnos con su entusiasmo acerca de la realización de este libro y orientarnos en cada momento.

A la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), Jipijapa, Ecuador, por facilitar la elaboración y publicación de este libro.

Los Editores

Dedicatoria

A nuestras esposas, hijos y demás familiares.

A todas las personas que de una forma u otra dedican parte de sus vidas a diferentes actividades relacionadas con el manejo del fuego.

Los Editores

Descargo de responsabilidad

El contenido de esta publicación no compromete el pensamiento de las instituciones a las cuales se encuentran adscritos sus autores, sobre quienes recae la responsabilidad absoluta de los temas tratados y la utilización adecuada de la bibliografía, la cual se presenta en este trabajo según las normas indicadas en cada institución.

ÍNDICE

Prólogo	iii
Acerca de este libro	iv
Organización flexible del material	iv
Cobertura de los temas	iv
Reconocimientos	v
Agradecimientos.....	v
Dedicatoria.....	v
Descargo de responsabilidad	v
UNIDAD 1	1
Tema 1	2
Análise das ocorrências de incêndios em vegetação, no período de 2011 a 2015, no município de Curitiba, Paraná	2
Tema 2	27
Comportamiento histórico de los incendios forestales en la Empresa Forestal Integral “Minas de Matahambre” del 2002 al 2011	27
UNIDAD 2	41
Tema 3	42
Diagnóstico y caracterización de los incendios de copa en las masas arboladas de la comarca forestal de Villaviciosa de Córdoba (Córdoba, España).....	42
UNIDAD 3	62
Tema 4	63
Evaluación de las características del material combustible en la Reserva Ecológica Baitiquirí en función de disminuir el peligro de ocurrencia de incendios	63
Tema 5	77
Influencia de las variables humedad, estrato y forma del combustible en la inflamabilidad de algunas especies vegetales asociadas a ecosistemas de pinares	77
UNIDAD 4	88
Tema 6	89
Planificación de una quema prescrita en una plantación de <i>Tectona grandis</i> Linn F.	89
UNIDAD 5	103
Tema 7	104
Plan de autoprotección contra incendios de carácter urbano-forestal de “Santa María de Trassierra” - Término Municipal de Córdoba	104



Tema 8	125
Prevenção de incendios mediante pastoreo controlado con ganado ovino en la Dehesa de Valdelatas (Comunidad Autónoma de Madrid).....	125
Tema 9	154
Zoneamento de risco de incêndios florestais para o Parque Estadual do Guartelá, Tibagi (PR)	154
Tema 10	165
Los incendios forestales y su incidencia en la biodiversidad de las áreas periféricas de la ciudad de Jipijapa	165



Inserido ao protocolo 15.587.147-4 por: HEITOR RENAN FERREIRA em: 07/02/2019 17:19.

Inserido ao Protocolo 18.759.833-8 por 1º Ten. Qopm Karyne Priscyla da Conceição em: 18/03/2022 11:38. Download realizado por Bryan Lee Tavares em 18/03/2022 14:10



UNIDAD 1

Estadísticas de incendios forestales

Para fazer um plano de prevenção, é preciso conhecer o perfil dos incêndios florestais, isto é, saber onde, quando e por que eles ocorrem. O conhecimento das estatísticas referentes aos incêndios florestais é, portanto, fundamental no seu controle. A falta de informações sobre os incêndios pode levar a dois extremos: gastos muito altos em proteção, acima do potencial de dano, ou gastos muito pequenos, colocando em risco a sobrevivência das florestas.

(Soares e Batista, 2007)

Tema 1
Análise das ocorrências de incêndios em vegetação, no período de 2011 a 2015, no município de Curitiba, Paraná

Heitor Renan Ferreira, Antonio Carlos Batista, Alexandre França Tetto

Resumo

A ocorrência de incêndios em vegetação quando próximo a rodovias, por exemplo, diminui consideravelmente a visibilidade dos motoristas, podendo assim ser responsável por graves acidentes. O objetivo deste trabalho foi analisar e espacializar as ocorrências de incêndios em vegetação para o município de Curitiba durante o período de cinco anos (2011 a 2015), bem como verificar a eficiência do índice de perigo de incêndios FMA observado para o período em questão. A base de dados utilizada pelo estudo para obtenção das ocorrências de incêndios em vegetação foi o Sistema de Registro e Estatística de Ocorrências (SysBM-CCB, versão 3.31), pertencente ao Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Paraná (2016). Para os dados meteorológicos, utilizou-se o Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), disponibilizado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), qual foram obtidos os dados relativos a precipitação (mm), insolação (horas), temperatura máxima (°C) e umidade relativa média (%), para o município de Curitiba. Análise dos dados referentes a incêndio em vegetação foi realizado através da frequência dos incêndios nos dias da semana, meses, anos e regiões administrativas do município de Curitiba, bem como a análise do horário do acionamento das viaturas para os respectivos atendimentos. Foram elaborados mapas de distribuição dos incêndios em vegetação nas regionais administrativas de Curitiba. Também foi analisado o índice de perigo de incêndio através da Fórmula de Monte Alegre proposta por Soares (1972). Os meses de julho a setembro compuseram a estação normal de perigo de incêndios nos anos de 2011 e 2015 para o município de Curitiba. Não houve diferença significativa entre os dias da semana. O período compreendido das 12 às 19 horas foi o de maior incidência de ocorrências de incêndio em vegetação. A regional do Boa Vista, localizada na região norte de Curitiba, foi a mais afetada pelos incêndios em vegetação, tanto em números absolutos como após o cálculo da densidade de incêndios. O índice de perigo de incêndios FMA apresentou boa eficiência na previsão de incêndios em vegetação, porém, necessita ser ajustado para maior homogeneidade das classes de perigo.

Resumen

La ocurrencia de incendios en vegetación cuando es cerca de carreteras, por ejemplo, disminuye considerablemente la visibilidad de los conductores, pudiendo así ser responsable de graves accidentes. El objetivo de este trabajo fue analizar y espacializar las ocurrencias de incendios en vegetación para el municipio de Curitiba durante un período de cinco años (2011 a 2015), así como verificar la eficiencia del índice de peligro de incendios FMA observado para el período en cuestión. La base de datos utilizada por el estudio para obtener las ocurrencias de incendios en vegetación fue el Sistema de Registro y Estadística de Ocurrencias (SysBM-CCB, versión 3.31), perteneciente al Cuerpo de Bomberos de la Policía Militar de Paraná (2016). Para los datos meteorológicos, se utilizó el Banco de Datos Meteorológicos para Enseñanza e Investigación (BDMEP), disponible por el Instituto Nacional de Meteorología (INMET), donde se obtuvieron los datos relativos a la precipitación (mm), la insolación

(horas), la temperatura máxima (°C) y la humedad relativa media (%), para el municipio de Curitiba. El análisis de los datos referentes a incendio en vegetación fue realizado a través de la frecuencia de los incendios en los días de la semana, meses, años y regiones administrativas del municipio de Curitiba, así como el análisis del horario del accionamiento de los vehículos para las respectivas atenciones. Se elaboraron mapas de distribución de los incendios en vegetación en las regionales administrativas de Curitiba. También se analizó el índice de peligro de incendio a través de la Fórmula de Monte Alegre propuesta por Soares (1972). Los meses de julio a septiembre componen la estación normal de peligro de incendios en los años 2011 y 2015 para el municipio de Curitiba. No hubo diferencia significativa entre los días de la semana. El período comprendido entre las 12 y las 19 horas fue el de mayor incidencia de ocurrencias de incendio en vegetación. La región de Boa Vista, ubicada en la región norte de Curitiba, fue la más afectada por los incendios en vegetación, tanto en números absolutos como después del cálculo de la densidad de incendios. El índice de peligro de incendios FMA presentó buena eficiencia en la previsión de incendios en vegetación, pero necesita ser ajustado para mayor homogeneidad de las clases de peligro.

Introdução

A ocorrência de incêndios em vegetação apresenta um grande risco quando ocorrida em ambientes não dependentes destes, principalmente em zonas urbanas e suas interfaces junto aos maciços florestais.

Trata-se de um problema ambiental, econômico e social. Na questão ambiental há grandes prejuízos a flora e a fauna; na questão econômica, além dos danos ao patrimônio, há um gasto de recursos materiais/humanos, sejam estes públicos ou privados, para prevenção/controlado dos incêndios; e na questão social, os incêndios podem trazer diversos prejuízos, de forma direta ou indireta, chegando ao ápice através da perda de vidas.

A ocorrência de incêndios em vegetação quando próximo a rodovias, por exemplo, diminui consideravelmente a visibilidade dos motoristas, podendo assim ser responsável por graves acidentes. Além disso, pelo fato do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Paraná ser o órgão responsável em atuar no controle de incêndios em vegetação no estado do Paraná, ao estar atendendo e realizando o combate de uma ocorrência deste evento, o recurso material (viatura) e humano (bombeiro militar) estará indisponível para atendimento de outras ocorrências que fazem parte da gama de serviços prestados pela corporação, ou seja, a ausência da ocorrência de incêndios em vegetação, além de promover uma economia aos cofres públicos, promove um ambiente melhor e uma maior segurança para a população.

A fim de se evitar a ocorrência dos incêndios se faz necessário a utilização de uma política preventivista, atuando na conscientização e na predição destes eventos.

Para isso, o estudo acerca da ocorrência de incêndios em vegetação torna-se de suma importância, pois através de dados estatísticos e aplicação de índices de perigo, pode-se haver uma caracterização e um planejamento eficiente, objetivando um cenário onde a aplicação de recursos não será menor que o necessário a ponto de colocar em risco o ambiente, bem como não será a mais do que o necessário, inviabilizando economicamente, encontrando assim um ponto de equilíbrio.

O conhecimento dos períodos de maior ocorrência, sejam estes através das horas do dia, dias da semana e meses do ano, trazem uma importante perspectiva de normalidade de ocorrência de incêndios em vegetação, servindo assim de auxílio para tomada de decisões.

A espacialização da ocorrência dos incêndios também apresenta ser de grande importância, pois desse modo a destinação de recursos para uma política de prevenção e de controle, poderá ser melhor aplicada nas áreas mais prioritárias.

Ainda, com a classificação do grau de perigo de incêndio diário, poderá haver a ativação ou desativação de recursos extras, garantindo assim maior eficiência no processo.

El objetivo geral do estudo foi analisar e espacializar as ocorrências de incêndios em vegetação para o município de Curitiba durante o período de cinco anos (2011 a 2015), bem como verificar a eficiência do índice de perigo de incêndios FMA observado para o período em questão.

Objetivos específicos

- Levantamento, classificação e análise dos Registros Gerais de Ocorrências (RGOs) referentes a “incêndio ambiental” do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Paraná, no município de Curitiba, entre os anos de 2011 e 2015;
- Determinação do número, espacialização e distribuição das ocorrências de incêndio em vegetação através dos horários de início do evento, dias da semana, meses e anos;
- Avaliação da efetividade da Fórmula de Monte Alegre na previsão do perigo de incêndio para o município de Curitiba.

Material e métodos

Área de estudo

A área de estudo compreende o município de Curitiba, qual se localiza na região sul do Brasil, sendo a capital do estado do Paraná (FIGURA 1). Possui como coordenadas uma latitude de 25° 25' 41" S e uma longitude de 49° 16' 23" O, apresentando uma área de 435,036 km² (IBGE, 2016).

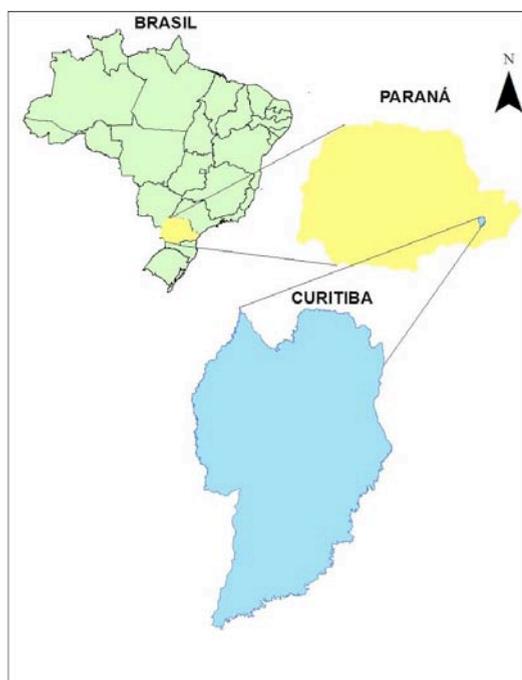


Figura 1: Localização do estado do Paraná e do município de Curitiba
Fonte: IPPUC (2015); ITCG (2016); NEREUS (2016), elaborado pelo autor (2016)

Ao todo há nove unidades administrativas ou regionais que englobam 75 bairros, sendo elas: Bairro Novo, Boa Vista, Boqueirão, Cajuru, Cidade Industrial de Curitiba (CIC), Matriz, Portão, Pinheirinho e Santa Felicidade (FIGURA 2), totalizando uma população estimada em 1.893.997 habitantes (AGÊNCIA CURITIBA DE DESENVOLVIMENTO S.A., 2015).

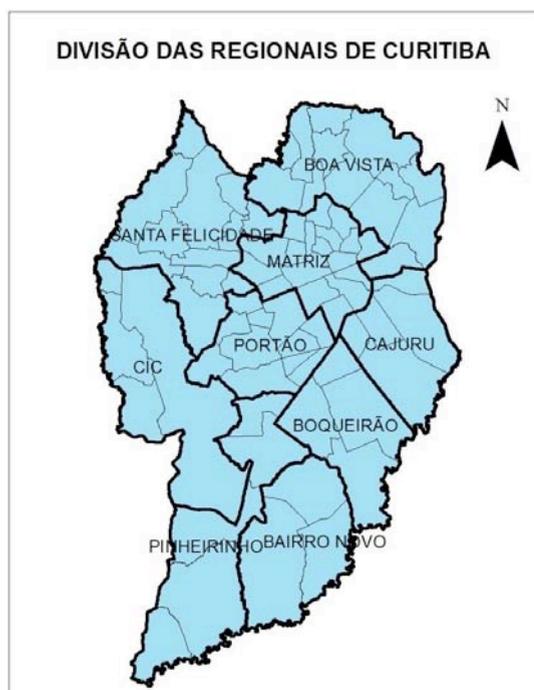


Figura 2: Divisão das regionais de Curitiba
 Fonte: IPPUC (2015), elaborado pelo autor (2016)

De acordo com Fanini (2008), Curitiba possui um relevo levemente ondulado, possuindo como altitude média 934,6 m acima do nível do mar, variando entre os valores mínimo e máximo de aproximados 900 a 1.000 metros. O município localiza-se em região de clima Tipo Cfb, (clima temperado ou subtropical) úmido, sem estação seca, com verões frescos e invernos com geadas frequentes e ocasionais precipitações de neve, apresentando temperaturas médias de 22°C no verão e 10°C no inverno, e de acordo com Curitiba (2016), possui uma precipitação média anual de 1.413 mm.

De acordo com Maack (2012), o município de Curitiba está inserido na região fitogeográfica limítrofe de Campo com Mata de Araucária (Floresta Ombrófila Mista), compondo o Bioma Mata Atlântica.

Após uma consistência dos dados divulgados pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC) (2014), Monteiro (2015) verificou que o município possui 1.090 áreas verdes, sendo distribuída em: 15 bosques, 21 eixos de animação, 2 jardins ambientais, 470 jardinetes, 56 largos, 30 núcleos ambientais, 24 parques, 455 praças e 15 RPPNMs.

De acordo com Curitiba (2016), a cidade apresenta 77.786.020,60 m² de maciços florestais, dos quais 11.011.134,00 m² são constituídos por 33 Unidades de Conservação - Parques Públicos, oferecendo aproximadamente 51,5 m² por habitante, além de possuir aproximadamente 300 mil árvores de rua.

Monteiro (2015), ao realizar seu estudo de caracterização das áreas verdes no município de Curitiba, chegou as proporções por regionais apresentadas na tabela 1 e figura 3.

Tabela 1
Regionais do município de Curitiba de acordo com a ocupação da área

Regional	Áreas (ha)		
	Sem vegetação	Com vegetação	Área total
Bairro Novo	1.912,14	2.588,67	4.500,80
Boa Vista	3.471,08	2.776,38	6.247,46
Boqueirão	2.670,07	1.308,75	3.978,82
Cajuru	2.463,64	1.103,89	3.567,53
Cidade Industrial	3.044,41	2.953,93	5.998,35
Matriz	2.586,21	1.007,77	3.593,97
Pinheirinho	2.792,50	2.871,21	5.663,70
Portão	2.480,29	903,19	3.383,49
Santa Lelicidade	3.050,14	3.468,83	6.518,97
Total	24.470,47	18.982,61	43.453,09

Fonte: Monteiro (2015), elaborada pelo autor (2016).

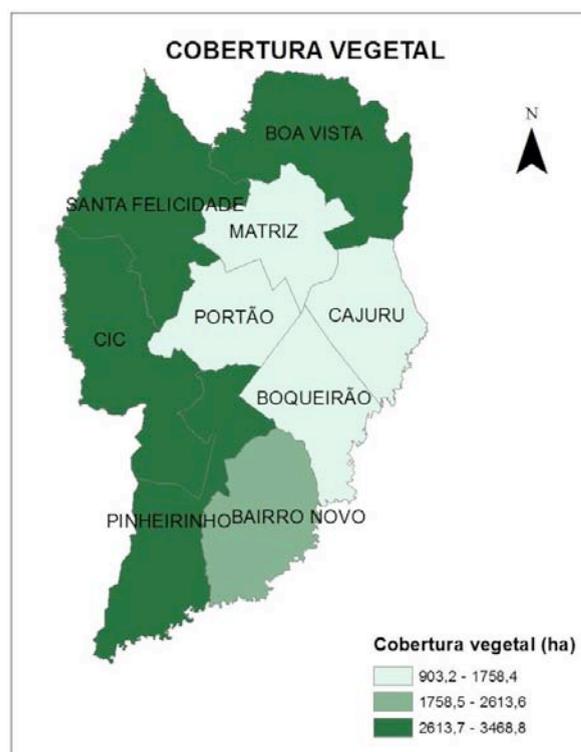


Figura 3: Cobertura vegetal de acordo com as regionais do município de Curitiba
Fonte: IPPUC (2015); Monteiro (2015), elaborado pelo autor (2016).

Processamento dos dados

A base de dados utilizada pelo estudo para obtenção das ocorrências de incêndios em vegetação foi o Sistema de Registro e Estatística de Ocorrências (SysBM-CCB, versão 3.31), pertencente ao Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Paraná (2016).

Nas ocorrências atendidas pela referida instituição, é realizado o preenchimento de forma manuscrita do formulário de Registro Geral de Ocorrência (RGO), sendo posteriormente, após retorno da guarnição ao Posto de Bombeiro (PB), repassado as informações contidas no formulário para o sistema de registro, pelos próprios bombeiros militares.

O RGO baseia-se em um formulário que contém informações como:

- Data
- Viatura empregada

- Endereço
- Natureza da ocorrência
- Horário de acionamento
- Horário de saída da viatura do Posto de Bombeiro
- Horário de chegada da viatura ao local
- Horário da saída da viatura do local
- Descritivo da situação no local
- Tipo de material atingido
- Presença de vítimas
- Entre outros.

As ocorrências que envolvem incêndio em vegetação são classificadas pela instituição como “incêndio ambiental”, porém esta mesma classificação é utilizada para outros tipos de incêndio, como por exemplo, incêndio em entulhos.

O acesso as informações gerais das ocorrências de “incêndio ambiental” são abertas ao público mediante website disponibilizado na página do Corpo de Bombeiros - Cascavel, porém informações detalhadas como o descritivo da situação no local, podem ser acessadas somente mediante usuário e senha disponibilizado pelo Corpo de Bombeiros ao seu efetivo.

Para a realização deste estudo foi solicitado e deferida a autorização do uso do usuário e senha pessoal, para utilização dos dados referentes a classificação de “incêndio ambiental”, no município de Curitiba, entre os anos de 2011 e 2015.

Realizou-se então a leitura/análise de cada ocorrência registrada entre o período em questão, objetivando a realização de uma consistência das ocorrências referentes a incêndio em vegetação e as ocorrências referentes a outros tipos de incêndios.

Nesta classificação utilizou-se o software Excel (Microsoft Office, versão 2007) através da tabulação, padronização e armazenamento dos dados relativos a cada ocorrência confirmada como incêndio em vegetação, montando assim um novo banco de dados para o estudo em questão.

Quanto aos dados meteorológicos, utilizou-se o Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), disponibilizado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), qual foram obtidos os dados relativos a precipitação (mm), insolação (horas), temperatura máxima (°C) e umidade relativa média (%), para o município de Curitiba, entre o período de 2011 a 2015, através da estação meteorológica de código 83842, localizada nas coordenadas latitudinais de 25° 25' 59.9" S e longitudinais de 49° 16' 0.0" O, e em uma altitude de 923,5 m (INMET, 2016).

Análise dos dados

Procedeu-se então a análise dos dados referentes a incêndio em vegetação no período de 2011 a 2015, através da frequência dos incêndios nos dias da semana, meses, anos e regiões administrativas do município de Curitiba, bem como a análise do horário do acionamento das viaturas para os respectivos atendimentos.

Com a frequência dos incêndios em cada regional do município de Curitiba, realizou-se a divisão entre o número de incêndios e a área verde presente na respectiva regional, baseando-se nas totalidades de áreas verdes encontradas por Monteiro (2015), objetivando posterior comparação entre as regiões administrativas. Tal variável foi utilizada por Rodriguez e Menzonet (2004) e Tetto (2012), denominada como densidade de incêndio (DI), qual expressa o número médio de incêndios ocorridos em um período analisado por 1.000 ha de área de cobertura vegetal.

Realizou-se ainda a determinação, corroborando com estudos realizados por Rodriguez e Menzonet (2004) e Tetto (2012), da porcentagem do número de dias de cada mês nos quais

ocorreram incêndios, pois ainda de acordo com Tetto (2012), possibilita a diferenciação dos meses que possuem um maior número de dias com ocorrência do que outros que não possuem. Foram elaborados mapas de distribuição dos incêndios em vegetação nas regionais administrativas de Curitiba mediante utilização do software ArcGis (ESRI, versão 10.4.1).

Aplicou-se o Teste de Bartlett para verificar a hipótese de homogeneidade das amostras, para então ser realizada análise de variância (95% de probabilidade) com base em um delineamento inteiramente casualizado de fator único.

Quando a hipótese foi rejeitada, se realizou a transformação de dados para \sqrt{x} , de acordo com Soares (1982b), e assim testado novamente, objetivando a homogeneização dos dados.

Após confirmada a homogeneidade, procedeu-se a análise de variância para a distribuição da frequência e dos horários das ocorrências de incêndios de acordo com os dias da semana, meses, anos e regional administrativa, sendo considerado o horário da ocorrência, os dias da semana, meses e regionais administrativas como tratamento, e os anos como repetições.

Nos casos em que a análise de variância apresentou diferença significativa entre os tratamentos, comparou-se a média mediante o teste SNK (STUDENT-NEWMAN-KEULS), também com uma probabilidade de 95%.

Todos os testes estatísticos foram obtidos mediante utilização do software Excel (Microsoft Office, versão 2007) e do software Assistat (UFCG, versão 7.7).

Índice de perigo de incêndio

Foi utilizado o índice de perigo de incêndio através da Fórmula de Monte Alegre proposta por Soares (1972), qual utiliza diretamente a umidade relativa do ar medida às 13 horas e como um fator restritivo o cumulativo da precipitação pluviométrica. Apresenta a seguinte equação

$$FMA = \sum_{i=1}^n \left(\frac{100}{Hi} \right)$$

Onde:

FMA = Fórmula de Monte Alegre; Hi = umidade relativa do ar (%), medida às 13 horas; n = número de “i” dias sem chuva maior ou igual a 13,0 mm

Realizou-se uma adaptação na fórmula para o estudo acerca da umidade relativa utilizada, visto que o BDMEP do INMET disponibiliza para períodos maiores que os últimos 365 dias, apenas a umidade relativa observada no horário das 12 horas, utilizando-a então como referência neste estudo, alterando a fórmula.

Onde: Hi = umidade relativa do ar (%), medida às 12 horas

Apresenta como restrição ao somatório da FMA com base na precipitação pluviométrica do dia (TABELA 2).

Tabela 2

Restrições à somatória da FMA, de acordo com a precipitação do dia

Chuva do dia (mm)	Modificação do cálculo
$\leq 2,4$	Nenhuma
2,5 a 4,9	Abater 30% da FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
5,0 a 9,9	Abater 60% da FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
10,0 a 12,9	Abater 80% da FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
$> 12,9$	Interromper o cálculo (FMA = 0) e recomençar a somatória no dia seguinte.

Fonte: Soares (1972), elaborada pelo autor (2016).

A Tabela 3 apresenta a escala utilizada para interpretação do grau de perigo estimado pela FMA.

Tabela 3

Escala de perigo da fórmula de monte alegre

Valor de FMA	Grau de perigo
$\leq 1,0$	Nulo
1,1 a 3,0	Pequeno
3,1 a 8,0	Médio
8,1 a 20,0	Alto
$> 20,0$	Muito alto

Fonte: Soares (1972), elaborada pelo autor (2016).

Para cada dia do período analisado foi verificado o grau de perigo de incêndio de acordo com a FMA. A verificação da eficiência da FMA para previsão do perigo de incêndios foi feita mediante uma tabela de contingência para obtenção do *skill score* (SS) e da porcentagem de sucesso (PS), que de acordo com Sampaio (1999) baseia-se nos casos previstos e Nos casos observados (incêndio e não incêndio), comparados com os valores observados e os valores previstos do mesmo evento na mesma população.

Ainda de acordo com Sampaio (1999), e também Tetto (2012), Nunes (2005) e Kovalskyki (2016), para o cálculo da tabela de contingência foi considerado os índices nulo e pequeno como não indicação de perigo da ocorrência de incêndios, e os índices médio, alto e muito alto como indicação de perigo da ocorrência de incêndios. Nas Tabelas 4 e 5 é apresentada as tabelas de contingência utilizadas para o cálculo do *skill score*.

Tabela 4

Tabela de contingência

Evento	Observado		Total previsto
	Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	a	$N2 = a + b$
	Não incêndio	c	$N4 = c + d$
Total observado		$N1 = a + c$	$N3 = b + d$
		$N = a + b + c + d$	

Fonte: Sampaio (1999), elaborada pelo autor (2016).

Tabela 5

Cálculos da tabela de contingência

Evento	Observado		Total previsto	
	Incêndio	Não incêndio		
Previsto	Incêndio	$a / (a + c)$	$b / (b + d)$	1
	Não incêndio	$c / (a + c)$	$d / (b + d)$	1
Total observado		1	1	2

Fonte: Sampaio (1999), elaborada pelo autor (2016).

Tem como variáveis:

N: número total de observações ($N = a + b + c + d$)

G: número de acertos na previsão ($G = a + d$)

H: número de acertos esperado [$H = N \cdot (1 - p) \cdot (1 - q) + N \cdot p \cdot q$]

Onde:

$p = N1 / N$

$$q = N2 / N$$

$$SS \text{ (skill score)} = (G - H) / (N - H)$$

$$PS \text{ (porcentagem de sucesso)} = G / N$$

Quanto maior o valor de *skill score* e de porcentagem de sucesso obtidos, melhor é o desempenho da fórmula para o local e período testado.

Resultados e discussão

Análise dos registros de ocorrências de incêndios

Foram analisadas ao todo 2.229 ocorrências classificadas como “incêndio ambiental” das quais 1.255 (56,3% do total) foram confirmadas como incêndio em vegetação e as 974 (43,7% do total) restantes correspondendo a outros tipos de incêndios e/ou que apresentavam poucas informações que inviabilizaram sua classificação, sendo, portanto, descartadas da análise. A Tabela 6 apresenta a consistência dos dados para análise neste estudo.

Tabela 6
 Consistência dos dados utilizada no estudo

Mês	Incêndio em vegetação	%	Outros tipos de incêndio	%	Total de ocorrências
Janeiro	76	48,1	82	51,9	158
Fevereiro	60	44,8	74	55,2	134
Março	87	54,0	74	46,0	161
Abril	94	50,5	92	49,5	186
Mai	96	54,5	80	45,5	176
Junho	80	48,8	84	51,2	164
Julho	138	63,9	78	36,1	216
Agosto	317	71,4	127	28,6	444
Setembro	149	58,9	104	41,1	253
Outubro	65	54,6	54	45,4	119
Novembro	47	44,3	59	55,7	106
Dezembro	46	41,1	66	58,9	112
TOTAL	1255	-	974	-	2229
MÉDIA	-	56,3	-	43,7	-

Fonte: SysBM-CCB (2016), elaborada pelo autor (2016).

A consistência dos dados, realizada através da análise individual de cada ocorrência, apresentou um valor semelhante aos encontrados por Ferreira e Tetto (2013), que utilizaram como base de dados o SysBM-CCB e que após uma consistência baseada em uma análise geral das ocorrências de “incêndio ambiental” no Estado do Paraná em 2012, consideraram 56,5% (5.106 RGOs) do total de 9.032 ocorrências como incêndios em vegetação. Kovalsyki *et al.* (2014), também ao utilizarem a mesma base de dados e ao realizarem uma consistência geral para o município de Ponta Grossa no período de 2006 a 2013, constataram um aproveitamento de 1.596 ocorrências (50,2% do total) de incêndios em vegetação.

Lorenzetto (2012), ao classificar de forma geral as ocorrências do período de 2007 a 2010 para o Estado do Paraná, usando também a base de dados do SysBM-CCB, descartou os RGOs que não constavam com a indicação da área queimada, sendo, portanto, aproveitados do total de 40.479, apenas 27.600 ocorrências (68,18%) com o restante (12.879) das ocorrências (31,82%) descartadas.

Das 1.255 ocorrências de incêndio em vegetação para o período em questão deste estudo, verificou-se que em 1.074 (85,6%) destas houve intervenção da guarnição do Corpo de Bombeiros, enquanto em 181 ocorrências (14,4%) não pelo fato de ao chegar no local a equipe

ter constatado que existiu de fato um incêndio em vegetação, porém ocorreu auto extinção ou o fogo foi combatido por terceiros.

Distribuição das ocorrências de incêndios em vegetação

A Figura 4 apresenta o total de ocorrências de incêndios em vegetação para cada ano e a média encontrada no período.

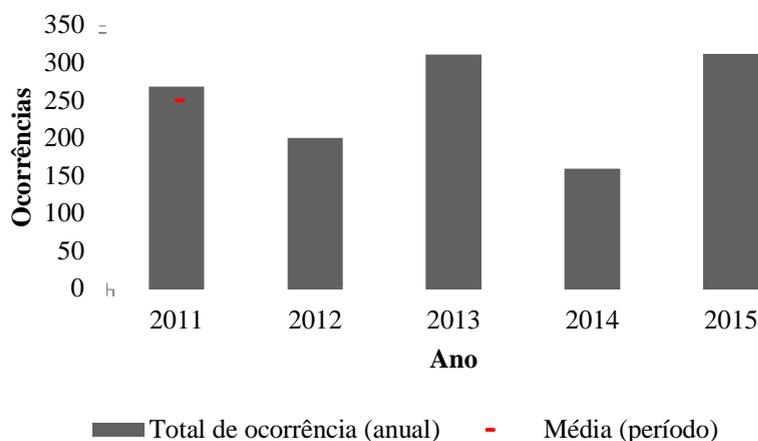


Figura 4: Distribuição das ocorrências de incêndio em vegetação e a média no período
 Fonte: SysBM-CCB (2016), elaborado pelo autor (2016).

Observa-se que os anos de 2011 (269 ocorrências), 2013 (312 ocorrências) e 2015 (313 ocorrências) apresentaram um total de ocorrências de incêndio em vegetação superior à média do período (251 ocorrências), enquanto os anos de 2012 (201 ocorrências) e 2014 (160 ocorrências), apresentaram um valor abaixo da média do período.

Foi verificado se houve influência do fenômeno climático El Niño e do La Niña, visto que alteram os regimes de chuva quando presentes, porém de acordo com o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) pertencente ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (2016), no período analisado somente no final do ano de 2015 foi verificado a presença do El Niño, assim não se relacionando com as variações verificadas em cada ano.

Procurou-se uma justificativa para um maior número de incêndios em determinados anos perante outros anos, comparando com os dados meteorológicos anuais como: precipitação total, insolação total, umidade relativa do ar média e temperatura máxima média, porém os resultados obtidos não sugeriram nenhuma relação com os dados meteorológicos anuais e a totalidade do número de incêndios anuais.

Observou-se também que houve certa periodicidade na distribuição do número total de incêndios, sendo necessário um estudo para verificar a hipótese da possibilidade de que houve maior número de incêndios nos anos ímpares do período por possuir um maior acúmulo de material combustível, e nos anos pares do período, a carga de material combustível pode ter sido menor devido à extinção do mesmo no ano anterior.

A Tabela 7 apresenta a distribuição dos incêndios de acordo com os meses de cada ano do período analisado.

Tabela 7

Distribuição dos incêndios de acordo com os meses de cada ano do período analisado

Mês	Nº de ocorrências					Total	Média
	2011	2012	2013	2014	2015		
Janeiro	3	10	24	21	18	76	15,2
Fevereiro	3	15	10	29	3	60	12,0
Março	6	36	14	6	25	87	17,4
Abril	17	12	27	5	33	94	18,8
Maio	31	4	33	11	17	96	19,2
Junho	30	3	3	2	42	80	16,0
Julho	74	7	32	10	15	138	27,6
Agosto	31	29	112	30	115	317	63,4
Setembro	33	42	36	12	26	149	29,8
Outubro	11	19	9	20	6	65	13,0
Novembro	12	20	4	9	2	47	9,4
Dezembro	18	4	8	5	11	46	9,2
Total	269	201	312	160	313	1255	-

Fonte: SysBM-CCB (2016), elaborado pelo autor (2016).

Ao se analisar a normalidade dos dados, verificou-se a necessidade da transformação para \sqrt{x} do número de ocorrências médios de cada mês em cada ano do período analisado, para posterior aplicação do Teste de Bartlett. Ao se aplicar o Teste de Bartlett, a hipótese de que as variâncias são homogêneas não foi rejeitada ao nível de 5% de significância ($p > 0,05$).

Procedeu-se então a aplicação da análise de variância (ANOVA), observando-se diferença significativa entre as médias ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Ao se verificar diferença significativa entre os meses, realizou-se o teste SNK, observando-se que o mês de agosto difere estatisticamente dos demais ao nível de 5% de probabilidade, apresentando uma frequência relativa de 25,3%.

Embora as médias dos meses de julho e de setembro não tenham apresentado diferença estatisticamente significativa perante os demais, observou-se que apresentaram uma frequência relativa de 11 e 11,9% respectivamente, as quais somando com o mês de agosto responderam por 48,1% da média do período (aproximadamente 121 ocorrências), caracterizando-se assim como a estação de perigo de incêndios do município de Curitiba.

A Figura 5 apresenta a distribuição das médias do número de ocorrências e o período do ano de maior risco de incêndios.

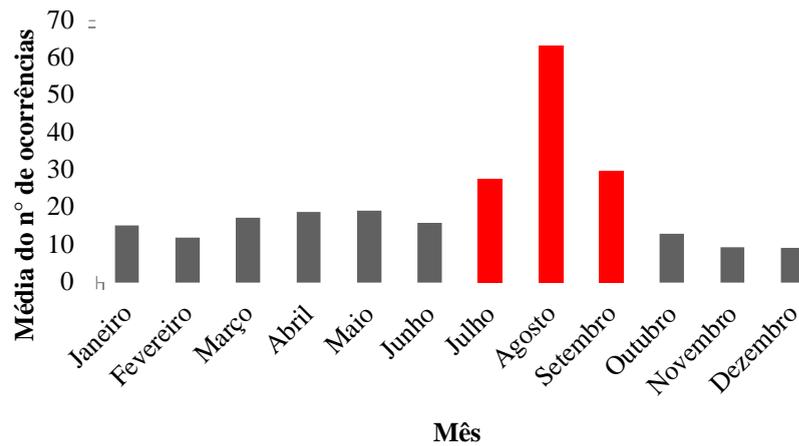


Figura 5: médias mensais do número de ocorrências no período de estudo e a classificação da estação de perigo de incêndios

Fonte: SysBM-CCB (2016), elaborado pelo autor (2016).

Soares (2009), analisando as ocorrências de incêndios florestais no Brasil nos anos de 1983 a 1987, de 1994 a 1997 e 1998 a 2002, definiu a estação de incêndios no Brasil se estendendo de junho a novembro, verificando que nesta época do ano ocorreram 80,4, 85,2 e 71,2% do total de ocorrências nos três períodos, respectivamente.

Vosgerau (2005), ao realizar a análise dos incêndios florestais atendidos pelo Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Paraná, dos anos de 1991 a 2001, observou que a estação normal de perigo de incêndios se situou dos meses de junho a agosto para o período (53,18% do total de ocorrências), sendo agosto o mês mais afetado, com 24,47% do total de ocorrências. Tetto (2012), em seu estudo na região Telêmaco Borba, Paraná, observou dos anos de 1965 a 2009 uma maior incidência de incêndios florestais nos meses de julho a setembro, totalizando 47,6% de ocorrências do período.

Outros estudos como os de Tetto, Batista e Soares (2012), Ferreira, Tetto e Batista (2012) e Ferreira e Tetto (2013) também corroboram a definição de que os meses de julho a setembro representam o período crítico de incêndios em vegetação no Paraná.

Em estudo realizado por Kovalsyki (2016), na região de Ponta Grossa, PR, foi observado uma maior incidência do número de ocorrências de incêndios em vegetação no inverno, que corresponde ao período de junho a setembro, no qual se verificou 49,4% do total de ocorrências. Com isso, verifica-se que a estação de perigo de incêndios observada no respectivo estudo corrobora com diversos estudos realizados em nível nacional e estadual. Tal resultado ocorreu principalmente pelo fato de que no período analisado os meses de julho a agosto apresentaram uma baixa média pluviométrica, uma baixa média da umidade relativa do ar e uma alta incidência de exposição solar, conforme apresentam os Figuras 6, 7 e 8.

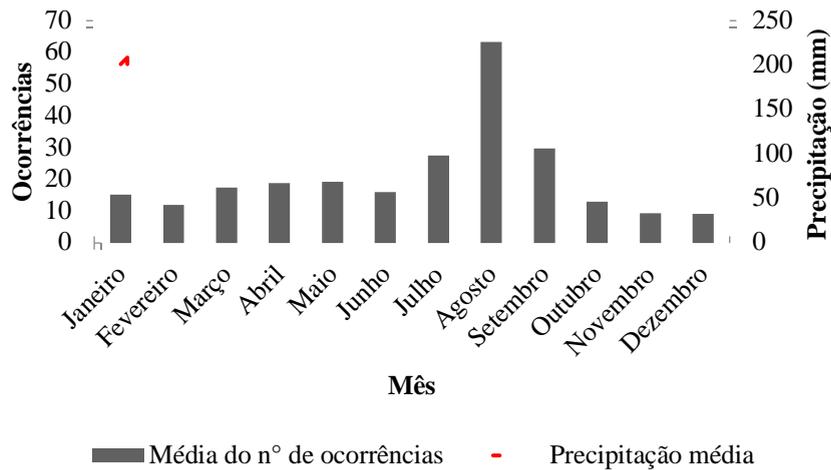


Figura 6: Distribuição do número médio de ocorrências e da precipitação média mensal no período
 Fonte: SysBM-CCB (2016) e INMET (2016), elaborado pelo autor (2016).

Os meses que apresentaram menor média de precipitação pluviométrica se assemelham com os estudos realizados por Vosgerau (2005) para o Estado do Paraná e Tetto (2012) para o município de Telêmaco Borba, PR, que observaram que julho e agosto são os meses com menor precipitação pluviométrica.

Ao se realizar a Correlação de Pearson para a média do número de ocorrências no período e a média de precipitação mensal do período, obteve-se um resultado de $-0,5551$, apresentando uma moderada correlação inversa entre o valor médio de precipitação mensal e o número médio de ocorrência de incêndios em vegetação, isto é, quanto menor a precipitação, maior a ocorrência de incêndios, corroborando com o estudo realizado por Torres *et al.* (2008) para o município de Juiz de Fora, MG, que obtiveram uma correlação linear de Pearson de $-0,7177$ e também com o estudo de Tetto, Batista e Soares (2012), que obtiveram uma correlação de $-0,77$.

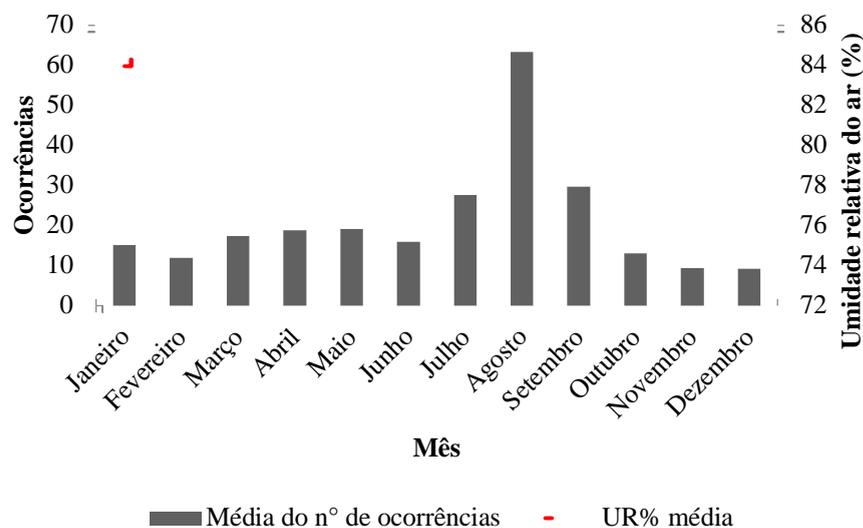


Figura 7: Distribuição do número médio de ocorrências e da umidade relativa média mensal no período
 Fonte: SysBM-CCB (2016) e INMET (2016), elaborado pelo autor (2016).

Ao realizar a mesma correlação entre a média do número de ocorrências no período e a média de umidade relativa mensal, obteve-se uma correlação fraca, com o resultado de $-0,4228$,

porém, bem evidente ao se apresentar o mês de agosto com a maior média do número de incêndios, justamente quando houve a menor umidade relativa média no período (76,3 UR%). Na correlação entre a média do número de ocorrências nos meses do período e a média da insolação total de cada mês, obteve-se uma forte correlação, com o valor de 0,7073, ou seja, quanto maior a exposição solar, maior foi o número de ocorrências, sendo o mês de agosto mais uma vez, que apresentou o maior número médio de ocorrências e também o maior valor médio do total de exposição solar para o período.

Torres *et al.* (2008) encontraram uma correlação linear de Pearson forte entre o número de ocorrências e a insolação solar em seu estudo referente às ocorrências de incêndio em vegetação no município de Juiz de Fora, MG. Ainda, de acordo com os mesmos autores, a intensidade da insolação relaciona-se com a umidade do ar, pois quando mais seco o ar, menor será a quantidade de nuvens formadas, aumentando a incidência dos raios solares.

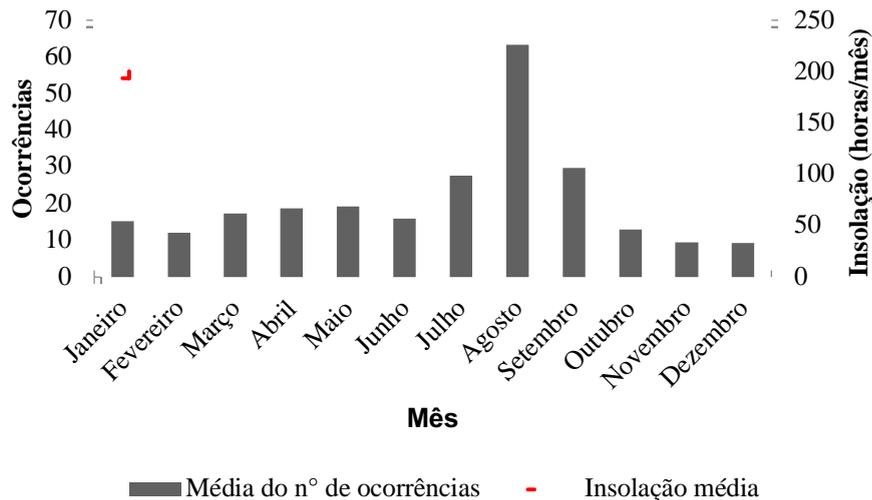


Figura 8: Distribuição do número médio de ocorrências e da exposição solar média mensal no período
 Fonte: SysBM-CCB (2016) e INMET (2016), elaborado pelo autor (2016).

Ao se distribuir o número médio de ocorrências de incêndio em vegetação no período, com a média do número de dias sem chuva para o período obteve-se uma forte correlação linear de Pearson, com o valor de 0,7785, que indica que quanto mais dias sem chuvas, maior foi o número de incêndios em vegetação. A Figura 9 apresenta o resultado obtido.

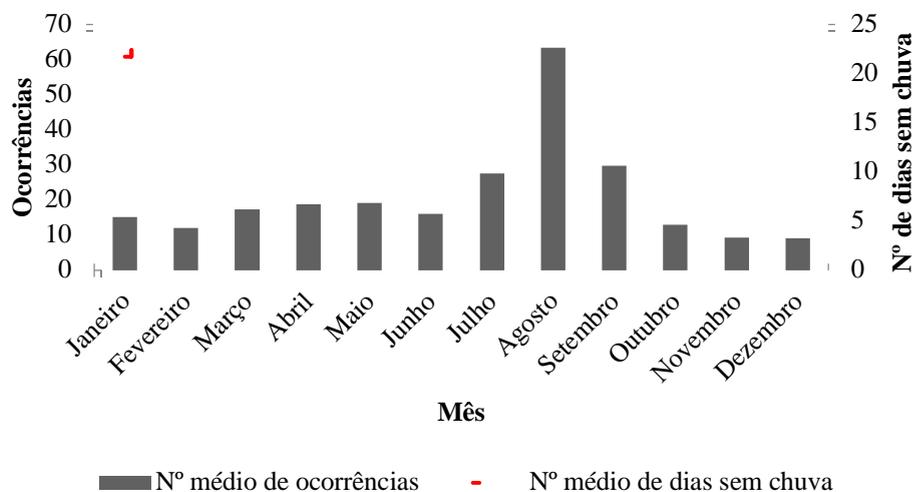


Figura 9: Distribuição do número médio de ocorrências e número médio de dias mensais sem chuva no período
 Fonte: SysBM-CCB (2016) e INMET (2016), elaborado pelo autor (2016).

Observou-se que o mês de agosto foi o mês em que o número médio de dias sem chuva foi maior, corroborando com a menor precipitação média. Além disso, o período da estação de perigo de incêndios definido no estudo corrobora com Zaicovski *et al.* (2000), que destacam que nos meses de junho e julho há uma probabilidade de 50% de ocorrer uma ou mais geadas por mês para a região de Curitiba, o que deixa o material combustível mais seco devido a mortalidade de parte da vegetação pela ocorrência de geadas, assim mais suscetível a propagação de incêndios.

De acordo com Soares e Batista (2007), os principais fatores que controlam a umidade do material combustível são a chuva, a umidade relativa do ar e a temperatura, tendo o vento e a radiação solar também como fatores importantes na secagem do material.

A Figura 10 apresenta a distribuição do número médio de ocorrências e também da média de número de dias que tiveram ocorrências, por mês, no período do estudo.

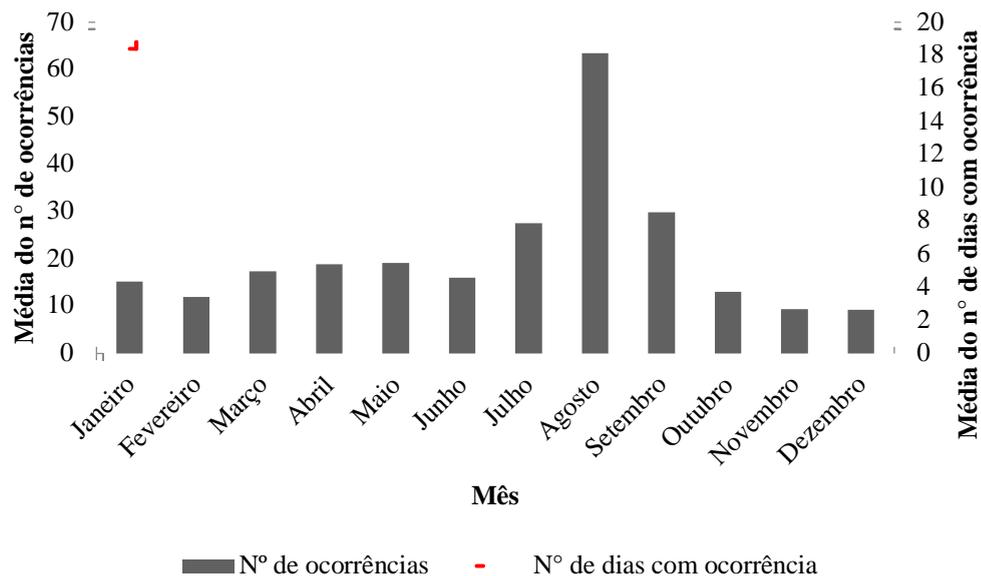


Figura 10: Distribuição do número médio de ocorrências e do número médio de dias com ocorrências no período

Fonte: SysBM-CCB (2016), elaborado pelo autor (2016).

Observou-se que a média dos números de dias com ocorrência acompanhou os meses com maiores números de ocorrências, sendo agosto o mês que mais representativo tanto em número de ocorrências quanto em número médio de dias com ocorrência (18,8 dias), seguido por setembro (12,4 dias), abril (10,6 dias), março (10,4 dias) e julho (9,2 dias). Tal resultado foi semelhante ao encontrado por Tetto (2012) na região de Telêmaco Borba, que verificou que agosto e setembro foram os meses que apresentaram maior frequência de dias com incêndio em vegetação (17,6 e 15%, respectivamente).

As médias de ocorrências de incêndio em vegetação em relação aos dias da semana do período analisado é apresentada na Figura 11.

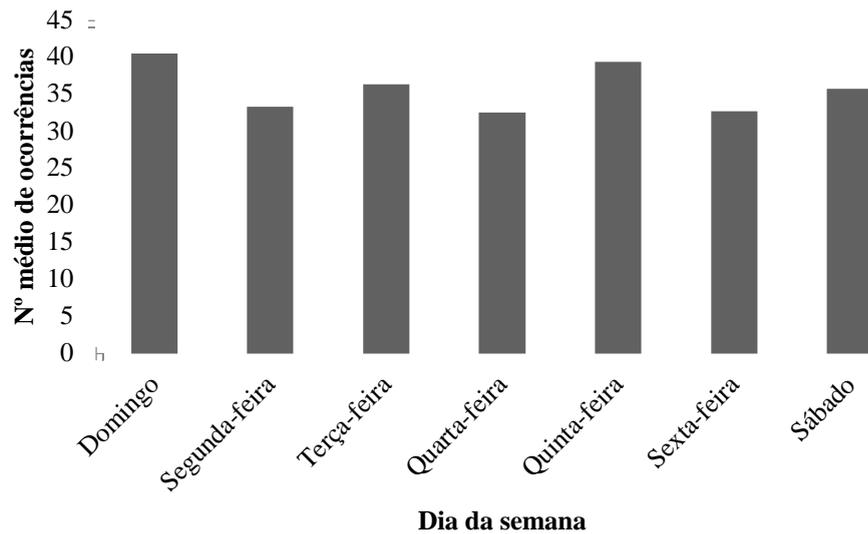


Figura 11: Médias de ocorrências de incêndios nos dias da semana do período
 Fonte: SysBM-CCB (2016), elaborado pelo autor (2016).

Aplicou-se o Teste de Bartlett para verificar a homogeneidade dos dados, concluindo-se que a hipótese de que as variâncias são homogêneas não foi rejeitada à um nível de 5% de significância ($p > 0,05$).

Ao se aplicar a ANOVA não foi obtida diferença significativa entre as médias ao nível de 1% de probabilidade ($F= 0,3548$), corroborando com os resultados encontrados por Tetto (2012), Soares, Batista e Santos (2006) e também com Vosgerau (2005), que em estudos similares verificaram que, além de não haver diferença estatística entre os dias da semana, domingo foi o dia que apresentou o maior número de incêndios perante os demais dias.

A Figura 12 apresenta a distribuição do número médio de ocorrências de incêndios de acordo com as horas do dia.

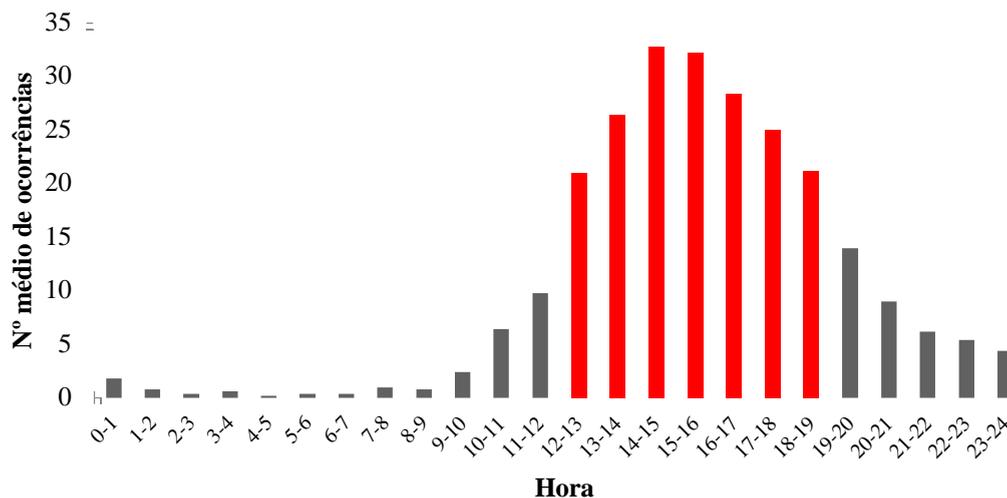


Figura 12: distribuição do número médio de ocorrências de acordo com horário de início do evento no período
 Fonte: SysBM-CCB (2016), elaborado pelo autor (2016).

Ao se verificar a normalidade dos dados, realizou-se a transformação para \sqrt{x} do número de ocorrências médios de cada intervalo de hora em cada ano do período analisado, e assim se aplicou o Teste de Bartlett.

Ao se aplicar o Teste de Bartlett, concluiu-se que a hipótese de que as variâncias são homogêneas não foi rejeitada ao nível de 5% de significância ($p > 0,05$). Procedeu-se então à aplicação da ANOVA e obteve-se uma diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Ao se realizar o teste de comparação de médias SNK, este apresentou o horário compreendido das 13 às 17 horas como o período que difere estatisticamente dos demais ao nível de 5% de probabilidade, com uma frequência relativa de 47,7% do total, sendo assim o horário crítico de perigo de incêndios. Observou-se também que no período das 12 às 19 horas houve uma frequência relativa de 74,5% das ocorrências, com diferenciação estatística entre este e os outros períodos do dia. Portanto, assim como apresentado na literatura, também para o estudo o período apresentou maior incidência de incêndios em vegetação.

Este período de maior incidência de incêndios coincide com o período do dia em que ocorrem as maiores temperaturas, maior insolação solar e menor umidade relativa do ar, tornando-se os horários mais críticos para combate e também como o período responsável por maiores danos ao ambiente (VOSGERAU, 2005; TORRES *et al.*, 2008).

A Tabela 8 apresenta os resultados encontrados por diferentes autores que servem de base comparativa com este estudo.

Tabela 8

Resultados obtidos por diferentes autores acerca do horário de maior incidência de incêndio em vegetação

Autor	Local	Período	Resultado
Vosgerau (2005)	Paraná	1991 - 2001	13 - 16 horas (43,7% das ocorrências)
Ferreira, Tetto e Batista (2012)	Paraná	2011	13 - 17 horas (45,02% das ocorrências)
Ferreira e Tetto (2013)	Paraná	2012	12 - 20 horas (71,97% das ocorrências)
Tetto (2012)	Telêmaco Borba, PR	1965 - 2009	12 - 17 horas (61,3% das ocorrências)
Torres <i>et al.</i> (2008)	Juiz de Fora, MG	1995 - 2004	12 - 20 horas (> 75% das ocorrências)
Soares, Batista e Santos (2006)	Brasil	1983 - 2002	13 - 16 horas (\approx 45% das ocorrências)
Ferreira e Tetto (2012)	UCs, Brasil	2000 - 2010	10 - 17 horas (66,3% das ocorrências)

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Ocorrências de incêndios nas regionais de Curitiba

O número médio de ocorrências no período analisado para as diferentes regionais de Curitiba é apresentado na Figura 13.

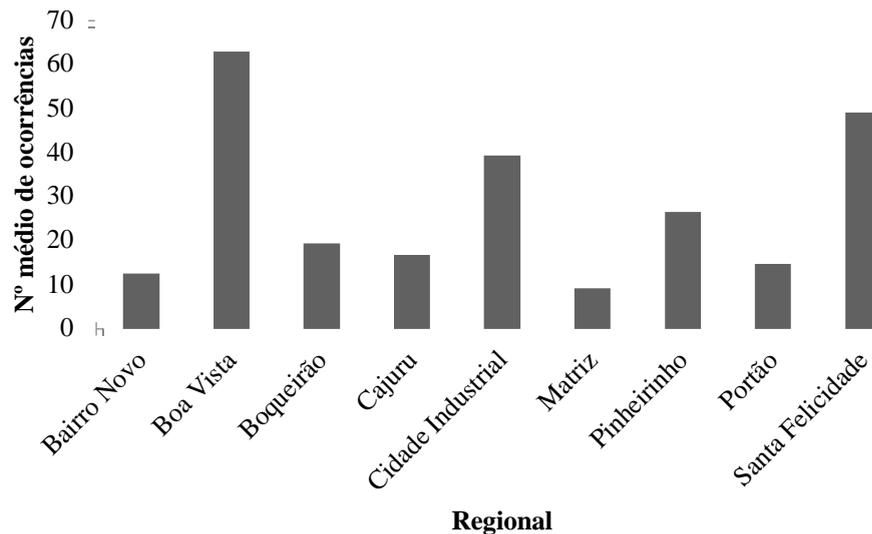


Figura 13: Espacialização do número médio de ocorrências em cada regional no período analisado
 Fonte: SysBM-CCB (2016), elaborado pelo autor (2016).

Observou-se que as regionais do Boa Vista, Santa Felicidade e Cidade Industrial, apresentaram respectivamente 25,1, 19,6 e 15,7% da média de ocorrências no período. Porém, a área total de cada regional, bem como a área coberta por vegetação em cada uma destas são diferenciadas. Portanto, optou-se pelo cálculo da Densidade de Incêndio (DI). A Figura 14 apresenta a distribuição da DI junto às regionais.

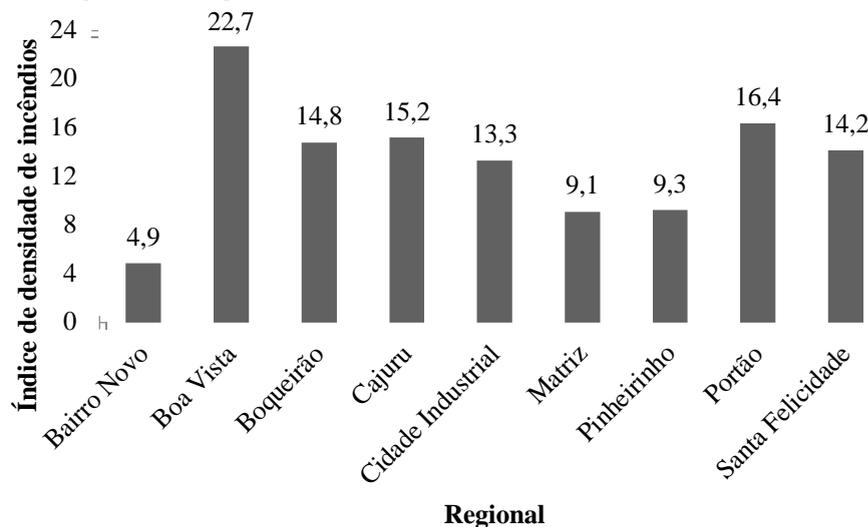


Figura 14: Densidade de incêndios média em cada regional no período analisado
 Fonte: SysBM-CCB (2016), elaborado pelo autor (2016).

Aplicou-se o Teste de Bartlett para se verificar a homogeneidade dos dados, concluindo-se que a hipótese de que as variâncias são homogêneas não foi rejeitada ao nível de 5% de significância ($p > 0,05$). Procedeu-se então a aplicação da ANOVA, obtendo-se diferença significativa entre as médias ao nível de 1% de probabilidade ($F= 4,2241$). O teste SNK apresentou a regional do Boa Vista diferenciando-se estatisticamente das demais e as regionais Boqueirão, Cajuru, Cidade Industrial, Portão e Santa Felicidade como sendo semelhantes estatisticamente entre si.

Verificou-se que ao ser considerada a relação entre ocorrências de incêndios e área verde de cada regional, há uma alteração na distribuição de incêndios em vegetação. A regional da Boa

Vista continua sendo a mais representativa com DI 22,7 (18,9%), seguida pela regional do Portão, com DI de 16,4 (13,7%), pela regional do Cajuru, com DI de 15,2 (12,7%) e pela regional do Boqueirão, com DI de 14,8 (12,4%).

A Figura 15 mostra a classificação das regionais de Curitiba de acordo com a densidade de incêndios.

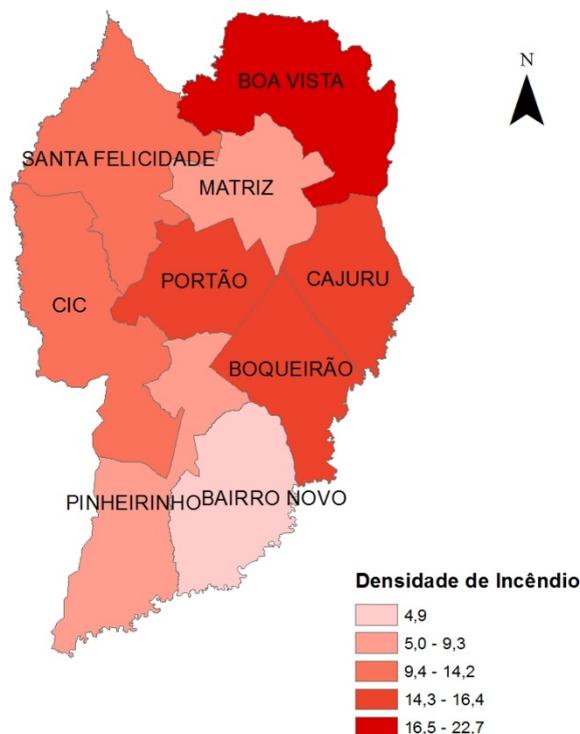


Figura 15: Distribuição da densidade de incêndio de acordo com cada regional
 Fonte: SysBM-CCB (2016); IPPUC (2015); Monteiro (2015), elaborado pelo autor (2016).

Índice de perigo de incêndios (FMA)

Na Figura 16 é apresentada a distribuição das classes de perigo de incêndio para o período analisado.

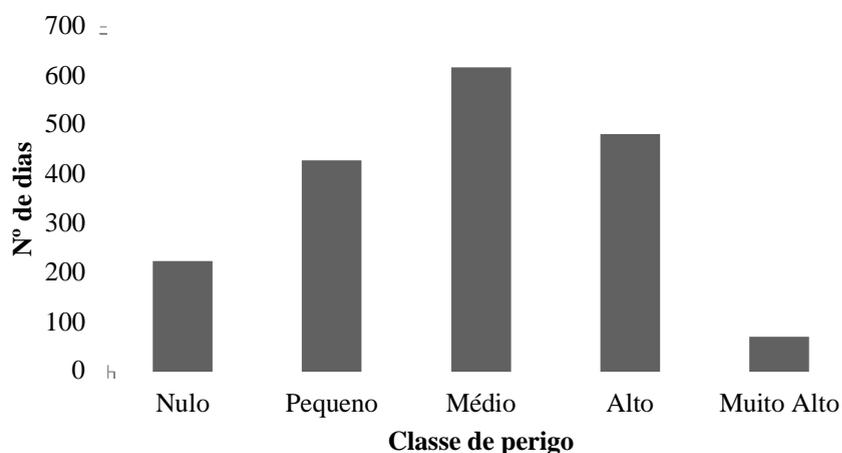


Figura 16: Distribuição das classes de perigo de incêndio ao longo do período analisado
 Fonte: SysBM-CCB (2016) e INMET (2016), elaborado pelo autor (2016).

A Figura 17 apresenta a distribuição do número médio de dias previstos e não previstos ao longo dos meses do período.

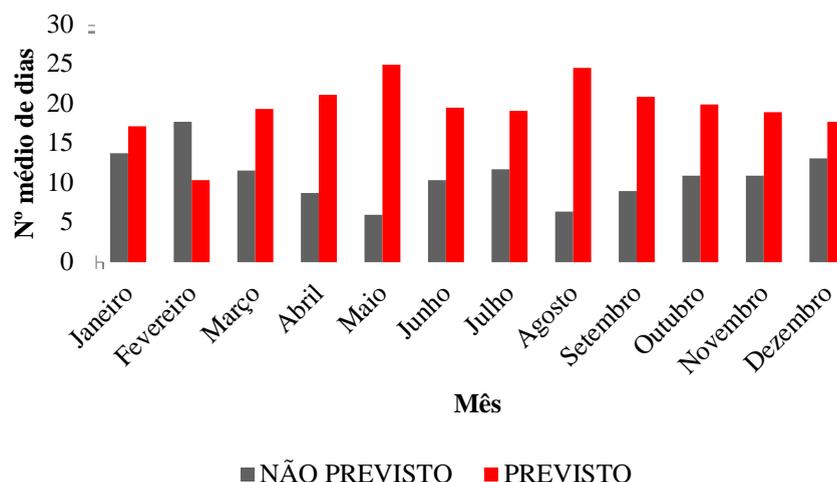


Figura 17: Distribuição da média dos dias previstos e não previstos ao longo dos meses do período
 Fonte: SysBM-CCB (2016) e INMET (2016), elaborado pelo autor (2016).

Observou-se que o número de dias médios previstos foi maior no mês de maio (25 dias) e no mês de agosto (24,6 dias), visto que conforme verificado anteriormente, foram os meses com menores precipitações pluviométricas no período.

A Figura 18 apresenta os números de dias em que houve a ocorrência de incêndio em vegetação e a classe de perigo prevista para os respectivos dias.

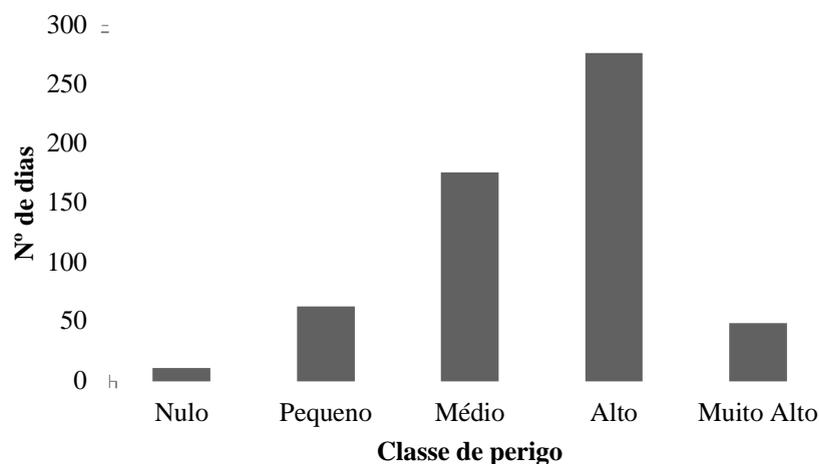


Figura 18: Números de dias em que houve a ocorrência de incêndio em vegetação e a classe de perigo prevista para os respectivos dias.

Fonte: SysBM-CCB (2016) e INMET (2016), elaborado pelo autor (2016).

Verifica-se que houve poucas ocorrências nos dias em que a classe de perigo permaneceu como “nulo”. Tetto (2012), recomenda em seu estudo que haja uma melhor representatividade entre as diferentes classes (nulo até muito alto), devendo, dessa forma, ser ajustado para região de Curitiba devido ao fato de possuir muitos dias nas classes “médio” e “alto” e poucas das demais.

Quanto ao desempenho do índice de perigo de incêndios, a Tabela 9 apresenta os resultados de contingência gerada e a Tabela 10 apresenta os cálculos.

Tabela 9
Tabela de contingência

	Evento	Observado		Total previsto
		Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	502	670	1172
	Não incêndio	74	580	654
Total observado		576	1250	1826

Fonte: SysBM-CCB (2016) e INMET (2016), elaborado pelo autor (2016).

Tabela 10
Cálculos da tabela de contingência

	Evento	Observado		Total previsto
		Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	0,8715	0,5360	1,4075
	Não incêndio	0,1285	0,4640	0,5925
Total observado		1	1	2

Fonte: SysBM-CCB (2016) e INMET (2016), elaborado pelo autor (2016).

A Tabela 11 apresenta os valores obtidos para do *skill score* e para a porcentagem de sucesso da FMA, porcentagem de acerto nas previsões de ocorrência de incêndio e porcentagem de acerto nas previsões de não ocorrência de incêndio.

Tabela 11
Resultados

Resultados	Valores
<i>Skill Score</i> (SS)	0,2623
Porcentagem de Sucesso (PS)	59,26
Acerto ocorrência de incêndio (%)	42,8
Acerto não ocorrência de incêndio (%)	88,7

Fonte: SysBM-CCB (2016) e INMET (2016), elaborado pelo autor (2016).

É importante ressaltar que houve uma adaptação da Fórmula de Monte Alegre, conforme citado anteriormente, acerca do uso da umidade relativa medida às 12 horas para o cálculo da FMA. Os valores de SS e PS foram comparados com os valores encontrados por diferentes autores de acordo com a Tabela 12.

Tabela 12
Resultados obtidos por diferentes autores acerca dos valores de SS e PS

Autor	Local	Período	SS	PS
Tetto (2012)	Telêmaco Borba, PR	1965 - 2009	0,0630	39,58
Nunes <i>et al.</i> (2010)	Telêmaco Borba, PR	1998 - 2003	0,0517	34,32
Kovalsyki (2016)	Ponta Grossa, PR	2006 - 2014	0,2017	51,90
Torres <i>et al.</i> (2008)	Juiz de Fora, MG	1995 - 2004	0,3882	68,00
Sampaio (1999)	São Paulo	1984 - 1995	0,0607	36,92
Borges <i>et al.</i> (2011)	Espírito Santo	2003 - 2006	0,0946	38,54

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Observa-se que o estudo obteve valores de SS e PS semelhantes aos encontrados por Kovalsyki (2016). Os resultados do estudo foram superiores aos encontrados por Tetto (2012), Nunes *et al.* (2010), Sampaio (1999) e Borges *et al.* (2011), e inferior aos resultados obtidos por Torres



et al. (2008). Com isso, verifica-se que os valores de SS e de PS, ao serem comparados com outros estudos, apresentaram um desempenho satisfatório.

Conclusões

Com base nos resultados obtidos no respectivo estudo conclui-se que:

- Os meses de julho a setembro compuseram a estação normal de perigo de incêndios nos anos de 2011 e 2015 para o município de Curitiba, coincidindo com o período crítico apresentado na literatura.
- Não houve diferença significativa entre os dias da semana, portanto não deve haver distinção no planejamento da prevenção para os dias de semana.
- O período compreendido das 12 às 19 horas foi o de maior incidência de ocorrências de incêndio em vegetação, coincidindo com estudos realizados em outras regiões.
- A regional do Boa Vista, localizada na região norte de Curitiba, foi a mais afetada pelos incêndios em vegetação, tanto em números absolutos como após o cálculo da densidade de incêndios.
- O índice de perigo de incêndios FMA apresentou boa eficiência na previsão de incêndios em vegetação, porém, necessita ser ajustado para maior homogeneidade das classes de perigo.

Referências

AGÊNCIA CURITIBA DE DESENVOLVIMENTO S.A – OBSERVATÓRIO ECONÔMICO DE CURITIBA – **Perfil econômico das regionais de Curitiba**, 2015.

BORGES, T. S.; FIEDLER, N. C.; SANTOS, A. R. dos; LOUREIRO, E. B.; MAFIA, R. G. Desempenho de alguns índices de risco de incêndios em plantios de eucalipto no norte do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 18, n. 2, p. 153 – 159, abr./jun. 2011.

CPTEC - CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS / INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2016. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br>>. Acesso em: 16 de novembro de 2016.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO PARANÁ, 2016. **Estrutura organizacional**. Disponível em: <<http://www.bombeiros.pr.gov.br>>. Acesso em: 22 de novembro de 2016.

FANINI, N. M.; **Atlas geográfico do município de Curitiba**. Curitiba: Programa de Desenvolvimento Educacional (PDE) da Secretaria Estadual de Educação (SEED) – Paraná, 2008. 45 p.

FERREIRA, H. R.; TETTO, A. F. Análise da ocorrência de incêndios, no período de 2000 a 2010, nas unidades de conservação federais e zonas de amortecimento do sul do Brasil. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – UFPR, 20. SEMANA INTEGRADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 4. 2012, Curitiba, Paraná. **Anais...** Curitiba, 2012. p. 415.

_____. Análise das ocorrências de incêndios florestais no Estado do Paraná no ano de 2012. In: JORNADAS JÓVENES INVESTIGADORES – AUGM, 21. 2013, Corrientes, Argentina. **Anais...** Argentina, 2013. p. 730-731.



FERREIRA, H. R.; TETTO, A. F.; BATISTA, A. C. Ocorrência de incêndios florestais no Estado do Paraná no ano de 2011. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO FLORESTAL, 3. E SEMANA DE ESTUDOS FLORESTAIS, 11., 2012, Irati, Paraná. **Anais...** Irati, 2012.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2016. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=410690>>. Acesso em: 10 de outubro de 2016.

IPPUC - INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA. **Curitiba em dados**, 2014. Disponível em: <<http://curitibaemdados.ippuc.org.br/>>. Acesso em: 10 de outubro de 2016.

ITCG - INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS. **Aplicação geo**, 2016. Disponível em: <<http://www.geo.pr.gov.br/ms4/itcg/geo.html>>. Acesso em: 20 de outubro de 2016.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2016. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP), 2011 – 2015**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>>. Acesso em: 15/10/2016.

KOVALSYKI, B. **Zoneamento de risco de incêndios florestais para o Parque Estadual de Vila Velha e seu entorno**. 157 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

KOVALSYKI, B. TETTO, A. F.; BATISTA, A. C.; SOUSA, N. J.; TAKASHINA, I. K. Avaliação da eficiência da Fórmula de Monte Alegre para o município de Ponta Grossa - PR. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 10, n. 19, p. 208 – 218, 2014.

LORENZETTO, D. **Avaliação da eficiência do combate aos incêndios florestais realizados pelo Corpo de Bombeiros do Paraná**. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 4. ed., 2012.

MONTEIRO, M. M. G. **Caracterização da floresta urbana de Curitiba-PR por meio de sensoriamento remoto de alta resolução espacial**. 147 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

NEREU - NÚCLEO DE ECONOMIA REGIONAL E URBANA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Shape files do Brasil**. 2016. Disponível em: <<http://www.usp.br/nereus/?dados=brasil>>. Acesso em: 20 de outubro de 2016.

NUNES, J. R. S. **FMA+ - um novo índice de perigo de incêndios florestais para o estado do Paraná – Brasil**. 150 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.



NUNES, J. R. S.; FIER, I. S. N.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Desempenho da Fórmula de Monte Alegre (FMA) e da Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA+) no Distrito Florestal de Monte Alegre. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 2, p. 319 - 326, abr./jun. 2010.

PARANÁ, **Constituição do estado do Paraná (1989)**. Curitiba: Imprensa Oficial, 2006. Disponível em: < http://www.alep.pr.gov.br/system/files/corpo/constituic_parana.pdf>. Acesso em: 20 de outubro de 2016.

RODRÍGUEZ, M. P. R.; MENZONET, Y. G. Definición de la época de incendios florestales em um contexto multivariado. **Floresta**, v. 34, n. 2, p. 137 - 143, 2004.

SAMPAIO, O. B. **Análise da eficiência de quatro índices, na previsão de incêndios florestais para a região de Agudos – SP**. 157 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

SOARES, R. V. **Determinação de um índice de perigo de incêndio para a região centroparanaense, Brasil**. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro Tropical de Ensino e Investigação, Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas OEA, Turrialba, Costa Rica, 1972.

_____. **Prevenção e controle de incêndios florestais**. Curitiba, 1982a. 69 p.

_____. **Biometria** (Delineamento de experimentos). Curitiba: FUPEF, 1982b. 98 p.

_____. Estatísticas dos incêndios florestais no Brasil. In: SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; NUNES, J. R. S. **Incêndios florestais no Brasil: o estado da arte**. Curitiba, 2009. p. 1 - 20.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios florestais: controle e uso do fogo**. Curitiba, 2007. 264 p.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; SANTOS, J. F. Evolution of forest fire statistics in brazilian protected lands in the last 20 years. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FOREST FIRE RESEARCH, 5., 2006, Portugal. **Anais...** Portugal, 2006.

SYSBM - CCB (Versão 3.31) Cascavel: Corpo de Bombeiros Cascavel. 2011 – 2015. Disponível em: < <http://www.bombeiroscascavel.com.br/registrocob/>>. Acesso em: de 10 de junho a 05 de outubro de 2016.

TETTO, A. F. **Comportamento histórico dos incêndios florestais na Fazenda Monte Alegre no período de 1965 a 2009**. 114 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

_____. Ocorrência de incêndios florestais no estado do Paraná, no período de 2005 a 2010. **Floresta**, v. 42, n. 2, p. 391 - 398, 2012.

TORRES, F. T. P.; RIBEIRO, G. A.; MARTINS, S. V.; LIMA, G. S.; ROCHA, G. C.; SILVA, E. **Incêndios em vegetação na área urbana de Juiz de Fora: Minas Gerais**. Ubá: Geographica Consultoria, Estudos e Projetos Ambientais, 2008. 108 p.



VOSGERAU, J. L. **Análise dos incêndios florestais registrados pelo Corpo de Bombeiros no Estado do Paraná no período de 1991 a 2001.** 102 f. Dissertação (Mestre em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

ZAICOVSKI, M. B.; GUETTER, A. K.; DE QUADRO, M. F. L. Monitoramento e previsão climática de geadas no Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, Edição 11, Rio de Janeiro, 2000. **Anais...** Rio de Janeiro, 2000. p. 1148 - 1155.

Tema 2

Comportamiento histórico de los incendios forestales en la Empresa Forestal Integral “Minas de Matahambre” del 2002 al 2011

Carlos Padrón Díaz, Marcos Pedro Ramos Rodríguez

Resumen

Los incendios forestales son un problema global. En todos los casos, surgen y se desarrollan mostrando determinadas regularidades, impuestas fundamentalmente, por las condiciones meteorológicas, el combustible y la topografía. Evaluar estas regularidades de carácter espacial y temporal ayuda a entender el fenómeno para planificar su manejo en un territorio determinado. En correspondencia con lo anterior el presente trabajo tiene la finalidad de evaluar el comportamiento histórico de los incendios forestales en la EFI “Minas de Matahambre” del 2002 al 2011. Para esto se actualizó la base de datos sobre los incendios ocurridos en la empresa y su procesamiento se realizó con el Sistema Integrado para el Manejo de Bases de Datos sobre Incendios Forestales (SIMBDIF). Entre otros resultados pueden mencionarse que en el periodo ocurrieron 87 incendios que afectaron 1 515,11 ha de bosques. La época de incendios se observó de marzo a mayo. Durante el día el 58,62 % de los incendios ocurrieron entre las 14:00 y 17:00 horas. La principal causa de ocurrencias fueron los rayos con el 62,07 % mientras que de las superficies quemadas fueron las negligencias con el 47,08 %. La mayor cantidad de los incendios (72,41 %) se agrupan en las clases de tamaño I y II (< 4,0 ha), lo cual indica buena eficiencia del servicio de protección.

Palabras clave: Estadísticas de incendios, protección contra incendios

Abstract

The forest fires are a global problem today. In all the cases, they occur and they are developed showing certain regularities, imposed mainly by weather, fuel and topography. Evaluate these regularities of spatial and temporal character, helps explain the phenomenon to plane their management in a given territory. In correspondence with the above-mentioned the present work has the objective of evaluating the historical fire behavior of the forest fires in the EFI Minas de Matahambre from 2002 to 2011. The database update and it processing was carried out with the Integrated Management Database Wildland Fire (SIMBDIF, in Spanish). Among other results may be mentioned that in the period occurred 87 fires that affected a surface of 1515,11 ha. The fire season is observed from March to May. During the day the 58.62% of fires occurred between 14:00 and 17:00 hours. The main cause of occurrences was the lightning fire with 62.07% while the burned areas were the negligence with 47.08%. Most fires (72.41%) are grouped into the size class I and II (< 4.0 ha), indicating good efficiency of the protection service.

Keywords: Fire statistics, forest fire protection

Introducción

El fuego desempeña un importante rol dentro del ciclo vital de los ecosistemas forestales que, al igual que otros fenómenos naturales, siempre ha sido un factor determinante para el desarrollo y la ordenación de muchos bosques en el mundo. Es un fenómeno que puede producirse en cualquier ecosistema terrestre, debido a la acumulación de residuos vegetales que en determinado momento del año se hacen disponibles.

Los incendios forestales, juntos a otros factores, han provocado una considerable reducción de la superficie mundial cubierta de bosques. Tanto las actividades del hombre, el aumento de las

plantaciones forestales, como el cambio o variabilidad climática, han participado directamente en el aumento del peligro potencial de surgimiento y propagación de los incendios forestales. Si bien es conocido que el fuego ha acompañado al hombre desde hace miles de años, debe aceptarse la realidad de que su uso constituye una importante preocupación.

El fuego por una parte es un elemento ecológico importante de la naturaleza, pero por otra, reduce a cenizas los ecosistemas forestales, insustituibles por ejemplo, como sumideros de dióxido de carbono. Además, el fuego envía a la atmósfera una gran cantidad de sustancias, algunas de las cuales contribuyen directamente al efecto invernadero.

Durante muchos años ha prevalecido la idea de luchar contra el fuego, prohibiendo su uso y dedicando recursos a su extinción. Hoy día se ha generalizado la idea de que la prevención es la primera línea de defensa contra los incendios forestales, de esa forma, este asunto debe ser tratado con toda la serenidad y atención por las empresas y comunidades para la reducción, de forma satisfactoria, de los efectos negativos del fuego, a la vez que se aprovechen sus beneficios.

En el caso de Cuba, los incendios forestales contribuyen al agravamiento de los principales problemas ambientales del país definidos en la Estrategia Ambiental Nacional (CITMA, 2005) enunciados como: degradación de los suelos; afectaciones a la cobertura forestal; contaminación de los suelos, cursos de agua y atmósfera; pérdida de la diversidad biológica y carencia de agua.

Los incendios forestales según Calabri (1991) afectan a nivel mundial más de 10 millones de hectáreas de montes y otras superficies boscosas. Esto representa el 0,2 ó el 0,3 por ciento de la superficie total cubierta de vegetación boscosa. Hoy la tendencia tanto del número de incendios como de las superficies por ellos afectadas es al aumento. Esto ocurre a pesar de que por mucho tiempo se han obtenido resultados científico – técnicos que permiten pronosticar con mayor o menor precisión las posibilidades de ocurrencia de los incendios y su comportamiento con lo cual es posible prevenirlos y combatirlos cada vez con mayor eficiencia. Uno de estos resultados consiste en la evaluación del comportamiento histórico de los incendios en diferentes partes del mundo (Soares, 1988 y 1992, en Brasil; Vélez, 1990, en España; Canakcioglu, 1990, en Turquía; Ramos, 1999, en Pinar del Río, Cuba). Estas evaluaciones han permitido establecer que los incendios forestales, en todos los casos, surgen y se desarrollan mostrando determinadas regularidades espacio – temporales impuestas en lo fundamental por las condiciones meteorológicas, el combustible y la topografía. Comprender estas regularidades ayuda a entender el fenómeno para planificar su manejo.

En Cuba durante los años 2002 – 2011 ocurrieron 3 698 incendios, los cuales afectaron una superficie de 110 107,00 ha. En este periodo en la provincia de Pinar del Río ocurrieron 757 incendios que afectaron 14 304,14 ha. De estos incendios y afectaciones correspondieron a la Empresa Forestal Integral (EFI) “Minas de Matahambre” el 11,49 y 10,59 % respectivamente. En correspondencia con todo lo anterior el problema identificado consiste en que en la Empresa Forestal Integral “Minas de Matahambre” no se cuenta con una evaluación actualizada del comportamiento histórico de los incendios forestales, lo cual no permite aumentar la eficiencia del sistema de manejo del fuego en la misma.

De acuerdo con esto, el objetivo general fue evaluar el comportamiento histórico de los incendios forestales en la EFI “Minas de Matahambre” del 2002 al 2011.

Los objetivos específicos fueron:

- Fundamentar teóricamente la importancia de la evaluación del comportamiento histórico de los incendios forestales
- Actualizar la base de datos de incendios forestales ocurridos en la EFI “Minas de Matahambre”
- Analizar las estadísticas de los incendios en la EFI “Minas de Matahambre”

La hipótesis que se plantea es que si se evalúa el comportamiento histórico de los incendios forestales en la EFI “Minas de Matahambre” del 2002 al 2011, teniendo en cuenta los elementos metodológicos desarrollados por Ramos (1999), entonces se obtendrán informaciones actualizadas las cuales permitirán aumentar la eficiencia del sistema de manejo del fuego en dicha empresa.

Materiales y métodos

Caracterización del área de estudio

El trabajo se desarrolló en la Empresa Forestal Integral (EFI) “Minas de Matahambre” (Figura 1) la cual administra el manejo forestal en el municipio de igual nombre de la Provincia Pinar del Río. El patrimonio forestal de la EFI es de 85 644 ha, y la superficie cubierta de bosques de 59 173,5 ha para un índice boscoso de 68,97%, de las que corresponden a bosques naturales 38 162,9 ha, a plantaciones establecidas 19 444,3 ha, a superficie deforestada 1 999,6 ha, a superficie inforestal 1 580,6 ha y a plantaciones jóvenes 2 925,6 ha. La Empresa limita al norteeeste con la zona costera, al sur con el municipio Pinar del Río y Viñales y al oeste con los municipios de Mantua y Guane. El clima es tropical con precipitación anual de 1 200 mm, temperatura media anual de 23,5 °C y humedad relativa del aire de 50 °C como media anual. Según Wadsworth (2000) de acuerdo con la clasificación de Köppen (1936), el clima es Aw (Clima Tropical con mes más frío con temperatura mayor de 18 °C y una estación seca de al menos un mes con menos de 600 mm).



Figura 1: Ubicación de la Empresa Forestal Integral “Minas de Matahambre”

Obtención y procesamiento de los datos

Los datos relacionados con los incendios forestales ocurridos en la EFI Minas de Matahambre del 2002 al 2011 fueron facilitados por la Jefatura Provincial del Cuerpo de Guardabosques (CGB). Para su procesamiento fueron utilizados el Sistema Integrado para el Manejo de Bases de Datos sobre Incendios Forestales (SIMBDIF) versión 1.2 (Ramos, 2002) y el Microsoft Excel. Los análisis estadísticos se realizaron con el SPSS V.15, considerando un nivel de significación del 0,05. Debido a que ninguna de las variables analizadas siguió una distribución normal, se utilizaron las pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney.

Evaluación del comportamiento histórico de los incendios forestales

La evaluación del comportamiento histórico de los incendios forestales ocurridos en la EFI Minas de Matahambre del 2002 al 2011 se desarrolló según los elementos metodológicos desarrollados por Ramos (1999), según los cuales se trata el problema en un contexto espacio temporal. En correspondencia con esto se tiene en cuenta la distribución de los incendios

ocurridos y las superficies quemadas según variables tales como años, meses, días de la semana, clases de bosques y grupos de especies.

También las causas se evaluaron de acuerdo con el procedimiento anterior. Finalmente se evaluó la eficiencia del servicio de protección contra incendios para lo cual se tuvo en cuenta los indicadores promedio de hectáreas quemadas por cada incendio y las clases de tamaño. En este último caso se siguió la clasificación propuesta por Soares (1985).

Valoración económica

La valoración económica se realizó considerando las pérdidas directas provocadas por el fuego y la posible reducción de las mismas por concepto de la aplicación de los resultados de este trabajo. Para los cálculos se consideró que por cada hectárea afectada por incendio se pierden \$ 2 000,00 pesos como promedio (Oharriz *et al.*, 1990). Esta cifra coincide con cálculos hechos por el Ministerio de la Agricultura (MINAG, 1996) en el “Proyecto de Política Forestal en Cuba y su Ejecución” según los cuales de 1961 a 1989 los incendios forestales afectaron 144 300 ha, provocando pérdidas por valor de \$ 288 600 000,00 pesos cubanos.

En relación a la reducción de las pérdidas se consideraron las oportunidades siguientes:

- Debido a que se ha obtenido la frecuencia de ocurrencias de incendios durante el año, la semana y el día, es posible incrementar la eficiencia de la prevención y la extinción, al fijarse los periodos en los cuales la vigilancia debe ser ininterrumpida, lo que permitirá una detección oportuna y rápida acción para lograr la extinción. Igualmente se podrán fijar los periodos en que las campañas de concientización y los distintos trabajos de manejo de los combustibles, serán más efectivos.
- Como se ha determinado dónde son más frecuentes los incendios, se podrán tomar las medidas necesarias con vistas a disminuir el riesgo de incendios en esos lugares, al igual que las medidas que permitan incrementar la eficiencia de las acciones de extinción en aquellos lugares en que aún no han alcanzado niveles satisfactorios.

En correspondencia con el análisis anterior puede considerarse que por concepto de la aplicación de las medidas preventivas que puedan derivarse de la aplicación de este trabajo, se evitará que al menos el 5 % del área sea afectada por el fuego como promedio cada año. El ahorro monetario se obtiene multiplicando los \$ 2 000,00 pesos cubanos que como promedio se pierden por cada hectárea afectada, por el número de las que se dejarán de afectar (el 5 % de la media anual).

Análisis y discusión de los resultados

Evaluación del comportamiento histórico de los incendios forestales

En los epígrafes que siguen se analiza la distribución de los incendios y las áreas quemadas en el tiempo, el espacio y según las causas de surgimiento.

Distribución a través del periodo de años seleccionado

La Tabla 1 muestra la distribución de los incendios y las áreas quemadas de 2002 al 2011. En este periodo ocurrieron en la EFI 87 incendios que afectaron un total de 1 515,11 ha. Es importante destacar que de este total, 776,00 ha (51,2 %) corresponden al 2011, lo cual está relacionado con un incendio de más de 600,00 ha ocurrido en ese año. En términos de valores medios ocurrieron 7,8 incendios y se quemaron 151,51 ha al año. Resultados muy inferiores a los reportados por García (2007), para la provincia Pinar del Río de 1997 al 2006 que fueron de 73 incendios y 2 323,95 ha quemadas. Por su parte Rodríguez (2012), reportó valores superiores para la EFI Macurije durante el periodo 2006 – 2011 siendo estos de 32,16 incendios y 875,39 ha como promedio al año.

Tabla 1
Distribución de los incendios y las áreas quemadas en la EFI “Minas de Matahambre”

Años	Incendios		Áreas quemadas	
	(No.)	(%)	(ha)	(%)
2002	8	9,20	24,45	1,61
2003	7	8,05	36,70	2,42
2004	15	17,24	135,25	8,93
2005	9	10,34	411,10	27,13
2006	10	11,49	57,80	3,81
2007	5	5,75	10,50	0,69
2008	4	4,60	18,50	1,22
2009	7	8,05	39,51	2,61
2010	7	8,05	5,30	0,35
2011	15	17,24	776,00	51,22
Totales	87	100,00	1515,11	100,00

Distribución a través del año

La Figura 2 muestra la distribución de los incendios y las áreas quemadas a través del año durante el periodo analizado. Se observa un periodo de mayores ocurrencias de marzo a julio con el 77,01 % del total (67 incendios) con un máximo en mayo de 21 incendios (24,14 %). No obstante, en el caso de las áreas quemadas, los valores son mayores en el periodo marzo – mayo, correspondiéndole al mismo el 86,30 % del total (1307,61 ha). Estos resultados coinciden con los obtenidos por García (2007) para la Provincia de Pinar del Río de 1997 al 2006 y también con los obtenidos por Rodríguez (2012) para la EFI Macurije. Esto es debido a la gran cantidad de incendios que se originan por rayos en estas empresas y en general en la provincia, precisamente al final del periodo poco lluvioso y comienzos del lluvioso con la característica de que durante estos incendios, por lo general, se queman pocas hectáreas. La prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis demostró la existencia de diferencia significativa entre las medias obtenidas para cada uno de los meses con valores de $p=0,001$ y $p=0,002$ para las ocurrencias de incendios y las áreas quemadas respectivamente.

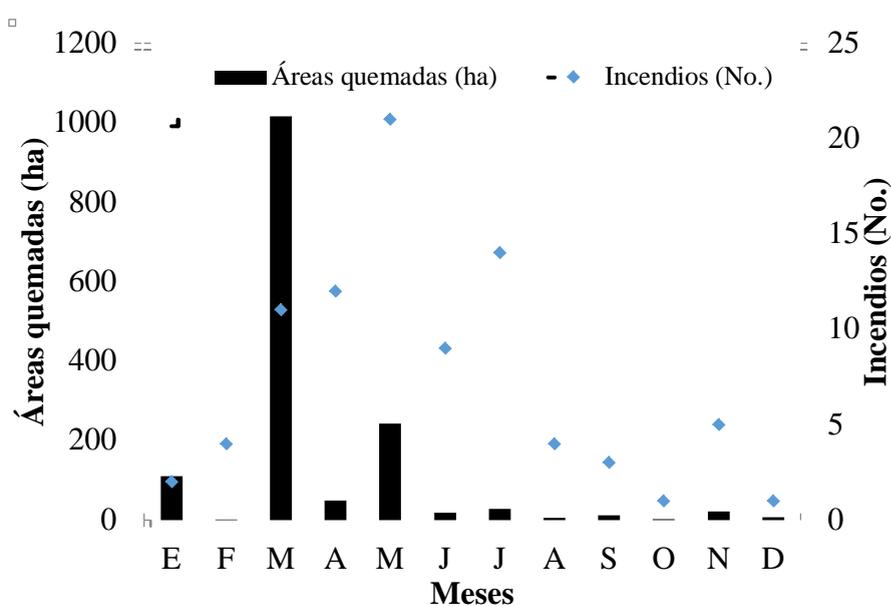


Figura 2: Distribución de las ocurrencias de incendios y las áreas quemadas a través del año del 2002 al 2011 en la EFI “Minas de Matahambre”

Distribución a través de la semana

La distribución de los porcentajes de los incendios ocurridos de 2002 al 2011 a través de la semana, se muestran en la Figura 3. A través de la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis pudo comprobarse que no existe diferencia significativa entre las medias de los incendios ocurridos cada uno de los días de la semana ($p=0,740$). Esto indica que durante todos los días deben mantenerse las mismas medidas de prevención. Resultados similares obtuvieron Castro (2009) de 1999 al 2008 y Rodríguez (2012) del 2006 al 2011 para la EFI Macurije. Los resultados difieren con los obtenidos para la provincia Pinar del Río, en periodos de años diferentes, Rodríguez y Soares (1998), Ramos (1999), Rodríguez y Soares (2004) y García (2007).

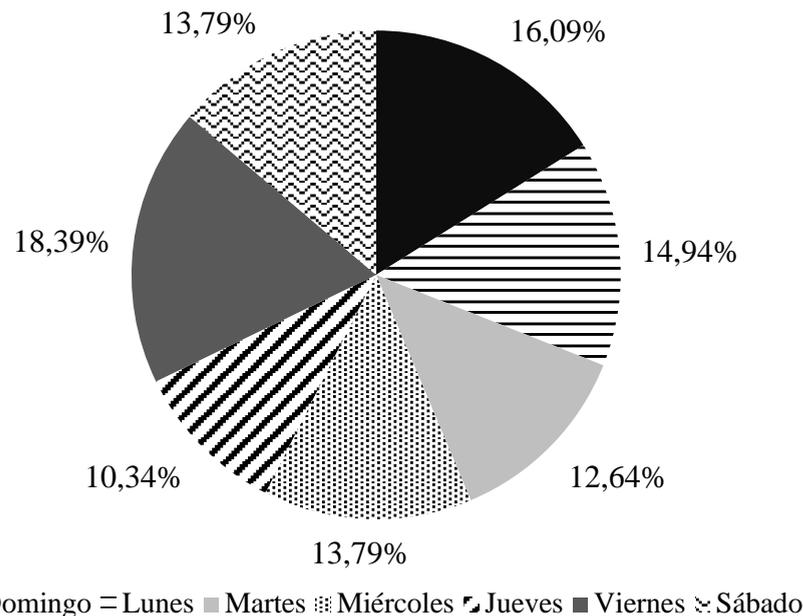


Figura 3: Distribución de los incendios a través de la semana de 2002 al 2011 en la EFI "Minas de Matahambre"

Distribución a través del día

La distribución de los incendios durante las horas del día en las que ocurrieron incendios, se presenta en la Tabla 2. Se observa que la mayor cantidad, el 58,62 %, ocurre entre las 14:00 y las 17:00 horas. Durante las primeras horas de la mañana y las últimas de la tarde disminuyen las ocurrencias y por la noche no se han reportado incendios. Esto está en correspondencia con la distribución diaria de la temperatura y la humedad relativa, dos variables meteorológicas que influyen en la humedad de los materiales combustibles. Resultados similares obtuvo García (2007) para Pinar del Río. La existencia de diferencia significativa entre las medias de los incendios ocurridos a las distintas horas fue demostrada con la prueba estadística no paramétrica de Krukall-Wallis ($p=0,000$).

Tabla 2

Distribución de los incendios a través del día del 2002 al 2011 en la EFI “Minas de Matahambre”

Horas	Incendios	
	(No.)	(%)
8:00	1	1,15
9:00	2	2,30
10:00	3	3,45
11:00	4	4,60
12:00	3	3,45
13:00	9	10,34
14:00	12	13,79
15:00	9	10,34
16:00	13	14,94
17:00	17	19,54
18:00	7	8,05
19:00	5	5,75
20:00	2	2,30
Totales	87	100,00

Distribución según los tipos de bosques

En la Tabla 3 se exponen los valores de los incendios ocurridos y las áreas quemadas en bosques naturales y en plantaciones durante los 10 años que se analizan. Se observan mayores valores para las dos variables en las plantaciones. No obstante, a través de la prueba de comparación U de Mann-Whitney se comprobó que para el caso de los tipos de bosques no existen diferencias significativas tanto para los incendios ocurridos ($p=0,052$) como para las áreas quemadas ($p=0,436$). Esto puede deberse, en el caso de las ocurrencias, a que las plantaciones por lo general están ubicadas próximas a los poblados y a vías de alto tráfico de personas. No obstante, muchas de estas están ubicadas en lugares tan distantes de las poblaciones y con tan difícil acceso como pueden estar los bosques naturales, debido a lo cual al ocurrir un incendio en estos lugares, se dificultan las tareas de combate, por lo que las áreas quemadas son considerables. Estos resultados no coinciden con los obtenidos por García (2007) para la provincia Pinar del Río de 1997 al 2006 y por Castro (2009) para la EFI Macurije durante el periodo 1999 – 2008.

Tabla 3

Distribución de los incendios y las áreas quemadas según el tipo de bosque de 2002 al 2011 en la EFI “Minas de Matahambre”

Años	Incendios				Áreas quemadas			
	Naturales		Plantaciones		Naturales		Plantaciones	
	(No.)	(%)	(No.)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
2002	5	16,13	3	5,00	17,7	3,77	6,75	0,65
2003	2	6,45	5	8,33	26	5,53	10,7	1,02
2004	4	12,90	12	20,00	21,5	4,57	113,75	10,89
2005	1	3,23	8	13,33	3	0,64	408,1	39,05
2006	7	22,58	3	5,00	55,8	11,87	2	0,19
2007	2	6,45	3	5,00	3	0,64	7,5	0,72
2008	0	0,00	4	6,67	0	0,00	18,5	1,77
2009	3	9,68	4	6,67	13	2,77	26,51	2,54
2010	1	3,23	6	10,00	0,5	0,11	4,8	0,46
2011	6	19,35	12	20,00	329,6	70,11	446,4	42,72
Totales	31,000	100,00	60	100,00	470,10	100,00	1045,01	100,00

Distribución según el tipo de bosque a través del año

En la Tabla 4 se exponen los valores de los incendios ocurridos y las áreas quemadas por estos a través del año para los dos tipos de bosques. Se observa un comportamiento similar en el caso de las ocurrencias, con un periodo bien definido de marzo a julio. En el caso de las áreas quemadas existe también un periodo de mayores afectaciones bien definido de marzo a mayo para los dos tipos de bosques. Se observa también que el más importante desde el punto de vista de las ocurrencias para los dos tipos de bosques es mayo, mientras que este comportamiento le corresponde a marzo para el caso de las áreas quemadas. Lo anterior indica la necesidad de que el servicio de protección esté activado de igual forma tanto en uno como en otro tipo de bosque durante los meses correspondientes. Estos resultados no se corresponden con los obtenidos por Castro (2009) para la EFI Macurije de 1999 a 2008, ni por García (2007) para la provincia Pinar del Río de 1997 al 2006.

Tabla 4

Distribución de los incendios y las áreas quemadas según el tipo de bosque a través del año de 2002 al 2011 en la EFI "Minas de Matahambre"

Meses	Incendios				Superficies quemadas			
	Naturales		Plantaciones		Naturales		Plantaciones	
	No.)	(%)	(No.)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
E	0	0,00	2	3,33	0	0,00	110,5	10,57
F	0	0,00	4	6,67	0	0,00	1,4	0,13
M	3	9,68	10	16,67	284	60,41	731,45	69,99
A	4	12,90	8	13,33	22,4	4,76	26,7	2,55
M	8	25,81	15	25,00	113,1	24,06	129,96	12,44
J	4	12,90	5	8,33	9,8	2,08	9	0,86
J	6	19,35	8	13,33	8,5	1,81	19	1,82
A	2	6,45	2	3,33	4,75	1,01	1	0,10
S	1	3,23	2	3,33	5	1,06	7,5	0,72
O	0	0,00	1	1,67	0	0,00	2	0,19
N	2	6,45	3	5,00	14,55	3,10	6,5	0,62
D	1	3,23	0	0,00	8	1,70	0	0,00
Totales	31	100,00	60	100,00	470,10	100,00	1045,01	100,00

Distribución según las causas a través del periodo de años seleccionado

Los valores correspondientes a los porcentajes ocurrencias y de áreas quemadas según cada causa se presentan en las Figuras 4 y 5. Los resultados demuestran que los rayos son la principal causa de ocurrencias correspondiéndoles el 62,07 % (54 incendios) del total, siguiéndole las intencionales, negligencias y las desconocidas. Sin embargo, la causa que provocó mayor cantidad de áreas quemadas es la negligencia, con el 47,08 % del total (713,3 ha), siguiéndole en orden las intencionales, los rayos y las desconocidas. Estos resultados son similares a los que obtuvo Castro (2009) para la Empresa Forestal Integral "Macurije".

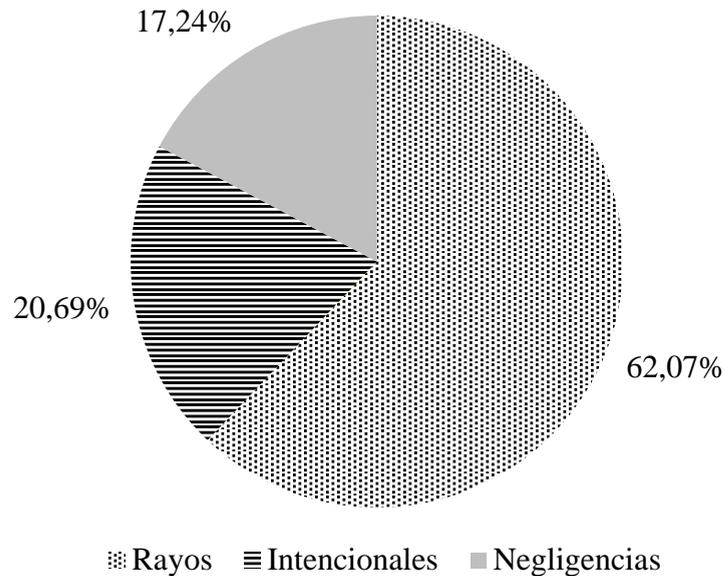


Figura 4: Distribución de los porcentajes del número de incendios según las causas de 2002 al 2011 en la EFI “Minas de Matahambre”

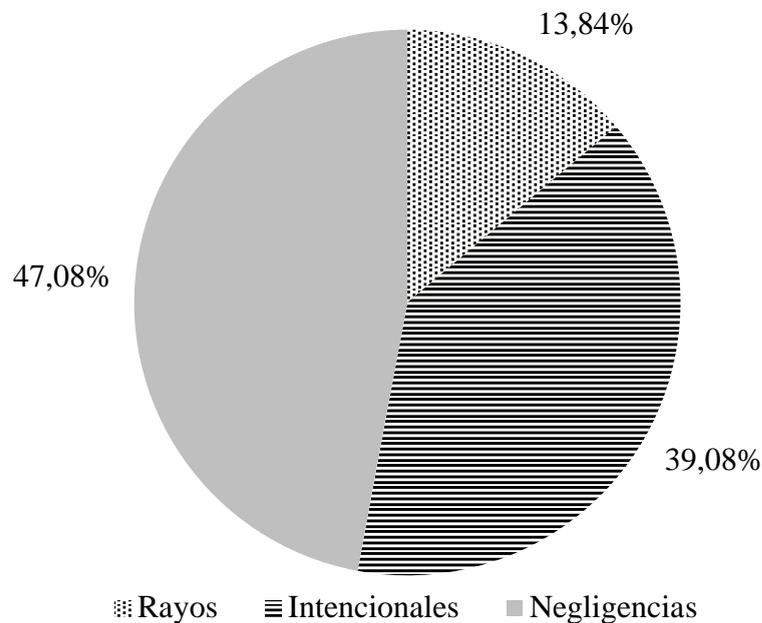


Figura 5: Distribución de los porcentajes de las áreas quemadas según las causas de 2002 al 2011 en la EFI “Minas de Matahambre”

La distribución de los incendios y las áreas quemadas según los tipos de negligencias se muestran en la Tabla 5. Según estos resultados la mayor cantidad de incendios se debieron a los fumadores, responsables del 95,16% de las áreas quemadas por negligencias. Debe llamarse la atención sobre este resultado, el cual no se corresponde con lo que normalmente ocurre en otras regiones, en las cuales el tipo de negligencia principal está relacionado con el uso del fuego para limpieza de terrenos para plantar. Además, según Ramírez (1996) los cigarrillos en ignición pudieran provocar un incendio si caen en combustibles muy finos y altamente inflamables cuya temperatura sea alta y el contenido de humedad muy bajo. Debe ser considerado que esta ocurrencia tiene una probabilidad baja, las gramíneas secas, por ejemplo,

requieren una temperatura de ignición (Vareski, 1962; citado por Ramírez, 1996), aproximadamente de 130 °C y el cigarro inflamado tiene temperaturas entre 50 y 110 °C. Los tabacos tienen mayor posibilidad de éxito, pues su temperatura varía entre 90 y 120 °C. Pero ellos no son tan frecuentes como los cigarrillos. Estos resultados no coinciden con los que obtuvo Castro (2009) para la EFI Macurije de 1999 al 2008 y tampoco con los obtenidos por García (2007) para la provincia Pinar del Río de 1997 al 2006 en el caso de las áreas quemadas, sucediendo lo contrario para el caso de las ocurrencias.

Tabla 5

Distribución de los incendios y las áreas quemadas según los tipos de negligencias de 2002 al 2011 en la EFI "Minas de Matahambre"

Tipo de negligencia	Incendios		Áreas quemadas	
	(No.)	(%)	(ha)	(%)
Castradores de colmenas	2	14,29	3,50	0,50
Fumadores	9	64,29	668,25	95,16
Tractor sin mata chispa	1	7,14	0,50	0,07
Vehículo sin mata chispa	2	14,29	30,00	4,27
Totales	14	100,00	702,25	100,00

Distribución según las causas a través del año

La distribución mensual de los incendios y las áreas quemadas según las causas se muestra en las Tablas 6 y 7. Según estos resultados el 70,37% de los incendios originados por rayos se presentan de mayo a julio. También en este periodo se presentan las mayores afectaciones por esta causa (83,74%). Para el resto de las causas la mayor cantidad de incendios se presenta de febrero a abril para causas intencionales y de marzo a mayo para las negligencias. La mayor cantidad de áreas quemadas debido a los rayos (61,66%) se presenta en mayo, mientras que marzo es el mes donde mayores áreas se queman debido a intencionales y negligencias.

Tabla 6

Distribución de los incendios según las causas a través del año del 2002 al 2011 en la EFI "Minas de Matahambre"

Meses	Rayos		Intencionales		Negligencias	
	(No.)	(%)	(No.)	(%)	(No.)	(%)
E	0	0,00	2	11,11	0	0,00
F	0	0,00	3	16,67	1	6,67
M	4	7,41	4	22,22	3	20,00
A	4	7,41	4	22,22	4	26,67
M	15	27,78	2	11,11	4	26,67
J	9	16,67	0	0,00	0	0,00
J	14	25,93	0	0,00	0	0,00
A	4	7,41	0	0,00	0	0,00
S	3	5,56	0	0,00	0	0,00
O	1	1,85	0	0,00	0	0,00
N	0	0,00	3	16,67	2	13,33
D	0	0,00	0	0,00	1	6,67
Totales	54	100,00	18	100,00	15	100,00

Tabla 7

Distribución de las áreas quemadas según las causas a través del año del 2002 al 2011 en la EFI “Minas de Matahambre”

Meses	Rayos		Intencionales		Negligencias	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
E	0,00	0,00	110,50	18,66	0,00	0,00
F	0,00	0,00	0,90	0,15	0,50	0,07
M	5,45	2,60	380,00	64,18	630,00	88,32
A	8,40	4,01	10,70	1,81	30,00	4,21
M	129,31	61,66	83,00	14,02	30,75	4,31
J	18,80	8,96	0,00	0,00	0,00	0,00
J	27,50	13,11	0,00	0,00	0,00	0,00
A	5,75	2,74	0,00	0,00	0,00	0,00
S	12,50	5,96	0,00	0,00	0,00	0,00
O	2,00	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00
N	0,00	0,00	7,00	1,18	14,05	1,97
D	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	1,12
Totales	209,71	100,00	592,10	100,00	713,30	100,00

Evaluación de la eficiencia del servicio de protección contra incendios forestales

En las Tablas 8, 9, y 10 se muestran los valores del promedio de hectáreas quemadas por incendio (ha / incendio) a través de los años, durante el año y según el tipo de bosque en la EFI Minas de Matahambre del 2002 al 2011. El alto valor para el 2011 se debe a la ocurrencia de un incendio de más de 600,00 ha durante el mes de marzo. También es mayor el valor de este indicador en las plantaciones. Estos resultados indican cuándo y dónde, es necesario perfeccionar la eficiencia del sistema de protección contra incendios. Con excepción de los años 2011 y 2005, este indicador de eficiencia muestra buenos resultados, siendo inferiores a los reportados por Soares (1992) para Grecia de 1978 a 1982, España de 1977 a 1982, y Brasil de 1983 a 1987; los reportados por Madoui (2000) para Argelia de 1979 a 1987, y a los obtenidos por Castro (2009) para la EFI Macurije de 1999 al 2005, siendo similares a los obtenidos por Ramos *et al.* (2008) en la provincia Pinar del Río de 1997 al 2006.

Tabla 8

Distribución del promedio de hectáreas quemadas por incendio a través de los años en la EFI “Minas de Matahambre”

Años	ha/incendio
2002	3,06
2003	5,24
2004	9,02
2005	45,68
2006	5,78
2007	2,10
2008	4,63
2009	5,64
2010	0,76
2011	51,73
Periodo	17,42

Tabla 9

Distribución del promedio de hectáreas quemadas por incendio a través de los meses del 2002 al 2011 en la EFI “Minas de Matahambre”

Meses	ha/incendio
E	55,25
F	0,35
M	92,31
A	4,09
M	11,57
J	2,09
J	1,96
A	1,44
S	4,17
O	2,00
N	4,21
D	8,00
Periodo	17,42

Tabla 10

Distribución del promedio de hectáreas quemadas por incendio según el tipo de bosque del 2002 al 2011 en la EFI “Minas de Matahambre”

Tipo de bosque	ha/incendio
Naturales	15,16
Artificiales	17,42
Periodo	16,65

La distribución de los incendios según las clases de tamaño se presenta en la tabla 11. Se observa que la mayor cantidad de los incendios, el 72,41%, se agrupan en las clases I y II (< 4,00 ha) lo cual indica una buena eficiencia del sistema de protección en sentido general. Estos resultados son similares a los obtenidos por García (2007) para la provincia Pinar del Río de 1997 al 2006, y con los que obtuvo Castro (2009) para la EFI “Macurije” de 1999 al 2008.

Tabla 11

Distribución de los incendios según las clases de tamaño en la EFI “Minas de Matahambre”

Años	Clases de tamaño (ha)									
	< 0,1		0,1 - 4		4,01- 40		40,01 - 200		>200	
	(No.)	(%)	(No.)	(%)	(No.)	(%)	(No.)	(%)	(No.)	(%)
2002	4	11,43	3	10,71	1	5,26	0	0,00	0	0,00
2003	3	8,57	1	3,57	3	15,79	0	0,00	0	0,00
2004	1	2,86	9	32,14	4	21,05	1	33,33	0	0,00
2005	4	11,43	2	7,14	1	5,26	1	33,33	1	50,00
2006	7	20,00	1	3,57	2	10,53	0	0,00	0	0,00
2007	2	5,71	3	10,71	0	0,00	0	0,00	0	0,00
2008	2	5,71	0	0,00	2	10,53	0	0,00	0	0,00
2009	1	2,86	5	17,86	1	5,26	0	0,00	0	0,00
2010	6	17,14	1	3,57	0	0,00	0	0,00	0	0,00
2011	5	14,29	3	10,71	5	26,32	1	33,33	1	50,00
Totales	35	100,00	28	100,00	19	100,00	3	100,00	2	100,00

Valoración económica

En la EFI Minas de Matahambre durante los últimos 10 años se han afectado cada año como promedio 151,51 ha. Por lo que el 5 % de las mismas representa 7,57 ha, las que valoradas en

\$ 2 000,00 pesos cada una, suman \$ 15 140,00 pesos, cuya pérdida debe evitarse cada año con la introducción de los resultados de este trabajo. Esto constituye un aporte importante a la materialización de la política económica del país en general y del desarrollo forestal planificado hasta el año 2015, en particular.

Es importante destacar, además, que al evitar estas afectaciones se contribuye en alguna medida al logro del manejo forestal sostenible, a la vez que se evita la destrucción de los ecosistemas forestales, de uno de los mecanismos más importantes que tiene la naturaleza para fijar el CO₂ atmosférico, la pérdida de la diversidad biológica, la degradación de los suelos y la contaminación de las aguas y los suelos.

También desde el punto de vista social tiene una repercusión importante, pues se contribuye al mejoramiento de la calidad ambiental y a la protección de una fuente de recursos renovables de gran importancia económica, a la vez que constituyen espacios naturales en los que el turismo, actividad con grandes potencialidades en el país, podrá encontrar junto a su belleza paisajística, la necesaria seguridad que puede ofrecer para la vida de las personas, un sistema de protección efectivo.

Conclusiones

El trabajo desarrollado permitió llegar a las conclusiones siguientes:

- Se actualizó la base de datos sobre incendios forestales de la Provincia Pinar del Río, lo cual permitió realizar la evaluación del comportamiento histórico de los incendios forestales en la EFI Minas de Matahambre del 2002 al 2011.
- Durante el periodo 2002 – 2011 ocurrieron en la EFI Minas de Matahambre un total de 87 incendios (86,30 % en el periodo marzo – mayo, el 58,62 % entre las 14:00 y las 17:00 horas y el 65,93 % en plantaciones), siendo el área quemada de 1 515,11 ha.
- No se detectó diferencia significativa entre las medias de los incendios ocurridos cada uno de los días de la semana ($p=0,740$) ni para los incendios ocurridos ($p=0,052$) y las áreas quemadas ($p=0,436$) en cada tipo de bosque, mientras que esta sí fue observada para los incendios ocurridos cada una de las horas del día ($p=0,000$). Lo mismo ocurrió a través de los meses tanto para los incendios ocurridos ($p=0,001$) como para las áreas quemadas ($p=0,002$).
- La principal causa de surgimiento fueron los rayos a los cuales correspondió el 62,07 % mientras que la causa por la cual se afectó más superficie fue la negligencia, a la cual le correspondió el 47,08 % del total.
- La mayor cantidad de los incendios (72,41 %) se agrupan en las clases de tamaño I y II (< 4,0 ha).
- Con la aplicación de los resultados obtenidos puede evitarse cada año la pérdida de \$ 15 140,00 pesos, a la vez que se contribuye al logro del manejo forestal sostenible y a la protección del medio ambiente.

Referencias bibliográficas

- Calabri, G. 1991. Problemas y perspectivas relativas a los incendios forestales, su prevención y su dominio. Actas del 10º Congreso Forestal Mundial. París.
- Canakcioglu, H. 1990. Forest Fire in Turkey. Forest Fire Research and Protection from Fire (Proceedings) XIX IUFRO World Congress. Canada. 26 - 41 pp.
- Castro, J. 2009. Comportamiento histórico de los incendios forestales en la Empresa Forestal Integral “Macurije” de 1999 al 2008. Tesis (Curso de Ingeniería Forestal). Universidad de Pinar del Río.



- CITMA. 2005. Estrategia Ambiental Nacional 2006 – 2010. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. La Habana, Cuba, 72 p.
- García, H.J. 2007. Evaluación del comportamiento histórico de los incendios forestales en la Provincia Pinar del Río de 1997a 2006. Trabajo de Diploma. Universidad de Pinar del Río.
- Madoui, A. 2000. Forest Fire in Algeria and the Case of the Domanial Forest of Bou-Taleb, Setif. En: International Forest Fire News. FAO. No. 22. 9 – 14 pp.
- MINAG. 1996. Programa de Desarrollo Económico Forestal 1997 - 2015. 25 p. Cuba.
- Oharriz, S., Valdés, C., y Llorente, E.B. 1990. Estadística de los incendios forestales en Cuba durante el periodo 1981 - 1985. Dirección de Protección al Bosque y la Fauna. Cuba. 40 p.
- Ramírez, J. 1996. Incendios Forestales en Venezuela. Instituto Forestal. Latinoamericano. Venezuela, 139p.
- Ramos, M.P. 1999. Bases metodológicas para el perfeccionamiento de la prevención contra los incendios forestales. Pinar del Río. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales).
- Ramos, M.P.; Cabrera, J.M.; Ortez, L.A. 2008. Eficiencia de la protección contra incendios forestales en Pinar del Río, Cuba. Revista Forestal Baracoa, Vol. 27, No. 2, 31-40 pp.
- Rodríguez, M.P.R. 2012. Desempeño de los índices de Nesterov, Fórmula de Monte Alegre y Fórmula de Monte Alegre alterada en la Empresa Forestal Macurije, Pinar del Río, Cuba. 90 p. Tese (Pós-doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Rodríguez, M.P.R.; Soares, R.V. 1998. Comportamiento histórico de los incendios forestales en la provincia de Pinar del Río, Cuba. Revista Floresta, Vol. 28, No. 1/2. 03-18 pp.
- Rodríguez, M.P.R.; Soares, R.V. 2004. Análisis comparativo entre los incendios forestales en Monte Alegre, Brasil y Pinar del Río, Cuba. Revista Floresta, Vol. 34, No. 2. 101 – 107 pp.
- Soares, R.V. 1985. Incêndios Florestais. Controle e uso do Fogo. Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. Curitiba, 213 p.
- Soares, R.V. 1988. Perfil dos incêndios florestais no Brasil, de 1984 a 1987. Revista Floresta. Brasil.
- Soares, R.V. 1992: Ocorrência de incêndios florestais em reflorestamentos. I Seminario Nacional sobre Incêndios Florestais e Queimadas. Brasil, 15 p.
- Vélez, R. 1990. Los incendios forestales en el Mediterráneo: perspectiva regional. Revista Unasyuva. Vol.41, No. 162. 3 - 9 pp.
- Wadsworth, F. H. 2000. Producción Forestal para América Tropical. Manual de Agricultura. Departamento de Agricultura de los EE.UU. USDA. Washington. 397 p.



UNIDAD 2

Comportamiento del fuego

*Can wildland fire really be predicted?
That depends on how accurate you expect the answer to be.*

(Rothermel, 1983)

Tema 3

Diagnóstico y caracterización de los incendios de copa en las masas arboladas de la comarca forestal de Villaviciosa de Córdoba (Córdoba, España)

Juan Antonio Muñoz Navarro, Francisco Rodríguez y Silva, Juan Ramón Molina Martínez

Resumen

Los grandes incendios forestales constituyen la mayor perturbación de la Región Mediterránea, provocando cuantiosos daños ecológicos y socioeconómicos, e incluso, poniendo en riesgo a la población. Generalmente, los grandes incendios forestales se encuentran relacionados con incendios de copa. Los incendios de copa o desarrollos expansivos por las copas de los árboles constituyen los eventos de mayor virulencia y dificultad de extinción. Este trabajo constituye un diagnóstico y una caracterización de las masas arboladas de Villaviciosa de Córdoba (Córdoba, España) en relación a la potencialidad de ocurrencia de un evento de estas características. La mitigación de los impactos provocados por los incendios forestales requiere de un mayor conocimiento del territorio y de las zonas de oportunidad para la extinción, incrementando la efectividad y eficiencia de las tareas de extinción, así como la seguridad del personal. A partir de un inventario dasométrico y una reconstrucción de escenarios meteorológicos, se determinará tanto la probabilidad de ocurrencia de un incendio de copas como el comportamiento dinámico y energético del mismo. El objeto del mismo es la delimitación, mediante Sistemas de Información Geográfica, de los puntos de oportunidad y los puntos críticos en el comportamiento potencial del fuego, identificando zonas de gran eficiencia para la realización de tratamientos preventivos y zonas de gran peligrosidad de atrapamiento para el personal de extinción.

Abstracts

The large forest fires are the biggest disturbance in the Mediterranean region, causing considerable ecological and socio-economic damage, and even putting the population at risk. Generally, large forest fires are associated with crown fires. Crown fires or expansive tree crown events are the most virulent and difficult to extinguish events. This work constitutes a diagnosis and a characterization of the wooded masses of Villaviciosa de Córdoba (Córdoba, Spain) in relation to the potentiality of occurrence of an event of these characteristics. The mitigation of the impacts caused by forest fires requires a greater knowledge of the territory and the zones of opportunity for suppression, increasing the effectiveness and efficiency of the suppression tasks, as well as the safety of the personnel. From a dasometric inventory and a reconstruction of meteorological scenarios, the probability of occurrence of a fire of glasses as well as the dynamic and energetic behavior of the same will be determined. The object of the same is the delimitation, by means of Geographic Information Systems, of the points of opportunity and the critical points in the potential behavior of the fire, identifying zones of great efficiency for the realization of preventive treatments and zones of great danger of entrapment for the suppression personnel.

Introducción

La ocurrencia de incendios forestales constituye un fenómeno natural en la cuenca mediterránea (Pausas *et al.*, 2009), en la cual gran parte de España está inserta. No obstante, el actual régimen de incendios forestales tiene un origen eminentemente antrópico (Pausas *et al.*, 2011) y puede llegar a causar profundos impactos sobre el medio natural (Mola *et al.*, 1992;

Kazanis & Arianoutsou, 2004) y a amenazar los bienes e intereses de la sociedad, generando una serie de daños y perjuicios.

Estos incendios forestales quemaron en España una media de 100 000,00 ha anuales, pudiéndose observar de forma general una tendencia creciente en el número de siniestros, incremento que, aunque en un principio se encontrase acompañado también de un crecimiento en la superficie afectada, sufrió a mediados de los años 90 un descenso notable debido a la palpable implementación, crecimiento y formación de los dispositivos de extinción de incendios forestales de las comunidades autónomas, que incrementaron así su eficacia (MAGRAMA, 2012). Este descenso de la superficie quemada por cada siniestro supone un aumento en el número de conatos, es decir, siniestros en los cuales la superficie quemada no supera la hectárea de extensión, que rondan el 75% de los casos. En la otra cara de la moneda se encuentran, sin embargo, los grandes incendios forestales; incendios que por una u otra circunstancia alcanzan dimensiones exacerbadas, superando las 500,00 ha. Estos incendios, a pesar de ostentar cifras irrisorias en número, tienen una capacidad destructiva realmente elevada—poniendo un ejemplo, estos grandes incendios forestales supusieron en el pasado año 2011 tan solo un 0,15% del total; pequeña cifra que supuso el 25,5% de la superficie quemada en España ese año (MAGRAMA, 2012).

El ser capaces de mejorar estas cifras pasa por un gran abanico de acciones e iniciativas tanto en materia de prevención como en las labores de extinción; desde la concienciación ciudadana hasta un conocimiento más exhaustivo del lugar en que se desarrolla el incendio: la superficie forestal, atravesando multitud de otros elementos. Un mayor conocimiento tanto del problema —el incendio— como del ambiente en que este se desarrolla —el medio— nos permite ser capaces de realizar un análisis más completo, exacto, adecuado y eficaz de la situación, y una apropiada planificación de las tareas de prevención y de extinción.

La modelización de la propagación por copas del frente de llamas ha sido abordada principalmente en bosques boreales (Rothermel, 1991; Cruz *et al.*, 2002, 2005, 2006), caracterizados por un escaso sotobosque y una elevada humedad del combustible, siendo estas condiciones distintas a las que pueden encontrarse en el ámbito mediterráneo. Esto no quiere decir que no se hayan realizado estudios en el entorno mediterráneo, sino que por el contrario, es un tema que levanta interés y sobre el que se han llevado a cabo importantes trabajos recientemente, pudiéndose destacar aquí el proyecto INFOCOPAS (RTA 2009-0153-C03-03). El principal modelo de transición del fuego de superficie a fuego de copas fue desarrollado por Van Wagner (1977) y permite determinar la intensidad crítica necesaria para la transición, a partir de la humedad de los combustibles finos vivos del dosel arbóreo y la distancia del combustible superficial a la base de las copas, aunque investigaciones posteriores destacan la importancia de otros factores como puede ser el tiempo de contacto de la llama con la base de las copas (Rodríguez y Silva *et al.*, 2017). El estudio de la propagación a través de las copas ha sido abordado, entre otros, por Rothermel (1991), que desarrolló un modelo empírico que relacionaba las velocidades de propagación del fuego en superficie y la velocidad observada en copas, o por Cruz, Wakimoto y Alexander (2004), que incluyeron en su modelo la densidad aparente de copas, lo que permite predecir la variación del comportamiento del frente de llamas en copas al realizar diversos tratamientos preventivos o actuaciones selvícolas y de aprovechamiento.

En la actualidad todos estos cálculos pueden ser realizados mediante software específico destinado a ello, habiéndose producido un desarrollo de numerosos simuladores de la propagación de incendios forestales y sistemas de predicción del comportamiento del fuego que suponen una herramienta muy polivalente tanto en la prevención como en la extinción de los incendios forestales. Así encontramos entre otros los programas estadounidenses FlamMAP[®], FARSITE[®], BehavePlus[®], el canadiense PROMETHEUS[®] o los españoles Visual

BEHAVE[®], Visual CARDIN[®] o PIROMACOS[®], algunos de los cuales, como FARSITE[®] o Visual CARDIN[®], nos permiten predecir el comportamiento del fuego de copa.

En España se han realizado diversos estudios relacionados con el estudio de los fuegos de copa entre los que caben destacar las simulaciones de subida del fuego a copas en entornos controlados de túnel de viento desarrollados en el INIA o la primera quema experimental en el año 2012 dentro del proyecto de investigación “Protección contra incendios forestales: condiciones de inicio, propagación e impacto socioeconómico de los fuegos en masas de pinares” (Vega *et al.* 2013) en el que colaboraron el Centro de Investigación Forestal de Lourizán (Pontevedra) de la Xunta de Galicia, el INIA (Madrid) y el Laboratorio de Defensa contra Incendios Forestales del Departamento de Ingeniería Forestal de la Universidad de Córdoba.

Todas estas investigaciones y proyectos influyen en la elaboración de los nuevos Proyectos de Ordenación de Montes, aportando conocimiento que ha de ser tenido en cuenta. Asimismo, una gran parte de la información necesaria para elaborar estos estudios proviene de los datos tomados en campo para estos proyectos de ordenación, haciendo especial énfasis en las variables dasométricas y dendrométricas.

El presente estudio se centra en la comarca forestal de Villaviciosa de Córdoba, buscando el diagnóstico y caracterización de sus masas arboladas en cuanto a los incendios de copa se refiere, tratando de determinar tanto su probabilidad de ocurrencia como el tipo de propagación esperada. Asimismo, se busca generar una cartografía de priorización en función de la peligrosidad expansiva de los fuegos de copa, acompañada por una serie de recomendaciones técnicas orientadas tanto a evitar la ocurrencia de este fenómeno, como a facilitar su control.

Medio físico

Los montes estudiados son de propiedad particular y se encuentran consorciados con la Administración. Las bases de estos consorcios, todavía vigentes, son similares en la mayoría de estos montes y recogen de forma resumida un régimen de aprovechamiento y gestión del monte entre el propietario y el ya antiguo Patrimonio Forestal del Estado, correspondiendo la jurisdicción en aquel momento al Ministerio de Agricultura y actualmente a la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Según este régimen de aprovechamiento, corresponde al Ministerio de Agricultura la realización de las labores de repoblación forestal, mejora y aprovechamiento de los terrenos, así como del aprovechamiento y mejora del arbolado ya existente, lo que permite a la administración llevar a cabo las actuaciones que considere oportunas dentro de los límites establecidos, desde el punto de vista de la gestión de incendios forestales, dando aplicabilidad al presente trabajo. Estos se encuentran enclavados en Sierra Morena en el término municipal de Villaviciosa de Córdoba.

Desde el punto de vista geomorfológico estamos ante unos montes con un relieve muy ondulado, con disparidad de laderas y vaguadas entre las que podemos encontrar cañones o valles encajados y barrancos sobre los que habremos de prestar especial atención. Las altitudes de los montes oscilan desde los 968 metros sobre el nivel del mar del punto más alto a los 183 metros de altitud del punto más bajo, es decir, con una gran disparidad altitudinal entre los distintos montes. Respecto a la pendiente, observamos una predominancia de las pendientes suaves (15-35%) y moderadas (35-55%), aunque también son comunes las pendientes muy fuertes (>55%), agravado todo esto por una gran pedregosidad del terreno. En cuanto a la orientación, aunque algunos de los montes se encuentran casi en su totalidad en solana, la mayoría de ellos se encuentran repartidos de forma aproximadamente equitativa entre la solana y la umbría. Hay que tener en cuenta que estas fuertes pendientes suponen un elevado riesgo de erosión y una escasa retención del agua, lo que incrementa la ya de por sí acusada sequía estival.

El tipo de clima presente en la zona es el clima mediterráneo continental de inviernos fríos, en el cual la continentalidad, sumada al aislamiento que originan los relieves circundantes y la altitud, supone la existencia de veranos muy calurosos e inviernos muy fríos en los que las heladas son un fenómeno frecuente. Las precipitaciones rondan los 400 mm de media al año, con una distribución más regular que la que es posible encontrar en el resto de la región. Dentro de estas precipitaciones, las primaverales tienen un papel destacado y la sequía estival no es absoluta, pudiendo registrarse alguna precipitación incluso en los meses de julio y agosto. En invierno es posible encontrar precipitaciones en forma de nieve.

Según los datos meteorológicos registrados en la zona del proyecto, esta pertenece a la subregión fitoclimática mediterránea cálida menos seca (Fuente: REDIAM), con un máximo de precipitaciones a finales de otoño y principios del invierno, precipitaciones que sufren un descenso significativo hacia el mes julio, momento en el cual se hacen casi inexistentes, reanudándose hacia el mes de septiembre.

En cuanto a las temperaturas, estas tienden a los extremos, variando mucho según la altitud y la exposición, aumentando de forma general desde enero hasta llegar a las máximas en los meses de julio o agosto, tras lo cual comienzan un acusado descenso hasta diciembre. Las heladas son seguras entre los meses de noviembre y marzo, con probabilidad de darse fuera de este intervalo.

La clasificación bioclimática de Rivas Martínez identifica la zona como perteneciente al piso bioclimático Oromediterráneo inferior, con un Ombroclima subhúmedo. La clasificación fitoclimática de Allué-Andrade caracteriza los montes dentro de la Subregión fitoclimática IV₄. Entre los mamíferos existentes en la zona destacan: jabalí, ciervo, zorro, gineta, gato montés, tejón, meloncillo, nutria, comadreja, liebre, conejo, lirón y ratón de campo. Anidan también numerosas especies de aves, unas de forma permanente como el águila perdicera, el ratonero, el azor, el milano, el cernícalo, el búho real, la lechuza, el mochuelo, el rabilargo, el pato real, la perdiz roja; y otras son migratorias como la cigüeña negra, la garza, el ánade real, la paloma torcaz, la tórtola, la chocha perdiz, el avefría, el zorzal y el abejaruco. En las dehesas, campos de labor y huertas habitan un grupo importante de pequeñas aves: pardillo, jilguero, gorrión de campo, verderón, abubilla, alzacola, oropéndola, etcétera. Asociados a cauces fluviales y barrancos aparecen mirlos, petirrojos, cabecinegras, ruiseñores, martines pescadores y martinetes. También se encuentran el galápago, la rana común, la culebra común, el barbo, la boga, etcétera. Entre los reptiles que pueblan montes, dehesas y arroyos se encuentran la culebra de escalera, la culebra verde, la víbora común, el lagarto ocelado y la lagartija colilarga. También es posible encontrar en algunos casos, bajo diversos títulos de protección, a animales como el lobo, la cigüeña negra, el águila real, el águila imperial ibérica, el águila perdicera o el buitre negro.

La vegetación actual presente en estos montes es el resultado de repoblaciones masivas, sobre todo de *Pinus spp.* y algo de *Eucalyptus spp.* que se encuentran centradas en los peores suelos, zonas altas y con poca vegetación autóctona, tras las cuales, una vez realizadas, no se volvió a intervenir salvo en contadas ocasiones y localizaciones. La masa repoblada fue principalmente de individuos del género *Pinus*: *Pinus pinea*, *Pinus pinaster* y en algunas localizaciones muy concretas, *Pinus canariensis*. Dentro de estas masas podemos encontrarnos con pequeños rodales que no fueron objeto de la repoblación y se encuentran poblados por individuos del género *Quercus*, mayormente encina y algo menos de alcornoque y quejigo. En algunos lugares las masas de *Quercus* que estaban bajo los pinos se han convertido en dominantes, expulsando a las masas de pinares. Estas masas más antiguas de *Quercus* se encuentran en las zonas en las cuales las repoblaciones fueron realizadas con terrazas, encontrando ahí a los individuos de mayor tamaño. En las zonas no aterrazadas los individuos de *Quercus* tienen la misma edad de la repoblación, y es aquí donde, en algunos puntos, han sustituido a la masa de pinar. Otras especies de interés presentes en los montes son el acebuche, el madroño, el fresno, el lentisco

o el pino laricio. Estas especies aparecen mezcladas pie a pie y se sitúan principalmente en zonas no repobladas por tener alta pendiente y pedregosidad, pudiendo enunciar aquí a barrancos, arroyos y vaguadas.

Los subpisos están compuestos por matorrales seriales de evolución cíclica, con tallas y espesuras medias, de composición y estructura variable. La formación más frecuente es el jaral (*Cistus ladanifer* principalmente), que es sustituido progresivamente por comunidades seriales más avanzadas. Las especies principales por orden de abundancia son: *Cistus ladanifer*, *Genista spp*, *Rosmarinus officinalis*, *Lavandula stoechas*, *Cistus albidus*, *Pistacia lentiscus*, *Phlomis purpurea* y *Daphne gnidium*, *Phillyrea angustifolia*, *Cistus salvifolius*, *Myrtus communis*, *Erica spp.*, *Stachelina dubia*, *Helichrysum stoechas*, *Viburnum spp.*, *Quercus coccifera*, *Rubus ulmifolius*, *Cistus populifolius*, *Santolina chamaecyparissus*, *Cistus monspeliensis*, *Smilax aspera*, *Thymus spp.*, *Cistus crispus*, *Cistus clusii*, *Halimium spp.*, *Adenocarpus spp.*, *Lonicera periclymenum*, *Nerium oleander*, *Rubus spp* y *Lavandula spp*.

Se pueden encontrar manchas salpicadas de encinares termófilos que suelen ser masas adehesadas de jaral-aulagar empobrecido, de escasa diversidad florística. Cobran gran importancia el lentisco y otras especies con porte entre matorral y arbolillo que sustituyen al bosque tales como el labiérnago, el madroño, la coscoja y el acebuche entre otras.

Los principales géneros en cuanto a porcentaje de superficie ocupada son *Pinus*, y *Quercus*, y dentro de estos el *Q. ilex* y el *P. pinea* aunque ninguna de estas superficies puede considerarse natural, ya que todas han tenido alguna afección por parte del hombre, tanto directa como indirecta.

Metodología

Análisis de la meteorología

Para el análisis meteorológico se analizaron los datos horarios de temperatura media (°C), humedad media (%) y velocidad (km/h) y dirección del viento (°) registrados por la estación meteorológica de Bélmez (Córdoba) del Sistema de Información Agroclimática para el Regadío (SiAR) durante un período de 15 años, de los que se filtraron los meses de julio, agosto y septiembre, en los cuales las condiciones son más favorables para la ocurrencia de incendios forestales.

Tras analizar los registros horarios se eligió para el estudio la franja horaria entre las 12:00 y las 17:30 horas, en la cual se concentran los mayores valores de temperatura y los menores contenidos de humedad y se calcularon los valores medios del periodo para cada uno de estos registros.

Con los datos promediados se calculó la humedad del combustible fino muerto de 1 más 10 horas de tiempo de retardo ($hcfm_{1+10h}$) para cada registro mediante dos métodos:

- Tablas de la Humedad del Combustible Fino Muerto de 1 más 10 horas de tiempo de retardo, desarrolladas a partir de los trabajos de Rothermel (1986): introduciendo los campos de humedad relativa y temperatura se extrae la humedad básica del combustible fino muerto que es necesario corregir en función del mes, la pendiente (5-30% o mayor del 30%) y el grado de sombreado sobre los combustibles (Mayor o menos del 50%). La exposición elegida para la determinación de la humedad del combustible fino muerto es la exposición sur pues es la más desfavorable.
- Humedad del Combustible Fino Muerto de 1 más 10 horas de tiempo de retardo ajustada para Andalucía, España (Ecuación 1).

$$hcfm_{(1+10h)} = 8.21 + 0.076 \times Hr - 0.05599T \quad [1]$$

Donde:

- Hr: humedad relativa en porcentaje.

- T: temperatura en grados centígrados.

A partir de los datos de humedad del combustible fino muerto se extrae la humedad del combustible fino muerto de 1 hora de tiempo de retardo mediante la aplicación de la Ecuación 2.

$$hcfm_{(1h)} = \frac{hcfm_{(1+10h)} - 2}{2} \quad [2]$$

Una vez obtenidos los datos se procedió a agruparlos en intervalos que facilitasen su posterior análisis:

- Los datos de humedad del combustible fino muerto de una hora de tiempo de retardo se aproximaron al discreto más cercano.
- Los datos de velocidad del viento se agruparon según la Escala Beaufort, pues debido a su estructura cualitativa, es fácilmente medible en campo.

El cálculo de la probabilidad en función de las condiciones de humedad del combustible fino muerto de una hora de tiempo de retardo y la velocidad del viento se realiza atendiendo al número de registros que comparten unos mismos valores dentro de los intervalos dados, respecto al total de datos analizados.

Determinación de los modelos de combustible

Atendiendo a las siguientes características, tanto cualitativas como cuantitativas, extraídas de la ordenación a nivel de rodal, se ha procedido a la clasificación de estos rodales para los distintos modelos de combustible UCO-40 (Rodríguez y Silva y Molina, 2010) considerando las variables siguientes:

- Presencia de arbolado.
- Densidad del arbolado.
- Naturaleza del dosel arbóreo.
- Especies del dosel arbóreo.
- Continuidad vertical.
- Fracción de cabida cubierta del matorral.
- Altura del matorral.
- Otros.

Determinación de la Fracción de Cabida Cubierta del arbolado

La Fracción de Cabida Cubierta (FCC) del arbolado se determinó mediante una reclasificación por intensidades de píxel de ortofotografías en blanco y negro y la obtención de estadísticas por rodal. Dada la existencia de un solape en los Niveles Digitales (ND) entre el matorral y el arbolado, se realizó una corrección atendiendo a los modelos de combustible presentes, calibrada mediante fotointerpretación.

Cálculo de la densidad aparente de copas

La densidad aparente de copas (CBD), necesaria para el análisis del comportamiento del fuego en las copas de los árboles, indica la cantidad de combustible existente por unidad de volumen en las copas de los árboles.

Esta densidad aparente de copas en kg/m³ viene expresada por la Ecuación 3.

$$D_{ap.copas} = \frac{Carga \times Densidad}{H_{copa} \times 10000} \quad [3]$$

Donde:

- La carga se refiere a la cantidad de combustible disponible por árbol (kg/árbol).
- La densidad se refiere al número de árboles por hectárea (árbol/ha).
- H_{copa} se refiere a la profundidad de la copa (m).

La carga se calculó en función de la especie mediante relaciones alométricas (Agudo, 2007; Molina *et al.*, 2011; Molina *et al.*, 2014).

Los datos de densidad arbórea y de altura del arbolado se extrajeron del Proyecto de Ordenación de los Montes Consorciados de Villaviciosa.

La profundidad de la copa se obtuvo como diferencia de la altura total del árbol y la primera rama viva, dato presente en el Tercer Inventario Forestal Nacional (Villanueva, 2005).

Análisis de la subida del fuego a copas

Para determinar si la carrera del fuego en superficie provoca una subida del fuego a copas, se realizó un análisis por rodales de la intensidad crítica (Van Wagner, 1977, 1993), determinada mediante la Ecuación 4:

$$I_0 = [0.01 CBH (460 + 25.9M)]^{\frac{3}{2}} \quad [4]$$

Donde:

- I_0 es la intensidad crítica (kW/m) necesaria para la transición del fuego a copas.
- CBH es la distancia vertical en metros entre el límite superior del combustible superficial y la base del combustible vivo de copas.
- M representa el contenido de humedad foliar en porcentaje de las copas.

La CBH se obtuvo por diferencia entre la altura del matorral, extraída del Proyecto de Ordenación de los Montes Consorciados de Villaviciosa y la altura de la primera rama viva, dato recogido en el Tercer Inventario Forestal Nacional. Para ello fue necesario determinar las parcelas del inventario sobre la zona de estudio y analizar la altura dada en función de las condiciones del rodal.

La humedad foliar del combustible de copas resulta del análisis en el verano de los años 2013 y 2014 para masas arbóreas representativas (Fuente: LABIF, comunicación personal).

Esta intensidad crítica se comparó con la intensidad de la línea de fuego (kW/h) dada por el software VISUAL BEHAVE© para los distintos rodales. Se necesitaron los siguientes datos de partida:

- Modelo de Combustible UCO-40.
- Humedad de los combustibles muertos de 1, 10 y 100 horas de tiempo de retardo.
- Pendiente.
- Humedad de los combustibles leñosos vivos, que se determinó en función de la composición del sotobosque y de las humedades registradas para estas composiciones en zonas representativas en el verano del año 2013-2014 (Fuente: LABIF, comunicación personal).
- Humedad de los combustibles vivos herbáceos, estimada en un 30% de la humedad del combustible vivo leñoso.
- Velocidad real del viento y el coeficiente para el ajuste del viento a media llama.

Si la Intensidad Crítica es menor que la Intensidad Superficial, el fuego subirá a copas, mientras que, si es mayor, la energía es insuficiente y el fuego se desarrollará exclusivamente en superficie.

Dado que las simulaciones con el software BEHAVE© se realizaron para las distintas condiciones meteorológicas analizadas, la transición o no del fuego a copas se expondrá referida al porcentaje de probabilidad de encontrarnos ante estas condiciones.

Determinación del tipo de fuego en copas

Una vez determinados los rodales susceptibles de sufrir fuego de copas es necesario analizar el tipo de fuego de copas y su comportamiento. Para el estudio se hizo distinción entre los siguientes tres conceptos (Van Wagner, 1993):

- Fuego activo de copas: la carrera de copas es continua, quemándose, al menos, un 90% del combustible en copas.
- Fuego intermitente de copas: la carrera en copas no es continua, sino que se producen antorchamientos. Se quema menos del 90% del combustible en copas.
- Fuego de superficie: en él, la carrera del fuego se desarrolla por el combustible en la superficie, sin subir al dosel arbóreo.

La Fracción de Copa Quemada (CFB) se determinó mediante la Ecuación 5 (Van Wagner, 1993):

$$CFB = 1 - e^{-0.23 \times (R \times R_c)} \quad [5]$$

Donde:

- CFB es la Fracción de Copa Quemada.
- R es la velocidad de propagación del fuego en superficie (m/min).
- R_c es la velocidad crítica (m/min) para que se produzca la propagación del fuego por copas.

El factor R_c se determina mediante la Ecuación 6.

$$R_c = 3/CBD \quad [6]$$

Donde el numerador es el producto de un factor de conversión y una constante empírica definida por la velocidad crítica a través del dosel arbóreo para un fuego continuo en función de la masa y el denominador es la densidad aparente de copas (kg/m^3) (Van Wagner, 1977).

Dado que la velocidad de propagación del fuego en superficie depende, entre otros factores, de la velocidad del viento y de la humedad de los combustibles, el tipo de carrera en copas puede ser expresada en función de la probabilidad de ocurrencia de un determinado escenario meteorológico.

Estudio del comportamiento del fuego activo de copas

Para el estudio del comportamiento del fuego activo de copas se usó el software VISUAL BEHAVE© para las condiciones meteorológicas más desfavorables, pues son las que determinarán los mayores índices de dificultad de extinción. Para las simulaciones es necesario conocer:

- El Modelo de Combustible UCO-40.
- La humedad de los combustibles muertos de 1, 10 y 10 horas de tiempo de retardo.
- La pendiente.
- Las humedades de los combustibles herbáceos y leñosos vivos.
- La velocidad real del viento.
- La distancia desde la parte superior del sotobosque al nivel de base de las copas.
- El contenido de humedad de las hojas.
- La carga de combustible superficial consumido.
- La altura del árbol.
- La densidad aparente de copas.
- La velocidad del viento a 10 metros.
- La fracción de cabida cubierta.

Índice de dificultad de extinción (IDEX)

Para identificar cómo la subida del fuego a copas afecta a la dificultad de extinción se realizó un estudio comparativo, teniendo o no en consideración el incremento del calor por unidad de área. Para ello se utilizó como índice evaluador el índice de dificultad de extinción (Rodríguez y Silva, 2014), calculado mediante la Ecuación 7:

$$I_{dex} = \frac{[I_{ce}]}{[\sum(I_p + I_m + I_a + I_c + I_{ar})]} \quad [7]$$

Donde:

- Ice es el subíndice de comportamiento energético.
- Ip es el subíndice de penetrabilidad.
- Im es el subíndice de movilidad.
- Ia es el subíndice de accesibilidad.
- Ic es el subíndice de apertura de líneas de defensa.
- Iar es el subíndice de medios aéreos.

El subíndice de comportamiento energético hace referencia a la combustión potencial de la zona analizada una vez que el fuego ha comenzado y la fase oxidativa ha sido completada.

El subíndice de penetrabilidad hace referencia a la mayor o menor dificultad que tienen los medios humanos para acceder caminando a los distintos lugares que comprende la zona analizada. La creación de un índice que permita cuantificar este factor es muy complicado, pero para poder trabajar con valores representativos, este índice trabaja con la pendiente, la dificultad intrínseca al modelo de combustible, la derivada de la dureza del suelo y la existencia o no de sendas de precombate. Un valor alto de este subíndice indicará una facilidad elevada para transitar de forma peatonal por el área que se esté analizando.

El subíndice de movilidad se refiere a la mayor o menos dificultad que el terreno analizado presenta para el desplazamiento de los vehículos terrestres de extinción fuera de las vías diseñadas para esta función. Salvo casos excepcionales, este subíndice barema la movilidad en función de la densidad y calidad de las infraestructuras preventivas de defensa preexistentes.

El subíndice de accesibilidad se determina en función de la cantidad de vías de acceso diseñadas para tal fin, presentes en la zona analizada que permitirán a los medios terrestres aproximarse al área donde sea necesaria su intervención.

El subíndice de apertura de líneas de defensa representa la capacidad de los medios terrestres –tanto la de los grupos de combatientes usando herramientas manuales como la de la maquinaria – para elaborar líneas de defensa, corregida para las distintas pendientes presentes en la zona analizada.

El subíndice de medios aéreos pretende reflejar el apoyo en las labores de extinción que suponen los medios aéreos de extinción basándose tanto en su tipo como en la frecuencia de descarga, función de sus características y de la distancia a un punto asequible de recarga.

Estos índices se han elaborado para cada cantón.

Análisis de la prioridad

Desde un punto de vista económico, se hizo necesario analizar la prioridad de las actuaciones sobre los distintos rodales en función del comportamiento del fuego, para poder discernir aquellos en los cuales las actuaciones tendrían una mayor importancia. Este análisis fue realizado atendiendo a una escala de valores que sigue el siguiente orden lógico:

1. Establecimiento de la distinción de los rodales según el incendio se propague de forma activa, intermitente o únicamente por la superficie, priorizando aquellos rodales en los que la propagación sea activa y después aquellos con una propagación intermitente.
2. Asignación a cada rodal de un peso en función de la pendiente que presente, de la existencia o no de cañones y de su colindancia con vías de comunicación, otorgando 4 puntos para la presencia de pendientes pronunciadas, 4 puntos para la presencia de cañones y 2 puntos por la cercanía a vías de comunicación.

Los rodales prioritarios para la actuación serán aquellos en los cuales la propagación sea activa de copas para las condiciones más favorables a la propagación (4-2) y además tengan una alta puntuación del factor Pendiente-Cañones-Vías de comunicación.

Resultados y discusión

Análisis de la meteorología

Una vez analizada la meteorología de la zona de estudio para los meses de julio, agosto y septiembre, se halló que los registros de temperatura media y humedad relativa media más desfavorables se encuentran dentro del intervalo entre las 12:00 horas y las 17:30 horas. Dentro de este intervalo, la Humedad del Combustible Fino Muerto de 1 hora de tiempo de retardo se determinó en función de la fórmula adaptada para Andalucía, oscilando entre el 3% y el 4%, y la velocidad del viento predominante se encuentra entre los 7 km/h y los 15 km/h, es decir, un viento entre el valor 2 y el valor 3 de la escala Beaufort. Tal como se aprecia en la Tabla 1, la probabilidad de ocurrencia de unas condiciones meteorológicas concretas es la siguiente:

Tabla 1

Análisis del porcentaje de registros con unos valores de humedad del combustible fino muerto de una hora de tiempo de retardo y velocidad del viento comparables

HCFM _{1h} (%)	Beaufort	nº registros	Representatividad (%)
3	2	657	59,51
3	3	247	22,37
4	2	172	15,58
4	3	28	2,54

Se estudiarán, por tanto, cuatro casos distintos:

- Condiciones 3-2: hcfm_{1h} del 3% y velocidad del viento de tipo 2 en la escala Beaufort.
- Condiciones 3-3: hcfm_{1h} del 3% y velocidad del viento de tipo 3 en la escala Beaufort.
- Condiciones 4-2: hcfm_{1h} del 4% y velocidad del viento de tipo 2 en la escala Beaufort.
- Condiciones 4-3: hcfm_{1h} del 4% y velocidad del viento de tipo 3 en la escala Beaufort.

La dirección de los vientos oscila entre los 160° y los 300°, con la distribución de frecuencias que se muestra en la Figura 1.

FRECUENCIA

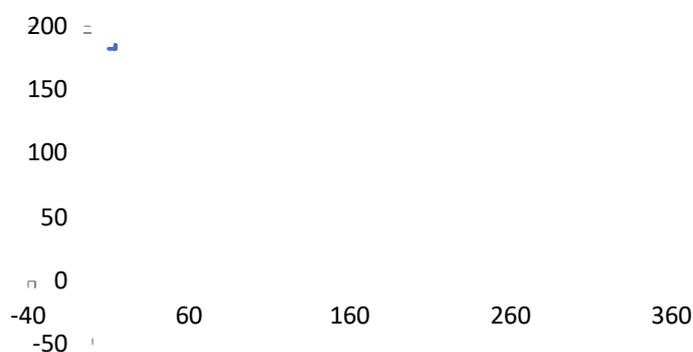


Figura 1: Distribución de la frecuencia en la dirección de los vientos
Dirección en grados en el eje de abscisas y nº de registros en el de ordenadas.

Modelos de combustible

Los modelos de combustible UCO-40 presentes en la zona analizada son modelos típicamente mediterráneos, usuales en Sierra Morena (Figura 2).

El modelo Hojarasca, Pasto y Matorral n° 4 (HPM4) es, con diferencia, el predominante, ocupando cerca de la mitad de los rodales analizados, con más del sesenta por ciento de la superficie total ocupada y se corresponde a masas de coníferas sin continuidad vertical. Dado a su alto grado de ocupación, su respuesta al fuego descontrolado tiene un gran peso para los montes estudiados, influyendo en gran medida en la carga de trabajo necesaria. El fuego es aquí propagado por la hojarasca combinada con el pasto, siendo además abundante la presencia de matorral. La carga de combustibles es alta, pero debido al gran porcentaje de combustible vivo, tanto la velocidad de propagación como la longitud de llama son bajas.

El modelo de Hojarasca Pasto y Matorral n° 3 (HPM3) está compuesto por un 13% de los cantones estudiados, aunque la superficie –alrededor del 8% –que ocupa es menor a la ocupada por otros modelos de combustible. Dentro de este modelo englobamos a la mayoría de las masas de frondosas, generalmente del género *Quercus*, *Eucalyptus* y *Fraxinus*. El fuego es aquí propagado por la hojarasca y matorral-pastizal, dando velocidades de propagación y longitudes de llama moderadas.

El modelo de Matorral n° 5 (M5), con una superficie de cerca del 10% del área analizada se corresponde a aquellos rodales donde, con un número escaso o nulo de pies arbóreos, la ocupación por parte de matorrales, así como su altura, es elevada. Debido a esto, el fuego es propagado tanto horizontal como verticalmente. La velocidad de propagación, así como las longitudes de llama, son muy altas.

El modelo de Matorral n° 9 (M9) con casi el 12 % de ocupación superficial, está compuesto por aquellos rodales donde existe una continuidad vertical entre el matorral y el dosel arbóreo, teniendo este último una gran ocupación –coníferas –ó siendo el matorral el predominante. El matorral tiene siempre una gran altura, y es por este por donde el fuego se propaga tanto horizontal como verticalmente. Las velocidades de propagación y las longitudes de llama son también aquí muy altas.

El modelo de Pasto n° 4 (P4) tiene una extensión muy reducida, y se da siempre en zonas desarboladas o escasamente pobladas por pies arbóreos donde la presencia del matorral sea también escasa. Desde el punto de vista de los incendios de copa es un modelo poco interesante. La carga de combustibles es moderadamente alta.

El modelo de Pasto y Matorral n° 4 (PM4) ocupa cerca del 6 % del área estudiada, y en este la presencia de matorral es mayor que en el modelo P4, aunque por sus características es también poco interesante desde el punto de vista de los incendios de copa. Las velocidades de propagación son moderadas y las longitudes de llama, elevadas.

Las zonas No Combustibles (NC) son aquellas donde la combustión no puede tener lugar por unas u otras razones, y se asocian a infraestructuras preventivas en la lucha contra incendios y a las vías de comunicación, es decir, se corresponden a polígonos generalmente con un eje longitudinal mucho mayor que su eje transversal, lo que explica que, ocupando más del 6% de los polígonos, ocupen tan solo cerca del 1,5% de la superficie. Tienen un gran peso a la hora de evaluar la dificultad de extinción.

MODELOS UCO-40

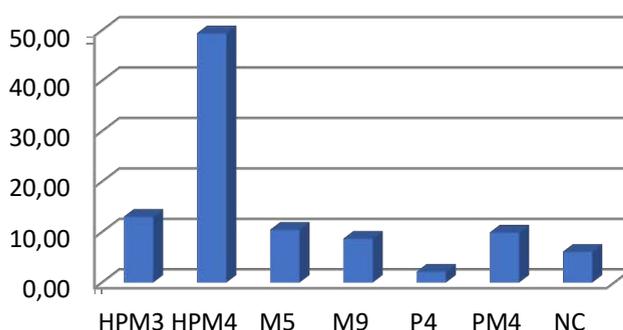


Figura 2: Representatividade (%) de los rodales según el modelo de combustibles UCO-40

Fracción de cabida cubierta del arbolado

Tras reclasificar (Tabla 2) y corregir (Tabla 3) los valores de intensidad de píxel para determinar la Fracción de Cabida Cubierta en los distintos rodales, se observa cómo los rodales con una mayor superficie cubierta por el dosel arbóreo son los correspondientes al modelos HPM4, seguido de los rodales con un modelo HPM3, que en un mínimo número de casos tiene una FCC algo más baja de lo usual, correspondiéndose con zonas donde por las condiciones del entorno, el arbolado no arraigó correctamente. Los modelos de matorral (M5 y M9) tienen una baja superficie cubierta por el dosel arbóreo, aunque por la cantidad, altura y extensión tiende a existir una continuidad vertical, principalmente en el modelo M9. Los modelos PM4 y P4 son modelos en los que, aunque pueden existir pies esporádicos, no son en absoluto predominantes.

Tabla 2

Valores umbral para la reclasificación de las ortofotografías en función de sus ND, discerniendo entre Arbolado y No Arbolado

Valor	Nuevo valor	Característica
0 - 50	0	No arbolado
50 - 155	1	Arbolado
155 - 255	0	No arbolado

Tabla 3

Factores multiplicativos para la corrección de la fracción de cabida cubierta arbórea en función del modelo de combustible

MODELO	FACTOR
HPM3	0,79
HPM4	0,81
M5	0,26
M9	0,5
PM4	1
P4	1
NC	0



Figura 3:

Detalle de ortofotografía en blanco y negro del año 2001-2002

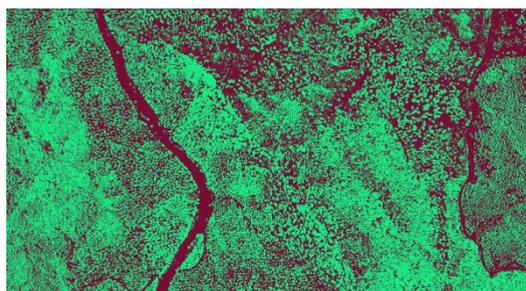


Figura 4:

Reclasificación de la ortofotografía anterior. En verde el arbolado (valor 1), en granate las zonas no arboladas (valor 0)

Análisis de la subida del fuego a copas

Analizados los datos del segundo Inventario Forestal Nacional para las distintas alturas de la primera rama y ponderadas en función del tipo de vegetación viva obtenemos un dato representativo de 1,42 metros para la altura del primer verticilo vivo, que al tener en cuenta la altura del sotobosque de cada rodal da una distancia entre la base de la copa y la **vegetación** superficial (z) de 1,1; 0,6; 0,1 ó 0 metros cuando exista continuidad vertical.

Las mediciones en campo para el contenido de humedad de las hojas de las distintas especies arbóreas y de matorral durante los meses de verano arrojaron los resultados de la Tabla 4.

Tabla 4

Contenido de humedad en base seca de distintas especies arbóreas y de matorral presentes en la zona de estudio

Especie	Humedad foliar
<i>Quercus ilex</i>	84%
<i>Pinus pinaster</i>	121%
<i>Pinus pinea</i>	125%
<i>Eucalyptus spp.</i>	91%
<i>Quercus coccifera</i>	67%
<i>Phyllirea angustifolia</i>	63%
<i>Cistus ladanifer</i>	55%
<i>Arbutus unedo</i>	87%

Fuente: LABIF

Una vez calculada la intensidad superficial y comparada con el umbral de intensidad crítica necesaria para la subida del fuego a copas observamos como los rodales donde se produce la subida son aquellos que presentan un modelo de combustible M5, M9 y en menor medida HPM3.

Determinación del tipo de fuego en copas

Analizado el tipo de fuego que se propaga en cada rodal combustible en función de las distintas condiciones, se deduce que la mayoría de las posibles carreras de fuego se desarrolla íntegramente por la superficie, no subiendo a copas o bien por no existir un dosel arbóreo o bien porque la intensidad superficial no es suficiente.

El fuego activo de copas se da en rodales con un modelo de combustible UCO-40 M9 ó M5, siendo más común el primero. El fuego intermitente aparece en rodales con un modelo de combustible UCO-40 M5 ó HPM3, que presentan una menor carga de combustibles que el M9. A continuación, se expone de forma tabulada un extracto de casos y se representan sobre la cartografía los distintos tipos de fuego para las distintas condiciones meteorológicas (Tabla 5).

Donde:

- “sup” indica una propagación del fuego por la superficie.
- “act” indica una propagación activa por las copas de los árboles.
- “int” indica una propagación intermitente.
- “NC” indica un rodal No Combustible.
- “Prob. Act” indica la probabilidad en porcentaje de que se produzca para el intervalo estudiado un incendio activo de copas.
- “Prob. Int” indica la probabilidad en porcentaje de que se produzca para el intervalo estudiado un incendio de propagación intermitente.

Tabla 5

Probabilidad de ocurrencia de un determinado tipo de incendio en función de las condiciones meteorológicas para un extracto de rodales

Rodal	Condiciones				Prob. ACT.	Prob. INT.	Prob. SUP.
	3-2 (59,51%)	3-3 (22,37%)	4-2 (15,58%)	4-3 (2,54%)			
4A59b	act	act	act	act	100%	0%	0%
5A85b	act	sup	act	act	77,63%	0%	22,37%
4C20d	int	act	int	act	24,91%	75,09%	0%
8A108b	sup	int	sup	sup	0%	22,37%	77,63%
8A111e	sup	int	sup	int	0%	24,91%	75,09%
8A112b	sup	int	sup	int	0%	24,91%	75,09%
7A79a	sup	int	sup	sup	0%	22,37%	77,63%
7A80c	sup	int	sup	int	0%	24,91%	75,09%
7A80d	sup	sup	sup	sup	0%	0%	100%
7A81d	sup	int	sup	int	0%	24,91%	75,09%
11A147d	sup	int	sup	int	0%	24,91%	75,09%
11A151b	int	int	sup	int	0%	84,42%	15,58%
1A4b	act	sup	act	act	77,63%	0%	22,37%
3A13c	sup	int	sup	sup	0%	22,37%	77,63%
2A5a	act	sup	act	act	77,63%	0%	22,37%
2A8a	act	sup	act	act	77,63%	0%	22,37%
2A9e	int	act	sup	int	22,37%	62,05%	15,58%
2A11a	sup	int	sup	int	0%	24,91%	75,09%
14A174c	int	act	int	act	24,91%	75,09%	0,00%
10A124e	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
10A134f	int	int	int	int	0%	100%	0%
10A133c	sup	sup	sup	sup	0%	0%	100%
10A133d	sup	sup	sup	sup	0%	0%	100%
5A91a	act	act	act	act	100%	0%	0%

Comportamiento del fuego activo de copas

Mediante la simulación con el software VISUAL BEHAVE© se obtuvieron los resultados de la fracción de copa quemada, el tipo de carrera del fuego de copas, la intensidad activa y pasiva de copas, y la longitud activa y pasiva de llama, además de la velocidad de propagación para aquellos rodales en los cuales se daba el fuego activo de copas en las condiciones más desfavorables para su ocurrencia (condiciones 4-2). Estos resultados pueden consultarse en la Tabla 6.

Tabla 6

Resultados para la simulación con el software Visual Behave para rodales con ocurrencia de fuego activo de copas ante las condiciones 4-2.

Rodal	UCO40	CFB (%)	c/i	Iac (kW/m)	Lac (m)	Ipc (kW/m)	Lpc (m)	Vpa (m/min)
11A149g	P4	100	c	6568,2	4,4	40124,6	10,2	28,2
11A150c	P4	100	c	3906,4	3,5	23863,7	8	26,5
2A6c	P4	100	c	3503,1	3,3	21400	7,6	24,6
4A57c	M9	100	c	30188,4	8,9	72742,7	13,4	17
4A61a	M9	100	c	30188,4	8,9	72742,7	13,4	17
4A31d	M9	100	c	29539	8,8	71179,4	13,2	15,1
5A85b	M9	100	c	31323,7	9,1	75478,4	13,6	16,8
5A86d	M9	100	c	30188,4	8,9	72742,7	13,4	17
12A158d	M9	100	c	31323,7	9,1	75478,4	13,6	22,4
4A30a	M9	100	c	30188,4	8,9	72742,7	13,4	17
4B41b	M9	100	c	30188,4	8,9	72742,7	13,4	17
4B42a	M9	100	c	29539	8,8	71179,4	13,2	15,1
5A83e	M9	100	c	30188,4	8,9	72742,7	13,4	17
5A84a	M9	100	c	32134,7	9,2	77432,5	13,7	18,1
5A90b	M9	100	c	30804,7	9	74227,8	13,5	21,2
5A91a	M9	100	c	30188,4	8,9	72742,7	13,4	17
8A110b	M9	100	c	29539	8,8	71179,4	13,2	15,1
10A125b	M9	100	c	30804,7	9	74227,8	13,5	21,2
1A4b	M9	100	c	31161,5	9	75087	13,6	21,8
2A5a	M9	100	c	31161,5	9	75087	13,6	21,8
2A6a	M9	100	c	31323,7	9,1	75478,4	13,6	22,4
2A8a	M9	100	c	31161,5	9	75087	13,6	21,8
2A10b	M9	100	c	30804,7	9	74227,8	13,5	21,2
13A159c	M9	100	c	31323,7	9,1	75478,4	13,6	22,4
13A160b	M9	100	c	30804,7	9	74227,8	13,5	18,9
13A161a	M9	100	c	30804,7	9	74227,8	13,5	18,9
13A162a	M9	100	c	30188,4	8,9	72742,7	13,4	17
13A165b	M9	100	c	30804,7	9	74227,8	13,5	18,9
13A166a	M9	100	c	31323,7	9,1	75478,4	13,6	22,4
14A168a	M9	100	c	31648,3	9,1	76260,3	13,6	23,3
14A169a	M9	100	c	31323,7	9,1	75478,4	13,6	22,4
14A170b	M9	100	c	31648,3	9,1	76260,3	13,6	23,3
14A171a	M9	100	c	31323,7	9,1	75478,4	13,6	22,4
14A175c	M9	100	c	31323,7	9,1	75478,4	13,6	22,4
4A59b	M5	100	c	32597	9,3	52230,5	11,5	14,6
7A79a	M5	99,8	c	18031,7	7	29830,2	8,9	15,9
7A80c	M5	99,8	c	18929,5	7,2	31308,8	9,1	13,7
7A81d	M5	99,8	c	18929,5	7,2	31308,8	9,1	13,7
10A129c	M5	99,9	c	20890,5	7,5	34323	9,5	17,2
3A13c	M5	99,8	c	20197,5	7,4	33405,2	9	17,2
2A9e	M5	99,9	c	23158	7	38047,5	9,9	18,9
2A11a	M5	99,9	c	20890,5	7,5	34323	9,5	17,2
13A163c	M5	100	c	37582,8	9,9	59209,5	12,1	15,2
14A174c	M5	99,8	c	19982	7,4	33049	9,3	18,5
8A108b	HPM3	91,4	c	17729,8	7	10045,7	5,4	25,1
8A111e	HPM3	91,4	c	20345	7,4	11527,5	5,7	22,1
8A112b	HPM3	91,4	c	20345	7,4	11527,5	5,7	22,1
10A134f	HPM3	98,2	c	36061	9,7	19435	7,3	34,7
11A145d	HPM3	98,2	c	33327,9	9,3	17962,2	7	32,9
11A147d	HPM3	91,4	c	20868,2	7,5	11823,6	5,8	25,5
11A151b	HPM3	98,2	c	27957,7	8,6	15067,8	6,5	27,9
6A93b	HPM3	91,4	c	20868,2	7,5	11823,6	5,8	25,5
13A160d	HPM3	91,4	c	18645,2	7,1	10564,3	5,5	23,8
13A162c	HPM3	94,5	c	21821,2	7,7	12093,8	5,9	24,6
13A166e	HPM3	91,4	c	20345	7,4	11527,5	5,7	27,3
14A173b	HPM3	91,4	c	20345	7,4	11527,5	5,7	27,3

Nota: CFB: Fracción de copa quemada (%); c/i: Tipo de carreras de copa (c: continua, i: intermitente); Iac: Intensidad en la propagación activa de copa; Lac: Longitud de llama en la propagación activa de copa; Ipc: Intensidad de la propagación pasiva de copa; Lpc: Longitud de llama en la propagación pasiva de copa; Vpa: Velocidad de propagación.

Como se puede observar, se encontró una carrera continua por copas (activo de copas), donde las mayores intensidades y longitudes de llama vienen dadas por la propagación pasiva, es

decir, apoyada con la combustión del sotobosque. Las velocidades de propagación son elevadas.

Índice de dificultad de extinción (IDEX)

Los valores de los Índices de Dificultad de Extinción para los diferentes cantones oscilan entre 0,12 y 0,25, existiendo apenas diferencia en aquellos cantones donde existen rodales con fuego de copas, debido a que los valores, por lo alto de su intensidad, entran en la mayoría de casos dentro del mayor rango. Un extracto de los valores obtenidos para el Índice de Dificultad de Extinción teniendo en cuenta la propagación en superficie puede consultarse en la Tabla 7.

Tabla 7
IDEX para la propagación en superficie en un extracto de cantones

Cantón	Ice	Ia	Im	Ip	Iar	Ic	IDEX
1	8,2	1	5	2,41	28	16	0,156
2	9,58	1	6	2,31	28	12	0,194
3	9,13	1	1	2,32	28	12,86	0,202
4	9,23	1	1	2,38	28	10	0,218
5	9,45	1	1	2,11	28	8,95	0,230
6	7,3	1	1	2,24	28	17,06	0,148
7	8,51	1	1	2,34	28	17,27	0,172
8	9,54	1	1	2,03	28	10	0,227
9	9,3	1	1	2,11	28	14	0,202
10	8,81	1	1	2,16	28	14,5	0,189
11	10	1	1	2	28	10	0,238
12	9,59	1	1	2,13	28	12,38	0,216
13	9,37	1	1	2,15	28	9,29	0,226
14	8,11	1	9	2,33	28	17,78	0,140
15	8,47	1	3	2,33	28	13,33	0,178
16	8,53	1	1	2,24	28	13,75	0,185
17	8,68	1	1	2,31	28	12,94	0,192
18	8,86	1	1	2,2	28	12,22	0,199
19	8,89	1	1	2,01	28	15,24	0,188
20	9,21	1	1	1,99	28	13,79	0,201
21	8,82	1	1	2,16	28	18	0,176
22	8,59	1	1	2,27	28	13,75	0,187
23	8,57	1	1	2,13	28	16	0,178
24	8,57	1	1	2,16	28	15,24	0,181
25	9,05	1	1	2,26	28	15	0,191

Ice: Subíndice de comportamiento energético; Ia: Subíndice de accesibilidad; Im: Subíndice de movilidad; Ip: Subíndice de penetrabilidad; Iar: Subíndice de medios aéreos; Ic: Subíndice de apertura de líneas de defensa; INDEX: Valor del Índice de Dificultad de Extinción

En caso de tener en cuenta para este índice la energía desprendida por el fuego de copas, el IDEX apenas sufre variación; de los 56 rodales en los que aparecía fuego de copas, en tan solo 9 se obtiene un aumento del IDEX. Esto es debido a que en los rodales en los cuales tiene lugar una subida del fuego a copas, las variables de intensidad superficial del frente de llama y longitud de llama entran en la mayoría de los casos dentro del mayor de los rangos, pues es de por sí necesaria una gran intensidad para que tenga lugar la transición. Al tener en cuenta los valores para las propagaciones por copas, estos valores aumentan, continuando dentro del

mayor rango. Se hace por tanto necesario recalibrar los pesos de las distintas variables, transformándolos de la siguiente manera (Tabla 8).

Tabla 8

Asignación de valores para propagación de fuego por copas

Velocidad de propagación (km/h)	Longitud de llama (m)	Calor por unidad de área (kcal/m ²)	Asignación de peso
0,5-1	4,5-10	8001-10000	1
1,1-2	11-15	10001-15000	2
2,1-3	16-20	15001-20000	3
3,1-5	21-25	20001-25000	4
4,1-5	26-30	25001-30000	5
5,1-6	31-35	30001-35000	6
6,1-7	36-40	35001-40000	7
7,1-8	41-45	40001-45000	8
8,1-9	46-50	45001-50000	9
>9,1	>51	>50001	10

Fuente: Rodríguez y Silva, comunicación personal

Con este nuevo baremo, el Índice de Dificultad de Extinción para los distintos cantones queda recalibrado, tal como se muestra en el extracto de la Tabla 9.

Tabla 9

IDEX corregido para la propagación por copas para los distintos cantones

Cantón	Ice	Ia	Im	Ip	Iar	Ic	IDEX
1	1	1	5	2,41	28	16	0,019
2	1,24	1	6	2,31	28	12	0,025
3	1,14	1	1	2,32	28	12,857	0,025
4	3,51	1	1	2,38	28	10	0,083
5	5,51	1	1	2,11	28	8,947	0,134
6	6,47	1	1	2,24	28	17,059	0,131
7	1	1	1	2,34	28	17,273	0,02
8	5,56	1	1	2,03	28	10	0,132
9	1,46	1	1	2,11	28	14	0,032
10	2,38	1	1	2,16	28	14,5	0,051
11	6,72	1	1	2	28	10	0,16
12	1,21	1	1	2,13	28	12,381	0,027
13	4,88	1	1	2,15	28	9,286	0,118
14	1	1	9	2,33	28	17,778	0,017
15	1	1	3	2,33	28	13,333	0,021
16	1,01	1	1	2,24	28	13,75	0,022
17	1,05	1	1	2,31	28	12,941	0,023
18	1,09	1	1	2,2	28	12,222	0,024
19	1,27	1	1	2,01	28	15,238	0,027
20	1,38	1	1	1,99	28	13,793	0,03
21	1	1	1	2,16	28	18	0,02
22	1,03	1	1	2,27	28	13,75	0,022
23	1	1	1	2,13	28	16	0,021
24	1	1	1	2,16	28	15,238	0,021
25	1,03	1	1	2,26	28	15	0,022

Ice: Subíndice de comportamento energético; Ia: Subíndice de acessibilidade; Im: Subíndice de mobilidade; Ip: Subíndice de penetrabilidade; Iar: Subíndice de meios aéreos; Ic: Subíndice de abertura de linhas de defesa; INDEX: Valor do Índice de Dificuldade de Extinção

Se pode observar uma grande variação entre um baremo e outro para a determinação do IDEX devido à modificação que supõem os novos valores para o subíndice de comportamento energético, o que impede comparar os resultados de ambos métodos. O peso mais baixo na determinação do subíndice de comportamento energético do IDEX para copas se corresponde com o valor que ostenta o maior peso no IDEX de superfície.

Análisis de la prioridad

Tras analizar la propagación del fuego en los distintos rodales, así como la pendiente, la presencia o no de cañones donde pueda presentarse un comportamiento explosivo y la cercanía a vías de comunicación, se ha determinado un orden de prioridad de actuación para el grupo de rodales con una propagación activa para las condiciones más favorables (4-2) (Tabla 10).

Tabla 10

Pesos en los rodales con una propagación activa por copas

Rodal ID	Comportamiento	Pendiente	Cañones	Caminos	Importancia
4A61a	activo	SI	SI	SI	10
4A30a	activo	SI	SI	SI	10
5A84a	activo	SI	SI	SI	10
2A8a	activo	SI	SI	SI	10
13A159a	activo	SI	SI	SI	10
13A160b	activo	SI	SI	SI	10
13A161a	activo	SI	SI	SI	10
13A162a	activo	SI	SI	SI	10
13A166a	activo	SI	SI	SI	10
13A165b	activo	SI	SI	NO	8
14A168a	activo	SI	SI	NO	8
14A169a	activo	SI	SI	NO	8
14A170b	activo	SI	SI	NO	8
14A171a	activo	SI	SI	NO	8
4A31d	activo	SI	NO	SI	6
5A85b	activo	SI	NO	SI	6
5A86d	activo	SI	NO	SI	6
12A158d	activo	SI	NO	SI	6
5A91a	activo	SI	NO	SI	6
8A110b	activo	SI	NO	SI	6
10A125b	activo	SI	NO	SI	6
2A5a	activo	SI	NO	SI	6
2A6a	activo	SI	NO	SI	6
13A159c	activo	SI	NO	SI	6
4A59b	activo	SI	NO	NO	4
4B41b	activo	SI	NO	NO	4
4B42a	activo	SI	NO	NO	4
5A83e	activo	SI	NO	NO	4
5A90b	activo	SI	NO	NO	4
1A4b	activo	NO	SI	NO	4
14A175c	activo	SI	NO	NO	4
4A57c	activo	NO	NO	SI	2
11A149g	activo	NO	NO	SI	2
11A150c	activo	NO	NO	SI	2
2A6c	activo	NO	NO	SI	2
13A163c	activo	NO	NO	SI	2
2A10b	activo	NO	NO	NO	0

Conclusiones

El conocimiento *a priori* del comportamiento esperado del frente de llamas se constituye como un elemento de vital importancia tanto en la prevención como en la extinción.

Desde el punto de vista de la prevención, este conocimiento sienta una base para la gestión preventiva de las masas arboladas, así como para la planificación previa de los planes de extinción, permitiendo dotar de criterios de eficiencia técnica, económica y de seguridad el reparto de recursos y la determinación de las actuaciones. Estas actuaciones irían encaminadas por un lado a modificar aquellas variables que suponen la subida del fuego a copas y por otro a aislar aquellas zonas en las cuales la carrera del fuego se desarrolla fuera de la capacidad de extinción.

Las actuaciones sobre las variables que suponen una carrera por copas consistirán fundamentalmente en una disminución de la carga superficial (herbivoría, desbroces, quemas prescritas o aprovechamientos), en el aumento de la distancia entre el sotobosque y la base de las copas, bien por un realce de la copa mediante podas manuales o térmicas o por la disminución de altura del sotobosque, o en la disminución de la densidad aparente de copas en orden de prevenir la propagación de forma continuada del fuego por el dosel arbóreo mediante el apeo de pies aladaños. Dado el -generalmente -elevado coste económico que suponen estas actuaciones, se encontrarán justificadas en aquellos casos en los que la zona afectada tenga un especial valor (económico, estratégico, etcétera).

Las actuaciones alrededor de la masa susceptible de sufrir fuego de copa pueden llegar a presentar un coste menor de actuación a cambio de sacrificar una cierta cantidad de superficie. El objetivo de estas actuaciones sería doble: por un lado impedir la entrada del frente de llamas en estos rodales y por otro impedir la salida del frente de llamas en caso de que la ignición se produzca en el interior de estos.

Desde el punto de vista de la extinción, este conocimiento constituye una importante herramienta tanto para la planificación de las labores de extinción como para el trabajo por parte de los brigadistas con una óptima seguridad.

La existencia de datos ampliamente disponibles, así como la evolución de los Sistemas de Información Geográfica hacen de este tipo de estudios una herramienta de fácil elaboración a gran escala, asimismo, cuanto mayor sea la superficie estudiada, mayor será la precisión en el reparto de los recursos materiales y económicos.

Referencias bibliográficas

- Agudo, R., Muñoz, M., Pino, O., 2007. Primer Inventario de sumideros de CO² en Andalucía. In. Consejería de Medio Ambiente - Junta de Andalucía - Dirección General de Gestión del Medio Natural, Sevilla, p. 168.
- Cruz, M.G., Alexander, M.E., Wakimoto, R.H., 2002. Predicting crown fire behavior to support forest fire management decision-making. In, Proceedings of the fourth international conference on forest fire research.
- Cruz, M.G., Alexander, M.E., Wakimoto, R.H., 2005. Development and testing of models for predicting crown fire rate of spread in conifer forest stands. Canadian Journal of Forest Research 35, 1626-1639.
- Cruz, M.G., Butler, B.W., Alexander, M.E., Forthofer, J.M., Wakimoto, R.H., 2006. Predicting the ignition of crown fuels above a spreading surface fire. Part I: model idealization. International Journal of Wildland Fire 15, 47-60.
- Enríquez, E., Del Moral, L., 2012. Los Incendios Forestales en España. Decenio 2001-2010. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente: Madrid.



- Kazanis, D., Arianoutsou, M., 2004. Factors determining low Mediterranean ecosystems resilience to fire: the case of *Pinus halepensis* forests. In, Proceedings of the 10th MEDECOS Conference.
- Marque's, M., Mora, E., 1992. The influence of aspect on runoff and soil loss in a Mediterranean burnt forest (Spain). *Catena* 19, 333-344.
- Molina, J.R., Rodriguez y Silva, F., Herrera, M., 2011a. Potential crown fire behaviour in *Pinus pinea* stands following different fuel treatments. *Forest Systems* 20, 266-277.
- Molina, J.R., Rodriguez y Silva, F., Herrera, M., 2011b. Potential crown fire behaviour in *Pinus pinea* stands following different fuel treatments. *Forest Systems* 20, 266-277.
- Molina, J.R., y Silva, F.R., Mérida, E., Herrera, M.Á., 2014. Modelling available crown fuel for *Pinus pinaster* Ait. stands in the "Cazorla, Segura and Las Villas Natural Park"(Spain). *Journal of environmental management* 144, 26-33.
- Pausas, J.G., Fernández-Muñoz, S., 2012. Fire regime changes in the Western Mediterranean Basin: from fuel-limited to drought-driven fire regime. *Climatic change* 110, 215-226.
- Pausas, J.G., Llovet, J., Rodrigo, A., Vallejo, R., 2009. Are wildfires a disaster in the Mediterranean basin?—A review. *International Journal of Wildland Fire* 17, 713-723.
- Rodríguez y Silva, F., Guijarro, M., Madrigal, J., Jiménez, E., Molina, J., Hernando, C., Vélez, R., Vega, J., 2017. Assesment of crown fire initiation and spread models in Mediterranean conifer forest by using data from fields and laboratory experiments. In. *Forest Systems*.
- Rodríguez y Silva, F., Molina, J.R., 2010. Manual Técnico para la Modelización de la Combustibilidad asociada a los Ecosistemas forestales Mediterráneos. Departamento de Ingeniería Forestal. Universidad de Córdoba. Córdoba. España.
- Rodríguez y Silva, Molina, J.R., González-Cabán, A., 2014. A methodology for determining operational priorities for prevention and suppression of wildland fires. *International journal of wildland fire* 23, 544-554.
- Rothermel, R.C., 1991. Predicting behavior and size of crown fires in the Northern Rocky Mountains.
- Rothermel, R.C., Wilson, R.A., Morris, G.A., Sackett, S.S., 1986. Modeling moisture content of fine dead wildland fuels: input to the BEHAVE fire prediction system.
- Vega Hidalgo, J., Hernando Lara, C., Rodríguez Y Silva, F., Jiménez Carmona, E., Guijarro Guzmán, M., Herrera Machuca, M., Madrigal Olmo, J., Molina Martínez, J., Fernández Alonso, J., 2013. Protección contra incendios forestales: Análisis de las condiciones de inicio, propagación e impacto socio-económico de los fuegos de copa en masas de pinares. Proyecto INFOCOPA. In, Congresos Forestales.
- Villanueva, J., 2005. Tercer inventario forestal nacional (1997–2007). Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Wagner, C.V., 1977. Conditions for the start and spread of crown fire. *Canadian Journal of Forest Research* 7, 23-34.
- Wagner, C.V., 1993. Prediction of crown fire behavior in two stands of jack pine. *Canadian Journal of Forest Research* 23, 442-449.

UNIDAD 3

Combustibles forestales

The collections of fuel properties have become known as fuel models.

(Anderson, 1982)

Tema 4

Evaluación de las características del material combustible en la Reserva Ecológica Baitiquirí en función de disminuir el peligro de ocurrencia de incendios

Luis Andris López Castellanos, Edelmys Pérez Pereda

Resumen

El trabajo se realizó en la Reserva Ecológica Baitiquirí perteneciente a la Empresa Forestal Integral Guantánamo entre los meses de noviembre del 2015 a abril del 2016, con el objetivo de evaluar las características del material combustible en la Reserva Ecológica Baitiquirí para disminuir la ocurrencia y propagación de incendios forestales. Para ello se procedió a determinar los modelos de combustibles existentes en la reserva, se analizó la cantidad de material combustible y su estructura y se diseñó un plan de acciones que permite la modificación del material combustible a niveles menos peligroso de ocurrencia y propagación de incendios forestales. Como resultado se obtuvo que en el área existen los modelos HBA1, BA2, HBA2, HCL1, BA3, BA4 y BA5. Mediante la metodología de intersecciones planares se obtuvo la cantidad de combustible existente en cada área, siendo para Baitiquirí Zona 1 de 7,86 t/ha, para el Bagá, Zona 2, de 11,42 t/ha, siendo esta zona la de mayor cantidad de combustible. Mediante un plan de acción se plantearon un grupo de medidas para las problemáticas de la reserva entre las que pueden mencionarse la construcción de torres de detección de incendios, las señalizaciones, la reducción de combustibles extrayendo los residuos de raleos y podas, y fajas mineralizadas.

Abstracts

The work was carried out in the Baitiquirí Ecological Reserve belonging to the Guantanamo Integral Forest Enterprise between the months of November 2015 and April 2016, with the objective of evaluating the characteristics of the fuel in the Baitiquirí Ecological Reserve to reduce the occurrence and spread of forest fires. To that end, the fuel models existing in the reserve were determined, the amount of fuel and its structure analyzed, and a plan of actions was designed that allows the modification of the combustible material at less dangerous levels of occurrence and propagation of forest fires. As a result, it was found that the models HBA1, BA2, HBA2, HCL1, BA3, BA4 and BA5 exist in the area. By means of the planar intersection methodology the amount of fuel existing in each area was obtained, being for Baitiquirí, Zone 1, of 7.86 t / ha, for Bagá, Zone 2, of 11.42 t / ha, this area being that of greater amount of fuel. Through a plan of action, a group of measures was proposed for the reserve's problems, among which the construction of fire detection towers, signage, the reduction of fuels by extracting waste from thinnings and prunings, and mineralized break fuel.

Introducción

Tanto a nivel nacional como internacional se le debe prestar una adecuada atención a la problemática de los incendios forestales en virtud de posibilitar el cumplimiento de los acuerdos contraídos en el marco de importantes reuniones internacionales, destacándose en este sentido, el Convenio sobre la Diversidad Biológica, el Convenio sobre los Cambios Climáticos Globales, la Resolución 44/236 de las Naciones Unidas según la cual los años `90 se declararon el “Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales”, en el que uno de sus objetivos era reducir los daños, la distorsión económica y la pérdida de vida

causados por los incendios forestales mediante esfuerzos coordinados internacionalmente (Ramos, 2010).

Se observa desde hace varios años una tendencia al aumento de sus ocurrencias es el caso de los incendios forestales. Estos se han visto favorecidos, por los cambios climáticos, eventos como el Niño y la Niña, la pobreza o el aumento de la población. Hoy en día los incendios forestales son un problema global motivo por el cual son el centro de análisis de distintos organismos y organizaciones nacionales e internacionales para desarrollar iniciativas con vistas a su solución (Nájera, 2003).

Los efectos del fuego dependen de su variabilidad en el tiempo y en el espacio. La frecuencia, intensidad y duración varía en el tiempo; mientras que la extensión y distribución varían en el espacio. Estas variables definen el régimen de fuego, que es dependiente del ambiente de éste, siendo los tres factores más importantes: las condiciones climatológicas, los combustibles y la topografía. La fuente de ignición puede ser importante. Según Nájera (2003), estos efectos pueden ser negativos o positivos.

En Cuba los incendios forestales contribuyen en distinto grado a acentuar los cinco principales problemas ambientales identificados según la estrategia ambiental nacional (CITMA, 2004), consistentes en la degradación de los suelos, deterioro del saneamiento y de las condiciones ambientales en asentamientos humanos, contaminación de las aguas terrestres y marinas, la deforestación y la pérdida de la diversidad biológica.

El material combustible es fundamental para la ocurrencia y propagación del fuego. Este elemento está presente tanto en el triángulo de la combustión como en el de la propagación. Batista *et al.* (1990), plantearon que no hay posibilidad de ocurrencia de fuego si no hay combustible para quemar. La cantidad de combustible existente en un área indica si el fuego se va a propagar o no y determina la cantidad de calor que será liberada en la quema. Conforme a investigaciones experimentales, para que un incendio superficial pueda propagarse debe existir un mínimo de 1,23 t.ha⁻¹ de material combustible fino, seco, disperso en un área. La intensidad del fuego es directamente proporcional a la cantidad de combustible que quema.

El Manual de Campo, describe los distintos modelos de combustible encontrados en un área determinada con el fin de hacer una identificación objetiva y rápida por parte de personal no especializado en la modelización de la vegetación existente en las áreas forestales y sus colindancias. Es importante no olvidar que los modelos no cubren toda la variabilidad de estructuras diferentes que se presenta en las áreas forestales y que cada modelo puede representar varios tipos de ecosistemas, es de vital importancia conocer estos modelos para la protección contra incendios (Porrero, 2000).

Según MINAGRI (2014), la Reserva Ecológica Baitiquirí se encuentra en una zona donde las actividades económicas fundamentales están relacionadas con la agricultura fundamentalmente con la ganadería tanto de ganado mayor como menor donde actúan algunas formas productivas representadas por cooperativas, empresas estatales y tenentes particulares.

Problema:

¿Cómo evaluarse el material combustible en función de disminuir el peligro de incendios forestales en la Reserva Ecológica Baitiquirí?

Objeto de estudio:

El material combustible en la Reserva Ecológica Baitiquirí.

Hipótesis:

Si se identifican los modelos de combustibles y se diseñan acciones de educación y capacitación, se determina la cantidad de material combustible en la Reserva Ecológica

Baitiquirí, entonces sería posible manejar el material combustible en función de disminuir la ocurrencia y propagación de incendios forestales.

Objetivo general:

Evaluar las características del material combustible en la Reserva Ecológica Baitiquirí en función de la disminución de la ocurrencia y propagación de incendios forestales.

Objetivos específicos:

- Caracterizar los modelos de combustibles en la Reserva Ecológica Baitiquirí.
- Determinar las características del material combustible en áreas de la Reserva Ecológica Baitiquirí.
- Diseñar acciones que permitan la modificación del material combustible a niveles menos peligroso para la ocurrencia y propagación de incendios forestales.

Metodología

Ubicación del área de investigación

La investigación se desarrolló en la Reserva Ecológica de Baitiquirí, perteneciente al municipio San Antonio del Sur, provincia Guantánamo (Figura 1), en la fecha comprendida entre noviembre de 2015 a abril de 2016. En la misma se realizó un estudio del material combustible existente en el área. Esta tiene oficializado su derrotero que delimita su área geográfica. Se ubica en la franja costera sur Maisí-Guantánamo en el llamado semidesierto cubano. Su principal acceso es la carretera a Baracoa saliendo desde la ciudad de Guantánamo. Limita al Norte con áreas forestales y ganaderas de la Empresa René Amil, al Sur con el mar Caribe, al Este con el río Los Siguatos, en San Antonio del Sur y al Oeste con el arroyo Tortuguilla y el asentamiento El Bagá. Posee unas 4 424 ha, de ellas 2 875 terrestres y 1 549 marinas. Está situada en la franja costera de la región sur de Guantánamo (MINAGRI, 2014).

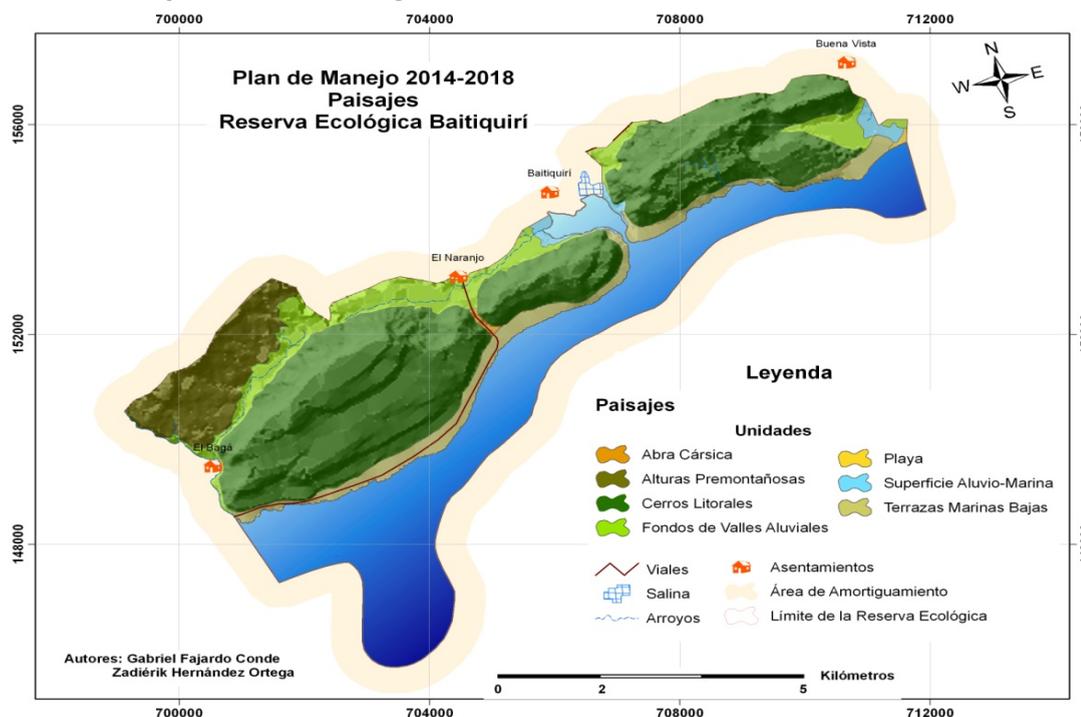


Figura 1: Localización del área de trabajo Reserva Ecológica Manejada Baitiquirí

En el área las temperaturas promedio anual son de 25,45 °C y las precipitaciones promedio son de 756,3 mm anuales. Los meses más secos son desde noviembre hasta mediados de abril y

luego julio y los más lluviosos son agosto y octubre. De forma general se caracteriza por un clima muy seco (MINAGRI, 2014). Las variables climáticas van a los extremos comparadas con la media nacional, por ejemplo las precipitaciones representan sólo el 43,6% de la media nacional, existiendo una diferencia entre ambos de 775 mm. La evaporación, a pesar que la media nacional tiene déficit contra la cantidad de precipitaciones anuales, en el sector esta diferencia se acentúa a cuatro veces, al igual que la humedad relativa.

Los vientos predominantes son los alisios del noreste que llegan al área relativamente seca debido a que descargan su humedad en la barrera orográfica ubicada al norte de la reserva, el sistema montañoso Nipe-Sagua-Baracoa.

Debido a la forma larga y estrecha de la reserva las variables anteriormente mencionadas mantienen su comportamiento de forma general aunque hacia la parte oeste se observan insignificantes cambios desde la costa hacia el interior del área.

En la zona marina son bastante marcadas las fluctuaciones de temperaturas durante el día y la noche lo que influye en la adaptabilidad de las especies.

Según el estudio de suelos a escala 1:25 000, estas áreas se encuentran sobre suelos Pardos con Carbonatos y Esqueléticos (MINAG, 1976), que son Pardos Sialítico y Poco Evolucionados respectivamente, según la nueva versión de la clasificación de los suelos de (Hernández et al. 1999).

Los suelos Pardos Sialíticos se encuentran distribuidos principalmente al Noroeste de la reserva ecológica con un área de 449,19 ha, que representa el 14,87 %, son de color pardo claro, sustentados sobre caliza dura y arenisca carbonatada, de poca profundidad efectiva (28 cm), medianamente humificado (2,5 %), de fuerte erosión, de textura loam arenoso, con cantidades elevadas de elementos gruesos tales como excesiva pedregosidad (80 %) y rocoso (15 %). La pendiente es algo inestable, de ligera (3 %) a ondulado (7 %).

Los suelos poco evolucionado ocupan el 85,13 % diseminados por toda el área; como su nombre lo indica son de perfil poco desarrollado, formados a partir de roca caliza dura, estos factores no permiten una transformación químico – mineralógica intensa, por lo que son muy poco profundos (menor de 10 cm), de fuerte erosión, altos contenidos de elementos gruesos, fuerte graviliosidad (55,00 %), excesiva pedregosidad (85,00 %) y extremadamente rocoso (> 50 %), están en pendiente inestable desde ondulada (8,00 %) hasta alomada (20,00 %), (MINAGRI, 2014).

Entre las principales actividades socioeconómicas del territorio están las agroforestales circundantes al área protegida entre las que se destacan: la ganadería, la minería, la prestación de servicios así como actividades propias de estos sistemas, tales como la pesca, la ganadería, en específico, está representada por la Empresa Ganadera René Amil dedicada en lo fundamental a la especie vacuna de producción de leche y por los criadores particulares de especie de ovinos y caprinos muy representados en la zona, se ha observado un sobre pastoreo influenciado por las intensas sequías a que es sometida la zona.

En el interior de la Reserva se encuentran cuatro asentamientos humanos rurales: El Bagá con 113 habitantes, El Naranjo 323 habitantes, Baitiquirí 608 habitantes y La Puntica 352 habitantes para una población total de 1396 habitantes y en la zona de amortiguamiento se encuentra la comunidad de San Antonio del Sur con una población de 6 369 habitantes, también está la zona de influencia se encuentran cuatro asentamientos: Tortuguilla, Los Siguitos, Playa Sabanalamar y Oquendo con una población total de 2 974 habitantes, en total se ubican nueve asentamientos humanos para un total de 10 739 habitantes. (Fuente: censo de población y viviendas 2012).

Todas estas comunidades cuentan con servicio eléctrico y el abasto de agua en las comunidades de El Bagá, El Naranjo y Baitiquirí proviene del arrollo de Baitiquirí con buena calidad y el resto de las comunidades por rebombeo de estaciones cercanas, cuentan con escuelas y los

servicios médicos y salas de videos se concentran en las comunidades de Baitiquirí, San Antonio del Sur y Tortuguilla (MINAGRI, 2014).

En la Reserva Ecológica Baitiquirí no se han realizado hasta el momento muchos estudios florísticos, solo inventarios rápidos y preliminares de algunos investigadores, no obstante, se reconoce en el área la riqueza de la flora, se han identificado 105 especies de al menos 281 que se estiman, para un 37,3%. La flora del territorio responde a las características litológicas y climáticas del área, propiciando un xeromorfismo casi generalizado, donde las escasas y mal distribuidas precipitaciones. Además, de la elevada evaporación potencial y la acción secante de los vientos del sur, condicionan el carácter semidesértico del territorio Humara, (2015). La vegetación muestra un escaso estrato arbóreo en que se destacan la *Bursera glauca*, *Plumeria clusoides* y *Bucida spinosa*. El estrato arbustivo es predominante, distinguiéndose especies como *Amyris elemifera*, *Amiris diatrypha*, *Capparis ferruginea*, *Capparis flexuosa* y especies del género *Croton*. Las epífitas son poco abundantes y el estrato herbáceo es escaso, las formaciones vegetales presentes en el área varían desde bosques siempre verde micrófilo costero y subcostero, pasando por matorrales xeromorfo costero y subcostero hasta matorrales espinosos semidesérticos con zonas de mangles en las inmediaciones de la Bahía de Baitiquirí.

Procedimiento para definir los modelos de combustibles

Los modelos de material combustibles se definieron mediante el manual de campo Cuba 19 (Ramos *et al.*, 2012), con la inspección y observación del área teniendo en cuenta en cada modelo encontrado la cantidad de carga por cada uno expresada en t.ha⁻¹.

Evaluación de las características del material combustible

Se utilizó la metodología desarrollada por Ramos y Martínez (2009), para el Proyecto Desarrollo del Sector Forestal en Cuba. La misma considera elementos cualitativos y cuantitativos y utiliza el método de las intersecciones planares modificado de Sánchez y Zerecero (1983) y del INIFAP (2006).

Procedimiento para el plan de acción

El plan de acción se determinó con la inspección en el área donde se observó el material combustible existente y la flora. También se analizaron diferentes documentos como Manejo del Fuego (Ramos, 2010), Silvicultura para la prevención de incendios forestales en plantaciones forestales (Haltenhoff, 2005), El Plan de Protección contra incendio de la Reserva Ecológica Baitiquirí MINAGRI (2014), Bases metodológicas para el perfeccionamiento de la prevención contra incendios (Ramos, 1999). También se tuvieron en cuenta las principales problemáticas en el área de trabajo.

Resultados y discusión

Modelos de combustibles existentes en la Reserva Ecológica Baitiquirí

A través del combustible vegetal se puede determinar la combustibilidad e interpretar el posible comportamiento del fuego en caso de incendio. En la Figura 3 se muestran los modelos de material combustible y su correspondiente carga combustible para áreas de interés agrícola y forestal de la Reserva Ecológica Baitiquirí. Según se observa en el mismo existe predominio de los grupos HBA, B y HCL.

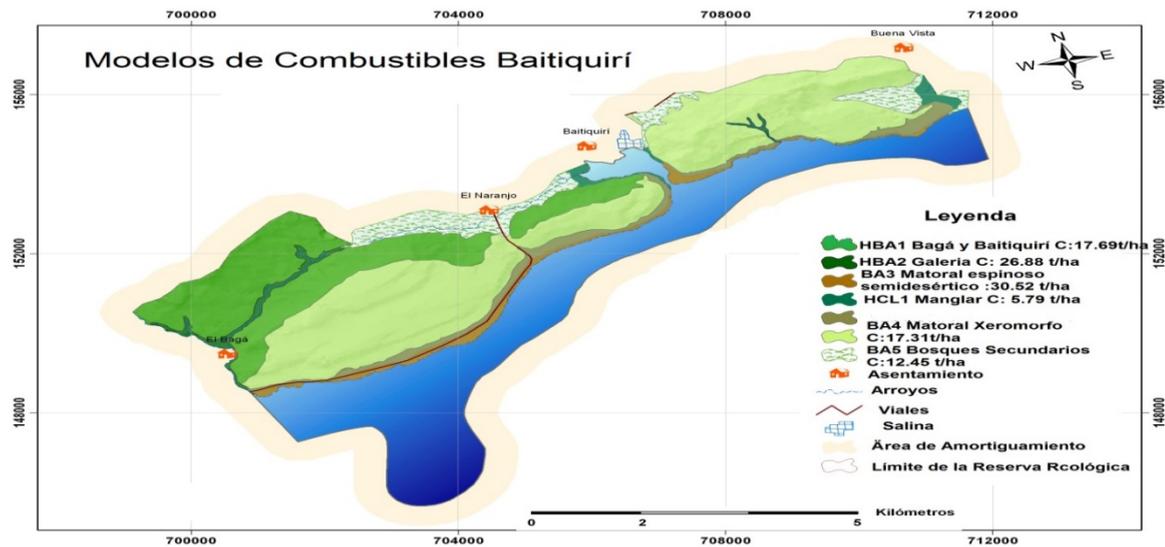


Figura 3: Modelos de combustibles baitiquirí.

Es importante descartar en esta área los diferentes modelos de combustibles forestales y sus respectivas cargas, mediante la mapificación y ofrecer datos georeferenciados del área (Gutiérrez, 2011). En la Reserva Ecológica en general fueron identificados los modelos siguientes:

- Modelo HBA1: Existe predominio de hojarasca con presencia de herbáceas y/o arbustos bajo dosel arbóreo. Aquí se pueden incluir algunos bosques con sotobosque, tanto de coníferas como de latifolias, su carga es aproximadamente de $17,69 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.
- Modelo HBA2: En los bosques de galería. Tiene una carga aproximada de $26,88 \text{ t/ha}$ en el Bagá y en Baitiquirí. El fuego se propaga por una capa de hojarasca de especies latifolias, plantas herbáceas y arbustos de forma continua. La carga de combustibles y la profundidad del combustible es superior ($> 30 \text{ cm}$) al modelo anterior. El comportamiento del fuego de superficie es liviano, aunque más desfavorable que en el modelo anterior.
- Modelo HCL1 presente en los bosques de manglar: Carga aproximada de $5,79 \text{ t/ha}$. Predominio de hojarasca con combustibles leñosos bajo dosel arbóreo. En este predominan los bosques limpios, debido a su dosel cerrado, tanto de coníferas como de latifolias. Aquí el fuego se propaga por una capa de hojarasca de especies latifolias, con presencia discontinúa de combustible leñoso. Pueden existir materiales gruesos de forma rala sobre la hojarasca. La profundidad del complejo muerto es inferior a los 15 cm . Este modelo se puede encontrar asociado a zonas quemadas y manglares. El comportamiento es liviano, siendo la transición a copas dificultosa.
- Modelo BA2: En bosques de gramíneas, la carga aproximadamente es de $10,33 \text{ t/ha}$ en la zona del Bate Bate. Predominio de plantas herbáceas con presencia de arbustos que afectan al comportamiento del fuego. Se incluyen aquí plantaciones jóvenes, zonas con arbolado ralo o quemadas. El fuego se propaga por vegetación herbácea y arbustos de forma combinada en el espacio. La altura conjunta (entre 60 y 150 cm) es superior a la del modelo anterior, pudiendo existir arbolado ralo, y en consecuencia, una capa de hojarasca discontinua. Este modelo puede representar áreas en regeneración natural tras la ocurrencia de incendios forestales. Dada la alta concentración de elementos muertos, el fuego se comporta de forma veloz.
- Modelo BA3: matorral espinoso semidesértico, con una carga aproximada de $30,52 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, el fuego aquí se propaga por vegetación herbácea y arbustiva o arbórea con tamaño arbustivo de forma conjunta. La altura media del complejo es superior a $1,5 \text{ m}$, con alta

concentración de elementos finos, tanto muertos como vivos. El fuego se caracteriza por altas velocidades de propagación, longitudes de llama e intensidades del frente de llama.

- Modelo BA4: matorral xeromorfo, la carga aproximada de 17,31 t.ha⁻¹. Aquí el fuego se propaga por un estrato de vegetación muy característico formado por plantas herbáceas y especies arbustivas con alto contenido de materia viva, como yuraguano y guano prieto entre otras. La altura media del complejo es próxima a los 2 m existiendo una moderada continuidad horizontal. Presenta un comportamiento potencial liviano en relación con otros modelos del grupo BA debido a su alta carga de combustible vivo.
- Modelo BA5: En los bosques secundarios, con una carga aproximada de 12,45 t.ha⁻¹ en este modelo el fuego se propaga por plantas herbáceas y matorral de porte arbóreo, maduro, con alto contenido de material grueso. La altura media es próxima a 1,8 m, con alta uniformidad. Este modelo se asocia a las tipologías paisajísticas de cuabal y charrascal. Se le asocia un comportamiento moderado del fuego, con velocidades y longitudes de llama medias.

Evaluación de las misceláneas del bosque en la localidad Baitiquirí

La determinación de la cantidad de misceláneas (t.ha⁻¹) en parcelas de (0,30 *0,30 m) resultó en una media de 4,90 t.ha⁻¹, con un mínimo de 2,22 t.ha⁻¹, un máximo de 8,89 t.ha⁻¹ y una moda de 5,56 t.ha⁻¹.

Realizando una valoración de la cantidad de misceláneas que es 4,90 t.ha⁻¹ promedio, en este bosque se determinó que su influencia es positiva dada que en esta área la proporción del material combustible vegetal tanto vivo como muerto, se puede decir que es mucho, por lo que existe la posibilidad de un incendio en un corto periodo de tiempo en esta área. Esto depende de las características topográficas, clima y edafología. Teniendo en cuenta Heikkilä *et al.* (1993) citado por Ávila, (2015), que las condiciones climáticas determinan el comportamiento del fuego, destacándose dentro de estas la variables precipitación, viento, temperatura y humedad relativa.

Es importante tener en cuenta que las misceláneas influyen en la rapidez de la quema, ya que es un material que tiene la propiedad de ganar o perder humedad en poco tiempo de acuerdo con las condiciones meteorológicas (Betancourt, 1990; citado por Durán, 2015).

La cobertura de las misceláneas promedian en un 59,76% con un mínimo de 20% y un máximo de 95%, la altura media en las literas de 6,19 cm el mínimo de 4 cm y el máximo de 11 cm. Resultados similares obtuvo Betancourt (1990), lo que nos da la posibilidad de descartar que puede haber continuidad vertical y horizontal de los incendios como también continuidad de las misceláneas.

Análisis del combustible vivo en la localidad de Baitiquirí

En el caso de la cantidad de combustible vivo en t.ha⁻¹ por parcelas de 1*1 m en los 7 puntos levantados se obtuvo una media de 0,31 t.ha⁻¹, con un mínimo de 0,24 t.ha⁻¹ y un máximo de 0,48 t.ha⁻¹. La cantidad de combustible en esta área es baja teniendo en cuenta los resultados obtenidos, también es baja la probabilidad de incendio.

En el caso de la cobertura (%) de los estratos la misma fue de un 46,43% en el arbustivo, un 75,71% el arbóreo y un 63,57% el herbáceo. Entre los estratos se refiere a la distribución de los combustibles, tanto horizontal, como verticalmente. La continuidad controla parcialmente hacia donde el fuego puede ir y la velocidad con que se propaga. La continuidad horizontal puede ser entendida como una distribución uniforme. Afecta directamente las posibilidades de La continuidad vertical se manifiesta de los combustibles a través de la disposición de los combustibles a diferentes alturas. Es la responsable por la propagación de las llamas desde la base hasta las copas de los árboles. El viento acelera el secado de los combustibles, pues transporta el aire cargado de humedad. Puede avivar ciertos materiales en brazas y estos dar

origen al fuego. Suministra oxígeno a la combustión. Inclina las llamas hacia los combustibles que aún no se han quemado de acuerdo con (Ramos, 2012).

Con relación a la altura media por estratos se obtuvo que el estrato herbáceo fue de 0,44 m, en el arbustivo de 3,57 m y en el estrato arbóreo de 6,57 m. El estrato herbáceo está representado por una altura baja debido a las condiciones climáticas de esta área, con temperaturas altas ya que se encuentra en una zona semidesértica. Hay continuidad vertical o continuidad de estratos lo que esto facilita a que el fuego llegue a la copa y se convierta en un incendio de copa, donde el fuego se convierte en más peligroso y existe continuidad horizontal. En caminos y trochas no existe una limpieza adecuada. Al lado de la carretera existen trochas bien definidas pero están llenas de hierbas, algunas con arbustos, no exista barrera mineralizada, barrera verde, punto o garita de vigía.

Evaluación de la cantidad del material combustible seco leñoso

En el caso de los combustibles cuyo diámetro fue menor de 0,6 cm se observó una media de 6,43 t/ha, una mínima de 2,00 t/ha y una máxima de 15,00 t/ha. Es importante resaltar que este combustible mostró un peso seco $t \cdot ha^{-1}$ muy bajo, esto es beneficioso para la disminución de la ocurrencia y propagación de incendios. Las partículas cuyo diámetro estuvieron entre 0,6 y 2,5 cm se obtuvo una media de 4,43 t/ha, un valor mínimo de 2,00 t/ha y uno máximo de 8,00 t/ha. Para las partículas cuyo diámetro osciló entre 2,5 y 7,5 cm se obtuvo una media de 2,43 t/ha, con valores mínimos de 1,00 y máximos de 8,00 t/ha. En cuanto a las partículas mayores a 7,5 cm de diámetro se determinó una media de 9,80 cm, un mínimo de 8,00 cm y un máximo de 11,50 cm de diámetro. Resultados similares obtuvo Pérez (2012), en cuanto al combustible seco leñoso y la cantidad total en esta área.

Los combustibles de 0 – 0,6 y 0,6 – 2,5 son más fino y pueden ser fácilmente consumido por el fuego, sin embargo los de 2,5 – 7,5 y $> 7,5$ cm de diámetro se encargan de mantener el fuego por más tiempo. Es importante resaltar que este combustible mostró un peso seco de 2,63 t/ha clasificado como bajo, lo que es beneficioso para la disminución de la ocurrencia y propagación de incendios, ya que este material es muy fino y puede arder muy fácil. De acuerdo con Ramos *et al.* (2010), los combustibles delgados arden más fácilmente que los gruesos aunque estos tienen retardo una vez que inicia el fuego lo mantiene por largo tiempo y se propaga.

Evaluación de la cantidad combustible total de la localidad Baitiquirí

El mayor porcentaje es la misceláneas que está representado con un $4,92 t \cdot ha^{-1}$, donde luego le sigue el material combustible vivo que está representado con $0,31 t \cdot ha^{-1}$ y el seco leñoso con $2,63 t \cdot ha^{-1}$. Todo hace un total de $7,86 t \cdot ha^{-1}$, dato con el cual y la clave fotográfica se determinó el modelo de combustible que exista en el área forestal.

Este resultado representa que la miscelánea tiene valores más altos, lo que es negativo, por lo que se puede producir un incendio y permite trasladarse por las camadas que tienen una alta longitud de litera ya que el fuego en esta zona es intenso y consume todo lo que se encuentra en suelo. Resultados similares a estos obtuvo Ramos (2010) y Pérez (2012) en áreas de similar características.

Evaluación de las misceláneas en el Bagá

Se obtuvo una media de $6,86 t \cdot ha^{-1}$ de misceláneas, con un mínimo de $4,44 t \cdot ha^{-1}$ y un máximo de $10,56 t \cdot ha^{-1}$. Esta zona presenta altas temperaturas donde disminuye la humedad, las precipitaciones son escasas por lo que es una zona de peligrosidad de incendio donde depende de las características topografía, clima y edafología. Con una profundidad promedio de la litera de 5,33 cm, un mínimo de 3 cm y un máximo de 7 cm. Una cobertura de 61,19%, estos son promedios altos negativos, el mínimo 30% y el máximo 95%, donde estas características crean

la posibilidad de ocurrencia de incendio de acuerdo con Betancourt (1990) citado Durán (2015) en condiciones similares a la localidad de Baitiquirí.

Análisis del combustible vivo en el Bagá.

Para los combustibles vivos en $t.ha^{-1}$ por parcelas de $1*1$ m se obtuvo una media de $0,29 t.ha^{-1}$, con un mínimo de $0,21 t.ha^{-1}$ y un máximo de $0,38 t.ha^{-1}$. En cuanto a cobertura de estratos, el arbustivo con un 44,29 % y con un 71,43 % el arbóreo y con un 62,86 % el herbáceo siendo el arbustivo el menor en cobertura. La altura media de los estratos de las plantas fue para el herbáceo de 0,37 m de altura, el arbustivo de 5,29 m y el estrato arbóreo de 6,00 m. Hay continuidad vertical o continuidad de estratos teniendo en cuenta del arbustivo al arbóreo por lo que el herbáceo es muy bajo puede que en algunos casos exista continuidad vertical y continuidad horizontal si los árboles se entrelazan.

Evaluación de la cantidad del material combustible seco leñoso

En el caso de los combustibles cuyo diámetro fue menor a 0,6 cm, se obtuvo una media de 11,55 cm, un mínimo de 2,00 cm y un máximo de 15,00 cm de diámetro. Es importante resaltar que este combustible mostró un peso seco $t.ha^{-1}$ muy bajo, esto es beneficioso para la disminución de la ocurrencia y propagación de incendios. Se contaron las partículas cuyo diámetro estuvieron entre 0,6 y 2,5 cm donde se estableció una media de 9,4 cm, un mínimo de 2,00 cm y un máximo de 8,00 cm de diámetro. Las partículas cuyo diámetro oscilo entre 2,5 y 7,5 cm se contaron desde los 0 y hasta los 10 m, obteniéndose una media de 2,43, una mínima de 1,00 y una máxima de 9,00. Las partículas mayores a 7,5 cm de diámetro se determinó una media de 6,27 de un mínimo de 1,00 y un máximo de 6,00 cm. Resultados similares a estos obtuvo Martínez (2011), evaluando combustibles forestales en áreas de igual características.

Evaluación de la cantidad combustible total del Bagá

De forma general se obtuvo para las misceláneas 6,85 t/ha, seguidas del material combustible vivo con $0,34 t.ha^{-1}$ y el seco leñoso con $4,23 t.ha^{-1}$, obteniéndose un total de $11,42 t.ha^{-1}$. Con estos valores y la clave fotográfica se determinó el modelo de combustible que existía en el área forestal. Al igual que en la localidad de Baitiquirí esto representa que la miscelánea tiene valores más altos lo que es negativo, que se puede producir un incendio y se puede propagar.

Plan de acciones en función de disminuir el peligro de incendios en la Reserva Ecológica Baitiquirí

De acuerdo con Ramos (2010) es necesario realizar disímiles actividades que permitan disminuir el riesgo de ocurrencia y propagación de incendios forestales y rurales.

Objetivo: Manejar el material combustible en función de disminuir la ocurrencia y propagación de incendios.

Las principales deficiencias encontradas en la Reserva Florística Manejada están relacionadas con que existe continuidad horizontal y vertical del material combustible, una elevada cantidad de material combustible correspondiente a las misceláneas, faltan trochas contra incendios y de las existentes en su mayoría hay que darle mantenimiento, no existe barreras contra incendios entre las carreteras que están en la zona de amortiguamiento y el área protegida. Además, faltan medidas para evitar la probabilidad de ocurrencia de incendios de naturaleza humana.

Las acciones que se recomiendan en la Reserva son:

- Diseñar señalizaciones adecuadas para garantizar el nivel de información necesario para el área, con énfasis en los accesos principales.

- Lograr que las comunidades y otros actores involucrados, se sientan protagonistas de los programas de protección.
- Mantener bajo monitoreo permanente las áreas de mayor índice de riesgo y control de los accesos principales.
- Monitoreo permanente para la detección de infracciones y aplicación de medidas con acciones cooperadas del Cuerpo de Guardabosques (CGB).
- Diseñar una estrategia adecuada en convenio con el CGB para garantizar en la Reserva el programa de protección y vigilancia.
- Conformación de un adecuado sistema contra incendios, mediante la construcción y mantenimiento de trochas y caminos.

De acuerdo con Myers, (2010) la mayoría de los incendios forestales y rurales que ocurren en Cuba son provocados por el hombre, por lo que también hay que realizar actividades para disminuir la ocurrencia de incendios de naturaleza humana como son:

La educación y capacitación

Es la acción que se realiza con los pobladores que viven en las áreas de las reserva y en la zona de amortiguamiento, a pesar que se ejecutan trabajos relacionados con esto, es insuficiente.

También hay que aumentar las actividades de divulgación a nivel local, municipal y provincial, entre otras a través de pancartas, la radio, la televisión, los periódicos.

Es necesario llevar a cabo la aplicación adecuada de la legislación, divulgarlas y aplicarlas para que estas sean eficaces. En todo el territorio esto se ha comportado no del todo bien ya que hay que seguir exigiendo a la población la necesidad de cuidar los recursos forestales ante cualquier desastre entre estos los incendios.

También es importante crear círculos de interés en las escuelas primarias, secundarias y pre universitarios para educarlos sobre la importancia de los bosques y qué hacer para protegerlos, ya que los niños y jóvenes tienen gran influencia sobre su familia y la sociedad en general y además, serán las generaciones futuras y de los valores que se le enseñen será lo que realizarán cuando grande, por lo que tiene efecto a corto, mediano y largo plazo.

La divulgación debe ser realizada de la siguiente manera:

La divulgación puede utilizar medios como la prensa escrita, la radio, la televisión, manuales, volantes, calendarios, afiches o carteles, vallas junto a carreteras o caminos importantes con determinados mensajes o informando al público sobre el peligro de incendios, materiales escolares, y otros.

Teniendo en cuenta lo planteado por la los siguientes puntos pueden constituir consejos para el diseño de los medios de comunicación:

- Transmitir en pocas palabras el mensaje.
- Utilizar un lenguaje claro y preciso.
- Combinar adecuadamente los colores para llamar la atención.
- Usar diseños atractivos a la vista.
- Si se utilizan imágenes dramáticas, debe ser con un fin didáctico y no simplemente para impresionar al público.
- Unos medios pueden divulgar una sencilla frase, y otros, ser más extensos.
- Tener en cuenta los costos y la relación de estos con la cantidad probable de personas a las que llegará el mensaje que se transmite.

Manejo a tomar para disminuir las afectaciones que provocan los incendios

Teniendo en cuenta los elementos analizados en los apéndices anteriores, se hace necesario tomar una serie de medida para disminuir la ocurrencia de incendios y por sus afectaciones en el medio ambiente, en lo social, lo económico y lo legal.

Quedó demostrado que el 85 % de los incendios que ocurren en los municipios son causados por el hombre, estos pueden evitarse de acuerdo con las actividades que se realicen. La prevención es la actividad fundamental para evitar la ocurrencia de incendios y esta tiene dos objetivos fundamentales, evitar la ocurrencia de incendio de naturaleza humana y dificultar la propagación del fuego.

De acuerdo a los elementos observados en el área de estudio y los elementos planteados por varios autores, se recomienda para cumplir, la educación, la divulgación, la vigilancia disuasoria, la legislación y que se cumplan con las acciones establecidas.

Vigilancia

La vigilancia es la forma más efectiva de protección de las unidades de conservación, de acuerdo con Ramos (2010) esta actividad unida a la detección, forman un subsistema o área de solape entre la prevención y la extinción. Se trata de una vigilancia disuasoria. Disuadir es inducir a alguien a cambiar su opinión o a desistir de algún propósito, por esto, el personal del Guardabosques que realiza la vigilancia en la zona, debe, disuadir a las personas para que no cometan actos que puedan desencadenar un incendio forestal. Cuando una persona sabe que hay un Guardabosques o un Guarda recursos en una zona, evita cometer actos incorrectos, pues sabe que puede ser detectado.

La vigilancia puede ser realizada desde puntos fijos de observación y a través del patrullaje móvil. Los puntos fijos pueden ser torres o puestos de observación. El patrullaje móvil puede ser terrestre o aéreo. El terrestre puede realizarse a pié, a caballo, con vehículos y otros, en las condiciones locales por lo general se realiza a caballo y en vehículos, además también se debe utilizar la vía satelital.

Puede agregarse que un sistema de vigilancia es inútil si no se cuenta con un sistema rápido de comunicación que permita contactar con la Central de Operaciones, lo que es una deficiencia en la zona ya que el personal encargado de esta actividad cuenta con suficientes medios de comunicación, para las torres de observación, ni para el patrullaje móvil, por lo que se hace necesario tomar medidas para revertir esta situación, el municipio debe dedicarle más recursos a esta actividad, también la elaboración de proyectos de carácter internacional puede ser una buena vía. Los equipos más usados son el radio y el teléfono, presentando ambos ventajas y desventajas en dependencia de su tipo y las características locales.

Como se observó que la mayoría de los incendios ocurren el fin de semana a que tomar medidas para mejorar la rotación en este, manteniendo un nivel adecuado del personal del Cuerpo de Guardabosques activo.

En los lugares que debe existir una mayor vigilancia de los municipios son: Los Naranjos, El Baga, Los Letreros, Macambo, El Mije, que es donde ocurre el mayor número de incendio en los municipios.

Leyes y regulaciones

Los elementos anteriores no siempre son efectivos porque deben hacerse cumplir las leyes y regulaciones sin excederse ni quedarse por debajo, porque si no aplicar las leyes trae grandes consecuencia, también aplicarla de modo inadecuado, sobrepasándose en éstas, es mucho más fatal, además proponerle a los pobladores y campesinos los elementos que pueden realizar para sustituir el uso del fuego o como utilizarlo adecuadamente. Debe tenerse presente que las multas y penas normadas por la legislación también deben ser divulgadas convenientemente, así las personas tienen mayor conocimiento y evitan cometer infracciones.

Para dificultar la propagación del fuego, se deben realizar las siguientes actividades

Crear tomas de agua en los lugares que no existen para tener una mayor disponibilidad de este elemento que es de vital importancia para la extinción del fuego. Deben ubicarse principalmente en dependencia del riesgo de incendio de la zona y su importancia ecológica, económica y/o social. Estos puntos deben estar localizados en los mapas.

Realizar raleos, limpiezas y podas que permitan evitar la continuidad vertical del material combustible, eliminar fundamentalmente las ramas más bajas de los árboles, se recomienda también que las ramas más gruesas que extraigan del bosque y se utilicen para leña.

Para evitar la continuidad horizontal se hace necesario darle mantenimiento a las trochas contra incendios existente ya que en su gran mayoría están enyerbadas y de esta forma no van a cumplir con su objetivo.

En zonas de autopista y la carretera que va hacia la reserva hay que realizar medidas que eviten que fuegos que inicien en esta zona pasen hacia el bosque, como son fajas mineralizadas, además se recomienda la aplicación de quemados prescritas en los lugares más peligrosos. Las quemados prescritas deben realizarse con la participación activa del Cuerpo de Guardabosques. Se debe aumentar de la eficiencia de las brigadas con la asignación de las herramientas manuales.

Construir trochas suficientes y darle mantenimiento a las ya existentes entre estas están, las fajas mineralizadas, los caminos, líneas negras a través de quemados prescritas en las zonas más propensas a la ocurrencia de incendios, crear fajas verdes. Las áreas cortafuegos perimetrales deben separar el monte de zonas de cultivo, pastizales, urbanizaciones, basureros, instalaciones industriales o de comunicaciones y otros.

Teniendo en cuenta lo planteado por Gutiérrez (2010) en el interior de la masa, las áreas se deben mantenerse a lo largo de carreteras, caminos y sendas, a lo largo de cursos de agua y vaguadas y a sotavento de las divisorias. A lo largo de cursos de agua se mantendrá la vegetación natural, que tendrá siempre elevado contenido de humedad, pero se eliminará la vegetación muerta. Las actuaciones en la masa deben tratar de diversificar la vegetación, evitando superficies muy extensas mono específicas y creando diferencias de inflamabilidad. Modificar el combustible donde exista una cantidad que se torne peligrosa, para esto se puede realizar la extracción de la que sirvan para leña y comercializarla, utilizando este dinero para las acciones de prevención, también se puede introducir un número adecuado de animales en los ecosistemas forestales, realizar limpiezas y podas para romper la continuidad horizontal y vertical.

Perfeccionar el sistema de extinción y la capacitación de todo el personal

En los municipios no se cuenta con todos los medios adecuados para dar una respuesta rápida y eficiente a los incendios forestales, por lo que hay que dotar a las Brigada Profesionales para la Prevención y Combate contra los incendios forestales de los medios necesarios, además crear más Brigadas Voluntarias y a ambas capacitarlas en las labores a realizar en la etapa de peligro de incendios, en las que todas deben estar activas y en el periodo de poco peligro no es necesario que todas estén activas pero se hace necesario que realicen actividades de prevención. Estos medios deben ser de transporte, de respuesta rápida y para el ataque ampliado, medios manuales como las mochilas de agua, razón o podón.

Gutiérrez (1996) refiere que el éxito en el combate de los incendios forestales tiene implícito varios pasos que son necesarios cumplir a objeto de garantizar mayor efectividad en las operaciones que son necesarios tener en cuenta en los municipios:

- Se deben mantener en alerta y disponibles los recursos humanos y materiales.
- Mapa de precipitaciones.
- Época de incendios.

- Una vez recibido el aviso de un incendio, se debe proceder a movilizar de manera ordenada y en el menor tiempo posible las cuadrillas de combate y los recursos necesarios para este fin.
- Ejecutar la táctica y estrategia más adecuadas dependiendo del comportamiento del incendio y de las facilidades del sitio (cortafuegos naturales o realizados, áreas quemadas, y otros), a fin de evitar su avance.
- El responsable del combate debe verificar que las instrucciones que se impartieron para el combate del incendio, fueron entendidas por el personal que participa en esta labor.
- Seguir la secuencia de confinar y extinguir el incendio.
- Garantizar la continuidad de las acciones de combate de incendio.
- Inspeccionar el perímetro del incendio, evitando posible reinicio del mismo.
- Evaluar la superficie afectada.
- Proceder a la desmovilización.
- Registro de información.

Conclusiones

- Los modelos de combustibles existentes en la Reserva Ecológica Baitiquirí según el manual de campo Cuba 19 son: HBA1, BA2, HBA2, HCL1, BA3, BA4, y BA5.
- La cantidad de combustible existente en ambas zonas es baja pero con alto riesgo de ocurrencia y propagación de incendios, para Baitiquirí $7,86 \text{ t.ha}^{-1}$, y el Bagá $11,42 \text{ t.ha}^{-1}$, siendo esta última la de mayor cantidad de combustible.
- Las acciones para modificar el material combustible y sus cantidades para así disminuir la probabilidad de ocurrencia de incendios son fundamentalmente: medidas para disminuir el peligro de incendio de naturaleza humana y medidas para dificultar la propagación (silvicultura preventiva, creación de tomas de agua, construcción y mantenimiento de corta fuegos).

Recomendaciones

Se recomienda:

- A la Empresa para la Conservación de la Flora y la Fauna de Guantánamo llevar a cabo las acciones definidas en esta investigación para perfeccionar el sistema de protección contra incendio en la Reserva Ecológica Baitiquirí.
- A los estudiantes y profesionales que se dedican al manejo y conservación de los ecosistemas forestales utilizar esta bibliografía como material de consulta.

Referencias bibliográficas

- Batista, A. C. 1990. Incêndios Forestales. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife. Brasil. 115 p.
- CITMA. 2004. Sistema de Áreas Protegidas de Cuba. Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. Ciudad de la Habana, Cuba.
- Gutiérrez .2010. Disponible en [http://pedrogutierrez0870.blogspot.com/2010/05/efectos del fuego en los ecosistemas de.html](http://pedrogutierrez0870.blogspot.com/2010/05/efectos-del-fuego-en-los-ecosistemas-de.html). Consultado 13-5-2016.
- Haltenhoff, D. 2005. Manual de Efectos del Fuego y Evaluación de Daños. PROYECTO FAO TCP/GUA/2903 (A). Peten. 93 p.
- Heikkilä, V. Grönovist, R. y Jurvélius, M. 1993. Handbook on Forest Fire Control. A Guide for Trainers. Foresry Training Programme, Publication 21.Helsinki. 239 p.



- Hernández, A. P. los demás autores. 1999. Nueva versión de clasificación de suelos de Cuba. Instituto de suelos. Ministerio de la Agricultura, Ciudad de la Habana, Cuba. AGRIFOR. 64 p.
- Hernández, I. y López, D. 2002. Pérdida de nutrimentos por la quema de la vegetación en una sabana de *Trachypogon*. *Rev. Biol. Trop.* 50 (3/4): pp. 1013-1019.
- Humara. 2015. Productos forestales no maderables y sus usos en la Reserva Ecológica de Baitiquirí. Tesis En Opción al Título de Ingeniero Forestal. 68. pp
- Martínez, L.; Bonilla, M.; Ramos, M. y De las Heras, J. 2010. Estudio de quemas prescritas en bosques de *Pinus tropicalis* Morelet y *Pinus caribaea* var. *caribaea* en Pinar del Río, Cuba. Trabajo presentado en VI Simposio Internacional de Manejo Sostenible de los Recursos Forestales, en: Memoria del VI SIMFOR. Pinar de Río. ISBN: 978-759-16-1192-5.
- MINAGRI. 2014. Plan de Prevención Contra Incendios Forestales. Reserva Ecológica Baitiquirí. 16 pp.
- Myers, R. 2010. Efectos del fuego en la fauna silvestre. Conservando la naturaleza. Protegiendo la vida. *The Nature Conservancy*. P 20.
- Nájera, A. 2003. El fuego en la naturaleza. Conferencia. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.
- Porrero, M. 2000. Técnicas de investigación de causas. En: *La Defensa Contra Incendios Forestales. Fundamentos y Experiencias*. McGraw – Hill. España. 13.7 – 13.18 pp.
- Ramos, M.P. 2010. Manejo del fuego. Editorial Félix Varela, La Habana, Cuba. 230p.
- Ramos, M.P. Martínez, L.W 2009. Evaluación de combustibles forestales. Proyecto: Desarrollo del Sector Forestal en Cuba. Ministerio de la Agricultura. 40 p.
- Ramos, M.P. Martínez, L.W. 2009. Evaluación de combustibles forestales. Proyecto: Desarrollo del Sector Forestal en Cuba. Ministerio de la Agricultura. 40 p.
- Ramos, M.P. Molina, J.R., Martínez, L.W y Carrasco, Y., 2012. Manual de campo para la identificación de los modelos de combustible cuba 19. Proyecto de Cuba – Canadá.
- Ramos, M.P. y Soares R.V. 2004. Análisis comparativo entre los incendios forestales en Monte Alegre, Brasil y Pinar del Río, Cuba. Trabajo presentado en el 3º Simposio Sul-Americano sobre Controle de Incendios Forestales. Curitiba, 14 – 17 de Junio de 2004
- Ramos. M.P. 2004. Manejo del Fuego. Libro en edición. Universidad de Pinar del Río. Cuba.

Tema 5

Influencia de las variables humedad, estrato y forma del combustible en la inflamabilidad de algunas especies vegetales asociadas a ecosistemas de pinares

Yamisleidy Caso Hernández, Yulian Carrasco Rodríguez

Resumen

Los incendios forestales son un fenómeno ampliamente extendido en los ecosistemas terrestres del mundo. En Cuba se han realizado pocos estudios sobre inflamabilidad de especies vegetales, los cuales podrían favorecer al perfeccionamiento de las actividades básicas de manejo del fuego, brindando la posibilidad de definir diferentes zonas de riesgo. En correspondencia con lo antes expuesto el objetivo general de este trabajo fue: evaluar la influencia de las variables humedad, estrato y forma del combustible en la inflamabilidad de algunas especies vegetales asociadas a ecosistemas de pinares. Durante el mes de enero del 2014 entre las 8:10am y las 9:30am, fueron colectadas las muestras. Para la determinación del grado de inflamabilidad de los combustibles, se utilizó una variación de la metodología utilizada por Elvira y Hernando (1989), Hernando (2000 y 2009) y Jaime (2013). Entre otros resultados puede mencionarse que las especies de menores valores promedio de tiempo de inflamación fueron la *H. patrisiana* y la *M. prasina*, siendo la *C. rosea* la de mayor valor promedio. Obteniéndose que la duración de las llamas manifestó que el menor valor promedio se obtuvo para *C. rosea* y el mayor para *H. patrisiana* así mismo la especie que mostró mayor valor de duración de la combustión fue la *C. rosea* y la de valores más bajos fue *L. cernua*. Se clasificaron según su inflamabilidad la *H. patrisiana* y *M. prasina*, extremadamente inflamables, *C. arborea*, muy inflamable, *L. cernua* moderadamente inflamable y por último *C. rosea* inflamable.

Abstracts

Wildfires are a widespread in terrestrial ecosystems worldwide phenomenon. In Cuba made a few study about inflammability, which could favor the development of the core activities of fire management, providing the ability to define different areas risk. Corresponding to the above general objective of this study was: to evaluate the influence of humidity variables, layer and shape of fuel flammability of some plant species associated with pine ecosystems. During the month of January 2014 between 8:10am and 9:30am, the samples were collected. For determining the flammability of fuels, a variation of the methodology used by Elvira and Hernando (1989), Hernando (2000 and 2009) and James (2013) was used. Among other results it may be mentioned that the species of lower average time values were swelling *H. patrisiana* and *M. prasina*, *C. rosea* being the highest average value. Obtaining the length of said flame lower average value was obtained for *C. rosea* and increased to *H. patrisiana* likewise species that showed the highest value of combustion duration was *C. rosea* and lower values of *L. cernua* was. Were classified according to their flammability *H. patrisiana* and *M. prasina*, extremely flammable, *C. arborea*, highly flammable, flammable and moderately *L. cernua* finally *C. rosea* flammable.

Introducción

Los incendios forestales forman parte del Sistema Tierra desde hace más de 420 millones de años (Bowman *et al.*, 2009; Pausas y Keeley, 2009); cualquier lugar del planeta con vegetación, puede incendiarse cuando existen condiciones de estado del tiempo suficientemente secas. Además de su papel ecológico, el fuego ha sido una de las herramientas más utilizadas en la manipulación de la vegetación para distintos propósitos como la cacería, el manejo del hábitat de la fauna silvestre, la agricultura y la silvicultura desde la antigüedad (Pyne *et al.*, 1996).

Los incendios han sido reconocidos como una de las principales causas que provocan la pérdida de los bosques, pasado un incendio forestal, los árboles que no mueren de manera inmediata pueden presentar, dependiendo del nivel de quemado, reducción del crecimiento, reducción del vigor y a largo plazo la muerte; afectan las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, así como la humedad, la cobertura vegetal remanente al paso de las llamas, la pendiente del terreno, el clima, ecosistemas terrestres de gran importancia, pérdida de variadas especies de la flora y la fauna que habitan en ellos, entre otras afectaciones también para el hombre en el ámbito económico y de su salud.

El comportamiento del fuego en los incendios forestales es resultado de la interacción entre el material combustible presente en el bosque (biomasa de plantas vivas, árboles muertos en pie, material leñoso caído y hojarasca), las condiciones del tiempo atmosférico, la topografía y la acción directa o negligente del hombre.

Para evitar los efectos y consecuencias se han realizado disímiles estudios en ecosistemas forestales con el objetivo de reducir la existencia de los incendios en las diferentes especies que lo conforman, dígame especies arbóreas, arbustivas y herbáceas. Todo encaminado a favorecer con acciones que contribuyan a la prevención de los incendios.

La caracterización, cuantificación y clasificación de los combustibles forestales proporcionan información fundamental para el manejo del fuego. Por lo que su conocimiento en los ecosistemas forestales es un aspecto de fundamental importancia.

Otro elemento considerado como uno de los factores más significativo lo constituye la humedad de los combustibles, ya que es la variable que determina su inflamabilidad, el comportamiento del fuego y la emisión de humo. Cuanto mayor es la humedad del combustible el foco de calor ha de estar actuando durante más tiempo sobre el mismo hasta lograr la inflamación. Además, no solo se retarda el tiempo de ignición, sino que también la probabilidad de ignición disminuye porque puede ser que el foco externo de calor se apague antes de inflamarse el combustible.

Dimitrakopoulos y Mateeva (1998) en un estudio con diversas especies mediterráneas obtienen que la clasificación relativa de la inflamabilidad entre las distintas especies cambie con la humedad de forma que unas especies resultan más inflamables que otras a determinadas humedades y menos a otras.

Para el desarrollo y propagación del fuego no es suficiente con que se produzca la ignición y se establezca la combustión sobre un elemento individual, es necesario además que el calor se transmita hacia otros combustibles cercanos. De las tres formas fundamentales de transmisión de calor (convección, radiación y conducción) la humedad afecta sobre todo a la radiación y la conducción.

En Cuba hasta el momento se ha realizado solo el estudio sobre inflamabilidad de especies vegetales desarrollado por Jaime (2013). Por eso este trabajo puede contribuir al beneficio de las actividades básicas de manejo del fuego, ya que las formaciones de pinares son las más afectadas por los incendio anualmente, permitiendo esto la posibilidad de definir zonas con diferentes niveles de riesgo, que varían, para algunas especies, según las variables que determinan su inflamabilidad.

Esto se ve muy relacionado con el problema científico que plantea esta investigación, ¿Influyen las variables humedad, estrato y forma del combustible en la inflamabilidad de especies vegetales asociadas a ecosistemas de pinares?, siendo la hipótesis la siguiente:

Si se evalúa la influencia de las variables humedad, estratos y forma de los combustibles en la inflamabilidad de las especies vegetales asociadas al ecosistema de pinar será posible definir el comportamiento de la misma en las especies estudiadas.

De acuerdo con lo anterior, el objetivo general es: Evaluar la influencia de las variables humedad, estrato y forma del combustible en la inflamabilidad de algunas especies vegetales asociadas a ecosistemas de pinares.

Mientras que los objetivos específicos fueron:

- Realizar ensayos de inflamabilidad a las especies del ecosistema de pinar seleccionadas.
- Analizar el comportamiento de la inflamabilidad de las especies vegetales objeto de estudio.
- Establecer posibles relaciones entre la humedad, los estratos y la forma de los combustibles en la inflamabilidad de las especies objeto de estudio.

Materiales y métodos

Caracterización del área de estudio

Para desarrollar los ensayos de inflamabilidad y la determinación de la humedad, se tomaron muestras en un área del kilómetro 18 de la carretera a Viñales. Esta área pertenece a la Unidad Silvícola Viñales, Empresa Forestal Integral La Palma (EFI). La vegetación es de pinares naturales de Alturas de Pizarras la cual corresponde, según Samek y Del Risco (1989), a la asociación Quercu-Pinetum caribaeae, subasociación Pinetosum Tropicalis. El suelo corresponde según MINAGRI (1984), al tipo ferralítico cuarcítico amarillento sobre esquistos o pizarras normales, clasificado por Hernández *et al.* (1999) como suelos alíticos. El clima según Köppen (1936) citado por Wadsworth (2000), es Aw (clima tropical con mes más frío con temperatura mayor de 18°C y una estación seca con, al menos, un mes con menos de 600 mm).

Toma de muestras

Las muestras fueron colectadas en el mes de enero del 2014 entre las 8:10 am y las 9:30 am. En esta actividad se midieron variables meteorológicas ambientales tales como temperatura del aire y humedad relativa, tomando mediciones al comenzar y finalizar la colecta de las muestras, obteniendo valores de 24,7°C y 90% al comenzar y terminando con 25,2°C y 81% respectivamente. Para llevar a cabo estas operaciones se utilizó un medidor meteorológico de bolsillo, Kestrel 3500.

La toma de las muestras para los ensayos de inflamabilidad se realizó según la metodología utilizada por Elvira y Hernando (1989), con la diferencia de las muestras se tomaron solo en enero y no en todos los meses del año. El trabajo de campo consistió en cortar los extremos de las ramillas laterales y terminales en varios individuos que presentaban el mismo estado fenológico. De cada especie se llevaron al laboratorio unos 80 g de los cuales fueron utilizados 50 g para los ensayos. Se trabajó con cinco especies las cuales fueron elegidas considerando su representación en el ecosistema y su contribución en el comportamiento del fuego, esta última característica se basó en el criterio de especialistas en manejo del fuego.

Las especies fueron las siguientes:

- *Clusia rosea* Jacq. (Copey).
- *Cyathea arborea* (L.) SM. (Helecho arbóreo).
- *Lycopodiella cernua* (L.) Pic. Serm. (Helecho pata de rana).
- *Henriettea patrisiana* DC. Prodr. (Cordobán Nudin).
- *Miconia prasina* (Sw.) DC (Camasey blanco).

Para determinar la humedad se trasladaron al laboratorio 120 g en bolsas plásticas de cierre hermético para reducir las pérdidas de agua producidas durante el transporte y su posterior manipulación. A las mismas se les comprobó su peso en cuatro momentos diferentes para discriminar cualquier error de ganancia o pérdida de humedad, los cuales son: toma de la muestra inicial en el campo, en el laboratorio, antes de ubicar en Refrigerador/congelador Vertical, Dometic ML 380 CS a una temperatura óptima para la conservación de material vegetal de 6,9 °C y por último cuando se sacan del refrigerador en el momento de realizar los ensayos. Las muestras se tomaron de las mismas plantas que se adquirieron las que serían

utilizadas para los ensayos de inflamabilidad siguiendo el mismo procedimiento descrito para ese fin.

Determinación de la inflamabilidad

Para la determinación del grado de inflamabilidad de los combustibles, de acuerdo a la definición de Delabrazze y Valette (1977) citado por Hernando (2000), se utilizó el método descrito por Elvira y Hernando (1989) y Hernando (2000 y 2009). De acuerdo con Arnaldos *et al.* (2004), este ensayo consiste en someter sucesivamente 50 muestras de $1 \pm 0,1g$ a la acción de un foco calorífico de 500 W de potencia ($7 W.cm^{-2}$), colocándolas directamente sobre la superficie radiante. A medida que avanza la descomposición térmica de la muestra se irán desprendiendo, juntamente con el agua, gases combustibles. Cuando la mezcla de gases con el aire llega al límite inferior de inflamabilidad, se produce la inflamación de la muestra por contacto con la llama del bunsen o mechero de gas.

La Figura 1 muestra el montaje del ensayo de inflamabilidad. Se observa el Epirradiador, instrumento utilizado como fuente de calor normalizada (Norma UNE-23-721). La llama piloto, que se observa en el montaje experimental, origina en su caso la inflamación de la mezcla aire-gases producto a la descomposición térmica del vegetal, pero no interviene en la gasificación.



Figura 1. Montaje del ensayo de inflamabilidad

Los parámetros de la inflamabilidad considerados fueron:

- Tiempo de inflamación (T_i): es el transcurrido desde el instante de colocar la muestra en el radiador eléctrico (Epirradiador) hasta que se produce la inflamación de la materia, expresado en segundos. El tiempo de inflamación de la especie estudiada es la media aritmética de los T_i resultantes en los 50 ensayos.
- Porcentaje de ensayos positivos (N_i): se consideran positivas aquellas muestras en que se produce la inflamación antes de un minuto, puesto que se observa que en el material fino una vez transcurrido dicho tiempo, la muestra por lo general se carboniza sin sufrir inflamación.
- Duración de las llamas: es la media aritmética de la duración de las llamas producidas por la inflamación de los vegetales en los 50 ensayos.
- Duración de la combustión: es la media aritmética de la duración de la combustión resultante en los 50 ensayos.

De acuerdo con los valores de T_i y N_i se definieron las especies según la clasificación de inflamabilidad definida por Valette (1986) citado por Elvira y Hernando (1989) y por Hernando (2000), según se muestra en la Tabla 1. Los tiempos de inflamación, duración de las llamas y de la combustión se midieron con un cronómetro.

Tabla 1
Clasificación de la inflamabilidad

Tiempo de inflamación (s)	Porcentaje de ensayos positivos (%)					
	100-95	94-90	89-85	84-80	79-50	Menor de 50
< 12,5	5	4	3	3	2	1
12,5 - 17,5	4	3	3	2	1	1
17,5 - 22,5	3	3	2	2	1	0
22,5 - 27,5	3	2	2	1	0	0
27,5 - 32,5	2	2	1	1	0	0
> 32,5	2	1	1	0	0	0

La escala utilizada tiene la siguiente significación:

- 0 = Muy poco inflamable
- 1 = Poco inflamable
- 2 = Inflamable
- 3 = Moderadamente inflamable
- 4 = Muy inflamable
- 5 = Extremadamente inflamable

En algunas especies se provocaban varias inflamaciones sucesivas. En estos casos, cuando el tiempo de duración de la llama en la primera fue igual o superior a 10 (s), se tomó como tal ese tiempo. Cuando el tiempo de duración de la llama producida en la primera inflamación era menor a 10 (s), se tomó como tal el medido al producirse la segunda inflamación.

Determinación de la humedad de los vegetales

La humedad de los vegetales, en el momento del ensayo de inflamabilidad, es un dato de gran importancia para la interpretación de resultados, y se determina como la media aritmética de la obtenida por medio del secado en estufa. Con este fin fueron utilizadas dos muestras de 50g de cada especie. Las muestras permanecían 24 horas en la estufa a 80°C. A partir de este tiempo se pesaban y se volvían a colocar en la estufa 2 horas después de las cuales se volvía a pesar. Esto se repetía hasta obtener peso constante. Una vez obtenido el peso seco de ambas muestras, se calculó el contenido de humedad en porcentaje, utilizando la Ecuación 1.

$$Hm = \left\{ \frac{Ph - Ps}{Ps} \right\} * 100 \quad (1)$$

Dónde: Hm: Humedad del material combustible (%); Ph: Peso húmedo de la muestra (g); Ps: Peso seco de la muestra (g); 100: Constante para transformar en porcentaje

Tratamiento estadístico

A través de un análisis de varianza factorial se estudió el efecto que sobre el tiempo medio de inflamación tienen los factores o fuentes de variación siguientes:

- Especie: se refiere a las cinco especies utilizadas en los ensayos
- Forma de la muestra: según el tipo de hoja o del conjunto de ellas, incluyendo además fracciones de tallos, se consideraron las formas siguientes:
 - Forma 1: obovadas (*C. rosea*)
 - Forma 2: ovadas (*C. arborea*)
 - Forma 3: busilares, lineales (*L. cernua*)
 - Forma 4: oblongas - lanceoladas (*H. patrisiana*)
 - Forma 5: elípticas - lanceoladas (*M. prasina*)
- Estrato: según el estrato donde se encuentra la especie, se utilizaron los siguientes:
 - Estrato 1: herbácea (*L. cernua*)

- Estrato 2: arbustivas (*H. patrisiana*, *M. prasina*)
- Estrato 3: arbóreas (*C. rosea*, *C. arbórea*)

La normalidad de las variables se comprobó con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Según fue el resultado de la misma, se aplicó un análisis de varianza o la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

El coeficiente de correlación entre las tres variables anteriores y entre ellas y el contenido de humedad de las muestras en el momento de los ensayos, fue determinado.

En todos los casos se utilizaron los valores medios obtenidos para cada una de las cinco especies estudiadas. Como no todas las variables siguieron una distribución normal, se determinó el coeficiente de correlación no paramétrica de Spearman, considerando una probabilidad de significación del 5 %.

Para realizar los diferentes análisis se utilizó el Microsoft Excel 2010 y el sistema estadístico IBM SPSS Statistics ver.21.

Resultados y discusión

Inflamabilidad de las especies estudiadas

Ensayos positivos

La distribución del porcentaje de ensayos de inflamabilidad positivos se muestra en la Tabla 2. Se observa que en todas las especies estudiadas los ensayos fueron positivos.

Tabla 2

Porcentaje de ensayos positivos

Especies	Porcentaje de ensayos positivos (%)
<i>C. rosea</i>	100
<i>C. arbórea</i>	100
<i>L. cernua</i>	100
<i>H. patrisiana</i>	100
<i>M. prasina</i>	100

Tiempo de inflamación

La variable tiempo de inflamación según propone la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov se ajustó a una distribución normal ($p=0,096$) para las cinco especies analizadas, siendo la *H. patrisiana* y la *M. prasina* las de menores valores promedio, resultando como la de mayor valor promedio la *C. rosea*. Lo cual se puede observar a continuación en la Figura 2.

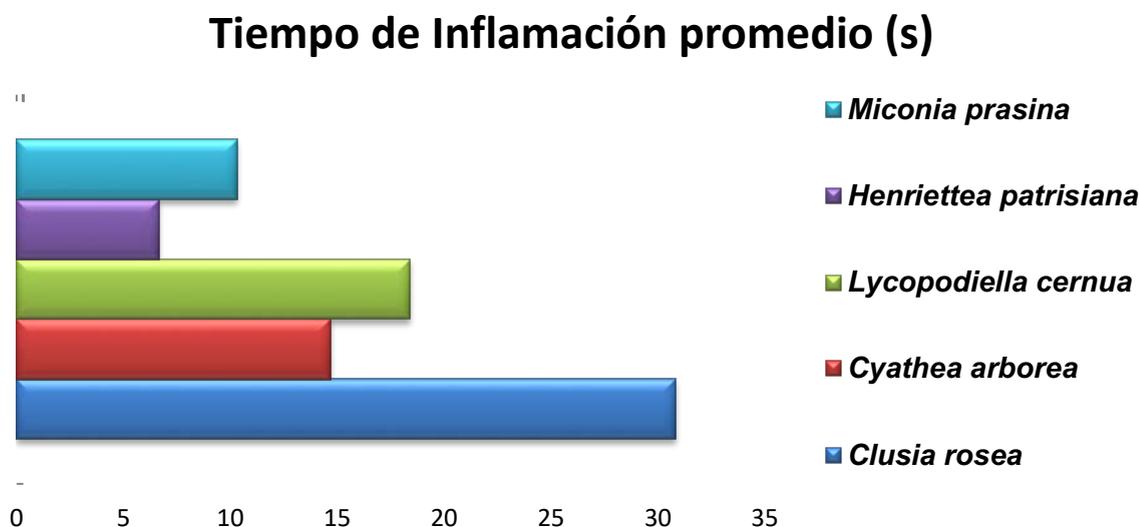


Figura 2. Tiempo de inflamación promedio de las especies

Teniendo la variable tiempo de inflamación una distribución normal ($p=0,096$). Entonces se procedió a realizar un análisis de varianza factorial que permitió establecer que los factores: forma de la muestra ($p=0,076$) estratos ($p=0,326$), no ejercieron influencia sobre el tiempo de inflamación, no ocurriendo lo mismo en el caso de las especies ($p=0,000$).

Duración de las llamas

En la Figura 3 se muestra el comportamiento de la duración de las llamas durante los ensayos. Se observa que el menor valor promedio se obtuvo para *C. rosea* y el mayor para *H. patrisiana*.

□

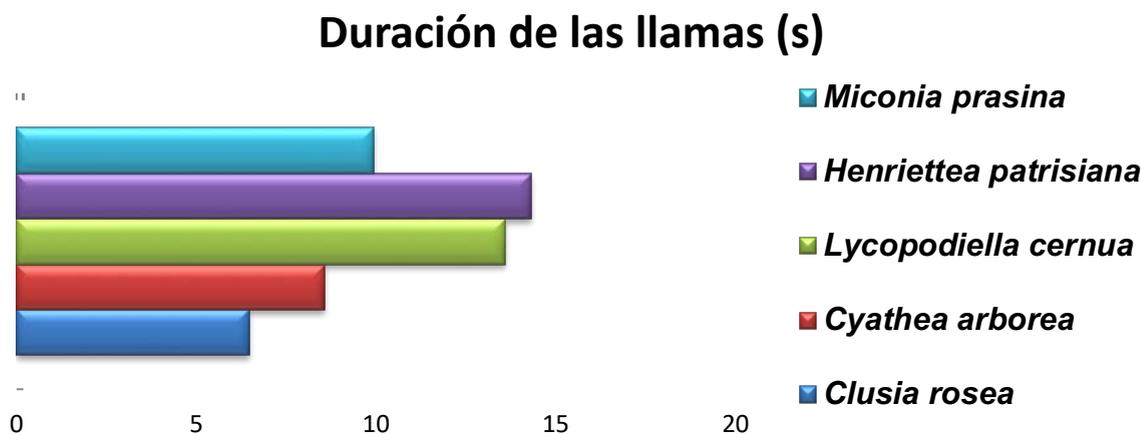


Figura 3. Duración de las llamas de las especies

La variable duración de las llamas, según la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, se ajustó a la distribución normal ($p=0,324$). Realizando de esta forma un análisis de varianza factorial que permitió establecer que los factores: forma de la muestra ($p=0,000$) y especies ($p=0,000$) ejercieron influencia sobre la duración de las llamas. No ejercieron influencia sobre esta variable los estratos ($p=0,198$).

Duración de la combustión

De acuerdo con la Figura 4, en la que se muestra la duración de la combustión, se observa que la especie que mostró el valor promedio más bajo fue la *L. cernua*, mientras que el mayor valor fue obtenido para *C. rosea*.

□

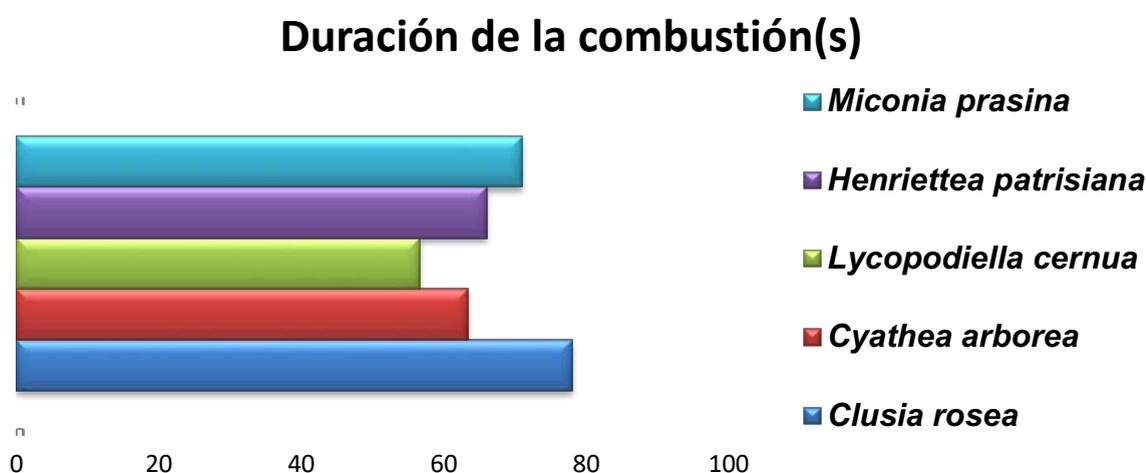


Figura 4. Duración de la combustión

La variable duración de la combustión, según la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, no se ajustó a la distribución normal ($p=0,048$). Por lo cual se procedió a realizar la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis que permitió establecer que los factores: forma de la muestra ($p=0,000$) y especies ($p=0,000$) ejercieron influencia sobre la duración de la combustión. No ejercieron influencia sobre esta variable los estratos ($p=0,756$).

Tiempo de inflamación, duración de las llamas, duración de la combustión y humedad de las muestras

Las variables T_i , D_{ll} y contenido de humedad de las muestras se ajustaron a la distribución normal con ($p=0,233$); ($p=0,532$) y ($p=0,913$) respectivamente. La variable D_c no se ajustó a esa distribución ($p=0,042$).

Se realizó el coeficiente de correlación no paramétrico de Spearman, considerando una probabilidad de significación del 5%, entre las variables T_i , D_{ll} y D_c y entre ellas y el contenido de humedad de las muestras en el momento de los ensayos, el cual se muestra en la Tabla 3.

Se observa que no existe correlación entre las variables T_i y D_c . No obstante, en el resto de los casos las correlaciones entre las variables son muy bajas.

Tabla 3

Correlación entre las variables T_i , D_{ll} y D_c y la humedad de las muestras

Variables	<i>r</i>	<i>p</i>
Tiempo de inflamación – Duración de las llamas	-0,424	0,000
Tiempo de inflamación – Duración de la combustión	0,295	0,000
Tiempo de inflamación – Humedad de las muestras	0,724	0,000
Duración de las llamas – Duración de la combustión	-0,171	0,007
Duración de las llamas – Humedad de las muestras	-0,223	0,000
Duración de la combustión – Humedad de las muestras	0,067	0,293

4.2.1 - Inflamabilidad de las especies.

La inflamabilidad de las cinco especies estudiadas se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4

Inflamabilidad por especies

<i>C. rosea</i>	<i>C. arborea</i>	<i>L. cernua</i>	<i>H. patrisiana</i>	<i>M. prasina</i>
2	4	3	5	5

Como se puede observar las especies *H. patrisiana* y *M. prasina* son extremadamente inflamables, mientras que *C. arborea* es muy inflamable, siendo *L. cernua* moderadamente inflamable y por último *C. rosea* inflamable.

Elvira y Hernando (1989) realizaron un estudio similar con especies vegetales del mediterráneo encontrando que la inflamabilidad de las especies puede variar durante el año dependiendo de la estación climática, además destacan que todas las especies que conservan los elementos secos en ramillas, ramas, tallos, entre otras, presentan gran riesgo en cuanto a su inflamabilidad fundamentalmente las que se encuentran en los estratos herbáceos-arbustivos.

Resultados semejantes son los obtenidos por Jaime (2013) quién determinó la inflamabilidad de especies vegetales asociadas a ecosistemas de pinares, siendo una de las especies con menor valor promedio de tiempo de inflamación y extremadamente inflamable durante el todo año la *Clidemia hirta* (L.) D. Don (*Cordobán*) de la Familia: Melastomatácea al igual que *H. patrisiana* y *M. prasina*.

Conclusiones

- Las especies de menores valores promedio de tiempo de inflamación fueron la *H. patrisiana* y la *M. prasina* y la *C. rosea* la de mayor valor promedio.
- El comportamiento de la duración de las llamas durante los ensayos manifestó que el menor valor promedio se obtuvo para *C. rosea* y el mayor para *H. patrisiana*. Para el caso de la duración de la combustión, en las especies estudiadas se mostró que el valor promedio más bajo fue la *L. cernua* y el mayor valor fue para *C. rosea*.
- Se clasifican las especies según su inflamabilidad considerando las condiciones de humedad resultante, como: la *H. patrisiana* y *M. prasina*, extremadamente inflamables, *C. arbórea*, muy inflamable, *L. cernua* moderadamente inflamable y por último *C. rosea* inflamable.

Recomendaciones

- Publicar y divulgar los resultados alcanzados a: las Empresas Forestales, especialistas del Cuerpo de Guardabosques y Estudiantes con el fin de prevenir incendios y mantener el cuidado del medio ambiente.
- Promover el estudio en los politécnicos y universidades sobre temas como la inflamabilidad y el manejo del fuego.
- Utilizar este material como fuente bibliográfica de consulta para estudiantes de la carrera y para profesionales interesados en la materia tratada.

Bibliografías

- Arnaldos Viger, J., Navalón Nonell, X., Pastor Ferrer, E., Planas Cuchi, E., Zárata López, L., 2004. Manual de ingeniería básica para la prevención y extinción de incendios forestales, 1st ed. Mundi Prensa, Madrid, España.
- Blackmarr WH (1972) Moisture content influences ignitability of slash pine litter. USDA Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station, Research Note SE-173. (Macon, GA).
- Bowman, D.M.J.S., Balch, J.K., Artaxo, P., Bond, W.J., Carlson, J.M., Cochrane, M.A., D'Antonio, C.M., DeFries, R.S., Doyle, J.C., Harrison, S.P., Johnston, F.H., Keeley, J.E., Krawchuk, M.A., Kull, C.A., Marston, J.B., Moritz, M.A., Prentice, I.C., Roos, C.I., Scott, A.C., Swetnam, T.W., van der Werf, G.R., Pyne, S.J., 2009. Fire in the Earth System. *Science* 324, 481 -484.
- Curt T, Ganteaume A, Alleaume S, Borgniet L, Chandiooux O, Jappiot M, Lampin C, MartinW (2007) Vegetation flammability and ignition potential at road-forest interfaces (southern France). In 'Proceedings of the 4th International Wildland Fire Conference', May 2007, Sevilla, Spain. (CD-ROM) (Ministerio de Medio Ambiente: Madrid, Spain).
- Delabrazé, P. y Valette, J.CH. 1997. Etude de inflamabilité et de la combustibilité. Consultation technique FAO sur les incendies de forests en pays méditerranéens.
- Dimitrakopoulos, A.P. 2001. A statistical classification of Mediterranean species base on their flammability components. *International Journal of Wildland Fire* 10:113-118.
- Dimitrakopoulos, A.P. y Mateeva, V. 1998. Effect of moisture content on the ignitability of Mediterranean species. En *Proceedings of the III International Conference on Forest Fire Research* 1: 455-456. ADAI. Coimbra.
- Elvira, L.M.; Hernando, C. 1989. Inflamabilidad y energía de las especies de sotobosque. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Madrid. 98 p.
- Ferreira AD (1988) Ignição de combustíveis finos por fósforos. In 'Jornadas Científicas sobre Incendios Florestais', November 1988, Coimbra, Portugal. (Ed. DX Viegas) pp. 281-289. (University of Coimbra: Coimbra, Portugal).

- Frandsen WH (1987) the influence of moisture and mineral soil on the combustion limits of smouldering forest duff. *Canadian Journal of Forest Research* 17, 1540–1544. doi: 10.1139/X87-236.
- Guijarro, M. 2003. Comportamiento del fuego y régimen térmico en diferentes complejos de combustible forestal. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Tesis doctoral INIA. Madrid.
- Guijarro, M.; Hernando, C.; Pérez-Gorostiaga, P.; Vega, J.A.; Fonturbel, T.; Díez, C.; Martínez, E.; Madrigal, J. Inflamabilidad de la hojarasca de diferentes especies forestales: influencia de la humedad y de la densidad aparente del combustible. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Madrid, España. 5 p. 2002.
- Hernández, A.; Pérez, J.M.; Bosch, D.; Rivero, L.; Camacho, E.; Frómata, E. 1999. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de suelos. MINAGRI. Ciudad de la Habana. ISBN: 959-246-022-1. 64 p.
- Hernando, C. 2000. Combustibles forestales: inflamabilidad. En la Defensa Contra Incendios Forestales: Fundamentos y Experiencias. McGraw Hill, Madrid. Capítulo 6.
- Hernando, C. 2009. Combustibles forestales: Inflamabilidad. En: La defensa contra incendios forestales: fundamentos y experiencias. 2a Edición. McGraw-Hill/Interamericana de España, S. A. U. Madrid, España. 123 – 130 p.
- Jaime, M.F., 2013. Inflamabilidad de especies vegetales del ecosistema de pinares. 41h. Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero Forestal). Universidad Hermanos Saiz Monte de Oca, Pinar del Río.
- Jappiot M, Curt T, Lampin C, Borgniet L, Vinet O, Louis S, Chandiooux O, Estéve R (2007) Characteristics and flammability of French Mediterranean dead litter fuels. In 'Proceedings of the 4th International Wildland Fire Conference', May 2007, Sevilla, Spain. (CD-ROM) (Ministerio de Medio Ambiente: Madrid, Spain).
- Lawson BD, Frandsen WH, Hawkes BC, Dalrymple GN (1997) Probabilité d'allumage de feux couvants dans certains types d'humus de la forêt boréale. *Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie du nord, Edmonton, Alberta, Bulletin de la gestion forestière* 63.
- Manzello SL, Cleary TG, Shields JR, Yang JC (2006) Ignition of mulch and grasses by firebrands in wildland–urban interface fires. *International Journal of Wildland Fire* 15, 427–431. doi: 10.1071/WF06031.
- Marino, E.; Madrigal, J.; Guijarro, M.; Hernando, C.; Díez, C.; Fernández, C. Flammability descriptors of fine dead fuels resulting from two mechanical treatments in shrubland: a comparative laboratory study. *International Journal of Wildland Fire*, n.19, 314–324 p. 2010.
- MINAGRI. 1984. Suelos de la provincia de Pinar del Río. Dirección General de Suelos y Fertilizantes. Editorial Científico – Técnica. Ciudad de la Habana, Cuba. 177 p.
- Neri-Pérez, DA Rodríguez-Trejo, R Contreras-Aguado (ACNP) (DART) (RCA) División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5 carretera México- Texcoco, Chapingo, Edo. De Méx., C.P. 56230. Flammability of forest fuels in the tropical forest of Calakmul, Campeche AC dantearturo@yahoo.com Artículo recibido: 4 de junio de 2009, aceptado: 10 de agosto de 2009.
- Pausas, J.G., Keeley, J.E., 2009. A Burning Story: The Role of Fire in the History of Life. *BioScience* 59, 593-601.
- Pérez-Gorostiaga P, Vega JA, Fonturbel MT, Guijarro M, Hernando C, Díez C, Martínez E, Lampin C, Blanc L, Colin PY (2002) Capability of ignition of some forest firebrands. In 'Proceedings of the 4th International Conference on Forest Fire Research & Wildland Fire Safety', November 2002, Luso-Coimbra, Portugal. (Ed. DX Viegas) (CD-ROM) (Millpress: Rotterdam).



- Plucinski MP, Anderson WR (2008) Laboratory determination of factors influencing successful point ignition in the litter layer of shrubland vegetation. *International Journal of Wildland Fire* 17, 628–637. doi: 10.1071/WF07046.
- Pyne, S.J., Andrews, P.L. y Laven, R.D. 1996. *Introduction to wildland Fire*. John Wiley & Sons, Inc. USA.
- Samek, V.; Del Risco, E. 1989. Los pinares de la provincia de pinar del Río, Cuba. Estudio sinecológico. Editorial Academia, La Habana, Cuba. 60 p.
- Satoh K, Zhong YL, Yang KT (2003) Study of forest fire initiation due to lighted cigarette: measurement and observation of flaming probability of dried leaves. In 'Proceedings of the 6th ASME-JSME Thermal.
- Trabaud, L. 1976. Inflamabilité et combustibilité des principaux espèces des garrigues de la region méditerranéenne. *Oecol.Plant.*11 (2):117-136.
- Valette, J.C. 1990 Inflamabilité des Especies Forestieres Mediterraneenes Consequences sur la Combustibilité des formations Forestieres. *Revue Forestiere Francaise*, Num.Spec, Paris. P. 76-111.
- Wadsworth, F.H. 2000. *Producción Forestal para América Tropical*. Manual de Agricultura. Departamento de Agricultura de los EE.UU. USDA. Washington. 397.



UNIDAD 4

Quemas prescritas

Prescribed burning is the deliberate application of fire to forest fuels under specified conditions such that well-defined management goals are attained.

(Wade and Lunsford, 1989)

Tema 6

Planificación de una quema prescrita en una plantación de *Tectona grandis* Linn F.

Diocles Omar Albán Ventura, Marcos Pedro Ramos Rodríguez

Resumen

Durante las últimas décadas la frecuencia y la severidad de los incendios forestales en la región tropical y en otras partes del mundo han aumentado. La acumulación de material combustible sobre el piso de los bosques a lo largo de los años aumenta drásticamente el riesgo de incendios. Una de las alternativas para disminuir este riesgo o el potencial de daños es reducir la cantidad de material combustible utilizando quemas prescritas. En correspondencia con lo anterior, este proyecto de investigación tuvo el objetivo de planificar una quema prescrita en una plantación de *Tectona grandis* (teca) en Jipijapa, Manabí. Dicha plantación está ubicada muy próximo a la Universidad Estatal del Sur de Manabí y el proyecto se desarrolló en 1 ha de la misma. La cantidad de material combustible muerto leñoso se determinó utilizando el método de las intersecciones planares. La cantidad de misceláneas y de combustibles verdes se evaluó recolectando el material en cuadros de 30 x 30 cm y en parcela de 1 m², respectivamente, colocando en estufas muestras para eliminar la humedad. El comportamiento del fuego se estimó calculando parámetros tales como intensidad lineal (I) y altura de secado letal (hs). La cantidad total de material combustible disponible estimada fue de 14,0037 t.ha⁻¹. Los parámetros del comportamiento del fuego presentaron valores de I entre 50,40 y 112,00 kcal.m⁻¹.s⁻¹ y hs entre 3,65 y 9,33 m. También se obtuvieron las prescripciones de intervalos óptimos de condiciones meteorológicas y comportamiento del fuego para la planificación de la quema.

Abstracts

During the last decades, the frequency and severity of forest fires in the tropical region and in other parts of the world, have increased. The accumulation of forest fuel on the forest floor over the years dramatically increases the risk of fire. One of the alternatives to reduce this risk or the potential for damages is to reduce the amount of forest fuel using prescribed burns. This work had the objective of planning a prescribed burning at a *Tectona grandis* plantation in Jipijapa, Manabí, Ecuador. The amount of woody dead fuel was determined using the planar intersections method. The amount of miscellaneous and green fuels was evaluated by collecting the material in boxes of 30 x 30 cm and in a plot of 1 m², respectively, placing samples in stoves to remove moisture. Fire behavior was estimated by calculating parameters such as fire intensity, flame length and lethal scorch height. The total amount of forest fuel estimated was 11.17 t.ha⁻¹. The prescriptions obtained for the optimal intervals of the fire behavior parameters presented values of fire intensity between 16.43 and 33.89 kcal.m⁻¹.s⁻¹; flame length between 0.54 and 0.76 m and lethal scorch height between 1.38 and 4.20 m. These values sufficiently argue the application of fire in the stand of *T. grandis* without danger to the trees.

Introducción

Los bosques son el resultado del equilibrio entre diversos factores ecológicos, uno de los cuales es el fuego, el cual ha jugado un importante papel como regulador en la sucesión vegetal y especialmente en la forestal. La frecuencia y la intensidad de los incendios forestales están determinadas, de forma general, por el clima, la topografía y la acumulación de material combustible.

Según Soares (1995), entre los diversos agentes que causan daño a la naturaleza, el fuego tiene un papel destacado, ya sea por el daño a diferentes tipos de vegetación y fauna asociada, así como por la degradación del suelo. El fuego, sin embargo, no sólo es un agente causante del daño, sino que puede también aportar beneficios a ciertos ecosistemas si se utiliza de una

manera controlada, es decir, a través de quemas controladas que favorecen el control de malezas sin comprometer los procesos la regeneración natural.

Desde hace varias décadas la frecuencia y la severidad de los incendios en la región tropical y en otras partes del mundo están aumentando. Esto en unos países se relaciona con la pobreza, el aumento de la población o el empleo de políticas inadecuadas de manejo del fuego, mientras que en otros, como Estados Unidos (USDA *Forest Service* 2000), es consecuencia de décadas de prevención y supresión exitosa de incendios en ambientes propensos que llevaron a cambios en las cargas de combustibles y en la composición del bosque que ahora alimentan fuegos más intensos.

La acumulación de material combustible sobre el piso de los bosques a lo largo de los años aumenta drásticamente el riesgo de incendios. Una de las alternativas para disminuir este riesgo o disminuir el potencial de daños es reducir periódicamente la cantidad de material combustible en el interior de los rodales mediante la ejecución de quemas prescritas.

Quema prescrita es la aplicación del fuego a las tierras en condiciones de tiempo, humedad del suelo, hora del día y demás factores que puedan probablemente dar como resultado la intensidad de calor y la facilidad de propagación que se requiere para determinadas actividades que se relacionan con la silvicultura, la fauna silvestre, el pastoreo, o la reducción del peligro de incendios (FAO, 1968).

Tanto en el Cantón Jipijapa como en la provincia de Manabí u otras de la República del Ecuador, los productores de madera de *T. grandis* tienen por costumbre quemar el material combustible existente bajo el dosel del bosque. Esta práctica se sustenta en la idea de que de esta forma la madera aumenta su belleza. Sea esta idea mito o realidad, lo cierto es que todos los años se utiliza el fuego en los rodales de *T. grandis*, alcanzando en algunos casos un comportamiento no deseado que pone en peligro el desarrollo adecuado de los árboles, lo cual ocurre también cuando el fuego llega a estos rodales provenientes de las áreas agrícolas.

La teca, según Camino y Morales (2013), es la especie de madera tropical de calidad más cultivada en el mundo. Sus cualidades ambientales son aceptables y, aunque se cultiva como especie exótica en muchos países, no es invasora (no amenaza a los ecosistemas locales). Si se cultiva mediante buenas prácticas de manejo, la amenaza de erosión del suelo es mínima. Su manejo silvicultural es bien entendido. Entre las razones por las cuales es bastante usada en plantaciones están: es de fácil propagación, establecimiento y manejo y su madera es de excelente calidad. La reputación de la teca se debe a las propiedades de su madera: fuerte, liviana, durable, estabilidad dimensional; no se corroe en contacto con metales; buena trabajabilidad y dureza; resistente a las termitas, productos químicos, hongos y la intemperie.

En correspondencia con todo lo anterior es razonable desarrollar investigaciones que permitan establecer criterios con bases científicas según los cuales se pueda continuar utilizando el fuego en las plantaciones de *T. grandis* sin afectar el desarrollo de los árboles a la vez que esta técnica, al evitar la acumulación de combustibles, sería una medida preventiva eficiente para evitar el surgimiento y propagación de incendios forestales.

En correspondencia con todo lo anterior se presentan a continuación los distintos elementos del diseño de la investigación.

Problema

¿Cómo puede planificarse una quema prescrita en una plantación de *Tectona grandis* (teca)?

Objetivo general

Planificar una quema prescrita en una plantación de *Tectona grandis* (teca) en Jipijapa, Manabí

Hipótesis

Las prescripciones del combustible y de las condiciones meteorológicas unidas al pronóstico del comportamiento del fuego, permiten la planificación de una quema prescrita

Objetivos específicos

- Cuantificar el material combustible disponible existente en el área experimental
- Pronosticar el comportamiento del fuego
- Definir las prescripciones de intervalos óptimos de condiciones meteorológicas y comportamiento del fuego

Materiales y métodos

Caracterización del área experimental

El clima predominante de Jipijapa es cálido seco en la zona Oeste y cálido húmedo con temporadas secas en la zona Este, con una temperatura media de 24°C afectada por la presencia de dos temporadas; seca (entre mayo y octubre) y de lluvias (entre noviembre y abril).

De acuerdo con datos estadísticos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), los valores más altos de humedad y temperatura de Jipijapa se registran en el mes de marzo, donde se alcanzan los 28 °C. La misma fuente señala que la precipitación promedio anual es de 670 mm, con mayor intensidad de lluvias entre los meses de febrero y marzo. La influencia de la corriente cálida de El Niño aporta vapor de agua a este sistema regional del clima.

En los últimos tres años se ha registrado una temperatura promedio anual de 25,6 °C. La zona registra máximas absolutas de temperatura que oscilan alrededor de 28 °C en los meses de diciembre a marzo y mínimas de 23 °C en los meses de julio a septiembre. La precipitación media anual es de 465 mm (Consejo Provincial de Manabí, 2009).

Jipijapa es una zona que posee diversas propiedades físicas de los suelos que van desde suelos con textura fina, gruesa, media, moderadamente gruesa; predominando los suelos con textura fina con una superficie de 105.645,00 ha que corresponden al 72% del total del territorio donde los suelos son arcillosos y se denominan suelos pesados o fuertes, los que presentan baja permeabilidad al agua y elevada retención de agua (se encharca). Esto hace que esté mal aireado y el drenaje sea pobre, incluso cuando el suelo se seca, la textura fina de sus partículas hace que se unan o formen terrones, mismo que requiere de la adición de grandes cantidades de materia orgánica para mejorar su estructura (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2015).

Diseño experimental, muestreo y toma de datos

Para planificar la quema prescrita se consideró una superficie de 1 ha en una plantación de *T. grandis*. La medición de las variables independientes se realizó en cinco sitios de muestreo distribuidos sistemáticamente en el área, separados 50 m entre sí. En cada sitio se establecieron cuatro líneas de muestreo para un total de 20 líneas de muestro por hectárea lo cual es aceptable ya que como regla general, según Sánchez y Zerecero (1983), para cualquier área se sugiere inventariar de 15 a 20 líneas, intensidad que producirá estimaciones con un porcentaje de error iguales o menores al 20 %. La longitud de las líneas fue de 15 m de largo, en dirección hacia los puntos cardinales.

Para cada línea de intersecciones planares en los 2 primeros metros se contaron las partículas cuyo diámetro fue menor a 0,6 cm; de igual forma de los 0 a los 4 m sobre la línea de intersecciones, se contaron las partículas cuyo diámetro estuvo entre 0,6 y 2,5 cm; así mismo, las partículas cuyo diámetro osciló entre 2,5 y 7,5 cm se contaron desde los 0 y hasta los 10 m; y por último, se consideraron los materiales leñosos mayores a 7,5 cm de diámetro que se

encontraban a lo largo de toda la línea, es decir, 15 m, a los cuales se les midió el diámetro y su estado, es decir, si estaban podridos o firmes.

En el conteo de las intersecciones, es importante visualizar el plano que “corta” los materiales desde la cuerda hasta la superficie del suelo. El conteo de los combustibles leñosos se hizo con ayuda de calibradores o clasificadores de combustibles. En el caso de combustibles con diámetros mayores de 7,5 cm se utilizaron forcípulas.

Evaluación de los combustibles leñosos muertos

La estimación de la carga de combustibles leñosos muertos se llevó a cabo mediante la técnica de intersecciones planares, metodología descrita por Brown (1974) adaptada para México por Sánchez y Zerecero (1983). Esta metodología consiste en el conteo de las intersecciones de las piezas leñosas en planos de muestreo verticales, similares a “guillotinas que cortan” los combustibles caídos y que en el terreno se marca con una línea de muestreo.

Algunas reglas básicas de la técnica mencionada anteriormente, según Díaz, *et al.* (2013), son:

- La medición de estos combustibles debe comprender el material leñoso muerto (ramillas, tallos, ramas o tocones) de árboles y arbustos, que hayan caído a la superficie del suelo y que se han separado de la fuente original de crecimiento. Por tanto se omitirán las ramas muertas que están fijadas a los troncos de árboles en pie.
- Se consideraran las ramas o ramillas que estén dentro o sobre la capa de hojarasca. Sin embargo, no serán medidas si la ramilla se encuentra dentro de la capa de humus.
- Si el plano de muestreo intercepta la parte final de una troza, esta sólo se medirá si el plano de muestreo cruza el eje central de la misma.
- No se medirán aquellas piezas cuyo eje central coincida exactamente con la línea de muestreo, lo cual ocurre raramente.
- Si el plano de muestreo intercepta más de una vez una pieza curvada, se medirá cada intersección.
- Si se encuentran astillas y trozas dejadas después del aprovechamiento, se debe visualizar la forma de estas piezas dentro de cilindros para determinar el tamaño de clase o registrar los diámetros.
- Se deben medir los tocones enraizados o no, que no estén cubiertos por tierra, para lo cual se considera a los tocones no fijos como troncos de árboles o raíces individuales, dependiendo de donde son interceptados por la línea de muestreo. No se deben medir tocones sin alteración.

Para realizar los cálculos se utilizaron las ecuaciones de la Tabla 1.

Tabla 1

Ecuaciones utilizadas para calcular el peso de los combustibles leñosos

Clases de tamaño (cm)	Fórmulas
0 - 0,6	$P = \frac{0,484 * n * c}{Nl}$
0,6 - 2,5	$P = \frac{3,369 * n * c}{Nl}$
2,5 - 7,5	$P = \frac{36,808 * n * c}{Nl}$
> 7,5 (sin pudrición)	$P = \frac{1,46 \sum d^2 * c}{Nl}$
> 7,5 (con pudrición)	$P = \frac{1,21 \sum d^2 * c}{Nl}$

Donde: P = Peso de los combustibles ($t \cdot ha^{-1}$); n = Frecuencia o número de intersecciones; c = Factor de corrección por pendiente; $\sum d^2$ = Suma de los cuadrados de los diámetros de las ramas y trozas; N = Número total de líneas de muestreo para una zona específica; l = Longitud de la línea de muestreo en pies lineales, donde $1m = 3,28$ pies
 Los valores de humedad de los combustibles muertos leñosos de 1 hora de retardo (*timelag*) fueron definidos con las tablas desarrolladas por el *Missoula Fire Science Lab (Rocky Mountain Research Station, U.S. Forest Service)*. Estas tablas utilizan como variables de entrada la temperatura del aire y la humedad relativa. Para obtener la humedad de los combustibles de 10 h de retardo se le adicionaron 2 unidades a la humedad obtenida para los de 1h. La humedad de los de 100 h se obtuvo sumando 4 unidades al valor de humedad de los de 1h. Los cálculos se realizaron para el mes de julio considerando tres horarios, 08H00, 10H00 y 12H00 y valores de temperatura del aire entre 10 y 31 °C y de humedad relativa entre 50 y 95 %.

Evaluación de los combustibles no leñosos muertos (misceláneas)

Los materiales combustibles no leñosos muertos se clasificaron como misceláneas, incluyendo aquí hojas, hierbas, hojarasca, humus, conos, frutos, etc. La evaluación de estos combustibles se llevó a cabo colocando un cuadro flexible de 30 x 30 cm al final de cada línea de intersecciones planares. Todo el material que se encontraba dentro del cuadro se colocó en fundas de nailon evitando coleccionar suelo mineral, rocas, material leñoso y otras impurezas. Con la ayuda de una balanza de gancho se pesó el combustible anotando el resultado en el registro correspondiente. Todo el material recolectado en cada uno de los cuadros de 30 x 30 se mezcló, tomándose unos 400 g para llevar al laboratorio, lugar en el cual se colocaron en la estufa cuatro muestras de aproximadamente 50 g cada una para eliminar la humedad con el fin de obtener el peso seco y el porcentaje de humedad. Las muestras permanecieron 24 horas en la estufa a 100 °C. Para obtener el peso seco se siguió el mismo procedimiento que se describe en el epígrafe 3.2.4. En los cuadros de 30 x 30 cm también se registró tanto la profundidad como la cobertura de las capas de humus y de litera. Todos los resultados se anotaron en los registros correspondientes.

Evaluación de los combustibles vivos

En cada sitio de muestreo, sobre la línea de intersecciones orientada en dirección norte, a 10 m del punto central, se delimitó una parcela de 1 m² en la cual se recolectó y pesó, separadamente, el material vivo herbáceo y leñoso. Dentro del material vivo herbáceo se incluyeron lianas, hierbas, y pequeñas posturas de plantas leñosas cuyos tallos aún no están lignificados, es decir, sin mostrar dureza al tacto y con coloración verdosa. Como materiales leñosos verdes se consideraron el follaje y ramas o tallos muy finos (< 6 mm de diámetro) de los arbustos. Todo el material recolectado de cada tipo de combustible o una parte de él, cuando fue mucha cantidad, se colocó en fundas de nailon separadamente. Al final se mezcló el contenido de cada bolsa y se llevaron al laboratorio unos 400 g de cada uno de los dos tipos de combustibles. Posteriormente se colocaron en la estufa cuatro muestras de aproximadamente 50 g cada una de cada tipo de combustible para eliminar la humedad. Las muestras permanecieron 24 horas en la estufa a 80 °C. A partir de este tiempo se pesaron y se volvieron a colocar en la estufa 2 horas, momento en el cuál se volvió a pesar. Esto se repitió hasta obtener peso constante. Una vez obtenido el peso seco promedio de las cuatro muestras se obtuvo por regla de tres el peso seco en $kg \cdot m^2$ y en $t \cdot ha^{-1}$ y la humedad, determinándose esta última por la Ecuación 1.

$$Hm = \left(\frac{Ph - Ps}{Ps} \right) * 100 \quad (1)$$

Donde: Hm = Humedad del material combustible; Ph = Peso húmedo; Ps = Peso seco

Materiales, instrumentos y equipos utilizados

Los materiales, instrumentos y equipos utilizados para estimar la carga de material combustible disponible fueron: brújula; machetes; cinta métrica de 50 m; 4 cuerdas de 15 metros cada una marcadas a 2, 4 y 10 m; 5 estacas de 20 cm para tensión de cuerdas; clinómetro de Suunto o nivel de Abney; forcípulas; hipsómetro de Christien; calibradores o clasificadores de combustibles; cuadro de madera o metal de 30 x 30 cm; bolsas de nailon; balanzas de gancho; regla; modelos de registro de la información; balanza de laboratorio; y estufa.

Análisis estadísticos

Las cantidades de combustibles obtenidas para cada una de las clases fueron procesadas para calcular el coeficiente de variación a partir de la media y la desviación estándar.

Pronóstico del comportamiento del fuego

El pronóstico del comportamiento del fuego se basó en los parámetros intensidad lineal del fuego, calor liberado por unidad de área, longitud de las llamas y altura de secado letal. Para los cálculos se consideró la humedad de los combustibles determinada según se describe en los epígrafes 3.2.3 y 3.2.4. Se trabajó con un calor de combustión seco de 4000 kcal.kg⁻¹ (16 720 kJ.kg⁻¹), el cual fue utilizado por Batista (1995) y Martínez (2006) para desarrollar las Tesis de Doctorado “Avaliação da queima controlada em povoamentos de *Pinus taeda* L. no norte do Paraná” y “Uso de queimas prescritas em bosques naturais de *Pinus tropicalis* Morelet em Pinar del Río, Cuba”, respectivamente. También se consideró una velocidad de propagación del fuego media de 0,033 a 0,166 m.s⁻¹, la cual es considerada media por Botelho y Cabral (1990). Estos autores establecieron una clasificación de la velocidad de propagación del fuego según la cual la velocidad es lenta cuando es menor de 0,033 m.s⁻¹, media cuando está entre 0,033 y 0,166 m.s⁻¹, es alta entre 0,166 y 1,166 m.s⁻¹ y es extrema cuando es mayor de 1,166 m.s⁻¹. La cantidad de material combustible se determinó según se detalla en epígrafes anteriores. Los datos de temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento se obtuvieron haciendo mediciones de estas variables en el área de la investigación. Para esto se utilizó un kit meteorológico de bolsillo marca Kestrel 2500. Los cálculos de los parámetros del comportamiento del fuego se realizaron con las ecuaciones correspondientes, descritas en el epígrafe 2.3.3, utilizando el Microsoft Excel.

Plan de quema prescrita

El plan de quema prescrita se desarrollará observando los puntos del formato del plan de quema utilizado por *The Nature Conservancy* (TNC, 2006) con algunas modificaciones, los cuales se presentan a continuación:

- a). Descripción de la unidad de quema: Se tendrán en cuenta los elementos siguientes:
- Descripción de la vegetación herbácea, arbustiva y arbórea. En este último caso considerar diámetro, altura media de los árboles, y de las primeras ramas
 - Modelo de combustible según la modelación Cuba 19
 - Pendiente (%) con un hipsómetro
 - Continuidad vertical y horizontal del material combustible
 - Esquema de la ubicación de la unidad de quema

b) Justificación de la quema prescrita: Argumentar las razones de la aplicación de fuego prescrito en esta área y precisar el objetivo a alcanzar.

c) La prescripción de la quema: Se observarán los elementos siguientes:

- Prescripción del combustible: Señalar rangos aceptables de humedad de combustibles leñosos de 1, 10 y 100 horas de retardo y de los combustibles vivos herbáceos y leñosos. Señalar también las cantidades de consumo o reducción, así como la altura de chamuscado y de secado letal de la vegetación arbórea
- Prescripción de las condiciones meteorológicas: Indicar rangos deseables (valores mínimos, máximos y preferidos) de factores tales como: velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa, estabilidad atmosférica, días sin lluvias, etc.
- Comportamiento pronosticado del fuego: Estimar parámetros del comportamiento del fuego tales como: intensidad lineal del fuego, calor liberado por unidad de área, longitud de las llamas y altura de secado letal.
- Descripción del comportamiento del fuego deseable: Exponga cómo se va a manipular el comportamiento del fuego para alcanzar los objetivos planificados.

d) Duración de la quema: Definir claramente la hora del día en que iniciarán las actividades de quema, el tiempo a emplear en todas las fases de la quema (preparación del sitio, ejecución de la quema, liquidación, así como la duración total esperada).

e) Manejo de la quema:

- Preparación del sitio o unidad de quema: Actividades de construcción o anclaje de líneas de control, picado, distribución o extracción de material combustible y otras actividades de preparación
- El plan de encendido: Exponer aquí la técnica de quema, el método de encendido, la hora de inicio, el personal y el equipo requerido.
- Monitoreo meteorológico: Se deben indicar las personas que atenderán esta actividad y los intervalos de tiempo recomendados. Indicar el equipo a utilizar.
- Trabajo de preparación y protección de áreas sensibles: Considerar posible erosión del suelo y contaminación de las aguas de ríos u otras corrientes fluviales.

f) Plan de contingencia: Incluir las zonas de seguridad, rutas de escape, líneas de control secundarias (anotar en el mapa general), así como la cantidad y ubicación de recursos (personal y equipo) requeridos para controlar el fuego en caso de escape.

Análisis y resultados

Humedad y carga de material combustible disponible

La humedad del material combustible disponible obtenida para los combustibles vivos y misceláneas fue de 216,84 y 25,34 %, respectivamente, mientras que para los combustibles leñosos muertos de 1 hora de retardo se consideraron valores de 10, 12, 15 y 17 %.

La Tabla 2 muestra el peso seco del material combustible disponible presente en el área de investigación. Puede observarse que el mayor porcentaje correspondió a los combustibles de 100 horas de retardo seguidos de los de 10 horas. Esto puede deberse a una poda artificial realizada en el área 20 meses antes de realizar este trabajo. Estos resultados no coinciden con los reportados por Batista (1995) y Grodzki (2000) en quemas prescritas experimentales en plantaciones de *Pinus* sp. y *Mimosa scabrella*, respectivamente, donde la mayor cantidad de material corresponde a las misceláneas. También en estudios realizados en bosques de *Pinus*

sp. por Martínez (2006) y Urrutia (2012), la mayor cantidad de combustibles correspondió a las misceláneas.

Tabla 2
Peso seco del material combustible disponible

Clases de combustibles	N	Peso seco			Coeficiente de variación
		(kg.m ²)	(t.ha ⁻¹)	(%)	
Vivos	5	0,0631	0,6312	4,51	0,61
Misceláneas	20	0,0016	0,0160	0,11	0,54
1 hora de retardo (< 0,6 cm)	5	0,1033	1,0333	7,38	0,47
10 hora de retardo (0,6 – 2,5 cm)	5	0,5587	5,5873	39,90	0,31
100 hora de retardo (2,5 – 7,5 cm)	5	0,6736	6,7359	48,10	1,07
Totales		1,4003	14,0037	100,00	

Pronóstico del comportamiento del fuego

Los valores correspondientes al comportamiento del fuego se observan en la Tabla 3. Wade (1986), citado por De Ronde *et al.* (1990), describen niveles de intensidades asociados con el comportamiento del fuego para auxiliar los planes de quemas prescritas en poblaciones de *Pinus elliottii* en el sur de los EUA. Según estos autores existen dos niveles: el límite de óptima variación que estaría entre 17 y 60 kcal.m⁻¹.s⁻¹ y el máximo de intensidad de quema que no debe sobrepasar las 165 kcal.m⁻¹.s⁻¹. Comparando los resultados de la tabla 3 con estos valores podemos clasificar la velocidad de propagación del fuego de 0,009 m.s⁻¹ de óptima variación y las velocidades de 0,015 y 0,020 m.s⁻¹ fuera de este rango pero ambas por debajo de la máxima intensidad de quema.

Tabla 3
Intensidad lineal, calor liberado por unidad de área y longitud de las llamas según la velocidad del viento

r (m.s ⁻¹)	I (kcal.m ⁻¹ .s ⁻¹)	Ha (kcal.m ⁻²)	Hc (m)
0,009	50,40	5600,00	0,91
0,015	84,00	5600,00	1,15
0,020	112,00	5600,00	1,31

Julio y Giroz (1975), realizaron diversos experimentos con quemas controladas en plantaciones de *Pinus sp.* en Valdivia, Chile, variando la intensidad del fuego en estas quemas entre 18 y 450 kcal.m⁻¹.s⁻¹. Kauffman y Martin (1989), obtuvieron valores de intensidades muy variables, desde 3,32 kcal.m⁻¹.s⁻¹, hasta 36,33 kcal.m⁻¹.s⁻¹, en bosques mixtos de coníferas. Burrows *et al.*, (1989), en quemas experimentales en plantaciones de *Pinus radiata* en Australia, obtuvieron intensidades de fuego entre 4,78 y 144 kcal.m⁻¹.s⁻¹, mientras que Batista (1995), logró intensidades de fuego para plantaciones de *Pinus taeda* entre 2,88 y 25, 22 kcal.m⁻¹.s⁻¹. La longitud de la llama en cada una de las parcelas presenta valores relativamente bajos al compararlos con otros autores, excepto en la parcela número 3, donde influyó la velocidad del viento y la cantidad de material combustible, que fue mayor que en el resto de los tratamientos. Flores y Benavides (1994), alcanzaron valores de altura de la llama de 0,5 m para quemas en retroceso y hasta 5 m para quemas en avance, para bosques de pinos en Jalisco. Por otra parte

Vega *et al.*, (2000), obtuvieron longitud de llama entre 0,30 a 1,50 metros en pinares de Andalucía y Galicia, en España.

Las alturas de secado letal estimadas para diferentes intensidades lineales, temperaturas del aire y velocidades del viento, se muestran en la Tabla 4. Puede observarse que con temperaturas de 15 y 18 °C y velocidades del viento de 0,0 a 1,0 m.s⁻¹ en las diferentes intensidades, la altura de secado letal calculada no sobrepasa los 6,40 m, valor inferior a los 7 m, altura considerada máxima para este parámetro, considerando que la altura del fuste sin ramas es de 8 m.

Soares y Batista (1998), afirman que experiencias han demostrado que, por lo menos para las coníferas, la principal causa de mortalidad es el secado de la copa, en vez de daños al cambium. Las cicatrices eventualmente dejadas por el fuego en la base del tronco de un árbol reducen su valor económico, pueden facilitar la penetración de hongos o insectos, pero no afectan directamente su sobrevivencia. Para morir apenas a través de daños al cambium, un árbol debe ser completamente anillado por el fuego y un incendio suficientemente intenso para provocar ese anillamiento fatalmente será capaz también de secar toda su copa. La muerte a través del anillamiento puede llevar varios años, mientras que por el secado de la copa es bastante rápido. Árboles de algunas especies, no obstante, pueden soportar la pérdida de gran parte de la copa por secado sin mortalidad, sin embargo, la tasa de incremento se ve temporalmente reducida.

Tabla 4

Altura de secado letal según la intensidad lineal, la temperatura del aire y la velocidad del viento

Intensidades	50,4 kcal.kg ⁻¹ .m ⁻¹					84 kcal.kg ⁻¹ .m ⁻¹					112 kcal.kg ⁻¹ .m ⁻¹				
	Velocidades del viento (m.s ⁻¹)														
Temperaturas (°C)	0,0	0,4	0,6	0,8	1,0	0,0	0,4	0,6	0,8	1,0	0,0	0,4	0,6	0,8	1,0
15	3,65	3,63	3,58	3,49	3,35	5,13	5,12	5,07	4,99	4,87	6,22	6,20	6,16	6,09	5,97
18	3,91	3,89	3,84	3,74	3,59	5,50	5,48	5,44	5,35	5,22	6,66	6,65	6,60	6,53	6,40
21	4,21	4,19	4,13	4,03	3,87	5,92	5,90	5,85	5,76	5,62	7,18	7,16	7,11	7,03	6,89
24	4,57	4,54	4,48	4,36	4,19	6,42	6,39	6,34	6,24	6,09	7,77	7,75	7,70	7,61	7,47
27	4,98	4,95	4,88	4,76	4,57	7,00	6,98	6,92	6,81	6,64	8,48	8,46	8,41	8,31	8,15
30	5,48	5,45	5,37	5,24	5,03	7,70	7,67	7,61	7,49	7,31	9,33	9,30	9,25	9,14	8,96

Planificación del plan de quema prescrita

Localización del área

La quema se planificó en un área de 1 ha perteneciente a un rodal de *T. grandis* ubicado muy próximo a la Universidad Estatal del Sur de Manabí. Esta área se ubica en el Cantón Jipijapa, provincia de Manabí, perteneciente a la región litoral o costa de la República del Ecuador. En la Figura 1 se presenta la ubicación del rodal de *T. grandis*.

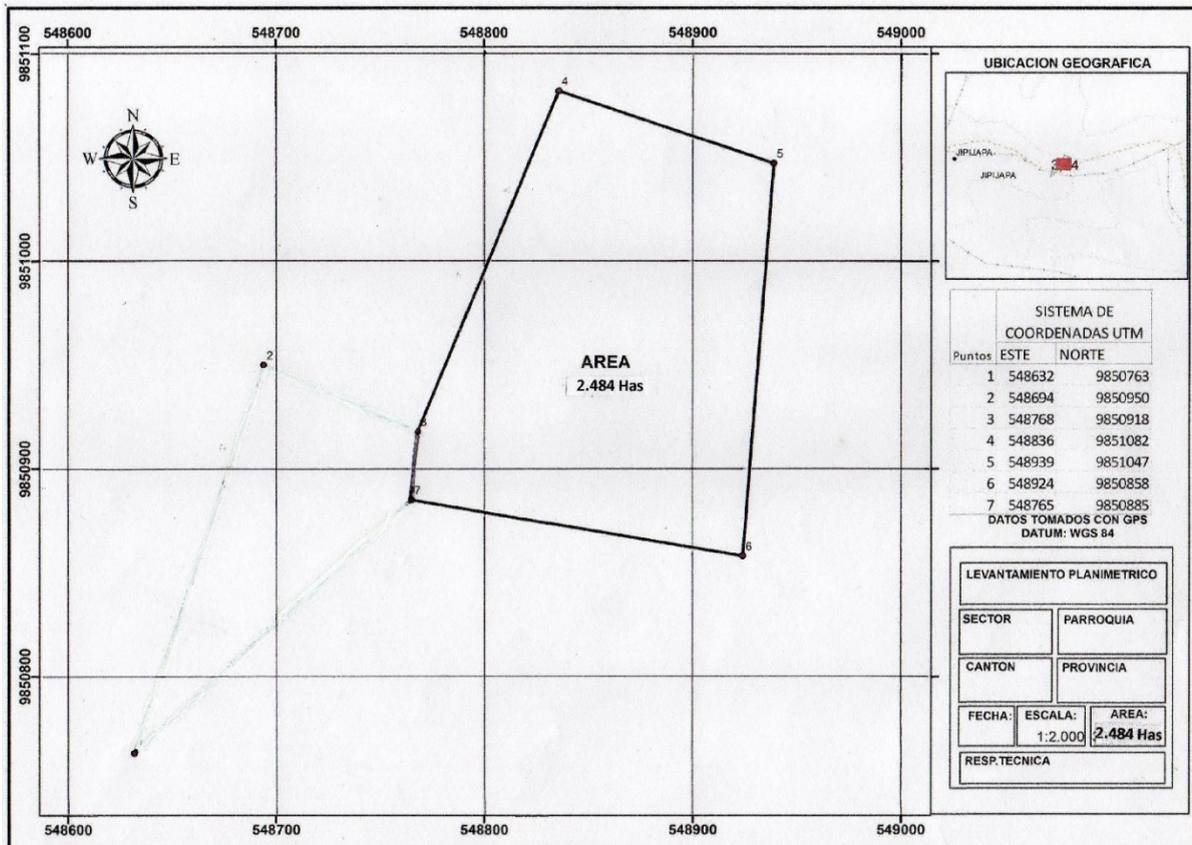


Figura 1. Ubicación del rodal de *T. grandis*

Descripción de la unidad de quema

La vegetación herbácea y arbustiva es poca, formada por gramíneas y pequeños arbustos aislados de menos de un metro de altura. El estrato arbóreo está formado por árboles de *Tectona grandis* de 0,15 cm de diámetro y 13,42 m de altura. Las primeras ramas como promedio se encuentran a los 8 metros de altura.

El modelo de combustible presente, según la modelación Cuba 19, es el HCL2, correspondiendo al grupo de Hojarasca con Combustibles Leñosos (HCL). En el modelo HCL2 el fuego se propaga por una capa de hojarasca compacta de especies de latifolias, con presencia continua de combustible leñoso o herbáceo muerto. La profundidad del complejo hojarasca-restos es superior al modelo anterior (> 15 cm). El comportamiento del fuego presenta valores bajos para los diferentes parámetros siendo difícil la transición a copas.

La pendiente del área era del 0 %, siendo mala la continuidad vertical y horizontal del material combustible.

Justificación de la quema

El fuego se aplicará en esta área con el fin de disminuir el peligro de surgimiento y propagación de un posible incendio en momentos de mayor acumulación de material combustible, lo cual pudiera afectar los árboles de teca. Debe considerarse que el rodal está ubicado próximo a la autopista y a un camino lo cual aumenta el riesgo de surgimiento por el tránsito de personas. El objetivo a alcanzar consiste en reducir entre un 70 y un 80 % los combustibles disponibles, constituidos en este caso fundamentalmente por las misceláneas y los combustibles leñosos muertos livianos.

Prescripciones

Las prescripciones definen las condiciones que la ejecución de una quema debe obedecer para que sus objetivos sean alcanzados. Se definen en función del grado de daño tolerable a los árboles y que depende del comportamiento del fuego, intrínsecamente asociado a las condiciones meteorológicas. La Tabla 5 indica los intervalos más adecuados de condiciones meteorológicas y comportamiento del fuego.

Tabla 5

Prescripciones de intervalos óptimos de condiciones meteorológicas y comportamiento del fuego

Elementos	Parámetros	Intervalos
Condiciones meteorológicas	Humedad relativa (%)	50 – 70
	Temperatura del aire (°C)	15 – 27
	Velocidad del viento (m.s ⁻¹)	0,0 – 1,0
	Días desde la última lluvia	3 – 6
Comportamiento del fuego	Intensidad lineal (kcal.m ⁻¹ .s ⁻¹)	50,4 – 84,0
	Calor por unidad de área (kcal.m ⁻²)	5000 – 5600
	Velocidad de propagación (m.s ⁻¹)	0,009 – 0,020
	Altura de las llamas (m)	0,91 – 1,31
	Altura de secado letal (m)	3,65 – 6,64

Duración de la quema

La quema se ha planificado para ser realizada en el mes de julio durante las horas de la mañana. La preparación de la unidad de quema puede realizarse en 3 horas. Esta actividad consistirá en delimitar el área de 1 ha a quemar construyendo cortafuegos de 1 m de ancho, los que se pueden realizar separando el material combustible utilizando herramientas manuales tales como azadones y rastrillos. La ejecución de la quema puede tener una duración de 2 horas y la liquidación de 1 hora. Posteriormente se realizará una guardia de cenizas hasta las primeras horas de la noche. Todo hace un tiempo total aproximado de 10 horas.

Manejo de la quema

La técnica de quema a utilizar será la quema a favor del viento. El encendido se realizará a lo largo de toda la parte de la unidad de quema que limita con el resto del rodal, utilizando para esto una antorcha de goteo. La quema debe iniciarse entre las 06:00 y 08:00 horas. La antorcha será manipulada por el responsable de la quema.

Antes y durante la quema deben monitorearse las variables meteorológicas. Este trabajo debe comenzar 4 horas antes del inicio del encendido, a intervalos de 30 minutos. Durante la quema se realizará a intervalos de 10 minutos. Se utilizará un medidor meteorológico de bolsillo.

Debido a la poca pendiente existente en el área de la unidad de quema se espera que no existan niveles importantes de erosión por lo que no debe provocarse contaminación de las aguas del río que se encuentra en las proximidades del área. Debido a la poca extensión del área y a la distancia entre la misma y las viviendas, así como a la carretera Jipijapa – Noboa, no deben esperarse afectaciones debido al humo.

Plan de contingencia

Dada la ubicación de la unidad de quema se espera que el fuego no escape del área, no obstante, en la parte norte de la unidad de quema, se construirá una línea de control secundaria a 5 m de la línea de control principal. En caso de que el fuego sobrepase esta línea controlará el fuego la brigada del Cuerpo de Bomberos de Jipijapa, lo cual se le debe notificar con el tiempo necesario.

Conclusiones

La realización del proyecto de investigación permite llegar a las conclusiones siguientes:

- La cantidad total de material combustible disponible en el área fue de 14,00 t.ha⁻¹ correspondiendo el 48,10 % del total a los combustibles leñosos muertos de 10 horas de retardo.
- Los valores de los parámetros del comportamiento del fuego obtenidos justifican la aplicación del fuego en el rodal de *T. grandis* sin peligro para los árboles.
- Los intervalos óptimos de condiciones meteorológicas y comportamiento del fuego para la ejecución de la quema fueron prescritos.

Recomendaciones

El trabajo realizado permite señalar las recomendaciones siguientes:

- Utilizar el trabajo como texto de consulta para los alumnos de la Carrera de Ingeniería Forestal.
- Publicar el trabajo en una revista científica.
- Repetir la investigación en rodales de la misma especie en otros cantones y provincias de Ecuador utilizando para la planificación o ejecución de la quema una superficie mayor.

Bibliografías

- Atzet, T.; D. Wheeler; R. Gripp, 1988. The Fire Environment. Fire Report. Vol. 9, No. 4 (Winter) Special Fire Issue. Extension Service, Oregon. U.S.A. 4 - 7 pp.
- Batista, A. C. (1995). *Avaliação da queima controlada em povoamentos de Pinus L. no norte do Paraná*. (Tese de Doutor). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.
- Batista, A.C. 1990. Incêndio Florestais. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife. 115 p.
- Batista, A.C. y R.V. Soares. 1997. Manual de prevenção e combate a incêndios florestais. Curitiba. Paraná. Brasil. 50 p.
- Batista, A.C.; M.P. Ramos y M. Figueredo. 2001. Manual dobre prevención de incendios forestales. Proyecto TCP/CUB/0066-FAO. La Habana. 66 p.
- Brown, A.A. and K.P. Davis 1973. Forest Fire – Control and use. New York, Mc Graw Hill, 2 nd Ed., 686 p.
- Chandler, C.; P. Cheney ; P. Thomas ; L. Trabaud y D. Williams. 1983. Fire in Forestry. Vol. II. Forest Fire Management and Organization. John Wiley and Sons. New York. 298 p.
- Cianciulli, P.L. 1981. Incêndios Florestais. Prevenção e Combate. Livraria Nobel S.A. São Paulo, Brasil. 169 p.
- CONAF. 1995. Manual básico del comportamiento. Corporación Nacional Forestal. Región Bio Bio. Chile. 64 p.
- De Ronde, C.; J.G. Goldammer; D.D. Wade y R.V. Soares. 1990. Prescribed Fire in Industrial Pine Plantations. Fire in the Tropical Biota. Ecological Studies, Vol. 84. Alemania. 216 - 272 pp.



- De Ronde, C; J.G. Goldammer; D.D. Wade y R.V. Soares 1990. Prescribed fire in industrial plantations. In: Goldammer, J.G. Fire in the Tropical Biota- Ecosystem and global Challenges. Berlin: Springer-Verlag, (Ecological Studies, Vol. 84). pp. 216-272.
- FAO. 1968. Métodos de lucha contra incendios forestales. Primera Edición: 1953. Comercial y Artes Gráficas S.A. Barcelona - 13. 131 p.
- FAO. 1986. Terminología del control de incendios en tierras incultas. Estudio FAO Montes No. 70. Roma, 257 p.
- Grodzki, L. (2000). *Efeitos do fogo sobre variáveis micrometeorológicas em uma floresta de bracinga (Mimosa scabrella Benth.) manejada sob o sistema agroflorestal em Colombo, PR.* (Tese Doutor). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.
- Haltenhoff, H. 1998. Silvicultura Preventiva. Manual Técnico N°18. Corporación Nacional Forestal. Chile.
- Heikkilä, T.V.; Grönovist, R. And Jurvélius, M. 1993. Handbook on Forest Fire Control. A Guide for Trainers. Foresry Training Programme, Publication 21. Helsinki. 239 p.
- Julio, G. 1996. Comportamiento del fuego: Modelos de simulación y su uso en actividades de combate. En: Memorias de la IV Reunion Técnica Conjunta FUPEF/SIF/IPEF. Paraná, Curitiba, Brasil. 117-129 pp.
- Martínez, E. 2001. Manual de quemas controladas: El manejo del fuego en la prevención de incendios forestales. TRAGSA. Ediciones Mundi-Prensa. España. 175 p.
- Martínez, L.W.; M.P. Ramos; I. Castillo; M. Bonilla; R. Sotolongo. 2004. Efectos de quemas prescritas sobre las propiedades del suelo en bosques de *P. tropicalis* Morelet., en Cuba. Revista Chapingo, Vol. X, Núm. 1 – 2004 (ISSN 0186 3231). Universidad Autónoma de Chapingo. pp. 31-37.
- Martínez, B. (2006). *Uso de quemas prescritas en bosques naturales de Pinus tropicalis Morelet en Pinar del Río.* (Tesis doctoral). Universidad de Pinar del Río, Cuba.
- Martínez, E. 2001. Manual de quemas controladas: El manejo del fuego en la prevención de incendios forestales. TRAGSA. Ediciones Mundi-Prensa. España. 175 p.
- Mérida, J.C. 2000a. Factores topográficos. En: La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y Experiencias. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. España. 8.8 - 8.10 pp.
- Rodríguez, D.A. 1996. Incendios Forestales. Universidad Autónoma de Chapingo. Mundi - Prensa. México, S.A. de C.V. México. 630 p.
- Ruiz, J. 2000. El fuego, factor ecológico. En: La Defensa Contra Incendios Forestales. Fundamentos y Experiencias. McGraw – Hill. España. 4.1. – 4.13 pp.
- SEMARNAP. 1999: Curso Internacional de Protección contra Incendios Forestales. Centro de Capacitación del ITMA, Jiutepec, Mov. 8 al 20 de noviembre. México. 500 p.



- Soares, R.V. 1985. Incêndios Florestais. Controle e uso do Fogo. Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. Curitiba. 213 p.
- Soares, R.V. y A.C. Batista. 1998b. Comportamento do fogo. En: Curso de prevenção e controle de incêndios florestais. ABEAS/UFPR. 25 p.
- Urrutia, I. (2012). *Quemas prescritas: influencia en la estabilidad de los indicadores hidrológicos en la sub cuenca hidrográfica uno, asociada al rio San Diego, Galalon.* (Tesis doctoral). Universidad de Pinar del Río, Cuba.
- Vega, J.A.; J. Landsberg; S. Bará; T. Paysen; M.T. Fontúrbel y M. Alonso 2000. Efectos del fuego prescrito sobre los suelos de montes de *Pinus pinaster*. La defensa contra incendios forestales. Editorial Mc Graw Hill. Madrid. pp. 14.61-14.71.
- Vélez, R. 2000c. Combustibles forestales: Combustibilidad. En: La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y Experiencias. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. España. 7.1-7.16 pp.
- Vélez, R. 2000d. Modelos para la predicción del comportamiento del fuego. En: La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y Experiencias. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. España. 9.1-9.3. pp.
- Wade, D. D. & J. D. Lunsford 1989. A guide for prescribed fire in southern forests. Technical Publication, Atlanta,U.S.D.A. Forest Service, R8- TP11, 56 p.



UNIDAD 5

Prevenção de incendios forestales

A fire prevented does not have to be suppressed and does no damage. If all fires are prevented, the whole objective of fire control activities is accomplished too.

(Brown and David. 1973)

Tema 7

Plan de autoprotección contra incendios de carácter urbano-forestal de “Santa María de Trassierra” - Término Municipal de Córdoba

Ana Isabel Gómez Cruz, Francisco Rodríguez y Silva, Juan Ramón Molina Martínez

Resumen

En la Cuenca Mediterránea, los incendios forestales están adquiriendo con gran asiduidad la categoría de emergencia civil, puesto que afectan a asentamientos urbanos situados en la interfaz urbano-forestal. La vulnerabilidad de estos asentamientos puede evaluarse de acuerdo a la vegetación circundante, la intermix o confluencia entre la vegetación natural y ornamental, los materiales constructivos y decorativos de las edificaciones, los viales de acceso y la infraestructura de prevención asociada. Este trabajo tiene por objeto la priorización de la interfaz urbano-forestal en la zona de mayor complejidad de la provincia de Córdoba, el núcleo de Santa María de Trassierra. La priorización vendrá condicionada por todos los factores previos de vulnerabilidad estructural y de peligro potencial del fuego, por lo que el trabajo de inventario previo adquiere una gran importancia. El peligro potencial será evaluado de acuerdo a las condiciones meteorológicas modales, utilizando como base el índice de comportamiento energético. Además, se hará hincapié en el salto de pavesas hacía las parcelas habitadas, principalmente en aquellos asentamientos con mayor cantidad de elementos constructivos y/o decorativos de gran inflamabilidad. Una vez identificadas las zonas de mayor vulnerabilidad, dado que existen limitaciones económicas y humanas, se propondrán actuaciones concretas de índole preventivo, utilizando las expresiones del módulo de Visual Behave para el diseño de líneas de defensa. De igual modo, se aportan las recomendaciones generales para todas las viviendas situadas dentro de la zona de estudio.

Abstracts

In the Mediterranean Basin, forest fires are increasingly acquiring the category of civil emergency, as they affect urban settlements located at the urban-forest interface. The vulnerability of these settlements can be assessed according to the surrounding vegetation, intermix or confluence between natural and ornamental vegetation, building materials and decorative materials, access roads and associated prevention infrastructure. This work aims to prioritize the urban-forest interface in the most complex area of the province of Cordoba, the Santa María de Trassierra nucleus. Prioritization will be conditioned by all previous factors of structural vulnerability and potential fire hazard, so prior inventory work is of great importance. The potential hazard will be evaluated according to the modal meteorological conditions, based on the energy performance index. In addition, emphasis will be placed on the jumping of particle to the inhabited plots, mainly in those settlements with more constructive and / or decorative elements of great flammability. Once identified the areas of greatest vulnerability, given that there are economic and human limitations, concrete actions of a preventive nature will be proposed, using the expressions of the Visual Behave module for the design of lines of defense. Likewise, general recommendations are provided for all dwellings located within the study area.

Introducción

Dentro de la ocurrencia de un incendio forestal, la situación más adversa se produce cuando las llamas se desarrollan en la interfaz urbano-forestal, poniendo en peligro la vida de las

personas y las viviendas. El aumento de la superficie interfaz urbano-forestal está asociado con el incremento de los asentamientos humanos en las zonas naturales y la consideración del paisaje como un recurso propio. La priorización de personas, bienes e inmuebles en la defensa provoca la expansión dinámica del fuego y una mayor complejidad de las operaciones de combate y extinción.

El incendio forestal en la zona de interfaz urbano forestal (IU-F) presenta una serie de connotaciones específicas que han de ser tenidas en cuenta en la planificación de los servicios de defensa:

- La protección de viviendas y otras construcciones urbanas contra los incendios forestales es una tarea difícil. Los servicios de extinción han de aplicar técnicas de lucha y contención contra incendios forestales, que presentan un tamaño, desarrollo e intensidad muy diferente al que se encuentran en los incendios de edificaciones.
- En el caso que exista defensa activa de las edificaciones, es necesario tomar decisiones comprometidas en las que se enfrenta la protección de vidas humanas, de las estructuras y otros bienes y de grandes superficies forestales, las cuales están amenazadas simultáneamente (Goldammer, 1992).
- Las responsabilidades sobre el control preventivo de los combustibles forestales y otros específicos de las zonas urbanas (vegetación de jardines, acumulación de leñas y maderas, depósitos de combustible, etc.) deben ser compartidas y coordinadas entre los servicios forestales y los propietarios de las viviendas.
- Las zonas urbanizadas en las inmediaciones de aéreas forestales no sólo son receptoras de los efectos del fuego y del humo, sino que frecuentemente son ellas mismas fuente de nuevos focos de incendio (Alcázar, *et al.*, 1998).
- Las técnicas de lucha contra incendios en estructuras y edificaciones son diferentes a las aplicadas en fuegos forestales. Se observan situaciones específicas de peligro para cada caso (reavivados repentinos en el fuego forestal o bolsas de gas inflamable en las estructuras) lo que demanda un entrenamiento, técnicas y espaciamiento especiales para cada caso (Thomas, 1994).
- Las viviendas y las estructuras urbanas están, por lo general, escasamente dotadas de medios de protección contra incendios forestales, tanto activos como pasivos.
- El acceso a viviendas situadas en áreas forestales es generalmente muy dificultoso. Las fuerzas de lucha contra incendios tardan mucho más tiempo en acceder a las viviendas que sus homólogos en la ciudad. Además, las estructuras en dichas localizaciones forestales suelen ser vías que terminan en la propia vivienda, lo que las convierte en una única vía de escape.
- Los efectos posteriores al fuego, como los fenómenos de erosión, movimiento de tierra y escorrentía, amenazan las viviendas y estructuras localizadas aguas abajo.
- La localización de hidrantes de agua en estas zonas no siempre se encuentra en el lugar idóneo y en la cantidad necesaria.
- Las labores de quema prescrita para la reducción del combustible forestal en el sotobosque no siempre son bien aceptadas por la población en las áreas urbano-forestales (Kalabokidis; Omi, 1994).
- La gente foránea (extranjeros inmigrantes y turistas) no suele tener conciencia del peligro real de los fuegos forestales en el interfaz con áreas urbanizadas, y frecuentemente muestra un comportamiento descuidado al respecto (Goldammer, 1992; Thomas 1994).
- La defensa contra incendios en áreas urbano-forestales se debe planificar a escala regional, pero implementarse localmente, implicando tanto a los organismos de defensa como al público afectado.

- La población debe estar informada y ser consciente del riesgo de incendio forestal y sus consecuencias reales. Esto ocurre rara vez en las zonas de especial peligro.
- Las líneas de alta tensión, asociadas a núcleos urbanizados, son afectadas frecuentemente por los incendios forestales y pueden llegar a disminuir notablemente la distribución de fluido eléctrico en la zona. En caso de contingencia los propios tendidos son focos de nuevos incendios y dificultan las labores de extinción con medios aéreos.

Estas características particulares condicionan el *modus operandi* de los servicios operativos de extinción. En todo plan de autoprotección, se debe realizar la siguiente priorización en la prevención, defensa y lucha contra incendios:

- Protección y seguridad de las personas
- Prevención de la expansión y aumento del nivel de peligro
- Prevención de aparición de riesgos inducidos y emergencias dentro de la población
- Protección de las infraestructuras comunes
- Protección de viviendas
- Protección de propiedades y animales
- Protección de valores culturales, históricos y otros elementos de especial protección
- Protección del medio natural

Legislación aplicable

Normativa nacional

- Ley 43/2003, del 21 de noviembre, de Montes. (Título IV, Capítulo III sobre Incendios Forestales).
- Directriz Básica de Planificación de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales 2013.

Normativa regional

- Ley 5/99, de 29 junio, de Prevención y Lucha contra Incendios Forestales. Vienen a sustituir y ampliar lo ya establecido en el Título IV, Capítulo II, relativo a Incendios Forestales, de la ley 2/92, de 15 de junio, Forestal de Andalucía.

Normativa local

- Ordenanza Municipal de Prevención de Incendios Forestales (B.O.P. nº 143, de 25 de junio de 1987) en la que se recogen las medidas por las que se rige el municipio referente a la prevención y combate de los incendios forestales.

Objetivos

- Identificación, estudio y zonificación del problema.
- Diagnóstico georeferenciado del peligro de incendios.
- Incremento del grado de la protección de la ciudadanía.
- Establecimiento de unas pautas o recomendaciones para la regulación de las nuevas edificaciones.
- Elaboración de un plan de autoprotección a medida de la administración regional, de modo que constituya un modelo o plantilla para el resto.
- Concienciación de la población ante el riesgo de ocurrencia de incendios de carácter urbano-forestal.

Medio físico

Situación geográfica

La zona de estudio se encuentra al noroeste del término municipal de Córdoba con una superficie total de 54,2 ha y una pendiente media del 13%. La zona se encuentra delimitada por la urbanización “Campo Alegre” al Este, “El Salado” al Sur, “Llanos de Arjona” al oeste y al en el Norte limita con el río Guadiato y el arroyo Bejarano. La zona está regulada por el Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) de la ciudad de Córdoba, siendo la mayor parte de los terrenos colindantes de propiedad privada.

El área de estudio se circunscribe a la Hoja 922-42 del mapa topográfico de Andalucía a escala 1:10.000. La carretera de acceso a la zona de estudios es la "CO-3402" o carretera que comunica Córdoba con Villaviciosa, por Santa María de Trassierra (Figura 1).



Figura 1: Delimitación de la zona de estudio

Registro histórico de incendios forestales

La provincia de Córdoba ha sufrido durante los últimos años cuantiosas emergencias y alarmas por incendios forestales. No en vano, el Término Municipal de Córdoba es uno de los más afectados, en número, dentro de la Comunidad Autónoma Andaluza, dada su extensión y riesgo humano. En la Figura 2 se han incluido todos los incendios ocurridos desde el año 2000-2014, aunque de forma diferenciada entre conato (< 1ha) e incendio (> 1 ha). La mayor parte de las emergencias son conatos derivados de negligencias y/o accidentes.

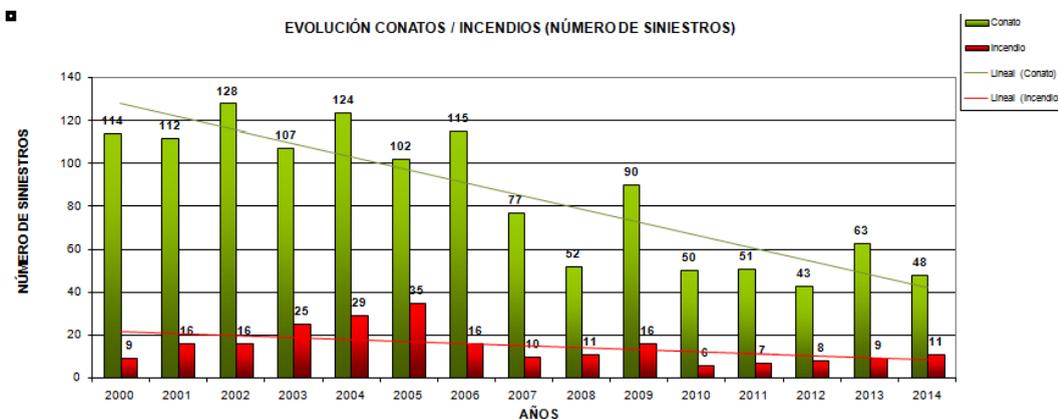


Figura 2: Evolución conatos/incendios (número de siniestros)

Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Centro Operativo Provincial INFOCA (COP - Córdoba).

Dentro del área de estudio de Santa María de Trassierra y, en el período 2003-2014, se han registrado tres conatos en las proximidades de la zona urbanizada (área buffer de 1000 m construida con un Sistema de Información Geográfico) (Figura 3):

Conato 1: X: 333142; Y: 4199742
 Conato 2: X: 332497; Y: 4200234
 Conato 3: X: 0322616; Y: 4200854

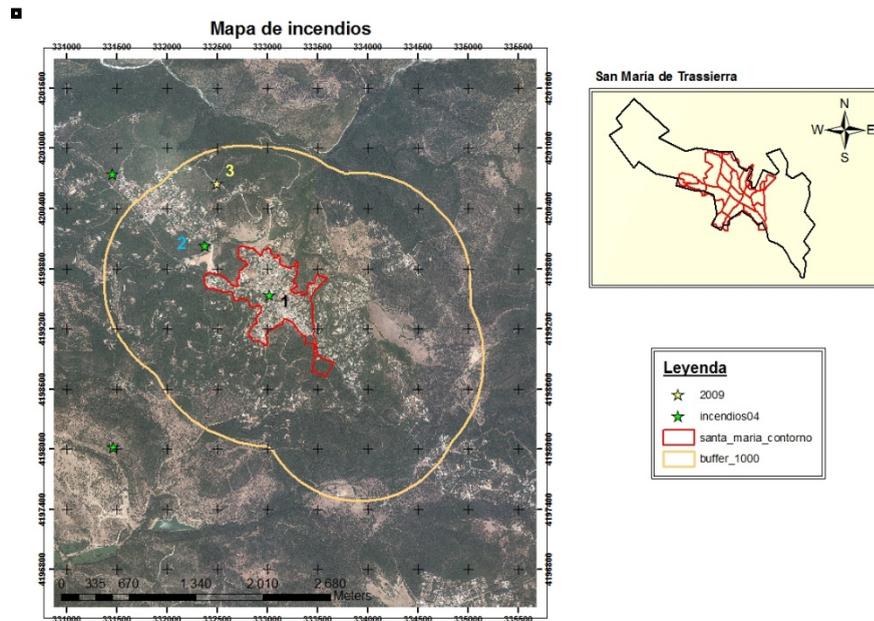


Figura 3: Mapa de los siniestros ocurridos en la zona de estudio (2003-2014)

Vegetación

La vegetación existente en el área de estudio responde a las tipologías estándares del bosque mediterráneo:

- Formación arbolada densa: Coníferas
- Formación arbolada Densa: Quercineas + Coníferas
- Matorral denso arbolado: Quercineas dispersas
- Matorral disperso con pastizal
- Olivar
- Pastizal arbolado: Quercineas. Denso
- Pastizal arbolado. Quercineas. Disperso
- Pastizal continuo

El matorral dominante de la zona de estudio está compuesta por *Cistus ladanifer*, *Cistus albidus*, *Cistus crispus*, *Cistus monspeliensis*, *Genista hirsuta*, *Pistacia lentiscus*, ... En algunas zonas más umbrófilas, *Arbutus unedo*, *Pistacia terebinthus*, ... acompañan a las anteriores.

Modelos de combustible

La conversión de las formaciones vegetales previas identifica cinco modelos de combustible para la zona de estudio (Figura 4):

Predominio completo del pastizal en el comportamiento del fuego

- Modelo P6. El fuego es propagado por el pastizal con distribución espacial continua, de talla alta, aproximadamente entre 60 y 90 cm, la carga es mayor que el modelo P5. El pasto es menos grueso que en el modelo P5, pero presenta mayor densidad superficial. Carga de combustibles: 5,45 t/ha.

Pastizal con presencia de matorrales que afectan al comportamiento del fuego

- Modelo PM1. El fuego es propagado por pastizal y matorral combinado. El matorral presenta una altura aproximada de 30 a 50 cm, la carga de pastizal es baja. La velocidad de propagación y la longitud de llama son medias. Carga total de combustibles: 6,58 t/ha.
- Modelo PM2. El fuego es propagado por pastizal y matorral combinado. El matorral presenta una altura aproximada de 30 a 90 cm, la carga de pastizal es alta y continua. La velocidad de propagación es alta y la longitud de llama moderada. Carga total de combustibles: 17,61 t/ha.

Predominio del matorral en el comportamiento del fuego

- Modelo M7. El fuego es propagado por el matorral continuo en pie, tanto horizontal como verticalmente. Arbustado mediterráneo de muy elevada carga de combustible, con presencia dispersa o continua de individuos de porte arbóreo. La altura o profundidad del matorral es de 120 a 180 cm. La velocidad de propagación es muy alta, aunque menos que la del modelo M5, y la longitud de llama es muy alta, mayor que la del modelo M5. Carga total de combustibles: 40,37 t/ha.
- Modelo M9. El fuego es propagado por el matorral muy denso, tanto horizontal como verticalmente. Puede existir material herbáceo discontinuo o matorrales de porte arbóreo con ramificaciones iniciales entremezclados con el matorral continuo superficial. La altura o profundidad media del matorral es superior a 175cm. La velocidad de propagación y la longitud de llama son muy altas. Carga total de combustibles: 49,57 t/ha.

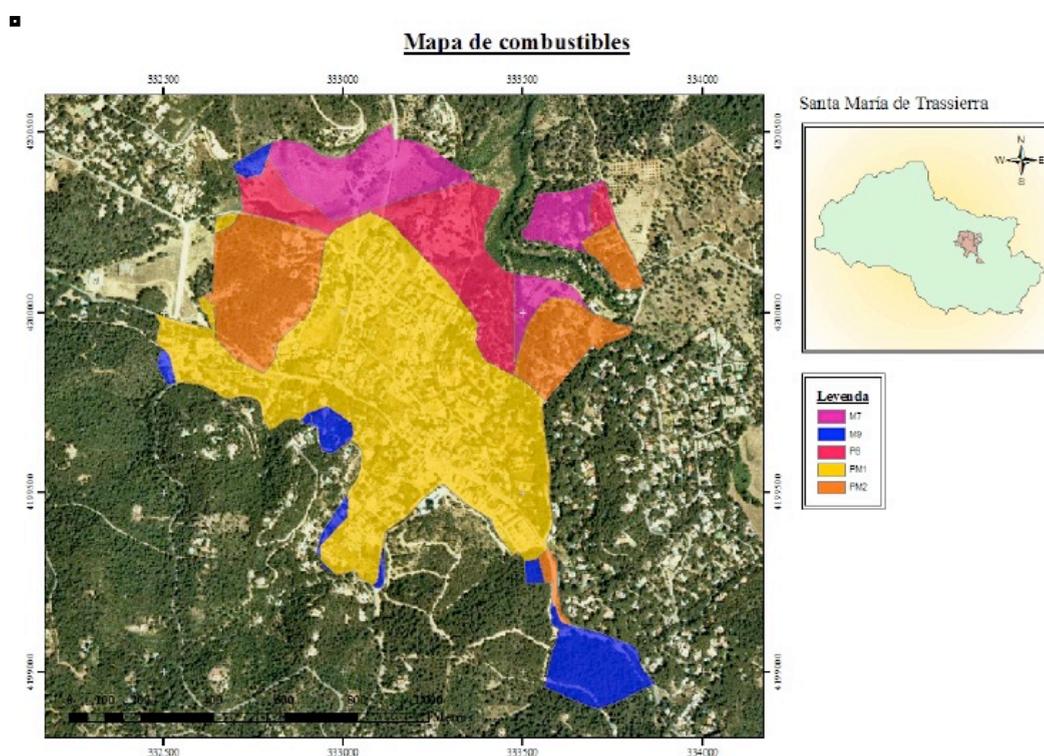


Figura 4: Mapa de combustible de Santa María de Trassiera.
 Fuente: TPGC. Francisco J. Morilla.

Infraestructura vial

La principal vía de acceso hacia el área de estudio es la carretera CO-3402, que atraviesa transversalmente la zona de estudio, dejándola dividida en dos grandes áreas. Esta vía principal se encuentra asfaltada y en muy buen estado en todo su trayecto, señaliza y con red eléctrica. Además, consta de acerado para el tránsito de los viandantes. Tiene una anchura suficiente (entre 6 y 7 m) para la circulación de dos vehículos en sentido contrario.

A continuación, se describen brevemente el resto de calles de la zona de estudio:

- Calle Llanos de Goya: no se encuentra asfaltada, siendo de tierra en toda su trayectoria. Es suficientemente ancha como para tener circulación en doble sentido. Desde ella puede llegarse hasta los Baños de Popea, Urb. Las Alberquillas, Arroyo del Bejarano y Fuente del Elefante.
- Calle Los Rosales: es una vía sin salida y además no dispone de señalización, solo puede circular por ella un vehículo y no se encuentra asfaltada. Se puede llegar por esta calle hasta la Plaza del Triángulo.
- Calles Juan Enrique de Arana, Juan Ramón Jiménez e Historiador Levi Provenzal: se encuentran asfaltadas y en buen estado, aunque por su anchura solo pueden circular vehículos en un único sentido.
- Calleja Solimán del Pozo: se encuentra sin asfaltar y no está señalizada.
- Calle Los Almendros: no tiene salida presentando señalización de esta situación. Se encuentra sin asfaltar, pero su estado es bueno.
- Calle Los Avellanos: sin salida, pero asfaltada y con anchura suficiente para dos vehículos. No presenta señalización.
- Calle Echegaray, Los Manzanos, La Encina, y La Caballera: su anchura es la suficiente para la circulación de vehículos en doble sentido. Están asfaltadas y en muy buen estado para los vehículos antiincendios. Desde la calle La Cabellera se accede a la salida Los Arenales y a la Urb. Solana del Pilar.
- Calle Fuente la Víbora: su anchura es muy reducida, no se encuentra asfaltada y el estado de la vía es mediocre. La circulación de dos vehículos es peligrosa, aunque la vía es de doble sentido. No posee señalización.
- Calle Las Acacias: vía perimetral asfaltada, sin señalización pero en buen estado. Es de doble sentido y pueden circular dos vehículos sin problema alguno.
- Calle Las Monjas: se encuentra una parte asfaltada y la otra no, no tiene señalización que indique el sentido de la vía. Por tanto, se podría considerar que es de doble sentido, aunque debería de apartarse un vehículo para el paso de otro.
- Calles El Pino y Las Pitás: ambas asfaltadas y en buen estado. No tienen señalización y su anchura es la suficiente para que puedan circular dos vehículos en dirección contraria.
- Calles Valdelomar y Guadamacilero: son de un solo sentido, señalizadas, asfaltadas y en muy buen estado de conservación. Desde éstas, podemos acceder a la carretera que lleva a la Urb. El Salado.
- Calle Arroyo y Veneros del Bejarano: estos viales conducen hacia una zona de aparcamientos. La calle Arroyo esta asfaltada, en buen estado y señalizada, teniendo en cuenta que es de un solo sentido. Su anchura es suficientemente para que puedan circular dos vehículos. Veneros del Bejarano está también asfaltada y se puede circular en doble sentido.

Diagnóstico

Zonificación

Dentro de la zona de estudio, fueron identificados 24 sectores, utilizando los viales como barreras o puntos de delimitación. La nomenclatura utilizada ha sido ordenada de Este a Noroeste y de Oeste a Sureste (Figura 5).

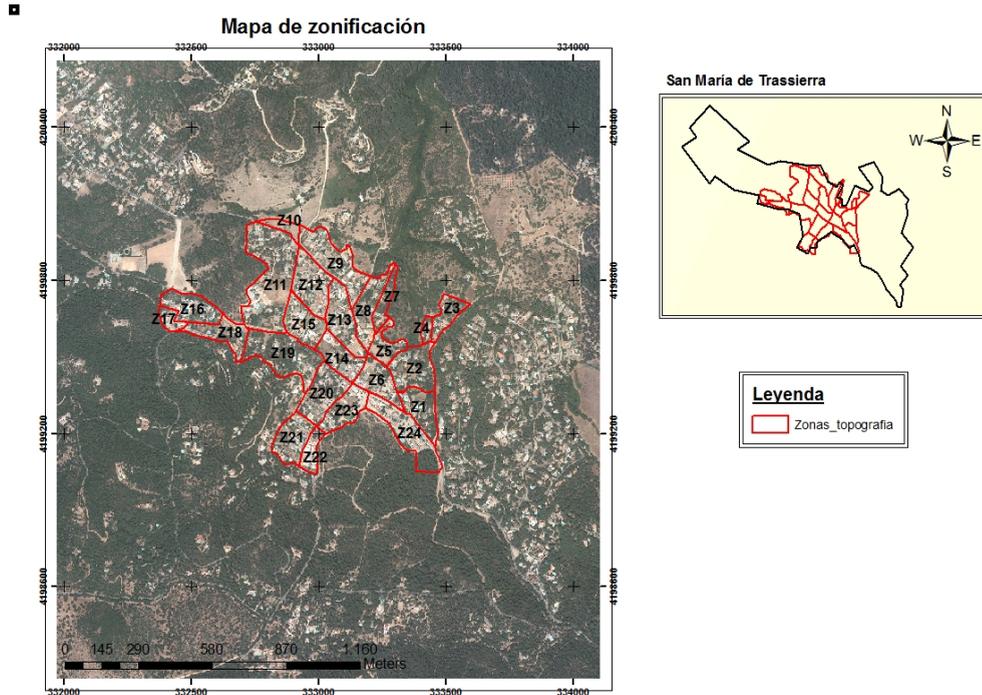


Figura 5: Zonificación de Santa María de Trassierra

A modo de ejemplo, para este trabajo se expone la descripción de tres sectores, de dispares características: zonas 9, 19 y 29.

Zona 9: Se encuentra ubicada en el borde septentrional, siendo la que menor riesgo de incendio presenta debido a que la vegetación circundante a las viviendas dominante es arbolado disperso con pastizal. A medida que se avanza hacia el interior del bosque, la densidad del arbolado es mayor y la presencia de matorral es mayor (Figura 6).

Las viviendas están construidas en ladrillo con tejas de cerámica, con presencia de patios interiores con vegetación regada y zonas incombustibles. Las ventanas son pequeñas y poseen rejas de metal, aunque las persianas son de plástico. Los setos que se encuentran en el exterior son de una sola especie vegetal, en este caso *Cupressus* spp. En el interior de las parcelas en los patios se encuentran setos de *Viburnus lucidum*, *Rosmarinus officinalis* y otras especies ornamentales como *Olea europea*, *Prunus avium*, *Washingtonia filifera*, *Cortaderia selloana*. También, poseen piscinas y muebles de jardín de materiales inflamables. En general, todas las viviendas presentan un buen estado de conservación y se encuentran habitadas en época estival, debido a que se trata de un núcleo de segundas residencias.

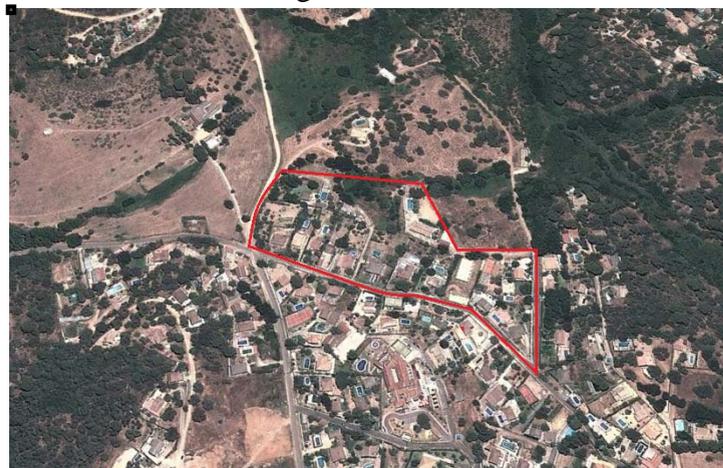


Figura 6: Ortofotografía zona 9.
Fuente: Google Earth

Zona 19: Situada al sur de la zona de estudio y conformada por viviendas dispersas en zonas arboladas. Es una de las zonas que presenta menor densidad de viviendas, rodeadas completamente por vegetación forestal, adquiriendo una alta peligrosidad, debido al contacto de las viviendas con la vegetación (Figura 7).

Las viviendas son de ladrillo, teja cerámica y un buen estado de conservación. El tamaño de las ventanas es pequeño con presencia de rejas metálicas. No hay presencia de toldos, pero sí de vallas de madera. La vegetación está muy próxima a la vivienda, tocando las copas de los árboles el tejado y las ventanas. Hay presencia de restos de poda y de pilas de leña dentro de las parcelas de las viviendas. Además, se han inventariado juegos infantiles y mobiliario de jardín de materiales altamente inflamables. Las especies vegetales dominantes en ese sector son *Quercus ilex*, *Olea europea*, *Pinus hapelensis*, y *Viburnum tinus*, entre otras. Hay puntos de agua (piscinas) en todas las parcelas, que pueden ser utilizados por los medios de extinción.



Figura 7: Ortofoto zona 19.
Fuente: Google Earth

Zona 24: Se encuentra enclavada en el Sureste, limitando con el “Parque Cerro del Pozo de la Nieve”. Existe vegetación forestal muy densa a menos de un metro de las viviendas. En el centro, se ubica un pequeño parque, que también podría utilizarse para la concentración de los habitantes. La vegetación presente en su perímetro es la misma que la mencionada en las zonas anteriores (Figura 8).

Las viviendas son de ladrillo, con ventanas pequeñas con rejas de metal y tejado cerámica con protección en las chimeneas. La mayor parte de las viviendas presentan muros de piedra con cerramientos metálicos, con alguna planta ornamental sin continuidad. Las viviendas presentan elementos inflamables, como toldos, mobiliario de jardín y persianas. En algún caso, se pudieron apreciar restos vegetales de podas, pero en depósitos con objeto de su acumulación temporal y no permanente. Esta zona consta de un hidrante y de una gran lámina de agua, donde se podría obtener agua en caso de incendio. Se puede apreciar un depósito de combustible altamente inflamable, que se encuentra a unos 3 m aproximadamente de la vegetación.



Figura 8: Ortofoto zona 24.
Fuente: Google Earth

Las estructuras de interfaz o zonas que se han encontrado en el área de estudio, mediante identificación e inventario *in situ*, se pueden agrupar en tres grupos, de acuerdo a la vegetación dominante, y en tipologías según el grado de agregación y tipo de tejido urbano que forman, según se describe a continuación:

Zona 9: Se puede clasificar en B ("Modelos sobre matorral") y B.1 ("Interfaz de urbanización compacta y matorral"). Las viviendas no corren peligro por la vegetación existente en su contorno. La vegetación está dominada por matorral con arbolado disperso, sin continuidad horizontal. No existe intermix o zona de contacto entre la vegetación natural y ornamental, dificultando la progresión del fuego dentro de este sector.

Zona 19: Clasificada como modelo A ("Modelos sobre arbolado denso") y A.1 ("Casa aislada en zona arbolada"). La vegetación arbolada junto con el matorral ocupa mayor superficie que las construcciones, debido al tamaño de las parcelas. La densidad es alta y la continuidad horizontal entre copas elevada, facilitando la progresión dinámica del fuego por las copas. Las parcelas construidas son pocas, encontrándose gran superficie de vegetación natural entre viviendas.

Zona 24: Clasificada como modelo A ("Modelos sobre arbolado denso") y A.7 ("Borde de gran población con área forestal arbolada"). La masa forestal se encuentra a lo largo de todo el borde exterior, conformando una masa muy compacta. Existe continuidad horizontal y vertical entre el matorral y el arbolado, facilitando la transición a un fuego de copas. Dentro de las parcelas habitadas, existe vegetación ornamental, tanto en forma de seto como en forma de matorral o porte arbóreo, por lo que se existe probabilidad de ignición por caída de pavesas.

Puntos de alejamiento y/o evacuación

Cuando el Director de Extinción estime oportuno que algunos sectores o viviendas son altamente vulnerables al fuego, puede optar por el "alejamiento" o la "evacuación" de la población susceptible al daño. En este sentido, se proponen tres puntos (Tabla 1), en los cuales la población se podría concentrar, principalmente aquellos cuyas viviendas se encuentren en el perímetro de la zona de estudio.

Tabla 1

Puntos de alejamiento y/o evacuación

Punto seguro	Zona	Coord. X	Coord. Y
Centro Cívico	20	333292	4199813
El Triangulo	Rodeado por las zonas 5, 6, 8, 13 y 14	333187	4199503
El Sotillo	24	333318	4199165

Plaza del Centro Cívico: dispone de un Centro Cívico o edificio público para la estadía de la población y refugio del humo. La plaza se encuentra totalmente pavimentada con vegetación puntual en forma de pie arbóreo ornamental disperso. Posee una fuente, la cual tiene una toma de agua donde poder conectar una manguera y un hidrante homologado para bomberos.

Plaza "El Triángulo": en estos momentos se encuentra en obras para mejorar su estado y sus instalaciones. Es una zona grande, sin vegetación circundante de entidad. En su perímetro las tres calles están completamente asfaltadas, por lo que sería un lugar de fácil defensa en caso de necesidad.

Plaza "El Sotillo": su superficie es de tierra, aunque no tiene vegetación en el suelo que pueda facilitar la propagación. Sólo existen tres árboles, alejados de las viviendas. Esta zona posee un hidrante y una piscina comunitaria de gran tamaño.

Los tres puntos seleccionados disponen tanto de las condiciones de seguridad como de una fácil accesibilidad, llegando rápidamente a la carretera CO – 3402, que sería la vía utilizada en

caso de que el Director de Extinción estime la necesidad de evacuación del núcleo de Santa María de Trassierra.

Índice de comportamiento energético

El índice de comportamiento energético (Rodríguez y Silva, 1995, 2012) incorpora la valoración de la fase consolidada de la combustión. Por lo tanto, viene a representar la expresión completa del proceso una vez que desde la ignición, se han concatenado las reacciones de oxidación de tal forma que mediante igniciones de elementos diferenciales de combustibles, se produce a su vez la continuidad del movimiento desde dicho elementos que han entrado en combustión hacia los contiguos que entran en fase de precalentamiento. Las variables necesarias para su cálculo son la velocidad de propagación, longitud de llama, intensidad lineal del frente de llamas y el calor por unidad de área. Su expresión matemática es la siguiente:

$$Ice = \sum_1^n [2 \cdot I(Al) \cdot I(Cs)] / (I(Al) + I(Cs)) \cdot Si / Stc$$

- (Ice): Subíndice de comportamiento energético (Tabla 2).
- I(Al): Peso asignado según tabla para la altura de llama con condiciones más desfavorables.
- I(Cs): Peso asignado según tabla para el calor por unidad de área con condiciones más desfavorables.
- (Si): Superficie que ocupa el modelo (m_i) en la cuadrícula de análisis.
- (Stc): Superficie forestal total de la cuadrícula de análisis.

Tabla 2

Tabla de asignación de pesos para la determinación del subíndice de comportamiento energético.

Velocidad de propagación (m/min)	AL (m)	I (Kcal/m/seg)	CS (Kcal/m ²)	Peso
0-10	0-0,5	0-334	0-380	1
11-20	0,51-1,0	335-752	381-1265	2
21-30	1,10-1,5	753-1087	1266-1415	3
31-40	1,51-2,0	1088-1421	1416-1610	4
41-50	2,10-2,5	1422-1756	1611-1905	5
51-60	2,51-3,0	1757-2090	1906-2190	6
61-70	3,10-3,5	2091-2424	2191-4500	7
71 – 80	3,51-4,0	2425-2759	4501-6630	8
81-90	4,10-4,5	2760-3039	6631-8000	9
>90	>4,5	>3093	>8001	10

Para el cálculo de este índice se ha realizado el análisis del comportamiento del fuego potencial (considerando condiciones meteorológicas modales en época estival) en cada una de las 24 zonas.

Modelo matemático de Albin

El modelo matemático de Albin se utiliza para la predicción del alcance de las pavesas (puntos calientes) o lo que es lo mismo la propagación del incendio por el efecto *Spotting*. Este efecto es la transmisión del calor por transporte de partículas de combustibles en ignición a través del aire, a una distancia del origen de producción. El frente de avance genera una energía térmica

de tipo convectivo, que eleva las partículas finas en combustión. Por efecto de esta energía asciende (Y) metros (Figura 9).

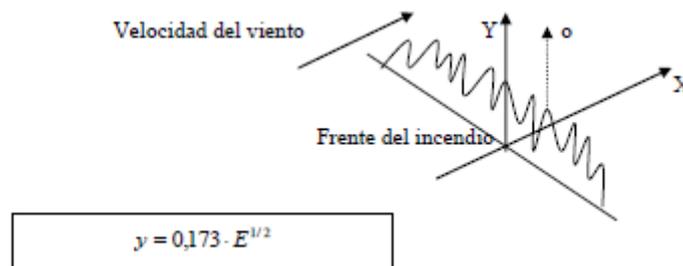


Figura 9. Representación gráfica del modelo matemático de Albini

Nota: (y): máxima altura alcanzada (m); (E): energía térmica ascendente en (Jul/m)

Cuando la energía térmica ascendente se debilita (efecto ↓ de la energía potencial ($m \cdot g \cdot y$) → h (altura) el efecto del viento es mayor que la energía (E) y domina el balance energético, desplaza según el eje X, una distancia determinada a dicha partícula en combustión.

$$E = I \cdot f(v)$$

(I): intensidad promedio del frente de avance en (kw/m).

$$f(u) = A \cdot V^B$$

(V): velocidad a 10 m del suelo en m/s.

(A), (B): coeficientes dependientes de los combustibles forestales (Tabla 3).

Tabla 3

Valores de los coeficientes A y B

Modelo de Combustible	A	B
1. Pastizal bajo	162	-4,456
2. Pastizal y arbolado disperso	166	-1,282
3. Pastizal alto	129	-1,238
4. Chaparral adulto (2m)	83,9	-1,040
5. Matorral verde (0,6m)	94,4	-0,881
6. Matorral mediano	74,1	-0,906
7. Arbolado con sotobosque	75,1	-0,884
8. Hojarasca compacta bajo bosque	154	-1,151
9. Hojarasca no compacta bajo bosque	154	-1,151
10. Arbolado con gran cantidad de combustible muerto y pesado en el sotobosque y regeneración	66,1	-0,810
11. Desechos ligeros	63,6	-0,776
12. Desechos medios	69,6	-0,818
13. Desechos pesados	71,8	-0,835

Función de paso, para determinar la velocidad del viento a la altura (y) metros, conocida a 10 metros.

$$V(y) = v(10) \cdot \left[\frac{y}{10} \right]^{1/7} = \text{metros}$$

La máxima distancia horizontal alcanzada según el eje x, viene dada por:

$$x = 2,78 \cdot V(y) \cdot y^{1/2}$$

V ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$); I (kw/m)

$$x = 2,78 \cdot v(10) \cdot \left[\frac{y}{10} \right]^{1/7} \cdot \left[0,173 \cdot (I \cdot A \cdot V^B)^{1/2} \right]^{1/2} = \text{metros}$$

Modelo matemático de Rothermel

El modelo de Rothermel permite pronosticar la progresión del incendio forestal y su intensidad, no incluyendo la progresión por pavesas (fenómeno *Spotting*), formulación previa de Albini. El modelo requiere de los siguientes "inputs" para la simulación:

- Humedad del combustible
- Humedad atmosférica
- Carga y concentración de los combustibles
- Velocidad y dirección del viento
- Pendiente del terreno
- Tipología de los combustibles (modelos)

Velocidad de propagación

$$V_p = \frac{I_j \cdot \xi \cdot (1 + \phi_w + \phi_s)}{\rho_b \cdot \varepsilon \cdot Q_{ig}}$$

- (V_p): Velocidad de propagación en $m \cdot min^{-1}$
 (I_j): Intensidad del fuego ($Kcal \cdot m^{-2} \cdot min^{-1}$). (intensidad de reacción).
 (ξ): Coeficiente del flujo calorífico.
 (ϕ_w): Factor del viento.
 (ϕ_s): Factor de pendiente.
 (ρ_b): Tasa de concentración de combustible seco (kg/m^3).
 (ε): Índice de calentamiento efectivo del combustible.
 (Q_{ig}): Calor necesario para la ignición del combustible ($kcal/kg$).

Intensidad del fuego (intensidad de reacción)

$$I_r = T_{op} \cdot W \cdot h \cdot \eta_H \cdot \eta_S$$

- (I_r): Intensidad del fuego en $Kcal / m^2 \cdot min$
 (T_{op}): Velocidad óptima de combustión ($1/min$)
 (W): Carga de los combustibles en Kg/m^2 , sobre el suelo.
 (h): poder calorífico de los combustibles ($kcal/kg$).
 (η_H): Coeficiente de humidificación de los combustibles.
 (η_S): Coeficiente de contenido de sales de los combustibles.

Líneas preventivas de defensa

Se entiende por línea preventiva de defensa a toda acción de descarga de combustible forestal que se realiza siguiendo un desarrollo longitudinal de borde paralelos. La anchura es constante manifestando por consiguiente secciones transversales dimensionalmente homogéneas. La eliminación de combustible es total para todos los estratos y hasta suelo mineral, no debiendo quedar en el interior, es decir entre los bordes externos de la línea preventiva de defensa, elemento vegetal alguno, ni vivo ni muerto.

Para el cálculo de las anchuras transversales de las líneas preventivas de defensa se utiliza la siguiente expresión matemática (Rodríguez y Silva, 2001) y los parámetros de la Tabla 4.

$$D^* = 0,011475(I_m / K_m)^{0,5} + 0,0775(I_m)^{0,46} \cos \alpha \cos \beta + \varphi(1/2)[11,85659507 - Ln(3846,8784K_m)]$$

- (D): Anchura corregida (m.)
 (ρ): Coeficiente de seguridad y facilidad constructiva
 (D^*): Anchura (m.)
 (I_m): Intensidad lineal frente (Kw/m)
 (K_m): Coeficiente característico de los combustibles
 (α): Ángulo formado por la llama y el suelo
 (β): Pendiente del terreno
 (φ): Coeficiente de peligrosidad

Tabla 4

Parámetros utilizados para el cálculo de las anchuras transversales de las áreas y líneas de defensa.

Modelo de combustible	Valores de K_m	Limite intensidad (kw/m)	(ϕ) Coef. Peligrosidad	(ρ) Coef. Seguridad
1	0,000784313	1045	0,55	0,85
2	0,00091111	1672	0,60	0,95
3	0,0030884	7942	1,00	1,03
4	0,0019193	20691	1,00	0,85
5	0,00115	1045	0,20	1,80
6	0,000923	2090	0,75	1,45
7	0,000113	1463	0,65	1,25
8	0,0011691	350	0,05	3,875
9	0,007619	1750	0,30	3,285
10	0,0023383	1463	0,40	2,10
11	0,00272108	2800	0,25	2,85
12	0,00116618	6270	0,70	1,85
13	0,00089706	10450	0,75	1,55

Fuente: Rodríguez y Silva, F. (2001).

En relación con la ejecución de las fajas auxiliares de defensa, a realizar a lo largo del trazado de los caminos, se considerarán los criterios recogidos en la Tabla 6, a fin de determinar la anchura de limpieza y eliminación de la vegetación existente

Tabla 5

Anchura mínima de limpieza de acuerdo a "h" (altura de la vegetación circundante)

Tipo de estructura vegetal	Anchura de desbroce (m)		Anchura de desbroce mínima	
Matorral denso	6 h		8 m	
Matorral ligero	4 h		4 m	
Arbolado con matorral	6 h		4 m	
Arbolado con trazado a media ladera	6 h terraplén	6 h desmonte	8 m en terraplén	6 m en desmonte

Análisis de la vulnerabilidad

Caracterización

Las tres zonas seleccionadas de aplicación fueron las 9, 19 y 24. A modo de ejemplo se incluyen las fichas del inventario de campo para la zona 9. Cada una de las fichas ha sido elaborada con inventario de campo e información meteorológica proporcionada por el COP-Córdoba. Las fichas incluyen información tanto referentes a las viviendas como a la vegetación circundante y accesibilidad. También, se muestran diferentes imágenes para poder identificar mejor los pros y contras de la zona analizada (Figura 10).

ZONA 9

Coordenadas: X 0333077 Y 4199813 Pendiente (%) 9,5 Altitud 372
 Punto de referencia Orientación N
 Hábitat fuego: Modelo B Nº 1
 Aislada Borde Interior Intermix
 Datos administrativos: Urbanización Municipio

Combustibles

Forestales

Modelos PM1, P6

Combustible aéreo Alt. desde el suelo a la base de las copas 4m Alt. sotobosque a la base de las copas 2m
 Continuidad Vertical: Sí No Observaciones
 Continuidad Horizontal: Sí No
 Densidad: Ralo Denso Muy denso

No forestales

Acumulación de restos inflamables: Sí No Observaciones
 Setos – Tipo: Sí No
 Ornamental: Sí No
 Depósito combustible: Sí No
 Otros materiales inflamables: Sí No
 Elementos de barrera al fuego: Sí No

Topografía

Barranco Ladra pronunciada Collado Cresta Llano
 Punto crítico: Sí No
 Observaciones:

Potencial de fuego

Régimen de fuego Fuego de superficie: Alto Moderado Bajo
 Fuego de copas: Salto a copas/antorcheo Activo Pasivo
 Pavesas: Sí No
 Puntos críticos por humo: Si No

Viales

Ancho 4m
 Firme: Alquitranado/ cementado \ Tierra
 Estado: Bueno \ Regular \ Malo
 Estrechamiento: Sí \ No
 Presencia de vehículos: Sí \ No
 Señalización: Señalizado \ Regular \ Sin señalar
 Observaciones: Cableado eléctrico presente en los viales, en contacto con la vegetación.

Infraestructura de defensa

Hidrantes/red abastecimiento: Sí \ No
 Faja de baja combustibilidad: Sí \ No
 Puntos seguros: Sí \ No
 Puestos de vigilancia: Sí \ No
 Otras instalaciones y observaciones:

Parcela construida

Ocupación y uso: Habitada siempre \ Segunda residencia \ Deshabitada
 Acceso/cerramiento: Bueno \ Regular \ Malo
 Punto de agua: Si \ No
 Edificaciones:
 Tejado Teja. A dos aguas
 Tipo
 Estado: Bueno \ Malo
 Limpieza: Sí \ No
 Material inflamable: Si \ No
 Ventana
 Tamaño: Grande \ Pequeño
 Contraventana: Sí \ No
 Material inflamable exterior e interior: Sí \ No
 Exposición topografía: Barranco \ Ladera \ Collado \ Cresta
 Combustible en 10m: Forestal \ Ornamental/Seto \ Acumulaciones
 Equipos de defensa: Bombas \ Aspersores \ Extintores
 Observaciones:

Las casas poseen setos de piedra y vegetación. Los setos la mayoría son monoespecie. Restos de poda que por el paso del tiempo están secos.

Parcela sin construir

Ocupación y uso:	Habitada siempre	Segunda residencia	Deshabitada
Acceso/cerramiento:	Bueno	Regular	Malo
Punto de agua:	Si	No	
Material inflamable:	Sí	No	
Exposición topografía:	Barranco	Ladera	Collado
Combustible:	Forestal	Ornamental/Seto	Cresta
Observaciones:			Acumulaciones



Figura 10. Imágenes de la zona analizada

Comportamiento del fuego

Los parámetros para la identificación del comportamiento del fuego en cada sector o zona fueron calculados mediante el software "Visual Behave". En la Tabla 6 se presenta la información referente a los "inputs" y "outputs" de la zona 9. En caso de existir más de un modelo de combustible, se realizarán los cálculos de forma independiente para cada modelo de combustible.

Tabla 6

Inputs y outputs para el comportamiento del fuego en la zona 9

Parámetros de entrada	
Modelo de combustible	MODELO PM1
Humedad de los combustibles muertos (1h)	2.0 %
Humedad de los combustible muertos (10h)	4.0 %
Humedad de los combustibles vivos (leñosos)	85.0%
Velocidad real del viento	8.3 km/h
Protección de los combustibles frente al viento	1.0
Dirección del vector viento, desde la máxima pendiente	311.0 °
Pendiente del terreno	9.5 %
Resultados de la simulación	
Velocidad de propagación	13.1 m/min
Calor por unidad de área	2292.6 kcal/m ²
Intensidad de la línea de fuego	2089.7 kW/m
Longitud de la llama	2.6 m
Intensidad de reacción	934.9 kW/m ²
Velocidad del viento a media llama	8.3 km/h
Velocidad efectiva del viento	8.3 km/h
Dirección de máxima propagación, desde la máxima pendiente	311.6 °
FOCOS SECUNDARIOS	
Velocidad del viento a 10 metros	9.8 km/h
Resultado de la simulación	
Energía térmica ascensional	99343.0 kJ/m
Máxima altura alcanzada por la partícula en combustión	54.5 m
Distancia horizontal recorrida por la partícula en combustión	71.1 m

Una vez realizados los cálculos de comportamiento del fuego, se identifica el Índice de Comportamiento Energético (Ice) para cada una de las 24 zonas (Tabla 7 y Figura 11), con el fin de poder priorizar actuaciones de defensa en el territorio.

Las zonas prioritarias de actuación son la 24, 3, 4, 17, 11 y 19, de acuerdo a la llegada del fuego o el comportamiento potencial del mismo. Además, se ha comprobado una alta susceptibilidad a focos secundarios y caída de pavesas en las zonas 3, 17 y 11. Por tanto, hay que incrementar las medidas de prevención y regado de estas zonas en caso de columna de convección en la dirección de estas áreas.

Las medidas de prevención irán acentuadas en estos sectores, sin obviar la necesidad de una campaña de concienciación general y conocimiento de los puntos de alejamiento y/o evacuación recogidos en este Plan.

Tabla 7

Resultados Ice por zonas

Zona	Ice	Zona	Ice
1	6,462	13	6,462
2	6,462	14	6,462
3	8,889	15	6,462
4	8,889	16	6,462
5	6,462	17	8,383
6	6,462	18	6,462
7	5,848	19	7,152
8	6,233	20	6,462

9	6,462	21	6,462
10	5,156	22	6,462
11	8,038	23	6,462
12	6,462	24	8,913

Fuente: Elaboración propia.

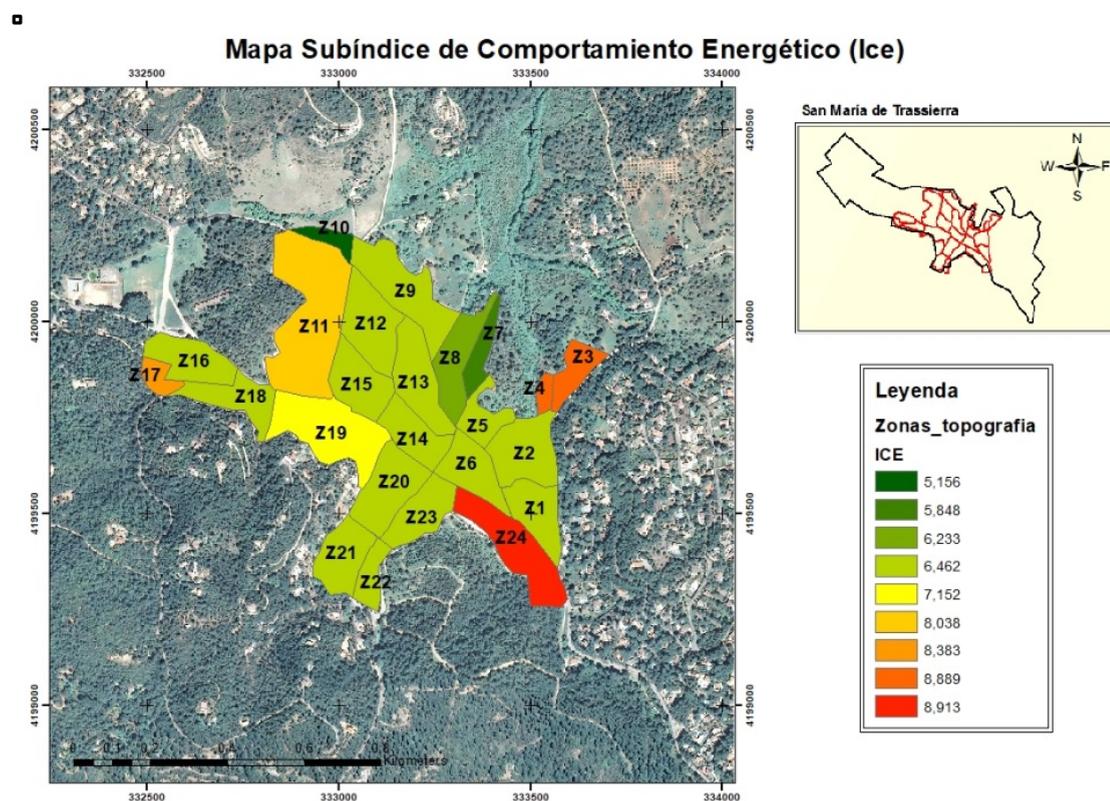


Figura 11: Mapa Subíndice de Comportamiento Energético.

Fuente: Elaboración propia.

Recomendaciones

Se recomienda a la población que en caso de incendio mantengan la calma, no salgan de sus casas hasta que lleguen los medios de extinción y obedezcan en todo momento las recomendaciones e indicaciones que les indiquen los especialistas en extinción de incendios. También, es recomendable que cada propietario mantenga el interior y el exterior de sus parcelas los más limpias posibles, tanto de elementos inertes inflamables como vegetación, todas estas recomendaciones han sido mencionadas a lo largo de este proyecto. Se recomienda a las instituciones y ayuntamientos que cuando se esté acercando la época estival informen a los habitantes de las zonas en interfaz de los problemas que conlleva para un incendio el mal estado de sus casas, además se recomienda que den unas pautas básicas de cómo debería actuar la población ante un incendio.

Las medidas de protección que deben seguir los propietarios de las viviendas son las siguientes:

- Mantener la vivienda limpia de pasto seco y otros materiales finos inflamables.
- No acumular productos, materiales y objetos inflamables, dejando limpios los alrededores de la vivienda especialmente los cercanos a las ventanas, puertas y fachada.
- Mantener los árboles dentro de la urbanización podados y limpios de ramas secas, sin contacto entre copas y separadas estas de la vegetación existente en el suelo y de la vivienda.

- Utilizar especies vegetales de baja combustibilidad y poco inflamables, haciendo especial hincapié en la formación de los setos que pueden propagar rápidamente el fuego de una vivienda a otra.
- Mantener el tejado limpio de restos vegetales, evitar la horizontalidad en su construcción para que los restos vegetales no se acumulen en él. Construirlo de teja de barro, teja de hormigón, metal, tablillas de fibra de vidrio y fibra de cemento. También hay que mantener limpios los canalones.
- Las chimeneas deben tener sistemas autorizados de control de chispas, hechos de malla de alambre de calibre 12 soldado o entretejido con una abertura inferior a 12 mm. La chimenea debe estar separada de la vegetación un mínimo de 3 m y debe sobresalir al menos 0,6 m del punto más elevado del tejado.
- Proteger las puertas y ventanas con contraventanas y persianas.
- Utilizar ventanas de doble paño (con cámara de aire). Mantener la vegetación y restos de combustible al menos 10 metros alejado de acristalamientos, a no ser que se disponga de contraventanas gruesas. Las ventanas de menor tamaño ofrecen mayor protección, al contrario que grandes ventanas o paneles acristalados que no ofrecen protección alguna.
- Las contraventanas deben fabricarse de materiales no inflamables, un contrachapado de 12 mm sería suficiente.
- Si la vivienda dispone de aleros, rejillas de ventilación u otras aperturas deben tener instaladas contraventanas.
- Balcones, terrazas y otros elementos horizontales deben ser contruidos con materiales no combustibles o recubrirlos con 12 mm de algún material ignifugo, por ejemplo, la lana de vidrio.
- Mantener un buen sistema de riego y abastecimiento de agua.
- Las paelleras y barbacoas deben tener techo y tres paredes laterales, ser contruidos sobre suelo de material no combustible.
- Los depósitos de combustible deben estar situados lejos de la vivienda y en una zona desprovista de vegetación, si no pueden estar enterrados lo mejor es que estén protegidos por un muro de piedra, la zona donde sea su localización es recomendable que esté pavimentada.
- Vallados y cercas, evitar los materiales combustibles y vegetación inflamable, es recomendable que en caso de utilizar especies vegetales para su construcción sea más de una especie diferente.
- No tener bloqueada la entrada a la vivienda por el vehículo.
- Se recomienda tener herramientas de mano con las cuales poder intervenir en caso de incendio, como mínimo se debe tener un rastrillo, una pala y una escalera, deben estar en un lugar accesible.

Bibliografías

- ALCÁZAR, J., GARCÍA, C.V., GRAUET, M., PEMÁN, J., FERNÁNDEZ, A. (noviembre 1998). Human risk and fire danger estimation through multicriteria evaluation methods for forest fire prevention in Barcelona, Spain. *3rd International Conference on Forest Fire Research*. ADAI. Luso, Portugal, Pp. 2379-2387. Vol. 2.
- CABALLERO, D; QUESADA, C; CARDIL, A; FILIPE, R. (2010). *Caracterización del riesgo por incendio forestal en la interfaz urbano-forestal en la Comunidad Autónoma de Andalucía. – Zona costera de Málaga y Granada-*. Sevilla, diciembre 2010.
- CONSEJERIA DE MEDIO AMBIENTE. (1999). *Ley 5/99 de Prevención y Lucha contra Incendios Forestales y su Reglamento*.

- MORILLA, F. (2008). Trabajo profesional fin de carrera: *Diagnostico de la problemática de los incendios forestales en la comarca de Santa María de Trassierra, término municipal de Córdoba, y propuestas de soluciones.*
- RODRÍGUEZ Y SILVA, F. (2014). *Apuntes de la asignatura Protección y Defensa contra Incendios Forestales.* ETSIAM. Universidad de Córdoba.
- RODRÍGUEZ Y SILVA, F. (2014). *Apuntes de la asignatura Incendios Forestales.* ETSIAM. Universidad de Córdoba.
- RODRÍGUEZ Y SILVA, F; MOLINA MARTINEZ, J. (2010). *Manual técnico para la modelización de la combustibilidad a los ecosistemas forestales mediterráneos.* Universidad de Córdoba. Laboratorio de Defensa contra Incendios Forestales. ISBN: 978 -84-693-2159-1

Páginas web

- http://www.desenvolupamentsostenible.org/index.php?option=com_content&view=article&id=440&Itemid=477&lang=es
- <http://www.incendiosforestales.org>
- <http://www.nodo50.org>
- <http://www.firewise.org>
- <http://www.interfazurbanoforestal.com>
- <http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/lineav2/web/>
- <http://www.magrama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/incendios-forestales/lucha.aspx>
- <http://www.boe.es/boe/dias/2013/12/07/pdfs/BOE-A-2013-12823.pdf>

Documentos

- BOLETIN OFICIAL DEL ESTADO. *Directriz básica de planificación de protección civil de emergencia por incendios forestales* (sábado 7 de diciembre de 2013).
- CABALLERO, D. *Particularidades del incendio forestal en el interfaz urbano. Caso de estudio en la comunidad de Madrid.*
- CONSEJERIA DE AGRICULTURA, PESCA Y MEDIO AMBIENTE, DELEGACION DE CORDOBA. *Manejo de vegetación y combustibles en instalaciones en interfaz urbano-forestal* (Córdoba, 28 junio de 2012).
- CONSEJERIA DE AGRICULTURA, PESCA Y MEDIO AMBIENTE, DELEGACION TERRITORIAL DE CORDOBA. *Información sobre tramitación de solicitudes relativas a prevención de incendios y autoprotección en terrenos forestales en zonas de interfaz urbano-forestal* (Córdoba, 27 de febrero de 2013).
- CONSEJERIA DE MEDIO AMBIENTE. *Catálogo de Medios INFOCA 2011.*

Legislación

- Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes.
- Orden de 2 de abril de 2013*, por la que se publica el acuerdo del Consejo de ministros que se aprueba la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil de Emergencia contra Incendios.
- Ley 5/99, de 29 junio, de prevención y lucha contra incendios forestales.*
- Normativa Local
- Ordenanza Municipal de Prevención de Incendios Forestales (B.O.P nº 143, de 25 de junio de 1987).*

Tema 8

Prevención de incendios mediante pastoreo controlado con ganado ovino en la Dehesa de Valdelatas (Comunidad Autónoma de Madrid)

Sara Millán Gamarra, Rosa María Planelles González

Resumen

Los incendios son la causa más importante de destrucción de masas forestales en áreas de clima mediterráneo. Tanto la prevención como la extinción juegan un papel primordial en la lucha contra incendios y ambas actuaciones han mejorado en los últimos años. Las actuaciones preventivas persiguen un correcto mantenimiento de la masa forestal, que junto con un aumento de la concienciación social, disminuyen el riesgo de ignición. En este proyecto se valora una de las actividades practicadas tradicionalmente en España enfocada hacia la prevención de incendios forestales. Un rebaño de ganado ovino se encarga de eliminar la biomasa de las áreas cortafuegos creadas en la Dehesa de Valdelatas. De esta forma, disminuyen las actuaciones de mantenimiento con maquinaria, lo que supone un ahorro a la Administración. Además, se revaloriza una actividad ya en desuso y se involucra al ganadero y al pastor en una labor de gran valor medioambiental. El estudio consiste en la evaluación del fitovolumen de pasto y encina para valorar la eficacia del pastoreo por el ganado ovino y su preferencia por la vegetación herbácea o arbustiva. Para ello se asignan seis parcelas control y otras seis que son pastoreadas. Mediante comparación, se observa si hay reducción de vegetación, lo que supondría un menor riesgo de incendio. Los resultados son favorables y ponen de manifiesto la utilidad de permitir el tránsito de ganado en las zonas que tengan un objetivo preventivo frente a incendios forestales.

Abstract

Wildfires are the most important cause of the destruction of forests in areas with Mediterranean climate. Prevention and extinction play a major role in firefighting and both have improved in recent years. Preventive methods and social awareness pursue the proper maintenance of forests and the reduction in the risk of ignition. In this project we make an assessment of one of the methods traditionally used in Spain focused on wildfire prevention. A flock of sheep is responsible of removing the biomass of the firebreaks inside the Dehesa de Valdelatas. Therefore, the maintenance activity with machinery is reduced saving cost to the Administration. Additionally, this method is increasing the value of a traditional practice in disuse and both the cattle breeder and the herdsman are involved in a task of great environmental value. The aim of this study is the evaluation of the pasture and evergreen oak and analyze the grazing efficiency and the sheep's preference for herbaceous or shrub vegetation. To achieve these objectives, twelve plots were allocated, six grazed and other six remained intact. When comparing both types of plots, it is possible to observe the reduction in vegetation volume, which represents a decrease in the risk of fire. The outcome is favorable and demonstrates the utility of allowing the traffic of grazing livestock in areas where the wildfire prevention is an objective.

Introducción

La causa más importante de destrucción de masas forestales en los países de clima mediterráneo son los incendios. Los factores meteorológicos condicionan la situación: época estival larga, sin apenas precipitaciones y temperaturas elevadas hacen que la humedad de la materia vegetal muerta se reduzca durante largos periodos a menos del 5%. Estas condiciones contribuyen a que un pequeño foco de calor pueda desencadenar una violenta conflagración (Vélez, 2000).

El otro factor meteorológico decisivo que entra en juego, además de la alta temperatura y baja humedad, es el viento. Éste es el que favorece la propagación del fuego además de mantenerlo activo, ya que renueva el aire aportando constantemente oxígeno, necesario para la combustión. Los vientos de verano se caracterizan por su gran velocidad y poder desecante, siendo ejemplos en España, el Tramontana en Cataluña, el Poniente en Valencia y el Levante en el Estrecho de Gibraltar. Los vientos de invierno, fríos y secos, aumentan asimismo la peligrosidad. En la Península es significativo el viento Sur procedente de la Meseta Central que barre el Norte de España y puede activar algún foco a su paso (Vélez, 2000).

La vegetación que crece bajo estas condiciones climáticas ha evolucionado adaptándose al fuego, hasta tal punto que hay especies que necesitan del mismo durante su ciclo reproductivo. Los pinares mediterráneos constituyen un buen ejemplo por ser las masas más representativas. Una de sus adaptaciones es la apertura de piñas por el calor intenso que permite conservar semillas viables durante años, con mayor o menor grado de serotinidad. En caso de ocurrir un incendio, éstas se abren creando un banco de semillas en el suelo que permitirán una regeneración si el fuego no es excesivamente severo. El éxito de la regeneración viene dado por la longevidad de las semillas y la capacidad de la especie de producir propágulos en número suficiente. De los tres pinos mediterráneos (dejando a un lado *Pinus canariensis* por ser endémico del archipiélago canario), el más serótino de la Península Ibérica es *Pinus halepensis*. *Pinus pinaster* presenta una gran variabilidad genética en el territorio español; aunque registre una menor proporción de conos seróticos, en general se regenera bien tras un incendio. *Pinus pinea* presenta una estrategia un poco diferente. Esta especie no conserva sus semillas durante años, pero sus propágulos permanecen protegidos gracias a una envoltura muy gruesa (Pausas, 2004).

Otras especies enormemente extendidas y que también definen los bosques mediterráneos son los *Quercus* esclerófilos de hoja perenne. En este caso, la adaptación que les caracteriza es la gran capacidad de rebrote tras los fuegos. Son especies altamente resilientes, ya que recuperan su estructura y composición con relativa rapidez. Durante el fuego, los individuos no llegan a morir y son capaces de rehacer los órganos quemados. Este hecho conduce a pensar que se trata de una respuesta seleccionada evolutivamente por la ocurrencia de incendios forestales. La estrategia se basa en la existencia de yemas proventicias capaces de resistir altas temperaturas y en la aparición de yemas adventicias tras el paso del fuego, dando lugar a nuevos tallos y hojas (Vericat, 2012; Vélez, 1990).

A continuación, se pretende mostrar la situación en la que se encuentra España en cuanto a incendios forestales. En primer lugar, aclarar que aunque este proyecto se esté realizando en el año 2014, los datos utilizados son los registrados durante el decenio 2001-2010. A pesar de estar ya publicadas las estadísticas del año 2011 y dos avances informativos correspondientes a 2012 y 2013, las cifras no están relativizadas a otros años y no se refleja la evolución. Los datos del decenio son útiles ya que explican de forma más significativa el escenario actual al considerar una tendencia en lugar de un hecho puntual. La evolución de un incendio depende de fenómenos meteorológicos y éstos son variables, pudiendo existir picos (en años concretos) que se alejen de la evolución general y desvirtúen la realidad.

La tendencia del número de incendios ha ido en aumento desde que se tienen datos conocidos acerca de los mismos (1961). Se debe tener en cuenta que las tecnologías actuales de recogida de datos en la actualidad son mucho más precisas que 50 años atrás, pero a pesar de todo, las cifras siguen siendo alarmantes. No obstante, en el último decenio (de 2001-2010), se observa por primera vez una tendencia decreciente influenciada por los tres últimos años del mismo, logrando una media de 17.127 siniestros al año (MAGRAMA, 2012). En los siguientes tres años: 2011, 2012 y 2013, el número de siniestros continúa la misma tendencia descendente del decenio anterior (MAGRAMA, 2013a, MAGRAMA 2013b, MAGRAMA, 2014).

Por otro lado, la superficie quemada ha ido disminuyendo considerablemente desde los años 90, siendo el número de conatos (fuegos que afectan a menos de una hectárea de superficie) mucho mayor que el número de incendios (del orden del doble). Dicha tendencia puede explicarse por el desarrollo de medios más eficaces de extinción así como por una mayor presencia de los mismos en las diferentes Comunidades Autónomas. Para tener un orden de magnitud, la media de hectáreas forestales afectadas en este decenio fue de 113.848 ha/año, de las cuales 75.961 ha/año fueron no arboladas (MAGRAMA, 2012). La evolución sigue la misma línea durante el año 2011. El 2012 se diferencia por alcanzar las 209.855,21 ha de superficie quemada, situándose muy por encima de la media del decenio anterior. Sin embargo, 2013 representa el año con menor siniestralidad de la serie histórica, con 58.985,02 ha afectadas (MAGRAMA, 2013a, MAGRAMA 2013b, MAGRAMA, 2014).

En España, los incendios se agrupan en cuatro zonas, dada la heterogeneidad del territorio en cuanto a meteorología, topografía, vegetación y factores socioeconómicos. Estas zonas son las siguientes:

- El Noroeste, formado por Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco, León y Zamora. Durante el decenio se observa una tendencia decreciente en el número de siniestros, con una media de 10.606 siniestros anuales. La superficie afectada también ha disminuido. Es en esta zona donde ocurren el 62% de los incendios del territorio nacional.
- El Mediterráneo, constituido por las Comunidades Autónomas cuyas provincias lindan con el mar Mediterráneo, incluyendo las interiores. Presenta asimismo una tendencia decreciente en el número de siniestros y en la superficie quemada.
- Canarias, formado por el archipiélago canario. En este caso, el número de siniestros ha aumentado durante los años 2000-2010 así como la superficie afectada, debido a dos grandes incendios acontecidos en 2007.
- Las Comunidades interiores, integradas por las provincias del resto de Comunidades salvo Zamora y León. Tanto el número de incendios como la superficie afectada sigue una trayectoria decreciente durante el decenio.

En cuanto a los GIF, los Grandes Incendios Forestales (de más de 500 ha), se observa una tendencia más o menos estable. Si se tienen en cuenta las estadísticas de cada uno de los años, existe una gran variabilidad tanto en número como en superficie afectada, presentándose picos elevados si la meteorología ha sido adversa como ocurre durante ciertos períodos de sequía o de vientos extremadamente fuertes en la época estival. En el último decenio, el 39,7% de la superficie quemada se debe a los GIF ocurridos durante estos años. 274 GIF se han producido en el último decenio, dando una media de 27,4 incendios anuales. Sin embargo, la cifra es enormemente cambiante entre los años y entre Comunidades Autónomas (MAGRAMA, 2012). En los tres años posteriores al decenio, el número de GIF fueron 24, 39 y 17 respectivamente. 2012 fue el año que más superficie se quemó y se explica por el aumento del número de grandes incendios (MAGRAMA, 2013a, MAGRAMA 2013b, MAGRAMA, 2014).

Si referimos el porcentaje de GIF con respecto al total de siniestros producidos, se mantiene durante toda la serie histórica por debajo de 1,9%, descendiendo a una media de 0,16% durante el período 2000-2011. Más interesante es el valor de la superficie afectada, ya que aunque ocurran menos Grandes Incendios, estos pueden seguir afectando a una superficie muy importante. Este dato se ha mantenido más o menos constante a lo largo de la historia, reflejándose un pequeño ascenso en los últimos años. Durante el decenio estudiado, el 37% de la superficie dañada corresponde a la quemada por los GIF (MAGRAMA, 2012).

Es también interesante tener en cuenta la distribución estacional de los incendios forestales que ocurren en nuestro país. Analizando el decenio en cuestión, se observa que agosto, julio y septiembre alcanzan un máximo en número de incendios, seguido de cerca por marzo. Sin embargo, el mayor porcentaje de superficie quemada coincide con los meses de julio y agosto principalmente.

Por tanto, se deduce que en la mayor parte de España, la época de mayor peligrosidad y riesgo es la estival. En marzo se presenta un máximo relativo correspondiente a la zona Noroeste, debido a los vientos de componente Norte, de gran poder desecante que favorecen a su paso la propagación del fuego. No obstante, cabe mencionar que los factores meteorológicos están cambiando en los últimos años, dando lugar a máximos y mínimos (de temperatura y precipitaciones) desplazados en el tiempo con respecto a la media. Se pueden producir años anómalos, como el 2011, que presentó los máximos de peligrosidad de incendios en abril y octubre (MAGRAMA, 2013). El mes que presenta mayor superficie quemada durante los años 2000-2010, es agosto con 97.394,66 ha/10años (MAGRAMA, 2012).

Las causas por las que se producen los incendios forestales pueden ser conocidas o desconocidas. A lo largo de los años, se han ido perfeccionando los informes tras la ocurrencia de un incendio forestal, pero aún existe un porcentaje de incendios sin esclarecer. En este último decenio, se consiguió averiguar el origen del 84,62% de los fuegos originados.

Asimismo, las causas conocidas se pueden clasificar en cuatro grupos establecidos: rayo, negligencias o accidentes, intencionadas y reproducciones de incendios. Es alarmante que el 78% del total correspondan a causas de origen antrópico, afectando a un 82,6% de la superficie total incendiada. En este grupo, la causa intencionada es con mucho la que mayor número de incendios produce y mayores superficies quema. La premeditación del causante hace que el incendio sea efectivo y se propague, actuando esencialmente durante el ocaso y la noche, cuando los medios de extinción tienen más dificultades para operar (los medios aéreos sólo trabajan de día), recrudesciéndose así los efectos del fuego.

En cuanto a las especies dañadas, cabe destacar a nivel nacional *Pinus pinaster* y *Pinus halepensis* como coníferas; y como frondosas, *Eucayptus globulus* y *Quercus ilex* (MAGRAMA, 2012).

Aunque no sea el objetivo de este proyecto, merece la pena hacer un pequeño resumen de la mejora de los medios de extinción. Desde los años 90, las competencias en Defensa Forestal están transferidas a las Comunidades Autónomas, que han desarrollado sus propios dispositivos de extinción, destacando los medios aéreos. El Estado se especializa en coordinar y dar apoyo a las diferentes Comunidades. Existen dos situaciones en las que intervienen los dispositivos del Estado, las cuales se pueden dar al mismo tiempo. Una de ellas es que la gravedad del incendio sea tal, que requiera mayor disposición de medios. Otro escenario se origina si se producen tantos incendios simultáneamente en zonas suficientemente cercanas como para que no haya disponibilidad de medios de extinción para cubrir las áreas afectadas y se requiera refuerzo estatal.

En el último decenio se consolida la tecnología aprovechando los nuevos avances producidos en los sectores de la telecomunicación y la informática. De igual modo, mejora la formación de los profesionales, las medidas de seguridad, así como la precisión de localización de focos, la rapidez de actuación y la generación de bases de datos. El colectivo de profesionales dedicados a la extinción de incendios forestales ronda las 20.000 personas apoyados por casi 300 aeronaves en el período de máximo riesgo (MAGRAMA, 2012). Los medios terrestres son los principales dispositivos de extinción estando presentes en el 97,84% de los siniestros. La intervención de los medios aéreos siempre ha estado ligada a aspectos socioeconómicos. Durante el decenio 2000-2010, se ha incrementado el número de unidades en un 44% y el potencial de extinción de medios aéreos en un 40%. La utilización de medios aéreos permite una mejora en los tiempos de llegada al incendio especialmente en zonas de difícil acceso, por lo que son de gran importancia. La mayor parte de los incendios, el 76,79%, son extinguidos exclusivamente por medios terrestres. La intervención de medios aéreos requiere un elevado coste, por lo que se optimiza al máximo (MAGRAMA, 2012).

En cuanto a la prevención, no es fácil evaluar la efectividad de una actividad preventiva frente al riesgo que supone no intervenir en una determinada superficie, por lo que supone un gasto económico del que no se tienen datos de rendimiento en términos reales.

Por parte de la Administración General del Estado, trabajan en España hasta 18 Equipos de Prevención Integral de Incendios Forestales (EPRIF) formados por 56 profesionales que fomentan prácticas entre la población rural para disminuir el riesgo de incendios durante el período noviembre-abril. Se centran fundamentalmente en el control de la quema de pastos, matorrales y restos agrícolas, pero realizan otras actividades como la disminución del combustible arbolado o el control de la quema de pastos, matorrales y restos agrícolas. Asimismo, organizan campañas de concienciación en función de las condiciones de la población en que se encuentra una zona determinada.

También hay Brigadas de Labores Preventivas (10) dependientes del MAGRAMA que actúan igualmente fuera de la campaña de extinción. Están formadas por unos 500 profesionales, de los cuales un porcentaje pertenece a las BRIF durante la campaña de extinción. Se dedican a atenuar el riesgo mediante actuaciones selvícolas, reduciendo y controlando el combustible además de facilitar las labores de extinción.

Asimismo, tanto el Ministerio como las CCAA han desarrollado campañas de sensibilización durante los últimos años con la intención de recordar a la población la necesidad de extremar las precauciones ante la posible generación de incendios, buscando la contribución comunitaria a la labor de prevención.

Existen otras actuaciones novedosas elaboradas durante este período. Una de ellas, es la aprobación de la Estrategia Española para el Uso Energético de la Biomasa Forestal Residual elaborada por la Comisión Estatal del Patrimonio Natural y la Biodiversidad. Tiene como finalidad fomentar el uso energético de los restos de aprovechamientos forestales y de los productos resultantes de tratamientos selvícolas de mejora o preventivos (MAGRAMA, 2012). Además, en el marco de la política europea de desarrollo rural se plantea como uno de sus objetivos “la mitigación de la desertificación y prevención contra los incendios forestales”. El Ministerio cofinanció entre los años 2007-2013 medidas de prevención de incendios forestales a través de transferencias de crédito a las Comunidades Autónomas, las cuales presentan diferentes planes de desarrollo rural (MAGRAMA, 2012).

Centrando la atención en la Comunidad Autónoma de Madrid, 2.968 siniestros se han producido en el último decenio, de los cuales 3 han sido GIF. La superficie forestal total afectada ha sido de 11.379,98 ha, siendo 9.310,35 ha no arboladas. El 22,41 % de la superficie total quemada fue consecuencia de los grandes incendios.

Manteniendo la tendencia de los últimos años, Madrid no destaca ni por un gran número de incendios ni por grandes superficies quemadas si se compara con otras Comunidades Autónomas. Se sitúa en el 2,4% de la superficie arbolada quemada respecto al total nacional (dividiendo la superficie quemada entre la superficie de la Comunidad Autónoma y refiriéndolo a su vez a la superficie quemada del país). En cuanto a la superficie forestal, se encuentra en el 13,6% respecto del total (MAGRAMA, 2012).

Las especies arbóreas más afectadas en este territorio son: *Pinus pinea*, *Pinus halepensis* y *Quercus ilex*, dos de las cuales corresponden a la vegetación presente en el Monte de Valdelatas.

En Madrid, la mayor parte de la superficie forestal dañada corresponde a propiedad pública, ya sea del Estado o de la Comunidad, ya esté Consorciado, sea de Utilidad Pública o no esté Catalogado. La diferencia no es grande, ya que atañe al 55,07%, pero es interesante puesto que en otras Comunidades Autónomas es mucho mayor el porcentaje de propiedad privada afectada (MAGRAMA, 2012).

Madrid tiene un carácter especial por registrar la mayor densidad de población de todas las Comunidades. Esta situación origina que, prácticamente cualquier incendio producido dentro

de este territorio, ponga en peligro alguna vida humana o afecte algún aspecto de la vida metropolitana, es decir, no sólo amenace la masa forestal, sino las aguas, los bienes inmuebles que se encuentren cerca, las vías de comunicación, etc. (Alonso-Martirena, 2011).

Además, es necesario recalcar que de las 802.769 ha de Madrid, 420.093 ha son consideradas forestales, de las cuales prácticamente la mitad están clasificadas como arboladas. La enorme presión demográfica que sufre este territorio hace más probable la declaración de un incendio, pero también se actúa con mayor rapidez en su extinción al haber más vigilancia por la casi permanente presencia humana (Alonso-Martirena, 2011).

Hoy en día, cuando la efectividad de los medios de extinción se encuentra próxima a su límite (no hay grandes avances tecnológicos ni aumento de inversiones), las posibilidades de continuar reduciendo el impacto de los incendios forestales pasan por la adopción de estrategias preventivas que minimicen los riesgos (Ruiz-Mirazo, 2007).

En los últimos 30 años muchas actividades rurales han dejado de practicarse y han sido abandonadas por no ser competitivas en el mercado actual. El uso de pastos, cultivos y aprovechamiento de leñas hacía que se mantuviera un paisaje heterogéneo y menos propicio a la generación de incendios. Actualmente se observa en muchos montes una acumulación de biomasa que provoca una pérdida de valor de los recursos forestales por no existir la regeneración del arbolado y no ser apenas transitables, además de contribuir a la homogeneización del paisaje, lo que explica en gran medida la proliferación de incendios forestales (Ruiz-Mirazo, 2011).

El sur de Francia es la referencia como integrante de pastoreo en la prevención de incendios en sus bosques mediterráneos. Desde la década de 1980 se está investigando con dos objetivos: la defensa del monte y la reintegración de la actividad pastoral. Posee más de 20 años de experiencia y un seguimiento en el marco de las áreas cortafuegos (Réseau de Coupures de Combustible, RCC) integrado dentro del proyecto DFCl: Défense de la Fôret Contre les Incendies (González-Rebollar, 1999).

En España existen varios proyectos gubernamentales elaborados por diferentes Comunidades Autónomas, interesadas en la integración del ganado en el monte con el fin de disminuir la biomasa acumulada.

La Generalitat Valenciana se ha interesado por la integración del pastoreo como sistema de prevención ya que los incendios en esta zona son recurrentes. En 1996 se creó un programa en el que se estableció un régimen de primas compensatorias para control del pasto y matorral en las áreas cortafuegos de la Comunidad Valenciana y Castellón (DOCV, 1996). La efectividad del ganado para controlar el combustible en varias áreas cortafuegos ha sido estudio de una tesis doctoral. En ella se ha evaluado el efecto de ganado caprino en un bosque formado por *Quercus coccifera*, *Thymus vulgaris* y *Rosmarinus officinalis*, llegando a disminuir el fitovolumen entre una tercera y cuarta parte del evaluado en las parcelas control (Dopazo, 2009).

En Castilla y León se inició una Medida Agroambiental de Gestión Integrada de las Explotaciones Ganaderas Extensivas para Actuaciones de Desbroces en Zonas de Prados y Pastizales en el período 2000-2006. Posteriormente quedan reguladas las ayudas en favor del medio forestal, cofinanciadas por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER), en el marco del programa de Desarrollo Rural de Castilla y León 2007-2013 (Orden MAM/38/2009 de 16 de enero). En este caso, cada ganadero elabora un plan silvopastoral para su explotación revisado por un técnico competente y se firma un contrato mediante el cual se concede la subvención correspondiente en función de la superficie, y la raza utilizada. El programa, conocido como Programa de Desbroces Ganaderos, ha permitido disminuir sustancialmente las quemadas de pastos en comarcas conflictivas, llegando a disminuir hasta un 80% el número de incendios en algunas zonas (González-Rebollar, 2011).

El Gobierno de Aragón inicia en 2005 un Plan de Ganadería Extensiva para asegurar la sostenibilidad de los recursos ganaderos en los terrenos forestales e iniciar su participación en la prevención de incendios. Durante los primeros años se contó con el apoyo científico del Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC) y más adelante, en 2008, se amplió este sistema silvopastoral a un mayor número de montes. Este programa sin embargo, difiere del resto en que no hay remuneración directa sino que la compensación se realiza mediante dotación de infraestructuras ganaderas (Ruiz-Mirazo; 2011).

La iniciativa más destacada en este sentido es probablemente la llevada a cabo en Andalucía por la RAPCA: Red de Áreas Pasto-Cortafuegos en Andalucía, creada en 2005. En este contexto, la tesis de Jabier Ruiz Mirazo explica detalladamente un seguimiento realizado en Granada durante 7 años. El ganado que utiliza es ovino segureño (500 cabezas) mezcladas con una treintena de cabras de raza mezclada. La vegetación arbórea está formada por pino carrasco en su mayor parte, con algún ejemplar de piñonero y ciprés. Los resultados, aunque mucho más extensos y meticulosos, apoyan los de este estudio en muchos aspectos.

En Cataluña, el pastoreo con fines de prevención de incendios queda contemplado en el Plan de Desarrollo Rural, que en 2007 estableció una prima a las explotaciones ganaderas. Este respaldo económico está dirigido a aquéllas que realicen pastoreo en los Perímetros de Protección Prioritaria que cubren aproximadamente el 40% de Cataluña (Ruiz-Mirazo, 2011).

Otro proyecto conocido como Foresmac: Cooperación y Sinergias en materia de aprovechamiento Forestal Sostenible en la Región Macaronésica, surgió en 2006. Supone compromiso por parte de los Gobiernos de la región Macaronésica de defender una estrategia común que permita la sostenibilidad de los Recursos Forestales y su contribución para el desarrollo económico, ambiental y social. Entre las múltiples acciones llevadas a cabo por este proyecto hay una que engloba el control de vegetación mediante manejo de ganado extensivo sobre infraestructuras de defensa contra incendios: cortafuegos, fajas auxiliares y redes de alta presión (FORESMAC, 2006). Se ha realizado un estudio en la isla de la Palma en el que se ha evaluado la viabilidad de las razas autóctonas ganaderas (vaca, cabra, oveja y cerdo) para diferentes unidades de vegetación. Se observa una clara reducción de la vegetación aunque existen dificultades en la utilización del ganado por escasez de individuos y por las grandes distancias a las que se encuentran las redes cortafuegos y las explotaciones ganaderas (FORESMAC, 2006).

Además, se han realizado estudios en otras Comunidades, aunque muy dispersos en su conjunto. Entre ellos, cabe citar uno elaborado en Galicia, por ser uno de los primeros ensayos efectuados, aunque con un objetivo de producción maderera. Éste consistió en la introducción de diferentes especies de ganado en plantaciones, concretamente cabra, oveja, caballo y cerdo. Durante años se examinó la eficacia sobre las plantaciones, formadas por *Eucalyptus globulus*, *Pinus pinaster*, *Pinus sylvestris* y *Pinus radiata*. De forma general y como era esperable, al introducir el ganado se observa una clara reducción de la biomasa de combustible que varía según las condiciones de cada una de las experiencias llevadas a cabo (Rigueiro, 2005).

El pastoreo intensivo continúa siendo una fuente de conflicto hoy en día por parte de las administraciones y es necesario ordenarlo para que esté controlado. Cuando se trata de una zona arbolada, el pastoreo puede producir daños a la masa o al regenerado, estando muchas veces restringido o prohibido su acceso. Sin embargo, no es en este aspecto en el que se focaliza el estudio. Las fases incipientes de una repoblación tienen un carácter especial y deben estar sometidas a un mayor cuidado para favorecer su éxito.

El problema viene más adelante, cuando ya se ha obtenido una masa arbórea de una cierta edad perfectamente estable y se procura mantener el monte en buen estado. Esto quiere decir que se deben realizar las actuaciones selvícolas necesarias de limpias, clareos, podas o desbroces para conseguir una masa sana, madura, productiva, además de mejorar la defensa del monte, tanto frente a enfermedades como frente a incendios.

Las actividades silvopastorales no pretenden eliminar por completo la actuación de maquinaria y mano de obra forestal, que seguirá siendo necesaria, sino retrasar la frecuencia de intervención, abaratando costes y permitiendo un desarrollo y una mayor diversidad de los recursos forestales. La acción que realiza el ganado sobre la vegetación puede asimilarse al desbroce. El resto de tratamientos selvícolas necesarios para el mantenimiento de la masa forestal se deben seguir ejecutando con la regularidad establecida en cada caso.

Una cuestión de gran importancia es la utilización de una especie de ganado adecuada a la vegetación del monte que se pretende reducir.

La cabra es una especie rústica, adecuada para controlar la vegetación leñosa por ser un animal lignívoro. De esta forma sería más adecuado introducirla en primer lugar si se trata de un monte muy matorralizado y de difícil transitabilidad. El ganado caprino puede ser bastante agresivo además de poco selectivo, siendo capaz de ramonear especies arbóreas tales como pinos, frondosas y otras especies leñosas por lo que según la carga que soporte el monte, puede producir daños importantes (Trías Trueta, 1996).

Al igual que las cabras, los caballos son especies rústicas y lignívoras adecuadas para un primer desbroce del monte. Reducen el combustible presente en el monte minimizando el riesgo de incendios. Con el pisoteo también contribuyen a desmenuzar el combustible vegetal muerto, acelerando el proceso de descomposición y mineralización del mismo, a lo que también favorece la fertilización aportada con las deyecciones (Trías Trueta, 1996). Los caballos son compatibles con los pinos mientras que las cabras, si la copa está a su altura, los dañan de forma irreversible.

Por otro lado, ovejas y vacas tienen preferencia por el pasto herbáceo y no admiten en su dieta grandes cantidades de vegetación leñosa, por lo que son más efectivas en pastos o zonas encespadas (Rigueiro, 2002).

En cualquier caso, resulta esencial conocer la conducta de pastoreo y la interacción del animal con el pasto así como la estrategia de manejo bajo diferentes situaciones de cubierta vegetal y disponibilidad. Por lo tanto resulta bastante complejo calcular el valor nutritivo de los componentes de una cubierta vegetal para los animales en pastoreo (Osoro, 2005).

En este proyecto se pretende estudiar el uso de un pastoreo intensivo en las áreas pasto-cortafuegos mientras que el resto del monte queda intacto o con una carga asumible de ganado. El tipo de ganado (ovino) y la estrategia a seguir vienen ya establecidos, aunque sería interesante una comparativa entre diferentes especies.

El sobrepastoreo puede producir unos efectos negativos que es necesario tener en cuenta, ya que según el uso del monte y la situación en la que se encuentre, puede no ser conveniente. Hay varios problemas derivados de esta práctica:

- En primer lugar, se produce una mayor exposición a los agentes erosivos ya que la vegetación que cubre el suelo se ve disminuida. Se favorece la erosión hídrica a poca pendiente que exista y la eólica si es una zona seca. Si se tratase de zonas semiáridas, la desertificación sería un elemento a tener en cuenta.
- Por otro lado, la compactación del suelo debido al pisoteo favorece igualmente una mayor erosión.
- Otra de las consecuencias esperadas es que la composición florística del suelo se vea modificada, ya que el sobrepastoreo favorece las especies que no son consumidas por ser poco apetecibles por el ganado, además de aquéllas que tienen facilidad de recuperación (capacidad de rebrote). La biodiversidad del monte se vería modificada.
- Por último, la destrucción de árboles jóvenes. Si se trata de una plantación o de regeneración de una zona frágil, no sería recomendable introducir ganado (Kopta; 1999).

Con todo esto, se quiere recalcar la importancia de una gestión y control de esta práctica ya que en algunos casos podría ser contraproducente. En el caso que nos atañe, se busca un

sobrepastoreo en ciertas zonas porque el objetivo perseguido es la máxima eliminación posible de vegetación para romper la continuidad, por lo que está justificado.

Existen montes en los que subsisten conflictos entre los ganaderos, algunos que no presentan las estructuras necesarias para guardar el ganado y otros que carecen de puntos de agua. Del mismo modo, aquellas áreas que reúnen una flora protegida o en las que existe un objetivo de regeneración, no serían compatibles con un pastoreo ni tan siquiera extensivo (Ruiz-Mirazo *et al.*, 2007). En otros casos, la espesura puede ser tal, que no sería factible la introducción de ganado en la zona, puesto que su tránsito se vería dificultado y la acción que ejercería sobre la vegetación no sería visible.

Sin embargo, son muchas las ventajas del pastoreo extensivo controlado desde el punto de vista de la defensa del monte y también del ganado:

- El ganado aprovecha los recursos del monte en las zonas por las que esté autorizado a pastar, pudiendo o no necesitar un suplemento alimenticio, pero en cualquier caso, abaratando costes de manutención.
- Además, mejora la transitabilidad tanto de personas como de vehículos; en este sentido es una ventaja si se busca favorecer una actividad recreativa.
- Mejora las pistas forestales que permiten a los vehículos realizar labores selvícolas, de saca, o de extinción de incendios.
- En cuanto a prevención de incendios, permite a priori retrasar la actuación de limpieza de monte por cuadrillas forestales que suponen un mayor presupuesto.
- Por último, se recupera una práctica tradicional ya en declive, integrándose en las labores preventivas.

En la Dehesa de Valdelatas se empezó a desarrollar un programa experimental englobado en el proyecto “Pastoreo Controlado como tratamiento preventivo contra incendios forestales” consistente en introducir ganado en ciertas zonas donde se han realizado tratamientos preventivos contra incendios. Está incluido en el programa de Desarrollo de Actuaciones en Materia de Conservación del Medio Ambiente, financiado por la Obra Social La Caixa durante las anualidades de 2011 y 2012. En los dos siguientes años, dicho proyecto continúa vigente con presupuesto propio de la Dirección General de Protección Ciudadana (encuadrado dentro de la Consejería de Presidencia, Justicia y Portavocía del Gobierno).

El proyecto fue puesto en marcha en 2011 con un presupuesto de 225.000€. Cuenta con 15 explotaciones ganaderas y un total 4.275 cabezas de ganado. De ellas, la mayor parte, 2.720 cabezas, corresponden a ganado ovino, 1.220 a ganado caprino, 290 son de vacuno, 10 de ganado asnal y 35 de equino (SEOC, 2013).

La superficie total pastoreada en la Comunidad es de 574,8 hectáreas en las que se han practicado previamente fajas de seguridad y cortafuegos. El ganado pasta, ralentizando el crecimiento de hierba y matorral, que supone una carga combustible muy inflamable en caso de desencadenarse un incendio. Quedan incluidos los municipios de Valdemaqueda, San Lorenzo del Escorial, Robledo de Chavela, Alcobendas (Valdelatas), San Sebastián de los Reyes, Boadilla del Monte, Galapagar, Santa María de La Alameda, Buitrago de Lozoya y Puebla de la Sierra. (<www.madrid.org>, 2011).

El ganadero, recibe a cambio una compensación de 50 €/ha•año si la superficie delimitada como área pasto-cortafuegos ha sido correctamente pastoreada. Esta cifra se reduciría de manera proporcional si el ganado no ha pastado por la zona indicada o si el rendimiento ha sido menor del esperado.

Justificación y objetivos

El monte objeto de estudio tiene un carácter recreativo, caracterizado por una alta presencia humana que intensifica la probabilidad de ocurrencia de un incendio. El espacio se halla dominado por masas de pinar, encinar, y mezcla de ambas. Aparecen con diferentes espesuras,

acompañadas de matorrales sobre un pasto continuo, que en su conjunto favorecería la propagación del fuego.

Para minimizar el riesgo, se han realizado varias fajas cortafuegos que permiten además un tránsito más cómodo. Se quiere evaluar el mantenimiento de las mismas mediante ganado ovino. No existen muchos estudios acerca de este tipo de ganado, ya que la tendencia es pensar que se alimentará presumiblemente de herbáceas y no de leñosas. Este proyecto pretende indagar en el comportamiento de estos animales y valorarlo mediante mediciones estacionales. Los índices que influyen de forma más concluyente en la propagación de incendios son el fitovolumen y la biomasa, pero debido a limitaciones de presupuesto y de medios, el presente estudio se centrará en el primer factor.

Los objetivos del estudio son:

- Cuantificar el efecto del pastoreo mediante la medición de fitovolumen en parcelas elegidas según su diferente composición florística en diferentes épocas del año: verano, otoño y primavera (en invierno hay parada vegetativa), valorando las posibles diferencias.
- Comparar el efecto del careo sobre el pasto como especie herbácea y la encina como especie leñosa, determinando la apetencia de las mismas por los ovinos.
- Realizar un estudio económico comparando los costes que supone el mantenimiento del ganado frente a las actuaciones de desbroce realizadas por una cuadrilla forestal.
- Elaborar una propuesta de seguimiento y mediciones para posibles estudios futuros.

Material y métodos

Área de estudio

La Dehesa de Valdelatas linda al Norte con los terrenos de la Universidad Autónoma de Madrid, al Sur con el arroyo del Fresno y el término municipal de Alcobendas, y al Este con el término municipal de Alcobendas y la carretera C-607 de Madrid a Colmenar Viejo entre los puntos kilométricos 12,8 a 14,5 (Anexo 1).

Presenta una pendiente poco pronunciada siendo el desnivel inferior a 100 m en todo el territorio, con un punto máximo de 751m y un mínimo de 667m, y un valor medio de unos 700m (Génova, 1989).

Las características edáficas del suelo se caracterizan por su escasa capacidad de retención del agua, acidez moderada, buena aireación y permeabilidad y escasa fertilidad (Génova, 1989).

El clima se identifica como tipo IV7 de la clasificación de Allué: clima mediterráneo moderadamente cálido con inviernos fríos. La temperatura media anual es de unos 14°C, siendo la máxima en julio cuando se alcanzan los 29°C y la mínima en enero, situándose en -1°C.

En la Figura 1 se representa el climodiagrama correspondiente al período de estudio, desde mayo de 2013 hasta mayo de 2014. Los datos han sido facilitados por la Agencia Estatal de Meteorología y corresponden a las dos estaciones más cercanas a la Dehesa de Valdelatas, en El Goloso. Una de ellas se identifica con el código 3126I y la otra con 3126Y. Al tener dos mediciones por cada uno de los días del año, se ha hecho la media de correspondiente a cada mes y posteriormente entre las dos estaciones.

Se puede observar que el monte en cuestión sufre una sequía prácticamente permanente, salvo en los meses de enero y febrero donde se producen las precipitaciones máximas siendo las temperaturas mínimas. La época de temperaturas máximas coincide con la época estival: entre junio y agosto, meses en los que además, apenas llueve.

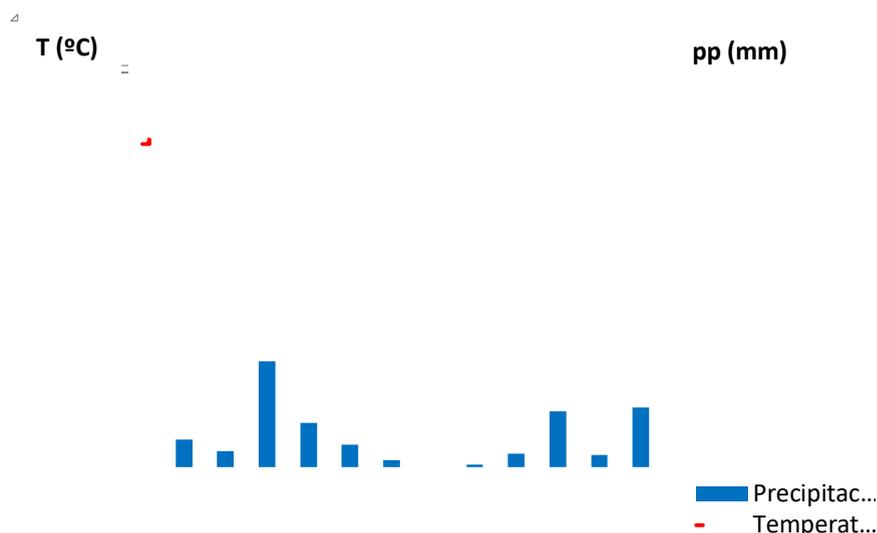


Figura 1: Climodiagrama correspondiente a la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia a partir de datos ofrecidos por la Agencia Estatal de Meteorología

Los usos tradicionales de este monte han sido la caza, recogida de leña, obtención de carbón vegetal y aprovechamiento de pastos. Sin embargo, fue prácticamente destruido durante la guerra civil por talas e incendios. Poco después fue repoblado con *Pinus pinea* y *Pinus pinaster* (Génova, 1989).

La serie de vegetación de esta área es la meso-supramediterránea guadarrámico-ibérica silicícola de la encina (*Junipero oxycedri-Quercetum rotundifoliae*). Predominan los pinos, fundamentalmente *P. pinea*, y *P. pinaster* en menor medida, como masas más desarrolladas, junto con *Quercus ilex* en diferentes estados de maduración según la zona (Rivas-Martínez, 1987). La densidad varía notablemente según se trate de pinares (mayor espesura), encinares (más abiertos) o masas mixtas (densidad intermedia). En este trabajo se ha medido el número de árboles por hectárea en cada zona a estudiar para tener una visión más precisa de la situación en la que se realiza la toma de datos.

Varios cursos de agua de poca importancia atraviesan el monte, destacando el de Arroyo de Valdecervero y el Arroyo del Monte, pertenecientes a la cuenca del Manzanares. Ambos permiten un desarrollo de una vegetación ripícola. Una de las formaciones corresponde a un grupo de olmos: *Ulmus laevis* Pallas, que es interesante por las escasas poblaciones existentes no sólo en la Comunidad de Madrid, sino en el resto de España (Martin; Gil, 2011).

Entre los matorrales, cabe mencionar la jara pringosa (*Cistus ladanifer*), el tomillo (*Halimium umbellatum*) y el jaguarzo (*Thymus zygis*) como especies dominantes, así como los retamares (*Retama sphaerocarpa*).

En cuanto a las herbáceas, existe gran diversidad en función de la composición del suelo, la profundidad, la insolación y la mayor o menor presencia de agua. Se clasificarían como pastizales terofíticos acidófilos (San Miguel, 2001), dominados por especies anuales, que pasan la época de sequía en forma de semilla. Las comunidades más representativas en el estudio de este proyecto han sido los lastonares (berciales): comunidades de altas gramíneas vivaces que se instalan bajo los encinares, y sobre todo, majadales empobrecidos que responden a un continuado pastoreo lanar (Génova, 1989).

En la época estival, las áreas del monte donde se va a realizar el estudio corresponden a los Modelos de Combustible 1 y 2 de la clasificación creada por Rothermel (1972) y Albini (1976). El modelo 1 se identifica con pastizal continuo, fino y seco, de poca altura (por debajo de la rodilla) donde el matorral o el arbolado cubren un tercio de la superficie. El modelo 2 se asigna a los pastizales acompañados de matorral o arbolado que cubren entre un tercio y dos tercios de la superficie. En este caso el combustible está formado por pasto seco, hojarasca y ramillas

caídas desde la vegetación leñosa. La velocidad de avance del fuego sería elevada por la continuidad que ofrece el pasto (Tecnosylva, 2011).

En el interior de la Dehesa se pueden encontrar varias infraestructuras. Una de ellas es la sede de la brigada situada en un antiguo vivero y al lado, se sitúa el aprisco donde están encerradas las ovejas por la noche.

De igual forma, existen dos puntos de agua dentro del monte. Uno de ellos, el más importante, es un depósito de 40.000 litros disponible en caso de incendio. El otro consiste en una alberca de vivero de mucha menor capacidad, y no demasiado útil para extinguir un posible fuego. Este monte tiene un carácter especial, podríamos decir de “monte urbano” debido a su situación, su uso y la alta presión humana a la que está sometido. Por ello se toma especialmente en serio la defensa del monte, permaneciendo particularmente vigiladas y despejadas de rastrojos las zonas limítrofes y fajas interiores. En caso de ocurrir un conato, existen numerosos puntos de agua en los alrededores que se podrían utilizar para actuar con rapidez.

En los últimos años se han producido un par de incendios limítrofes fuera del perímetro de Valdelatas. Uno de ellos tuvo lugar el 1 de octubre de 2004, de 16,54 ha y el otro ocurrió el 27 de junio de 2005 quemando 8,67 ha. El más reciente sucedió el 6 de abril de 2009, dentro del monte. Afectó a 0,83 ha por lo que se trató de un conato (menos de 1 ha).

Actividad ganadera

Se ha utilizado ganado ovino en lugar de caprino, porque es más útil en lugares con una elevada proporción de herbáceas. Sin embargo, el segundo es más apto en zonas con fuerte rebrote de estrato arbustivo. Por otro lado, el pastoreo caprino es más disperso y es difícil focalizar el consumo de grandes cantidades de biomasa en una zona concreta mientras que el ovino es más gregario y se logran obtener resultados más homogéneos (Varela *et al.*, 2010).

Actualmente pastan unas 750 ovejas, que pueden variar en número en función de las parideras del año y los corderos que se extraigan. Pertenecen a dos razas, ambas autóctonas de la Comunidad de Madrid y en peligro de extinción: la Colmenareña y la Rubia del Molar. Pastan por las 75ha de faja que tiene el monte con una frecuencia de aproximadamente 2 días por semana; es decir, dos de cada siete días pasan por el mismo punto. Al ser una superficie muy extensa, el pastor las conduce cada día por un sitio diferente terminando el recorrido completo a los 3-4 días y comenzando de nuevo el ciclo.

En época de período vegetativo, fundamentalmente en primavera, hay pasto en abundancia y apenas se salen de las fajas especificadas. El rendimiento es aparentemente menor ya que el pasto crece con rapidez y el efecto del pastoreo no es tan patente. Sin embargo, las diferencias respecto al resto del monte son notorias. Por otro lado, en otras épocas del año en las que hay una clara escasez de alimento, se procede de manera algo distinta. Se obliga a que las ovejas pasten por las fajas por la mañana, cuando están más hambrientas, para tratar de reducir los pocos matorrales leñosos, secos y endurecidos que existen; pero después se les permite pastar por otras zonas del monte con alimento más nutritivo. Esto se hace para evitar que pierdan peso y que se debiliten, ya que en caso contrario, no serían capaces de ramonear los tallos especialmente duros de encina.

Las ovejas se introdujeron agosto de 2011 por lo que están aproximadamente pastando en esa zona desde hace dos años y medio. La idea de este proyecto llevado a cabo por el Servicio de Incendios Forestales del Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid, es realizar una red de fajas principales formadas por una banda limítrofe al monte y dos fajas que lo cruzan de forma diametral, lo más perpendiculares entre sí posible. Está prácticamente todo acabado y la última de estas fajas pretende acabarse a finales de la primavera de 2014. Más adelante, es posible que se plantee una red de fajas-cortafuegos secundarias, más estrechas, pero que permitan la transitabilidad por ciertas zonas del monte.

Como curiosidad, decir que en el momento de crear las fajas cortafuegos, se extrae leña, fundamentalmente de encina. Debido a su baja rentabilidad por ser poca la cantidad, se regalan cupos a la gente que lo solicite y se entregan de forma ordenada para consumo propio.

Además de la limpieza que realiza el ganado ovino al repasar las fajas una y otra vez, se repasa con gradas una parte de las áreas cortafuegos correspondiente al perímetro del monte. Este hecho obedece a que es necesario tener un corte claro, que lo separe de las zonas urbanas para evitar cualquier posible propagación del fuego de una zona a otra.

En cuanto al mantenimiento del ganado ovino, en Valdelatas no se proporciona alimento suplementario alguno. Las ovejas pastan por las zonas obligadas de las fajas y cuando el alimento escasea y sólo hay matorrales leñosos, alternan las zonas que tienen interés en mantenerse limpias con otras zonas del monte en las que puedan nutrirse.

Tan solo se introducen dos productos en ciertos momentos. Uno de ellos es la piedra de sal, que sirve para aumentar la apetencia de la oveja y que sea capaz de consumir plantas más recias como es el berceo (*Stipa gigantea*). Otro, es una cierta cantidad de harina en el momento en el que se pretenda trasladar a la hembra que está a punto de parir, a una nave con el fin de que se acostumbre al pienso, para llevar un seguimiento exhaustivo del lechal durante su corta vida. En este monte no se lleva a cabo ninguna explotación de la leche por falta de infraestructuras adecuadas cercanas.

Colmenareña

Esta raza ovina procede del municipio de Colmenar Viejo, que le da nombre. Se trata de animales de pequeño tamaño aproximándose a la elipometría (menor del normal), debido al duro hábitat en el que viven. Pesan unos 45-50 kg las hembras y 50-60 kg los machos. Tanto la hembra como el macho están desprovistos de cuernos. Son de color blanquecino con una pigmentación oscura en cabeza y extremidades. Poseen vellón semiabierto y en la región frontal forman la llamada “moña”; no generan lana de calidad. Ocupan una zona de bastante altitud, con un clima continental destacado; muy seco y temperaturas muy bajas en invierno.

Se explotan tanto por su carne como por su leche, predominando la primera producción ya que la leche, aunque de calidad, no alcanza las cantidades de otras razas especializadas. En cuanto a la producción de carne, el cordero se alimenta solo de leche materna durante unos 30 días hasta que alcanza unos 10 kg en vivo que se reducen a la mitad una vez limpiados, desangrados y despiegados. En cuanto a la leche, tiene un contenido en grasa de 6,9%, un 5,1% de proteína y un 18,6% de extracto seco; produciéndose 510 litros por lactación a partir del segundo parto. Esta raza es muy rústica y tiene una gran capacidad de adaptación a medios duros, con menos necesidades nutritivas que otras razas de ganado ovino. Están sometidas a un régimen de explotación extensivo; salen a pastar todos los días del año y se alimentan de lo que obtienen en el propio monte (FEAGAS, 2010).

Rubia de El Molar

El nombre de esta raza se lo da la tonalidad rubia (marrón claro) que poseen su cabeza y extremidades, además de la procedencia del municipio de El Molar. Tienen un perfil subconvexo y eumétrico, manteniéndose en el peso medio. Ambos sexos pueden disponer de cuernos pero es un carácter que se presenta raramente y con más frecuencia en los machos. El pelo es de color rubio blanquecino y al igual que la raza anterior, presenta una cubierta de lana en forma de “moña” en la parte frontal. El vellón es abierto (cae a ambos lados del cuerpo debido a sus mechadas largas) con mechadas de forma cónica que forman fibras gruesas y de longitudes diferentes.

Pastan en zonas de climatología adversa, con suelo pobre y pastos escasos; al igual que la colmenareña, es bastante rústica y adaptada a condiciones poco óptimas. Produce tanto leche como carne. En cuanto a leche ofrece buenos rendimientos, obteniéndose en el primer parto

109 litros y en el resto 143 litros. La composición de la leche es de 6,4% de grasa, 5,3% de proteína y 18,5% de extracto seco (FEAGAS, 2010).

No obstante, como en el anterior caso, en Valdelatas no se benefician de la explotación láctea y se encaminan a la producción de lechal. Para ello, mantienen al cordero durante unos 30 días alimentado exclusivamente de leche materna hasta que llega a pesar 10-12 kg en vivo y 5-6 kg después del proceso (FEAGAS, 2010).

Elección de parcelas

Tras conocer la extensión y composición florística del monte, se opta por hacer un muestreo en tres zonas diferentes consideradas relevantes para el estudio.

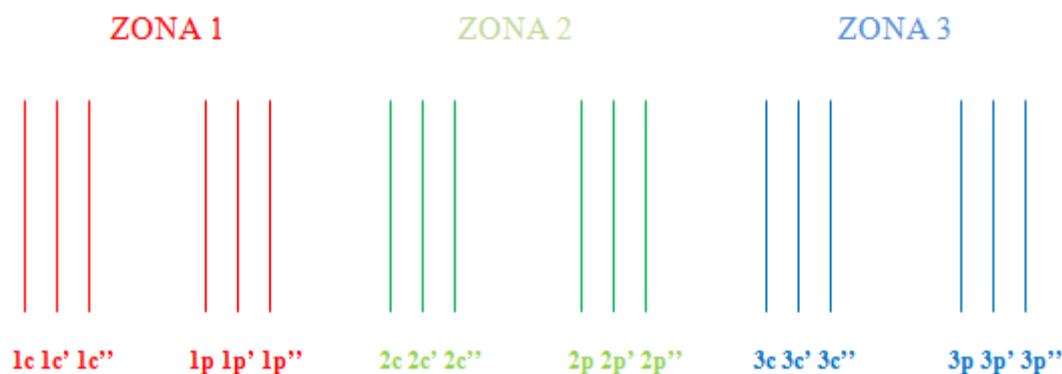
Zona 1: mezcla de pinar y encinar, predominando esta última formación.

Zona 2: masa de pinar madura.

Zona 3: recientemente desbrozada por maquinaria, en la que hay presencia de encina.

Después de barajar diferentes opciones en cuanto a la forma y extensión de la parcela, se opta por la sugerida en la tesis de Carlos Dopazo (Dopazo, 2008), ya que este trabajo, aunque menos exhaustivo, pretende seguir la misma línea.

Se descartó la opción de que fueran cuadradas o circulares porque habría que evaluar una superficie muy grande si se quiere representar la realidad con fiabilidad. En otro ecosistema podría ser indiferente, pero en este caso, al tratarse de una zona adhesionada, cabría la posibilidad de que en unas parcelas la encina las cubriera prácticamente por completo (un chirpial que crece concéntricamente) y otras en las que sólo hubiera representación de pasto. Ninguna de las situaciones se ajusta al escenario actual.



*c: control

**p: pastoreado

Figura 2: Esquema de tratamientos en las diferentes parcelas

El método a utilizar se denomina bulk-transect (Etienne & Legrand, 2004), mediante el cual se evalúan 6 parcelas en cada una de las zonas citadas, 3 de ellas son pastoreadas y las otras 3 restantes son de control, es decir, permanecen intactas y suponen el crecimiento normal de la vegetación existente sin intervención alguna (Figura 2).

Mediante este método, se establecen parcelas alargadas, también denominadas corredores, de 1 m de ancho por 20 m de largo. Tienen como objeto intentar captar la variabilidad florística en cuanto a especies y densidad en una zona, sin necesidad de analizar grandes superficies. Este método permite obtener una idea bastante aproximada de cómo es la distribución de la vegetación en cada área

Por falta de medios materiales disponibles, no ha sido posible cercar las parcelas control para impedir la entrada de ganado. Para suplir esta carencia, se han seleccionado como parcelas control aquellas parcelas donde se veía claramente que el ganado no transitaba. Aparecen algo alejadas de las parcelas pastoreadas ya que el pastor conduce las ovejas por ciertas fajas,

quedando otras muy cercanas y con las mismas características florísticas sin pastar. En todos los casos se han anotado todas las diferencias consideradas relevantes entre unas parcelas y otras para poder dar una explicación coherente a los resultados obtenidos, en particular el área basimétrica. Esta variable es interesante ya que a simple vista se observa que bajo el pino, que constituye la masa arbórea más madura, llega mucha menos luz a los estratos inferiores, habiendo menos pasto que en zonas más abiertas y con menos cubierta.

Una vez elegidas las parcelas, se perimetran con un GPS-60 Garmin que toma los puntos en el sistema de coordenadas WGS-84. Con la intención de facilitar la localización de las parcelas en las sucesivas épocas de muestreo (ya que no quedan señalizadas de forma material), se establece como punto de referencia un árbol y se anota la orientación de las mismas. Asimismo, se toman fotos en las que aparezca alguna referencia fácilmente identificable. Se pretende así conseguir una localización rápida que permita realizar una comparación cualitativa de las parcelas en las diferentes épocas de estudio.

A continuación, se vuelcan los datos en el ordenador a través del programa Mapsource que permite leer los datos del GPS utilizado. Posteriormente, utilizando el programa ArcGIS, se superponen las capas de los límites del monte, las fajas y las parcelas con sus correspondientes coordenadas. Se detecta un cierto error de localización, probablemente debido a que el GPS no tiene la precisión suficiente. Tras esta observación, se descargan del IGN las ortofotos correspondientes a la zona de estudio y se trata de hacer una corrección de la ubicación de las parcelas aproximando sus coordenadas al área real donde se hicieron las mediciones. En la tabla 1 se presenta un resumen con las coordenadas con las que se ha trabajado:

Tabla 1

Coordenadas de las diferentes parcelas (correspondientes al huso 30 T)

PINAR y ENCINAR (1)			
Parcelas	Coordenadas X (m)	Coordenadas Y (m)	Orientación
1c (*)	442414,45	4486319,56	345° (W-N)
1c'	442428,59	4486322,53	358° (W-N)
1c''	442480,14	4486294,38	294° (W-N)
1p (**)	442906,29	4486328,12	202° (S-W)
1p'	442927,18	4486290,96	162° (E-S)
1p''	442952,82	4486259,92	329° (W-N)
PINAR (2)			
Parcelas	Coordenadas X (m)	Coordenadas Y (m)	Orientación
2c	442014,43	4488135,79	90° (E)
2c'	441661,18	4488086,12	265° (S-W)
2c''	441635,32	4488089,41	45° (N-E)
2p	441972,33	4488166,96	90°(E)
2p'	441908,77	4488161,28	300 (W-N)
2p''	441376,57	4488091,44	225° (S-W)
ENCINAR - DESBROZADA (3)			
Parcelas	Coordenadas X (m)	Coordenadas Y (m)	Orientación
3c	443142,59	4487387,06	380° (W-N)
3c'	443133,34	4487408,71	25° (N-E)
3c''	443116,90	4487411,92	48° (N-E)
3p	443175,83	4487426,89	151° (E-S)
3p'	443175,59	4487396,06	241° (S-W)
3p''	443147,55	4487420,94	223° (S-W)

Nota: * c: parcelas control; ** p: parcelas pastoreadas

Elección de variables

Se desea evaluar el efecto del pastoreo en las diferentes parcelas, por lo que la variable más significativa a considerar será el fitovolumen, ya que la biomasa no se ha tenido en cuenta debido a la no disponibilidad de medios (no ha sido posible vallar las parcelas) y a la falta de instalaciones (estufas adecuadas para el secado de la biomasa vegetal). Esta última variable sería más precisa ya que es comparable con cualquier estudio por representar fielmente la presencia de una especie. Resulta más adecuada al tener en cuenta la densidad y espesor del pasto y la encina, lo cual es fundamental para que los resultados no desvirtúen la realidad. Con la biomasa se sabe a ciencia cierta la cantidad de materia vegetal existente en las parcelas, que sería comparable a cualquier otro estudio realizado en otra zona e incluso de otra climatología. Sin embargo, el fitovolumen crea un resultado sesgado porque realmente la variable que evalúa intrínsecamente es únicamente la altura que se ve modificada según la estación del año y lo consumido por el ganado. Esto no sería extrapolable a otros ámbitos ya que el crecimiento y la estacionalidad de otras zonas modifican el desarrollo de la vegetación, no pudiendo compararse entre ellas.

En este caso, se trata de un estudio de una zona bastante homogénea (en cuanto a clima y ganado) en la que las mediciones las realiza una sola persona, por lo que la posible subjetividad se entiende que es similar en todas las parcelas muestreadas y, por tanto, posible su comparación.

Además, se han valorado otros factores que pueden suponer la razón por la que un área sea más ramoneada que otra, por ser dependientes de la apetencia del ganado o su tránsito. Otros pueden influir en el crecimiento de herbáceas y matorrales pudiendo ser que su disminución no sea solo resultado de la actividad pastoril.

Existen factores que se consideran fijos e influyen en el crecimiento y evolución de la vegetación. No varían en cortos períodos de tiempo y sirven en sí mismos para definir las condiciones a las que se ve sometido el monte en cuestión. Se trata del clima y de la composición del suelo, que definen el tipo de vegetación que existe en el monte pero no suponen una variable en sí porque son homogéneos en toda la superficie. Aún y todo, conviene destacar que la primavera del año 2013 ha sido excepcionalmente lluviosa, lo cual ha posibilitado un desarrollo excepcional de la vegetación. Este hecho puede suponer que el efecto del ganado no sea aparente ya que el crecimiento del pasto es visible en pocos días si la climatología acompaña.

Por otro lado, la orientación y la pendiente no son tenidas en cuenta por no existir predominancia clara. Esta Dehesa es una zona llana, con una variación de 0 a 10% de pendiente en toda la superficie. Por lo que no hay una dirección predominante por la que el viento pudiera dirigir el fuego con mayor probabilidad.

A continuación se detallan las variables tenidas en cuenta en este estudio:

a) Fitovolumen de pasto y encina

Es el factor más relevante ya que gracias a él será posible evaluar la diferencia de volumen consumido entre parcelas y entre épocas de muestreo.

Tras localizar y perimetrar la parcela, se mide con una cinta métrica la superficie de pasto existente y su altura, anotando las observaciones oportunas según el grado de densidad y de sequedad del pasto.

En cuanto a la encina, se ha asignado a cada pequeño chirpial la forma geométrica a la que más se asemeja, midiendo lados o perímetros según el caso. Igualmente se ha medido la altura de la encina para poder calcular el volumen mediante las fórmulas de las diferentes figuras geométricas.

A continuación (Figura 3) se expone un ejemplo de una de las parcelas muestreadas. Es útil en cada uno de los estadillos dedicar un apartado a dibujar la parcela con las diferentes figuras a las que se puede asemejar el matorral. Al tratarse de parcelas muy alargadas, se dibuja a escala

1:50 el ancho y a escala 1:200 el largo situando aproximadamente las figuras. Esto facilitará el muestro de una época a la siguiente por dos razones: en primer lugar, la seguridad de que se trata de la parcela deseada al ver la cuantía de matorrales dibujados, y en segundo lugar, la estimación más precisa de los datos al partir de una figura concreta, no dando lugar a errores si se le atribuye otra figura diferente.

De esta forma los cálculos posteriores son rápidos y prácticamente automáticos al tratarse de fórmulas básicas.

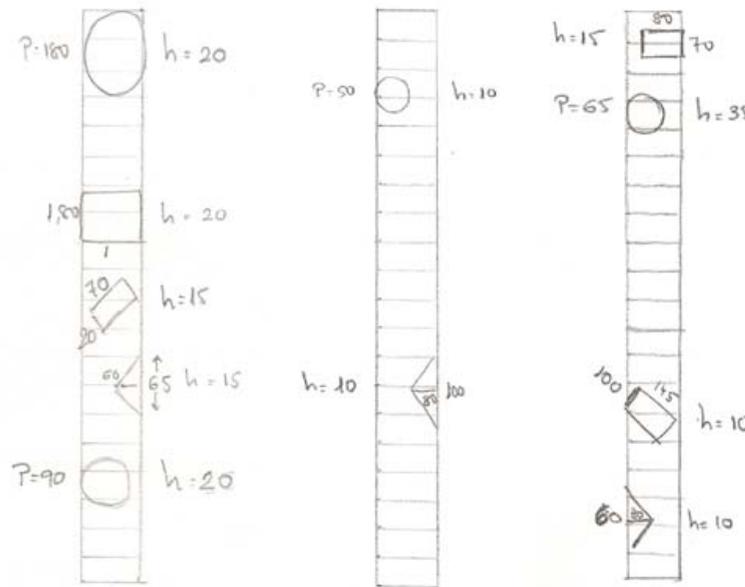


Figura 3: Esquema de tres parcelas

El fitovolumen se calcula con las fórmulas de las figuras geométricas representadas en la Tabla 2:

Tabla 2
Figuras geométricas - Cálculo de Volúmenes

Figura	Nombre	Volumen (fórmula)
	Ortoedro	$V = a \cdot b \cdot h$
	Prisma triangular	$V = \frac{b \cdot a}{2} \cdot h$
	Cilindro	$V = \pi \cdot r^2 \cdot h = \frac{P^2}{4 \cdot \pi} \cdot h$

Estas formas sólo son atribuidas a los diferentes chirpiales de encina, mientras que el pasto es más fácil de evaluar por ser una vegetación que crece en amplias superficies continuas. En este

caso será suficiente con perimetrar el área de pasto y medir la altura, como si de un ortoedro se tratase.

b) Efecto del ganado

Se asignan grados de palatabilidad a las diferentes parcelas muestreo. Se toman 4 valores: de 0 a 3, siendo 0 si está intacto (presumiblemente será el correspondiente a las parcelas patrón) y 3 si está completamente consumido. Se trata de una variable cualitativa subjetiva que es interesante para razonar alguno de los resultados. En este punto es importante destacar la idoneidad de que sea siempre la misma persona quien tome los datos, lo que garantizará una homogeneidad de criterio y, por tanto, la posibilidad de efectuar comparaciones entre parcelas. Los datos pueden observarse en la Tabla 3.

Tabla 3

Tasa de consumo de pasto y encina en las diferentes parcelas y épocas de medición

PINAR y ENCINAR (1)						
Parcelas	Tasa de consumo pasto			Tasa de consumo encina		
	Verano	Otoño	Primavera	Verano	Otoño	Primavera
1c	0	0	0	0	0	0
1c'	0	0	0	0	0	0
1c''	0	0	0	0	0	0
1p	3	2	0	2	2	1
1p'	2	3	1	2	2	1
1p''	3	2	0	2	2	1
PINAR (2)						
Parcelas	Tasa de consumo pasto			Tasa de consumo encina		
	Verano	Otoño	Primavera	Verano	Otoño	Primavera
2c	1	0	0	-	-	-
2c'	1	1	0	1	2	1
2c''	0	0	0	-	-	-
2p	3	0	0	-	-	-
2p'	3	2	0	2	1	0
2p''	2	2	1	-	-	-
ENCINAR - DESBROZADA (3)						
Parcelas	Tasa de consumo pasto			Tasa de consumo encina		
	Verano	Otoño	Primavera	Verano	Otoño	Primavera
3c	0	0	0	0	2	0
3c'	0	0	1	0	1	0
3c''	0	0	0	0	1	1
3p	3	0	2	2	2	1
3p'	2	2	1	2	2	2
3p''	2	2	1	2	2	1

Nota: 0: intacto, 1: apenas consumido, 2: bastante consumido, 3: completamente consumido

c) Análisis de la masa arbórea

Se contempla la cobertura arbórea, compuesta principalmente por *P. pinea* como una variable influyente ya que de ella depende un desarrollo mayor o menor de las especies de sotobosque. La parcela desbrozada, formada tan solo por encinar en una etapa de maduración poco desarrollada, no se ha contemplado. Son árboles de menos de 3 m de altura que apenas ofrecen sombra al terreno.

Del pino piñonero se mide el diámetro, la altura, la densidad y el área basimétrica de la masa existente en la parcela y alrededores. El diámetro de los árboles más cercanos se ha medido con una forcípula a la altura normal (1,30m). La altura se ha obtenido con un relascopio de Bitterlich (modelo MS) tomando los datos en la escala de 20. Por último se ha evaluado el área basimétrica, definida como la relación existente entre la superficie de las secciones normales de los árboles de una determinada masa expresada en m², y la del terreno que ocupan expresada en hectáreas. Escogiendo un punto central, se realiza un giro de 360° contando los árboles que quedarían dentro de la banda de los 1 (sea mayor que ésta) representada en la mitad inferior de la esfera del visor. Los diámetros que sean inferiores a la banda de los 1 se cuentan como 0 y los que sean de igual longitud, como 0,5.

A partir del área basimétrica y del diámetro medio normal, se calcula la densidad de la masa. Tan sólo se han recogido estos datos de los pinos de las zonas 1 y 2 (Tabla 6) puesto que la 3 corresponde a la zona de encinar recientemente desbrozada, y la masa no está apenas desarrollada, como se ha comentado. Los diámetros son pequeños y la espesura no es suficientemente significativa como para suponer una cobertura para los estratos inferiores.

Tabla 4

Análisis de la masa arbórea - Noviembre 2013

PINAR y ENCINAR (1)				
Parcelas	Diámetro normal medio (cm)	Altura media (m)	Área basimétrica media (m²/ha)	Densidad (pies/ha)
1c	37,63±[34,2;43,1]	6,25±[5,0;7,0]	20,50	184,30
1c'	36,85±[34,2;43,1]	6,75±[6;7,5,0]	12,00	55,16
1c''	34,50±[32,2;40,3]	6,50±[6,0;7,0]	11,00	103,14
1p	52,63±[44,2;61,3]	7,00±[6,0;7,5]	15,00	66,93
1p'	53,42±[44,2;61,3]	7,00±[6,0;7,5]	9,00	96,27
1p''	47,50±[45,9;49,1]	7,75±[6,0;9,0]	11,00	62,07
PINAR (2)				
Parcelas	Diámetro normal medio (cm)	Altura media (m)	Área Basimétrica media (m²/ha)	Densidad (pies/ha)
2c	36,58±[21,5;49,3]	8,50±[8,0;10,0]	55,00	523,48
2c'	34,32±[29,2;38,0]	7,50±[5,5;9,0]	57,50	745,48
2c''	37,32±[33,7;41,5]	7,50±[5,5;9,0]	57,50	621,68
2p	30,64±[21,2;34,2]	9,00±[8,5;9,0]	55,00	214,51
2p'	40,77±[20,3;56,0]	9,20±[8,9;5,0]	28,00	525,74
2p''	41,05±[36,6;47,7]	9,20±[8;9,5,0]	29,00	211,56

Resultados y discusión

Evolución del fitovolumen de pasto y encina de la Zona 1

Tras realizar el cálculo de volúmenes parcela a parcela, se halla la media de las 3 pastoreadas y los 3 controles de cada una de las zonas y en cada una de las épocas, para evitar distorsiones. A continuación se presenta la Figura 4 correspondiente a la zona de masa mixta de pinar y encinar. En él aparece representado con barras azules el pasto que permanece en el suelo (el correspondiente a las parcelas control) y en rojo el pasto consumido (es decir, la diferencia entre el pasto medido en las parcelas control y el encontrado en las pastoreadas).

Tanto en la Figura 4 como en la Tabla 5, se observa que el pasto presente en el terreno desciende del verano al otoño, lo cual es lógico ya que en su mayoría se trata de pastos anuales que mueren a finales de verano y en otoño apenas quedan en pie.

En otoño, el pasto estaba prácticamente en su totalidad seco y no era muy denso, lo cual puede dar una idea equivocada de la cantidad presente.

Otro dato que aparece representado en este gráfico es el consumo de herbáceas. Éste aumenta en otoño, probablemente debido a la disminución de recursos con la entrada de la estación y, por tanto, se aprecia el agotamiento del pasto hasta casi su desaparición, mientras que en primavera el consumo apenas es considerable. En este caso, la rapidez de desarrollo de las herbáceas provoca que vuelvan a crecer en cuestión de una semana, sin ser aparente el paso de los ovinos.

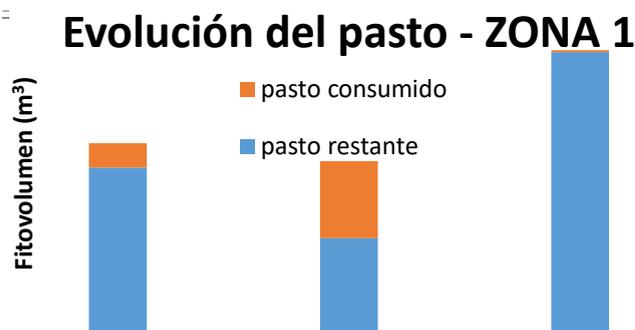


Figura 4: Evolución del fitovolumen en la Zona 1 a lo largo del período 2013-2014

Tabla 5

Porcentaje de pasto ingerido en la Zona 1

Verano	Otoño	Primavera
14,8 %	78,9 %	0,8 %

La Figura 5 representa la evolución de *Quercus ilex* a lo largo de las tres épocas muestreadas. El área donde se han situado las parcelas es la de mayor presencia de encina como matorral bajo por lo que los volúmenes son mucho mayores que en las otras dos zonas posteriormente expuestas.

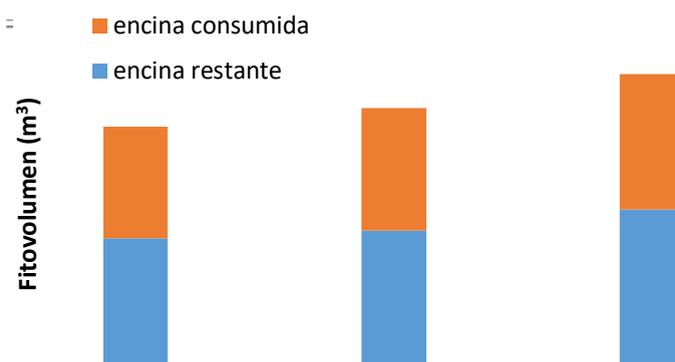


Figura 5: Evolución de la encina en la Zona 1: mixta de pinar y encinar, a lo largo del período 2013-2014

Tabla 6

Porcentaje de ingestión de *Quercus ilex* en la Zona 1

Verano	Otoño	Primavera
86,6 %	89,1 %	85,8 %

Curiosamente, la diferencia no es muy significativa entre ninguna de las tres fechas de medición, siendo el porcentaje de ingestión más o menos constante. Se observa que la encina que permanece en el terreno no varía demasiado de una época a otra, aunque la tendencia es a incrementarse muy lentamente. Cabría esperar que el consumo en verano y en otoño fuera mayor que en primavera por la falta de otros alimentos y sin embargo no ocurre así.

La razón de por qué la encina sigue aumentando a pesar de incrementar el consumo de la misma a lo largo del período estudiado, es que se trata de una especie perenne (no anual como es el caso de los pastos evaluados) y de gran capacidad rebrotadora. En campo se puede ver cómo la encina matorralizada se agrupa en superficies más o menos circulares. Cuando un brote es masticado, se muere, y brotan varios a su alrededor, repitiéndose este fenómeno en toda la extensión del círculo. Es así como a pesar de que se consuma una media del 87 % de encina, ésta sigue creciendo en valor absoluto. En cualquier caso, las diferencias no son muy significativas, por lo que habría que hacer un estudio de mayor precisión si se pretende afirmar que esta tendencia se mantiene en el tiempo.

Evolución del fitovolumen de pasto y encina de la Zona 2

La Figura 6 representa la evolución de las herbáceas en la zona de pinar. Al igual que el Gráfico 11, las barras azules son indicadoras del pasto restante en el suelo y las rojas suponen la diferencia entre parcelas control y pastoreadas, queriendo simbolizar la cantidad ingerida por el ganado.

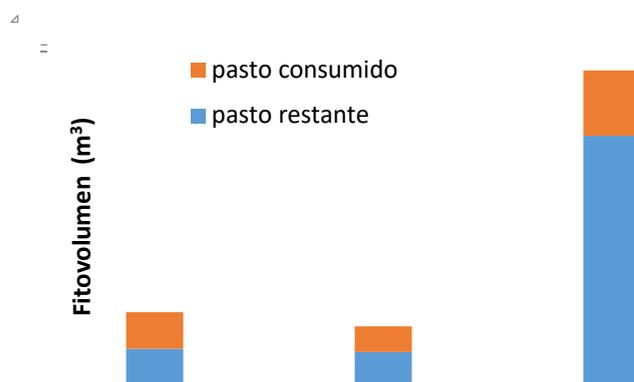


Figura 6: Evolución del pasto en la Zona 2: pinar, a lo largo del período 2013-2014

Tabla 7

Porcentaje de pasto consumido en la Zona 2

Verano	Otoño	Primavera
93,4 %	70,9 %	25,9 %

En esta zona se advierte la poca cubierta de pasto en verano y otoño, mucho menor que en las otras dos zonas muestreadas. La razón probablemente se deba a la mayor fracción de cubierta de la masa predominante, que impide el paso de la luz al suelo y, por tanto, produce un menor desarrollo. Este hecho hace que las mediciones sean más imprecisas ya que las diferencias entre parcelas control y pastoreadas no son muy significativas. Es más, no tiene sentido que en otoño el dato de ingestión sea menor que en verano, ya que entre estas dos épocas no ha habido crecimiento y en todo caso habrá habido un mayor consumo, pero en ningún caso debería haber disminuido.

En primavera se observa un crecimiento exponencial del pasto por ser época de abundantes precipitaciones, llegando a tapizar todo el suelo y, al igual que en el resto de zonas muestreadas, el consumo es menos apreciable en esta estación.

Al haber elegido como una de las áreas a muestrear una masa exclusiva de pinar, no existen chirpial de encina, por lo que no se muestra ningún gráfico al respecto.

Evolución del fitovolumen de pasto y encina de la Zona 3

En la Figura 7 se muestra la evolución de la zona de encinar, que fue la más recientemente desbrozada con maquinaria forestal. La tendencia se asemeja a las otras dos anteriormente

explicadas, manteniéndose más o menos constante entre el verano y el otoño por estar prácticamente seco en ambas épocas y siendo claramente mayor la presencia de herbáceas durante el período vegetativo. Se trata de una zona abierta, en la que la luz penetra sin ninguna dificultad y la masa de encina no está suficientemente desarrollada como para proyectar una sombra permanente en el terreno evaluado.

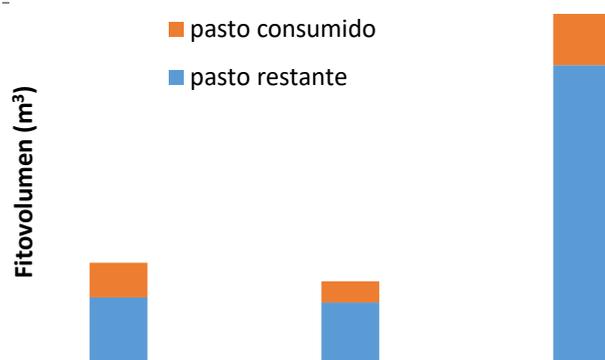


Figura 7: Evolución del pasto en la Zona 3 durante el período 2013-2014

Tabla 8

Porcentaje de pasto consumido en la Zona 3

Verano	Otoño	Primavera
48,5 %	32,4 %	17,0 %

Al igual que en el caso anterior, aunque no con tanta diferencia, no es lógico que en otoño haya menor consumo de pasto. La forma de calcular el pasto consumido es haciendo la diferencia entre lo que permanece de las parcelas control y las pastoreadas. Si estas cifras fueran ciertas, darían a entender que ha habido crecimiento cuando no es así, porque ya a finales de verano el pasto estaba seco.

En cuanto a la encina, según la Figura 8, parece que se ajusta más a lo que cabría esperar a priori de cualquiera de las zonas. En verano, el pasto está ya seco y el consumo de encina es pequeño quizá por la existencia de otras especies arbustivas más tiernas. En la época otoñal el pasto además de estar seco, ha desaparecido en su mayor parte; se consume más cantidad de encina por la falta de recursos. Por último, en primavera, con el aumento de pasto, se vuelve a consumir menos encina.

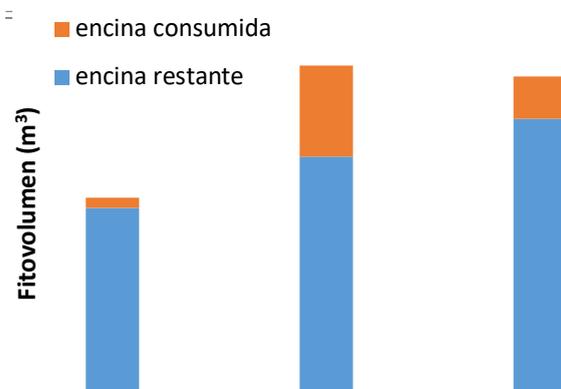


Figura 8: Evolución de la encina en la Zona 3: encinar, durante el período 2013-2014

Tabla 9
 Porcentaje de consumo de encina en la Zona 3

Verano	Otoño	Primavera
5,4 %	38,3 %	15,3 %

Por otro lado, el desarrollo de la encina va aumentando con el paso del tiempo, en lugar de disminuir, aunque en las fotografías este incremento no es apreciable de manera significativa. Una explicación puede ser que el ganado ovino efectivamente pastorea de forma eficaz las parcelas manteniendo la altura del matorral prácticamente a ras de suelo. Sin embargo, los chirpiales aumentan en extensión, ya que al cortar una yema apical, brotan varias a su alrededor, y así sucesivamente, ampliando los contornos del matorral. En resumen, lo que aumentaría a lo largo del tiempo es el número de brotes, pero no la altura.

Balance económico

En el monte de Valdelatas se desbrozaba de forma fundamentalmente manual cada 5 años. La cuadrilla forestal utilizada tenía un coste de 1.447,24 €/día con un rendimiento del 0,7 ha/día (datos facilitados por Pablo Cristóbal, Ingeniero Técnico Forestal del Servicio de Incendios Forestales del Cuerpo de Bomberos).

Desde la puesta en marcha del proyecto con el ganado ovino, la administración paga 50 €/ha•año como compensación al ganadero sólo si se han cumplido los objetivos establecidos. Es decir, si existe una zona en la que el ganado ha pastado menos o simplemente no ha sido capaz de eliminar suficientemente la vegetación, el ganadero cobra menos, de forma proporcional según la cantidad de pasto que quede. Para ello quedan fijadas unas parcelas control que no han sido pastoreadas y mediante una tabla se realiza el cálculo de la indemnización que le correspondería.

Asimismo, se debe tener en cuenta que las ovejas pastan por el mismo tramo aproximadamente dos días por semana, ya que necesitan un tiempo para realizar el recorrido completo por las 75 ha de superficie de tratamiento establecida.

Con todos estos datos, se van a comparar a continuación las dos situaciones:

Situación 1: sin ganado, con cuadrilla forestal

En este caso, imaginamos que no existe ganado y se hace necesaria la actuación de una cuadrilla forestal con gran parte del trabajo manual, que mantenga el monte libre de rastrojos (para disminuir el riesgo de incendios y mejorar la transitabilidad de las fajas).

Situación 2: con ganado

Consideramos el ganado actual introducido, funcionando de la forma anteriormente comentada; en este último caso se prevé una posible utilización de una cuadrilla forestal ya mecanizada que actúe mucho más espaciada en el tiempo. Este es un dato que la propia administración desconoce por no saber la eficacia del mantenimiento del monte mediante ganado (uno de los objetivos de este trabajo).

1er caso: Cuadrilla forestal

$$\text{En 5 años: } \frac{1.447,24}{0,7} = 2.067,49 \frac{\text{€}}{\text{ha}}$$

$$\frac{2.067,49}{5} = 413,50 \frac{\text{€}}{\text{ha} \cdot \text{año}}$$

$$\text{En las 75 ha: } 413,50 \cdot 75 = 31.012,29 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Los datos utilizados son los aportados por la Servicio de Incendios Forestales del Cuerpo de Bomberos, por ser los empleados en la última actuación realizada.

2º caso: Pastoreo

Suponiendo que toda la superficie ha sido correctamente pastoreada, y el ganadero se ha beneficiado de la máxima indemnización, el gasto máximo es de:

$$50 \cdot 75 = 3.750 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

El gasto es claramente menor en el segundo caso suponiendo para la Administración un ahorro de 27.262,29 € anuales.

Por otro lado, el ganadero aprovecha el pasto con su ganado sin tener que pagar arrendamiento alguno. Además, recibe una subvención por sus servicios ambientales. El único gasto que tiene es el pago al pastor y posiblemente el relacionado con el ganado (alquiler de instalaciones para llevar un control de los corderos, nuevas adquisiciones, etc.) en caso de que los beneficios no superen a los gastos.

Generalizando esta práctica a otros ámbitos, existen otros efectos indirectos que cabe destacar, si bien en este caso concreto no todos están presentes:

- La revalorización de una práctica tradicional, mejorando las condiciones de vida en áreas rurales.
- El fomento del empleo en el medio rural y fijación de población rural.
- En caso de utilizar razas autóctonas en peligro de extinción, como ocurre en Valdelatas, el favorecer su mantenimiento.
- La mejora de la biodiversidad al evitar la proliferación de una sola especie como puede ser la jara, y favorecer la competencia entre varias. Con la presencia del ganado se crean teselas diferentes que albergan nichos y corredores para distintas especies faunísticas.
- Otros valores ambientales como reciclaje de la fertilidad o prevención de incendios (Mangado; 2014).

Conclusiones

- El pastoreo controlado supone una clara reducción del fitovolumen, de más del 50% en muchos casos. Es una actividad, por tanto, adecuada para el mantenimiento del monte y como consecuencia, para la prevención de incendios.
- La mayor reducción de encina se produce, según los resultados de este trabajo, en verano y otoño. Así lo atestiguan también estudios actuales que verifican la eficiencia del ramoneo como prevención de incendios en las épocas de escasa producción de pastos (Bartolomé; 2014).
- El pastoreo no solo abarata costes retrasando la intervención de maquinaria, sino que favorece una actividad hoy en día en declive así como la participación de trabajadores del medio rural. De esta forma, la vigilancia del entorno forestal es mayor y cualquier incidencia (incendios, vandalismo, usos prohibidos, etc.) será resuelta con mayor rapidez. Esta actuación favorece a todos los implicados:
 - Por un lado, a la administración le supone un ahorro económico además de una mayor tranquilidad por estar el monte permanentemente atendido.
 - El ganadero y el pastor obtienen una compensación que constituye el aliciente para pastorear el terreno en las condiciones estipuladas.
 - Se estimula una práctica tradicional favoreciendo el empleo rural y un mayor acercamiento de los trabajadores del campo, que se ven involucrados en un proyecto con objetivos de interés general.
 - Se fomentan dos razas en peligro de extinción y se favorece la biodiversidad.

- Por último, el ciudadano disfruta de un monte cuidado, con menor riesgo de incendios, y fácilmente transitable. En Valdelatas, son muchas las familias y grupos que acuden al monte para su disfrute y es destacable la gran aceptación que ha causado la presencia de las ovejas.

Propuesta de metodología de seguimiento

Con la elaboración de este Proyecto de Fin de Carrera, y tras la obtención de resultados que apoyan la utilización del pastoreo extensivo (intensivo en las áreas cortafuegos), se analiza el documento con una mirada hacia los procedimientos utilizados, con el fin de hacer una crítica sobre los inconvenientes encontrados y proponer una solución para posibles estudios futuros.

En primer lugar, conviene señalar que la variable más adecuada para este tipo de análisis es la biomasa, ya que ofrece una idea más exacta de la cantidad de combustible que hay en el monte. Así lo atestiguan numerosos artículos y ha quedado patente en esta investigación tras los resultados obtenidos, que podrían haber sido más concluyentes de haber sido la biomasa la variable empleada.

En este caso no se ha podido valorar debido a la falta de medios y a la imposibilidad de contar con un laboratorio con estufas adecuadas en la época estival. La biomasa seca es una variable más precisa, ya que se evitarían los errores en las mediciones (se cortaría y se secaría todo) y, sobre todo, tiene en cuenta la densidad en la presencia de la especie considerada. No ocurre, sin embargo, con el fitovolumen, el cual genera resultados distorsionados al tomar como iguales dos pastos de igual altura siendo uno muy denso (por ejemplo en primavera) y otro muy disperso (y posiblemente seco, durante la época otoñal). Es la crítica más notoria, ya que los resultados obtenidos no pueden considerarse determinantes, no pudiendo ser generalizados a períodos más largos de tiempo.

Al ser el análisis de la biomasa un procedimiento destructivo, es mucho más fácil la medición del fitovolumen, que no lo es, otra razón por la que en un principio descartó la primera opción. En una propuesta futura, considero adecuado realizar ambas mediciones: la biomasa por ser más precisa, y el fitovolumen para poder hacer un mayor número de muestreos.

A continuación se debería hacer un análisis de correlación entre biomasa y fitovolumen de una zona concreta, para encontrar la relación entre los datos de volumen medidos con la biomasa a la que le correspondería. Estas regresiones deberían elaborarse para cada una de las zonas, ya que la densidad es variable y las especies florísticas a nivel de pasto también cambian. Con este análisis se obtendrían resultados más rigurosos.

Otro de los inconvenientes que encontré fue el impedimento de vallar las parcelas “control”, tarea fundamental, pues no es posible asegurar que las parcelas elegidas como patrón no hayan sido pastoreadas en algún momento. Lo correcto hubiera sido cercarlas con una valla adecuada que impidiera el paso del ganado ovino. En ese caso, no hubiera sido necesario alejar unas parcelas de otras, ya que aunque visualmente ano se aprecian grandes diferencias, es posible que exista alguna variabilidad florística, de sombreado, etc. Se reducirían así las variables que pueden influir en las parcelas, concentrándose en la variable objeto de estudio: la biomasa, en unas condiciones estables en el tiempo.

Además de cercar las parcelas control para conseguir un carácter de permanencia en el tiempo, sería conveniente aumentar la muestra con el fin de realizar un estudio estadístico lógico, por zonas y por tipos de parcela (control y pastoreada). En este estudio no ha sido posible porque solo se tienen 3 datos en cada caso y la distorsión entre ellas es bastante significativa.

Dado que los resultados parecen bastante homogéneos en las épocas estival y otoñal, sin apenas variación entre un muestreo y otro, parece lógico que separar las fechas de muestro, no siendo necesario ir frecuentemente. Sin embargo, en primavera ocurren cambios prácticamente diarios y quizá sería interesante llevar un muestreo mucho más exhaustivo, en el sentido de hacer un mayor número de repeticiones.

Por último, en el mantenimiento de este monte intervienen varios agentes. En primer lugar es la administración quien pone las condiciones, a continuación es el ganadero quien acepta acatarlas, pero existe una tercera persona que es la que realmente está en el monte con el rebaño cada día: el pastor. No es fácil lograr hacer que este se comprometa a seguir las instrucciones con rigurosidad durante todo el año y es él realmente quien vigila y controla el ganado en el monte de forma continuada. Por tanto, se recomienda establecer los mecanismos oportunos para que la comunicación entre estos tres agentes y los protocolos de seguimiento de las acciones llevadas a cabo redunden en el aumento de la eficacia de la prevención de incendios forestales. En este sentido, sería interesante continuar con trabajos en esta línea que permitan establecer las variables de medición más adecuadas y los indicadores de seguimiento óptimos que refrenden la conveniencia del mantenimiento e impulso del pastoreo controlado como medida de apoyo a la prevención de los incendios forestales en el monte mediterráneo.

Referencias bibliográficas

- Adbdelmoula, K.; Khaldi, A.; Rigolot, E. (2004). Dynamique de reconstitution des ligneux bas après débroussaillage et évolution concomitante de la valeur pastorale des strates basses dans un réseau de coupures de combustible en Tunisie. *Cahiers Options Méditerranéennes*, n 62, pp. 285-288.
- Bartolomé, J. (2014). *Control de sotobosque mediante pastoreo con ovino en un bosque mixto de pino silvestre y roble*. 53ª reunión científica de la SEEP. Potes, Cantabria.
- Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid (BOCM 12/6/09, corrección de errores BOCM 31/7/09). *Decreto 5 8/2009, de 4 de junio por el que se aprueba el Plan de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales en la Comunidad de Madrid (INFOMA)*. Actualizada: 26 de abril de 2013. [Fecha de consulta: 04-04-2014]. Disponible en: <http://www.madrid.org/cs/Satellite>
- Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid (BOCM 21/4/99). *Decreto 50/1999, de 8 de abril, por el que se aprueba el Plan Forestal de la Comunidad de Madrid*. Actualizada: 12 de Noviembre de 2010 [Fecha de consulta: 03-04-2014]. Disponible en: <http://www.madrid.org/wleg/servlet/Servidor?cdestado=P&nmnorma=1302&opcion=VerHtml>
- Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid (BOCM 30-5-95: corrección de errores BOCM 28-6-95). *Ley 16/1995, de 4 de mayo, Forestal y de Protección de la Naturaleza de la Comunidad de Madrid*. Fecha de actualización: 10 de enero de 2014 [Fecha de consulta: 05-04-2014]. Disponible en: <http://www.madrid.org/wleg/servlet/Servidor?opcion=VerHtml&nmnorma=386&cdestado=P>
- Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid (BOCM 5/3/1991, corrección de errores BOCM 9/4/1991). *Ley 2/1991, de 14 de febrero, para la Protección y Regulación de la Fauna y Flora Silvestres en la Comunidad de Madrid*. Fecha de actualización: 28 de diciembre de 2009 [Fecha de consulta: 05-04-2014]. Disponible en: <http://www.madrid.org/wleg/servlet/Servidor?opcion=VerHtml&nmnorma=384&cdestado=P>
- Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid (BOCM 8/2/85). *Ley 1/1985, de 23 de enero. Ley del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares*. Fecha de actualización: 10 de enero de 2014 [Fecha de consulta: 03-04-2014]. Disponible en: <http://www.madrid.org/wleg/servlet/Servidor?opcion=VerHtml&nmnorma=365&cdestado=P>
- Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid (BOCM 154 de 1/7/2002 y BOE 176 de 24/7/2002). *Ley 2/2002, de 19 de junio, de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid*. Fecha de actualización: 2 de enero de 2009 [Fecha de consulta: 06-04-

- 2014]. Disponible en: <http://www.madrid.org/wleg/servlet/Servidor?opcion=VerHtml&nmnorma=1714&cdestado=P>
- Boletín Oficial del Estado (BOE 280, de 22/11/2003). *Ley 43/2003 de 21 de noviembre, de Montes*. [Fecha de consulta: 04-04-2014]. Disponible en: <http://www.boe.es/boe/dias/2003/11/22/pdfs/A41422-41442.pdf>
- Calabri, G. (1983). Fighting fires in Mediterranean forests. *Unasyuva : Stress chimique sur la biosphère*. 35 (141): 14-21.
- Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Comunidad de Madrid (2000). *Plan Forestal de la Comunidad de Madrid 2000-2019* [Fecha de consulta: 03-04-2014]. Disponible en: http://maforestal.files.wordpress.com/2008/06/planforestalcam_resumen.pdf
- De las Heras, J; Salvatore R.; Joao Rodrigues M. *et al.* (2007). Wildfire motivation survey through the Delphi method. *Wildfire 2007. 4th International Wildland Fire Conference*. Sevilla (España).
- Dopazo, C. (2008). *Efecto de diferentes prácticas de pastoreo en el mantenimiento de áreas cortafuegos en la Comunidad valenciana*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Etienne, M.; Legrand, C. (1994). A non-destructive method to estimate shrubland biomass and combustibility. *2nd International Conference on Forest Fire Research*. Coimbra (Portugal).
- Federación Española de Asociaciones de Ganado Selecto (FEAGAS). Creada en el año 2010. [Fecha de consulta: 11-02-2014]. Disponible en: <http://feagas.com/>
- Generalitat de Catalunya, Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural (2008). *Programa de Desarrollo Rural de Cataluña para el período de programación 2007-2013*. [Fecha de consulta: 26-03-2014]. Disponible en: http://www20.gencat.cat/docs/DAR/DR_Desenvolupament_rural/DR03_PDR/Documents/Fitxers_estatics/PDR_2007_2013_cas.pdf
- Génova, M. (1989). Flora vascular del monte de Valdelatas y su entorno. *Ecología*, 3: 75-98.
- Gobierno de España. Diario Oficial de la Comunitat Valenciana (1996). *Orden de 30 de diciembre de 1996, de la Conselleria de Agricultura y Medio Ambiente, por la que se establecen ayudas para la modernización de explotaciones ganaderas*. (DOCV núm. 2916 de 27.01.1997). [Fecha de consulta: 06-04-2014]. Disponible en: **¡Error!**
Referencia de hipervínculo no válida.
- Gobierno de España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2012). *Los incendios forestales en España. Decenio 2001-2011*. Madrid: Área de Defensa Contra Incendios Forestales.
- Gobierno de la Comunidad de Madrid. *Pastoreo controlado como tratamiento preventivo contra incendios forestales* (2011). [Fecha de consulta: 08-04-2014]. Disponible en: http://www.madrid.org/cs/Satellite?c=CM_Actualidad_FA&cid=1142669169116&language=es&pagename=ComunidadMadrid/Estructura
- González Pan, J.R. *et al.* (2013). *Los EPRIF – Planificación y desarrollo de actuaciones*. Naturaleza y Parques Nacionales, Serie Forestal: Madrid.
- González, J.L., Robles, A.B.; Ruiz-Mirazo, J. (2011). Ganadería extensiva y silvicultura preventiva: algo más que una mirada al pasado. *Ambienta*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino, 97: 22-45.
- González, J.L.; Robles, A.B.; Ruiz-Mirazo, J. (2011). Ganadería extensiva y silvicultura preventiva: algo más que una mirada al pasado. Asociación Pastores por el Monte Mediterráneo. *Fundación Biodiversidad*: Granada.
- González, J.L.; Robles, A.B. *et al.* (1999). Las áreas pasto-cortafuegos entre las prácticas de gestión y protección de los espacios forestales mediterráneos: propuestas de

- silvicultura preventiva. *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural. XLV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*. Asturias. 1: 333-339.
- Kopta, F. (1999). *Problemática ambiental con especial referencia a la Provincia de Córdoba (Argentina)*. Fundación Ambiente, Cultura y Desarrollo – ACUDE.
- Mangado, J.M.; Vergara I.; Zudaire, E.; Villanueva M. (2014). *Aprovechamiento silvopastoral de masas aclaradas de Pinus nigra en la transición Eurosiberiana-Mediterránea de Navarra*. 53ª reunión científica de la SEEP. Potes, Cantabria.
- Martín, D.; Gil, L.; Collada, M.C. (2011). Una olmeda singular en la Dehesa de Valdelatas (Fuencarral – Madrid). *Foresta*. Especial Comunidad de Madrid (52): 469-477.
- Olivera, R.; De Miguel, Y.; González, J.L. et al. (2012). Red de áreas pasto-cortafuegos de Andalucía (RAPCA): El pastoreo controlado como herramienta de prevención de los incendios forestales. *Revista montes*, II trimestre. 109: 22-27.
- Osoro, K.; Martínez A.; Oliván M. et al. (2005). Manejo de los herbívoros domésticos para la biodiversificación y el desarrollo rural sostenible. *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural. XLV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*. Asturias. 1: 45-72.
- Pausas, J. G. (2004). *La recurrencia de incendios en el monte mediterráneo*. Avances en el estudio de la gestión del monte mediterráneo. Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM): 47-64. [Fecha de consulta: 02-04-2014]. Disponible en: <http://www.uv.es/jgpausas/papers/Pausas2004CEAM.pdf>
- Perevolotsky, A.; No'am G., S. (1998). Role of grazing in Mediterranean rangeland ecosystems – inversion of a paradigm. *Bioscience* 48 (12): 1007-1017.
- Pérez, J.; (1998). Construcción social del monte y desarrollo corporativo del sector forestal. *Agricultura y sociedad*. 85: 15-42.
- Proyecto Cooperación y Sinergia en materia de aprovechamiento forestal sostenible en la Región Macaronésica - FORESMAC (2012). *Control de vegetación mediante manejo de ganado extensivo sobre infraestructuras de defensa contra incendios: planificación, organización, ejecución y evaluación*. Informe técnico MAC/2/C75.
- Proyecto Cooperación y Sinergia en materia de aprovechamiento forestal sostenible en la Región Macaronésica: FORESMAC (2006). [Fecha de consulta: 02-04-2014]. Disponible en: <http://www.foresmac.com/>
- Rigueiro, A.; Mosquera, M.R.; Romero, R. et al. (2005). 25 years researching in Galicia (NW Spain) about silvopastoral systems in forest fires prevention. *II International Conference on prevention strategies for fires in southern Europe*. Barcelona, 12 pp.
- Rivas, S. (1987) *Memoria del mapa de las Series de Vegetación de Madrid*. ICONA. Serie Técnica.
- Ruiz-Mirazo, J. (2004). *Naturalización de una masa repoblada de Pinus halepensis Miller en los límites continentales del semiárido andaluz: importancia de las prácticas silvopastorales en el desarrollo de una propuesta de gestión multifuncional y preventiva*. Proyecto de fin de carrera. E.T.S.I. Montes (Madrid).
- Ruiz-Mirazo, J.; Andrés, J.; Varela, E., Eugenia, M. et al. (2007). Los claros en áreas cortafuegos: una herramienta para incrementar la biodiversidad. *Wildfire*, Sevilla.
- Ruiz Mirazo, J.; Robles, A.B.; Jiménez, R.; Martínez, J.L. et al. (2007). La prevención de incendios forestales mediante pastoreo controlado: el estado del arte en Andalucía. *Wildfire*, Sevilla.
- San Miguel, Alfonso (2001). *Pastos naturales españoles: caracterización, aprovechamiento y posibilidades de mejora*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia: SEOC (2013). [Fecha de consulta: 01-04-2014]. Disponible en: <http://www.seoc.eu/site/es/9-seoc/actualidad/5946-la-caixa->

[impulsa-un-proyecto-de-pastoreo-para-evitar-incendios-con-3000-cabezas-de-ovinocaprino](#)

- Tecnosylva S.L. Wildfire Analyst - Ingeniería del territorio; 2011 [Fecha de consulta: 14-04-2014]. Disponible en: <http://servicios.educarm.es/templates/portal/ficheros/webs/Dinamicas/20/selviculturapreventiva.pdf>
- Trías, A. (1996). Control biológico del crecimiento del sotobosque con caprinos. *Revista Pastos XXVI* (1): 77-88.
- Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de ciencias veterinarias (2011). *Producción de pequeños rumiantes y cerdos*. [Fecha de consulta: 02-03-2014]. Disponible en: <http://ppryc.files.wordpress.com/2011/06/ap-ov-2-lana2.pdf>
- Varela, E.; Calatrava, J.; Ruiz-Mirazo, J.; Jiménez, R.; González, J.L. (2008). El pastoreo en la prevención de incendios forestales: análisis comparado de costes evitados frente a medios mecánicos de desbroce de la vegetación. *Pequeños Rumiantes*, 9 (3):12-20.
- Varela, E.; Ruiz-Mirazo, J. (2010). Contribución de la actividad agroganadera a la prevención de los incendios forestales. *Agricultura Familiar en España 2010*. 177-190.
- Vélez, R. (1991). Los incendios forestales y la política forestal. *Revista de Estudios Agrosociales*. 83-105.
- Vélez, R. (2000). *La defensa contra incendios forestales: fundamentos y experiencias*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Vélez, R. (2007). 4th International Wildland Fire Conference. *Ambienta*. 63-66.
- Vericat, P.; Piqué, M.; Serrada, R. *et al.* (2012). *Gestión adaptativa al cambio global en masas de Quercus mediterráneas*. Área de Gestió Forestal Sostenible (AGS). Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC). [Fecha de consulta: 01-04-2014]. Disponible en: http://www.adaptecca.es/sites/default/files/documentos/gestión_adaptativa_al_cambio_global_en_masa_de_quercus_mediterraneos.pdf

Tema 9

Zoneamento de risco de incêndios florestais para o Parque Estadual do Guartelá, Tibagi (PR)

Érika Silva Andrade, Alexandre França Tetto

Resumo

O Parque Estadual do Guartelá é classificado, segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), como uma unidade de conservação de proteção integral, sendo permitido apenas o uso indireto de seus recursos naturais. As Unidades de Conservação (UCs) são criadas com a finalidade de conservar a riqueza biológica existente e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais, porém esses objetivos podem ser ameaçados pela ocorrência de incêndios, motivo pelo qual se faz necessária a utilização de métodos de prevenção e combate aos incêndios florestais. O presente trabalho objetivou a elaboração do Zoneamento de Risco de Incêndios Florestais (ZRIF) do Parque Estadual do Guartelá - PR, com o propósito de auxiliar ações de combate e manejo do fogo nessa área. A preparação do zoneamento baseou-se na análise de mapas de risco de incêndios compostos a partir das seguintes variáveis: cobertura vegetal, altitude, declividade, influência antrópica e orientação de encostas. Por meio dos resultados obtidos foi possível concluir que 40,70% da área total do parque apresenta alto risco de incêndio, influenciado principalmente pela atividade humana e pela tipologia vegetal presente na UC. O ZRIF subsidia informações a respeito de áreas mais críticas e sobre o grau de risco de ocorrência de incêndios no parque, tornando necessária a tomada de providências, tais como maior vigilância na área e desenvolvimento de atividades de educação ambiental, com o objetivo de prevenir possíveis ocorrências de incêndios.

Palavras Chave: Mapas de Risco de Incêndios; SIG; Unidades de conservação.

Abstracts

The Guartela State Park is classified according to The National Conservation Units System (NUCS) as an Integral Protected Conservation Unit, so it is only allowed the indirect use of its natural resources. Conservation units are created in order to protect and preserve biological weath and assure the sustainable use of natural resources, however fires can severely affect this aims. Forest fires may cause huge damage to incident environment, so it is required the use of preventive methods to act against forest fires. The purpose of this research was the development of a Forest Fire Risk Zoning Map (FFRZM) for the Guartelá park, helping to develop combat and management actions into the park. The forest fire risk map was built up based on fire risk maps analyze of vegetation, altitude, declivity, human influence and orientation slopes. In conclusion, 40.70% of the Guartela state park presents high risk of fire occurrence. The FFRZM gives information about critical areas and about the risk of fire occurrence, requiring some providence such as more surveillance in the park's area and environmental education activities, in order to prevent possible fire occurrences which results in loss of natural resources, biodiversity and cause economic damage.

Introdução

Os incêndios florestais, segundo Brown e Davis (1973), podem ser definidos como uma combustão que se propaga sem controle, sendo bastante influenciada pelas condições ambientais, gerando o consumo de numerosas quantidades de combustíveis florestais. A utilização de forma desordenada do solo está associada a um dos principais motivadores de ocorrência de incêndios florestais, podendo ser reduzida por meio de campanhas educativas visando a prevenção de incêndios e por meio da conscientização ambiental (SANTOS et al.,

2006; BORGES et al., 2011). A ocorrência dos incêndios também pode ser explicada devido a época do ano, localização geográfica e vegetação constituinte (TETTO et al., 2008).

As unidades de conservação, bem como outros recursos ambientais, estão em constante ameaça de incêndios, geralmente causados por queimadas originadas em propriedades limítrofes, que podem gerar perdas biológicas, como a destruição de vegetação nativa e a mortalidade de animais silvestres. Os incêndios florestais são responsáveis por diversas alterações físicas, químicas e biológicas em um ecossistema, causando mortalidade da fauna e flora, acarretando problemas de saúde, bem como danos e degradações dos solos, por meio dos efeitos erosivos e assoreamento (MAUGER, 2009). Os incêndios podem ainda ter consequências fatais para as pessoas, além das perdas econômicas que podem ocorrer, e os custos gerados para o controle do fogo (FIEDLER, 2006). As alterações ambientais, tais como: mudanças nas características da água e do solo e transformação paisagística, causadas pela ocorrência de incêndios, podem ser de grandes proporções, comprometendo os objetivos de conservação ambiental impostos por uma unidade de conservação (BONTEMPO et al., 2012). Dentre as funções das unidades de conservação estão o importante papel na manutenção do bem-estar social e na conservação da biodiversidade, porém apenas a criação de uma UC não assegura o cumprimento dessas funções, sendo necessária uma gestão de qualidade, a fim de que os objetivos dessas unidades sejam executados (SAMPAIO, 2006). No entanto, segundo o mesmo autor, poucas unidades de conservação brasileiras possuem esse tipo de gestão de qualidade.

Quanto à prevenção de incêndios florestais, há inúmeros métodos de detecção de incêndios florestais que podem ser empregados em parques, tais como sistemas de vigilância móvel, torres de incêndios, entre outros. Segundo Ribeiro et al. (2008), o estabelecimento de um zoneamento de risco de incêndios é bastante eficiente na indicação de locais onde a possibilidade de ocorrência de incêndios é maior. Esse instrumento pode ser utilizado para áreas privadas, unidades de conservação e em nível municipal, desde que os fatores que interferem no risco de incêndio sejam considerados de forma correta. O zoneamento de risco de incêndio florestal é apresentado em forma de mapa, representando o terreno de forma subdividida, em áreas de acordo com seu potencial de ocorrência de incêndios. Essas áreas são definidas através da análise de diversos fatores ambientais que influenciam na ocorrência desse fenômeno. Os mapas de riscos subsidiam tomadas rápidas de decisão a fim de prevenir e combater incêndios (SILVEIRA et al., 2013). Apesar de serem ferramentas ainda pouco utilizadas no Brasil, os mapas de riscos são bastante úteis. Essa utilidade já foi demonstrada por autores como Silva et al. (2008) para as regiões de Apiaú e Ribeira Campos em Roraima; e Torres et al. (2014) para a cidade de Ubá em Minas Gerais, através da utilização destes mapas na prevenção da ocorrência de incêndios florestais.

De acordo com Torres e Machado (2011), os fatores de maior relevância para a geração de risco de incêndio são: os fatores constantes, compostos pelas diferentes tipologias vegetais, que geram diferentes materiais combustíveis, e o relevo; e os fatores variáveis, que são as condições meteorológicas. Segundo Nicolete e Zimback (2013) os fatores relacionados a composição vegetal, uso do solo e topografia do terreno, como declividade e exposição do terreno, geram perigo para o início e propagação do fogo. A influência antrópica exerce papel relevante nas ocorrências de incêndios, visto que no estado do Paraná 70% dos casos de incêndios ocorridos tiveram como motivo a ação de incendiários (SANTOS et al., 2006).

O presente trabalho teve como objetivo elaborar o zoneamento de risco de incêndios florestais para o Parque Estadual do Guartelá, buscando assim contribuir para a melhoria das ações preventivas de incêndios.

Metodologia

Caracterização do local de estudo

Criado originalmente pelo Decreto Estadual nº 1.229, de 27 de março de 1992, o Parque Estadual do Guartelá possui 798,97 hectares, abrangendo o Canyon do Rio Iapó em toda a sua totalidade, além disso, antepõe área de interesse arqueológico, ecológico e histórico cultural. O parque está localizado no município de Tibagi, na mesorregião centro oriental do estado do Paraná (FIGURA 1), região de Campos Gerais, coordenadas geográficas 24° 34' S e 50° 14' O. Segundo classificação de Köppen, o clima na área do parque é do tipo Cfa, sofrendo influência indireta do clima Cfb, e a ocorrência de geadas é frequente na região. Em relação à sua cobertura vegetal, o parque se enquadra na Floresta Ombrófila Mista Montana e Aluvial (INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ, 2002). Segundo Ziller e Hatschbach (1996), unidades fitofisionômicas como Estepes, Campos com afloramentos rochosos e paredões de arenito ocorrem no Parque Estadual do Guartelá.

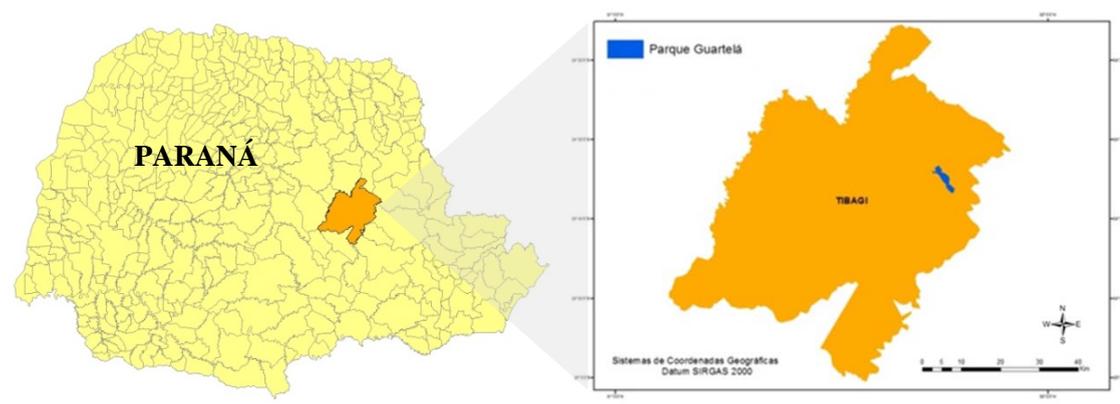


Figura 1: Localização do município de Tibagi e do Parque Estadual do Guartelá

O Parque Estadual do Guartelá é classificado como unidade de conservação de proteção integral, e segundo a Lei nº 9.985/2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), possui como objetivo principal a conservação da natureza, permitindo que seus recursos naturais sejam utilizados apenas de forma indireta, por meio de turismo ecológico, realizações de pesquisas científicas e atividades de educação ambiental, não sendo permitidos proprietários ou residentes em seu território (BRASIL, 2000). A figura 2 apresenta as principais zonas de uso do parque.

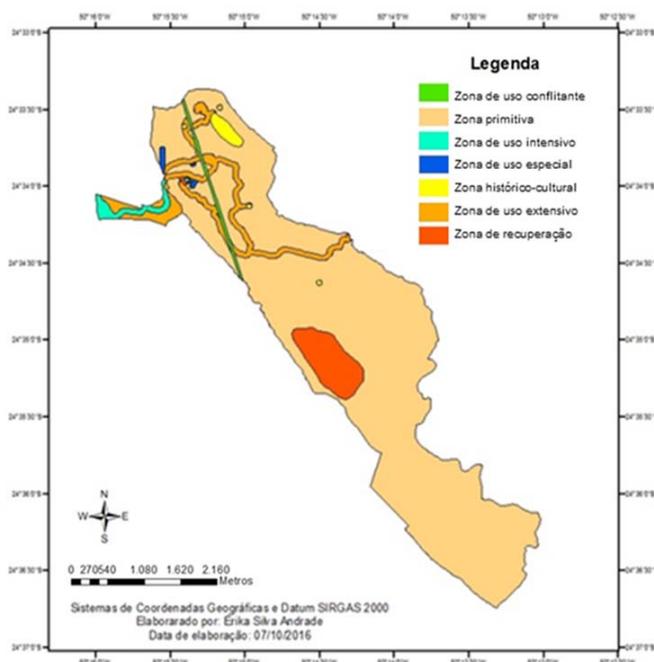


Figura 2: Mapa de zonas de uso do Parque Guartelá

Observa-se que grande parte da área do parque é representada por zona primitiva (84,01%). A zona primitiva é composta por remanescentes de campos, sendo também local de deslocamento da mesofauna, tais como suçuarana (*Puma concolor*) e lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*).

Obtenção e análise dos dados

Neste estudo foram adotados os mesmos parâmetros utilizados em um estudo na Floresta Nacional de Irati, localizado no estado do Paraná, por Tetto *et al.* (2012), servindo de base para a elaboração dos mapas temáticos de cobertura vegetal, influência antrópica, topografia do terreno e zonas com prioridade de proteção. A análise e elaboração cartográfica foram realizadas por meio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), utilizando o programa ArcGIS 10.1.

Para a elaboração dos mapas de risco da cobertura vegetal, foram utilizados arquivos raster e levantamentos descritos no plano de manejo do parque. A mesma metodologia foi utilizada na confecção dos mapas de risco de influência humana e áreas prioritárias. Para a determinação dos aspectos topográficos, os arquivos foram obtidos do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA, 2016) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Cobertura vegetal

Seguindo uma classificação de vulnerabilidade, os tipos vegetais foram dispostos em classes de risco, conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1

Classificação da cobertura vegetal

Cobertura vegetal	Risco	Coefficiente
Floresta	Baixo	1
Espécie exótica	Médio	2
Savana	Médio	2
Estepe	Alto	3

Fonte: Aguiar *et al.* (2015), adaptado pelos autores (2016).

As áreas de floresta foram classificadas com risco baixo de ocorrência de incêndios, pois segundo Ribeiro et al. (2008) trata-se de uma formação vegetal com menor perigo de incêndios, devido às características físicas e químicas de seus componentes vegetais e presença de maior teor de umidade em suas folhas e galhos.

O parque estadual é composto também por Campos ou Estepe, e por Savana com representantes vegetais do bioma Cerrado. Em meio à área composta por Estepe está localizada uma pequena parcela de vegetação exótica, que apresenta suscetibilidade ao fogo em razão da quantidade de material combustível presente no solo e da composição química dessa vegetação.

Influência antrópica

O método de avaliação da influência humana na área do parque foi realizado por meio da elaboração de um mapa demonstrando a zona de influência dos acessos, estradas, linhas de transmissão de energia elétrica e locais de tráfego turístico no parque, utilizando uma distância de influência de 50 metros para cada lado, em concordância com a metodologia utilizada por Ribeiro et al. (2008). Sendo assim, foram determinadas áreas influenciadas ou não pela presença humana. As áreas com influência antrópica foram classificadas como de risco extremamente alto (coeficiente de risco igual a 5) e as áreas sem influência humana receberam classificação de baixo risco de ocorrência (coeficiente de risco igual a 1).

Aspectos topográficos do terreno

As áreas com maiores declividades foram consideradas de maior suscetibilidade ao fogo devido à transferência de calor que é facilitada no sentido do aclave, aumentando assim a velocidade de propagação do incêndio. Em áreas mais íngremes, a água originada das chuvas escorre com maior rapidez e infiltra menos nos solos, os tornando mais secos (VALERIANO, 2008). Sendo assim, esses locais apresentam menor umidade, o que aumenta o risco de ocorrência e propagação do fogo.

Em se tratando da altitude, essa variável apresenta relação com o teor de umidade relativa do ar de acordo com a variação de altura do terreno, influenciando no risco de incêndios (RIBEIRO et al., 2008). Em relação à orientação das encostas, essa variável expressa, de forma indireta, o teor de umidade do material combustível presente no local em razão da quantidade de horas de exposição ao sol. Os locais com diferentes orientações e inclinações, quando comparados a locais de superfície plana, recebem quantidade de radiação solar distinta (TORRES; MACHADO, 2011). No hemisfério sul, as regiões com faces voltadas para o norte recebem maior quantidade de raios solares e de modo mais direto, gerando uma maior suscetibilidade à ocorrência de fogo. A tabela 2 apresenta a classificação dos riscos para as variáveis: declividade, altitude e orientação das encostas.

Tabela 2

Classificação dos aspectos topográficos do parque

	Classes	Risco	Coefficiente
Declividade (%)	Até 15	Baixo	1
	15,1 – 25	Médio	2
	25,1 – 35	Alto	3
	35,1 - 45	Muito alto	4
	> 45	Extremamente alto	5
Altitude (m)	> 1500	Baixo	1
	1200,1 – 1500	Médio	2
	900,1 – 1200	Alto	3
	600,1 – 900	Muito alto	4

Exposição das encostas	Até 600	Extremamente alto	5
	SE / S / SW	Baixo	1
	E	Médio	2
	NE	Alto	3
	NW / W	Muito alto	4
N	Extremamente alto	5	

Fonte: Soares (1985) adaptado pelos autores (2016).

Zonas prioritárias de proteção

As zonas prioritárias foram definidas de acordo com a biodiversidade que possuem e principais atividades praticadas nessas áreas. A classificação de acordo com as zonas pertencentes ao parque está apresentada na Tabela 3.

Tabela 3

Classificação das zonas segundo prioridade de proteção

Zona	Risco	Coefficiente
Uso extensivo	Alto	3
Primitiva	Alto	3
Histórico cultural	Alto	3
Uso intensivo	Médio	2
Uso especial	Médio	2
Recuperação	Baixo	1
Uso conflitante	Baixo	1

Fonte: Tetto *et al.* (2012), adaptado pelos autores (2016).

Zoneamento de risco de incêndios

A confecção do mapa de zoneamento de risco de incêndio decorreu da sobreposição e integração dos mapas de risco de cobertura vegetal, influências antrópicas, topografia do terreno e zonas com prioridade de proteção. Com a utilização de um modelo de ponderação, adaptado de Tetto *et al.* (2012), foi avaliada a relevância de cada variável para a ocorrência e propagação de incêndios, e a cada variável foi atribuído um peso de acordo com sua relevância. O modelo de integração, composto pelo somatório das variáveis, pode ser observado abaixo:

$$\text{RISCO DE INCÊNDIO: } 0,2*(DV+AL+OE) + 0,8*IA + 0,6*CV + 0,4*ZP$$

Sendo:

DV = declividade do terreno

AL = altitude

OE = orientação das encostas

CV = cobertura vegetal

IA = influência antrópica

ZP = zonas com prioridade de proteção

Por meio dos resultados obtidos do somatório dos pesos de cada componente foram distribuídas cinco classes de risco, levando em consideração seu grau de vulnerabilidade ao fogo, iniciando em classes de risco baixo até extremamente alto (Tabela 4). A distribuição das classes foi originada da quebra natural dos valores, realizado pelo software utilizado, variando de 3,60 a 9,80.

Tabela 4

Classes de risco do zoneamento

Intervalo de classe	Risco
3,60 - 4,79	Baixo

4,80 - 5,59	Médio
5,60 - 6,79	Alto
6,80 - 8,19	Muito alto
8,20 - 9,80	Extremamente alto

Fonte: Os autores (2016)

Resultados e discussão

Os mapas temáticos gerados para cada variável avaliada estão dispostos na figura 3.

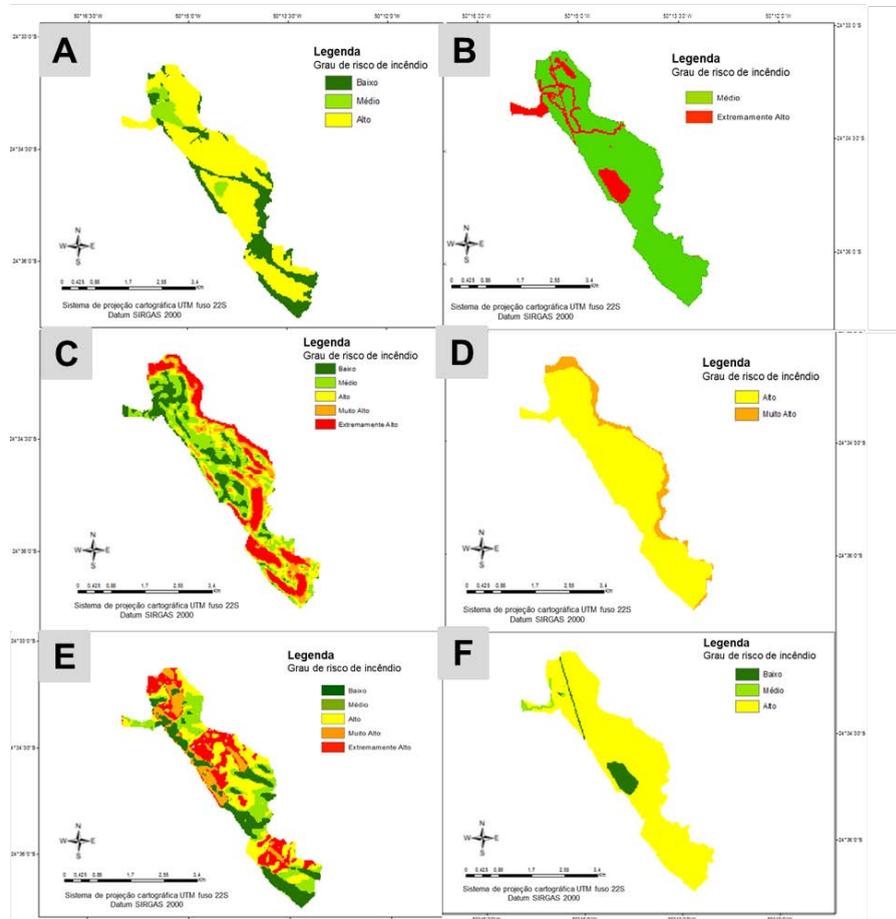


Figura 3: Mapas temáticos individuais das variáveis avaliadas. A - Cobertura vegetal, B - Áreas antropizadas, C - Declividade, D - Altitude, E - Exposição de encostas e F - Zonas prioritárias de proteção.

As áreas cobertas por savana, estepe e vegetação exótica representaram 75,38% (Figura 3 - A) da superfície total da unidade de conservação, e receberam classificação de risco médio e alto de incêndios florestais. A floresta esteve presente na área restante do parque e apresentou baixo risco de ocorrência e propagação do fogo. Cabe destacar que, de acordo com Torres e Machado (2011), as florestas retêm a radiação solar causando a diminuição da temperatura do ar e do material combustível presente no solo, elas evitam a passagem de correntes de ar, reduzem a evaporação e a secagem do material combustível, e aumentam a umidade relativa do ar em seu interior, tornando a probabilidade de ocorrência e propagação de incêndios menor.

Com relação às áreas antropizadas (Figura 3 - B), estas estão localizadas principalmente nas zonas de uso conflitante, histórico cultural, uso intensivo e extensivo. Essas zonas compõem 22,04% da área da unidade de conservação, considerando o raio de influência de 50 metros, contrapondo com 77,96% de áreas que não sofrem interferência humana frequente. Segundo Torres e Ribeiro (2008), os incêndios, em sua maioria, são originados de ações humanas.

A maior parte do terreno do parque (26,94% da área) possui inclinação de 15,1 a 25% (Figura 3 – C), sendo assim essas áreas foram classificadas, de acordo com a variável declividade, como sendo de risco médio de ocorrência de incêndio. Os índices que demonstram maior suscetibilidade ao fogo, como risco alto e muito alto, ocuparam aproximadamente 44% da área do parque. Visto que a declividade influencia de forma importante a propagação dos incêndios, orientando a direção do fogo e sua velocidade (VENTURI; ANTUNES, 2007), nota-se que quase metade da área do parque sofre com o risco permanente de ocorrência de incêndios. Segundo Magalhães et al.(2012), incêndios de menores proporções relatados no Parque Nacional da Serra da Canastra ocorreram em áreas com declives menores, ao contrário do ocorrido em áreas mais acidentadas e onduladas, nas quais os incêndios possuíam maiores proporções.

Segundo o mapa de risco gerado a partir da altitude do Parque Estadual do Guartelá (Figura 3 – D), duas classes de altitudes foram observadas. A classe que apresentou variação de 600,1 a 900 metros ocupa 10,60% da área do parque e se refere a uma área de risco muito alto de ocorrência de incêndios. Porém, a maior parte da área (89,40%) possui um alto risco de ocorrência, pois apresenta variação de altitude de 900,1 a 1200 metros.

Em relação ao direcionamento de encostas (Figura 3 – E), grande parte da área do parque (27,45%) foi classificada com alto risco de incêndios, 11,73% da área possui risco de ocorrência de incêndio muito alto e 20,59% de risco extremamente alto. Sendo assim, quase 60% do total de área do parque recebeu classificação como risco alto, muito alto e extremamente alto de incêndios, com orientação das encostas para as faces nordeste, noroeste e norte. Segundo estudo realizado por Torres e Ribeiro (2008), no qual os autores tratam dos incêndios ocorridos em bairros da cidade de Juiz de Fora em Minas Gerais, determinou-se que a maior parte das ocorrências foi em áreas situadas na face norte, na qual os materiais combustíveis recebem incidência direta e elevado tempo de exposição à luz solar, aumentando a probabilidade de ocorrência de incêndios.

Para as zonas prioritárias de proteção (Figura 3 – F), um percentual de 92,64% da superfície do parque foi classificado como de alto risco de ocorrência de incêndio, 5,84% como baixo risco e os 1,52% restante de área recebeu classificação de risco médio. Portanto, fazem-se necessárias ações efetivas de prevenção a incêndios, visto que a maior parte da área da unidade de conservação possui alto risco de perda de biodiversidade caso venha a ser atingida por incêndios. Cabe destacar que as zonas primitiva, histórico cultural e de uso extensivo possuem riqueza de diversidade biológica e recursos naturais que devem ser protegidos de forma prioritária, e são áreas onde a ocorrência de incêndios ameaça diretamente a manutenção da biodiversidade.

Zoneamento de risco de incêndios florestais

A figura 4 representa o zoneamento de risco de incêndios florestais.

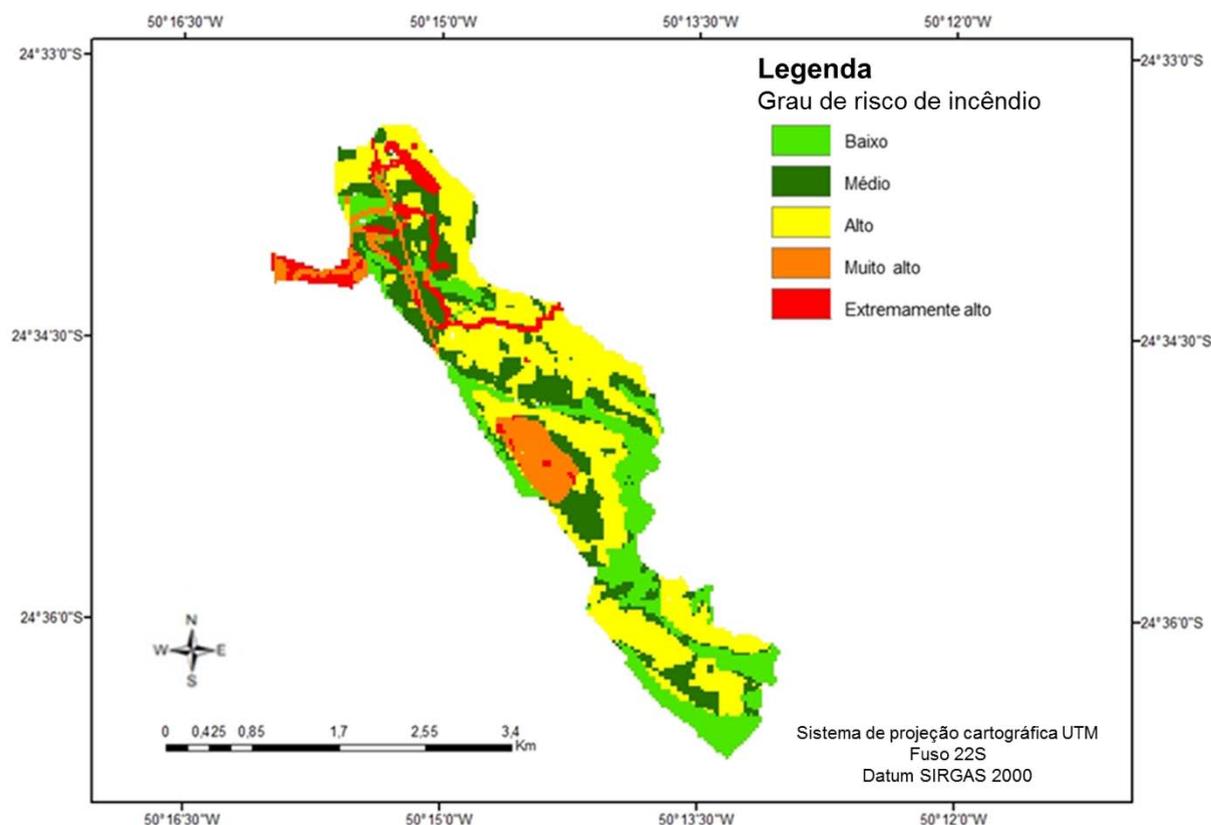


Figura 4: Zoneamento de Risco de Incêndios Florestais para o Parque Estadual do Guartelá

Segundo o zoneamento de risco de incêndios obtido, pode-se observar que 40,70% da extensão total do Parque Estadual do Guartelá foi classificada como de risco alto. As zonas de uso extensivo, uso intensivo, uso histórico cultural, conflitante e de recuperação apresentaram as áreas com risco extremamente e muito alto de ocorrência de incêndios (15,49% da área total do parque), devido, principalmente, a interferência humana e a tipologia vegetal, predominante nessas zonas. Em estudos realizados por Coura et al. (2009) com ocorrência de incêndios no Maciço da Pedra Branca no Rio de Janeiro, e Torres *et al.* (2014) com a ocorrência de incêndios na vegetação da área urbana em Ubá - MG, os resultados foram semelhantes, sendo a maior parte da área dos locais estudados classificados com riscos alto ou extremo de incêndios, influenciados por variáveis como: orientação das encostas e cobertura vegetal.

As áreas que receberam classificação de baixo e médio potencial de ocorrência de incêndios totalizaram 44,70% da extensão do parque. As regiões com floresta demonstraram um menor potencial de ocorrência devido à baixa atividade humana, às características da cobertura vegetal e aspectos topográficos, que dificultam o início e propagação de incêndios. Apesar de apresentar áreas com baixo e médio riscos a maior parte do parque foi classificada com alto, muito alto ou extremamente alto risco, portanto, a probabilidade de ocorrência e propagação de incêndios é alta.

Conclusões

As análises realizadas permitiram concluir que o Parque Estadual do Guartelá obteve 40,70% da sua totalidade classificada como risco alto. Essa informação alerta para a necessidade de realização de ações preventivas a ocorrência de incêndios, focando principalmente nas áreas com maior risco, evitando assim prejuízos ambientais, econômicos e sociais.

Referências bibliográficas

AGUIAR, R. D.; SANTOS, L. F. de M.; MATRICARDI, E. A. T.; BATISTA, I. X. Zoneamento de risco de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros – GO. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 1943 - 1957, 2015.

BONTEMPO, G. C.; LIMA, G. S.; RIBEIRO, G. A.; DOULA, S. M.; ALMEIDA, M. **Avaliação das condições de prevenção e combate a incêndios florestais em unidades de conservação federais** – infraestrutura e equipamentos. In: LIMA, G. S.; BONTEMPO, G. C.; ALMEIDA, M.; GONÇALVES, W. (Org). Gestão, pesquisa e conservação em áreas protegidas, 2012, p. 137 – 155.

BORGES, T. S.; FIEDLER, N. C.; SANTOS, A. R.; LOUREIRO E. B.; MAFIA, R. G. Desempenho de alguns índices de risco de incêndios em plantios de eucalipto no norte do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, n. 18, v. 2, p. 153- 159, 2011.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 19 jul. 2000. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/L9985.htm>>. Acesso em: 13 ago. 2016.

BROWN, A. A.; DAVIS, K. P. **Forest fire: control and use**. New York: McGraw Hill Book, 1973.

COURA, P. H. F.; SOUSA, G. M.; FERNANDES, M. do C. Mapeamento geocológico da suscetibilidade à ocorrência de incêndios no Maciço da Pedra Branca, município do Rio de Janeiro. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 32, n. 2, p. 14 - 25, 2009.

FIEDLER, N. C. Avaliação das condições de trabalho, treinamento, saúde e segurança de brigadistas de combate a incêndios florestais em unidades de conservação do Distrito Federal: estudo de caso. Viçosa: **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 55 - 63, 2006.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ (IAP). **Plano de manejo do Parque Estadual do Guartelá**. Curitiba, Paraná, 2002.

MAGALHÃES, S. R., LIMA, G. S., RIBEIRO, G. A. Avaliação dos incêndios florestais ocorridos no Parque Nacional da Serra da Canastra - Minas Gerais. **Cerne**, v. 18, n. 1, p. 135 - 141, 2012.

MAUGER, J. S. **Incêndios florestais: causas, consequências e como evitar**. Instituto Brasília Ambiental, 2009. Disponível em: <<http://www.ibram.df.gov.br/sites/400/406/00001738.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2016.

NICOLETE, D. A. P.; ZIMBACK, C. R. L. Zoneamento de risco de incêndios florestais para a fazenda experimental Edgardia – Botucatu (SP), através de sistemas de informações geográficas. **Revista Agrogeoambiental**, v. 5, n. 3, p. 55 – 62, 2013.

RIBEIRO, L.; KOPROSKI, L. P.; STOLE, L.; LINGNAU, C.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a fazenda experimental do Canguiri, Pinhais (PR). **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 3, p. 561 – 572, 2008.

SAMPAIO, O. B. **O impacto dos incêndios florestais nas unidades de conservação brasileiras**. In: Unidades de conservação: ações para valorização da biodiversidade. IAP (Instituto Ambiental do Paraná), Curitiba, p. 38 – 152, 2006.



SANTOS, J. F.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Perfil dos incêndios florestais no Brasil em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. **Floresta**, v. 36, n. 1, p. 93 - 100, 2006.

SILVA, G. F. N.; TAVARES JÚNIOR, S. S.; EVANGELISTA, R. A. O.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. C. M. Integração digital e análise espacial aplicadas ao estudo da susceptibilidade a incêndios florestais em Apiaú e Ribeiro Campos – Roraima. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 4, p. 683 - 697, 2008.

SILVEIRA, A. H. de M.; SILVA, B. C. O.; SILVA, F. M.; JUNIOR, N. P. da C. Proposta metodológica para risco de incêndio florestal: estudo de caso na zona de proteção ambiental (ZPA-1) em Natal/RN. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 5, p. 1174 – 1192, 2013.

SOARES, R. V. **Incêndios florestais: controle e uso do fogo**. Curitiba: FUPEF, 1985.

TETTO, A. F.; BATISTA, A. C.; PIVOVAR, C. Manejo da biomassa pós-colheita como forma de prevenção aos incêndios florestais. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SISTEMAS DE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 15. , 2008, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF-PR, 2008. p. 286.

TETTO, A. F.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V. Zoneamento de risco de incêndios florestais para a Floresta Nacional de Irati, estado do Paraná, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 94, p. 249 - 258, jun. 2012.

TOPODATA – Banco de dados geomorfométricos do Brasil, 2016. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>> . Acesso em: 15 dez. 2016.

TORRES, F. T. P.; RIBEIRO, G. A. Índices de risco de incêndios florestais em Juiz de Fora/MG. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 15, n. 2, p. 30 – 39, 2008.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. de O. **Introdução à climatologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

TORRES, F. T. P.; RIBEIRO, G. A.; MARTINS, S. V. M.; LIMA, G. S. Mapeamento da suscetibilidade a ocorrências de incêndios em vegetação na área urbana de Ubá - MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 5, p. 811 - 817, 2014.

VALERIANO, M. M. Dados topográficos. In: FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, p.72 – 104, 2008.

VENTURI, N. L.; ANTUNES, A. F. B. Determinação de locais ótimos para implantação de torres de vigilância para detecção de incêndios florestais por meio de sistema de informações geográficas. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 2, p. 159 - 173, 2007.

ZILLER, S. R.; HATSCHBACH, G. G. **As formações vegetais do Parque Estadual do Guartelá, Tibagi, PR**. Secretaria Estadual do Meio Ambiente; Instituto Ambiental do Paraná: Curitiba, 1996.

Tema 10

Los incendios forestales y su incidencia en la biodiversidad de las áreas periféricas de la ciudad de Jipijapa

Miguel Ángel Fuentes Urrunaga, Sofía Ivonne Castro Ponce

Resumen

Si bien se conoce que los incendios ejercen impacto negativo donde se desarrollan, no existen antecedentes de trabajos que cuantifiquen la incidencia de los incendios sobre la diversidad. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto negativo de los incendios forestales sobre la biodiversidad de las áreas periféricas de Jipijapa. Para esto se realizaron encuestas, entrevistas, observación directa; determinando que los habitantes de los sectores antes mencionados desconocen las medidas para prevenir y combatir incendios forestales; estas acciones permiten reducir al mínimo la propagación de los siniestros. Muchos de los problemas que causan se pueden solucionar con la educación que se debe brindar a los habitantes de las comunidades, ya que la forma más viable de evitarlos en el futuro es la educación y capacitación a la ciudadanía. La mejor manera de enseñar es mostrarles ¿qué es la naturaleza?, ¿por qué es importante?, ¿cuántos recursos valiosos se obtienen en la conservación de la misma? Para desarrollar el trabajo se aplicaron encuestas al personal de las instituciones de socorro, dirigentes barriales, habitantes; además entrevistas a autoridades, así como también talleres de capacitaciones a líderes barriales y moradores de los sectores en estudio. Los resultados obtenidos contribuyen a la sensibilización y concienciación en medidas de prevención y conservación de la biodiversidad, proponiendo las alternativas más acertadas en cada caso.

Abstract

Forest fires have a negative impact where they develop, however, there is no work history that quantifies the incidence of fires on diversity. The objective of this work was to determine the negative effect of forest fires on the biodiversity of the peripheral areas of Jipijapa. For this, surveys, interviews, direct observation; determining that the inhabitants of the aforementioned sectors are unaware of the measures to prevent and fight forest fires; these actions make it possible to minimize the spread of claims. Many of the problems they cause can be solved with the education that should be provided to the inhabitants of the communities, since the most viable way to avoid them in the future is education and training for citizens. The best way to teach is to show them what is nature? Why is it important?, how many valuable resources are obtained in the conservation of it? To carry out the work, surveys were applied to the personnel of the relief institutions, neighborhood leaders, inhabitants; also interviews with authorities, as well as training workshops for neighborhood leaders and residents of the sectors under study. The results obtained contribute to raising awareness and awareness of biodiversity prevention and conservation measures, proposing the most appropriate alternatives in each case.

Introducción

La propagación de incendios forestales a nivel mundial en los últimos años ha ido adquiriendo grandes proporciones que pueden considerarse catastróficas. Debido a la frecuencia e intensidad que han alcanzado dichos eventos adversos en las últimas décadas, por causa de la acción de la humanidad el fuego ha dejado de ser un elemento natural para convertirse en una amenaza para la ecología.

En Manabí los incendios forestales han sido y son una de las principales causas de deterioro ambiental, por la quema de sus bosques, debido al monocultivo, teniendo varios efectos negativos sobre plantas, masas forestales, microclima, suelo, agua, fauna y sobre los valores

recreativos. Además en las zonas arboladas los incendios provocan la muerte de los vegetales y la pérdida de la inversión económica.

El Cantón Jipijapa se encuentra ubicada en la zona sur de Manabí a 320 m. snm en las coordenadas latitud 1°21' y longitud 80° 34'0. Por encontrarse cercano a el bosque pre-montano Chongón Colonche existe una temperatura media anual de 24 °C con una precipitación media anual que varía entre 500 a 1000 mm, también Jipijapa se ve afectado por esta problemática, siendo variable la época de incendios forestales en el cantón. pero puede encontrarse entre los meses de junio a diciembre, presentándose también flagelos en diferentes períodos de sequía, motivado por la quema de maleza y preparación del terreno para sembríos de ciclo corto.

Un incendio forestal por su propia naturaleza y por los medios que se emplean en su combate provoca una gran diversidad de daños tantos humanos, materiales, medioambientales y económicos.

El presente trabajo de investigación tendrá como finalidad la prevención de los incendios forestales y con ello proteger la biodiversidad en las áreas periféricas de la Ciudad de Jipijapa.

Problematización

La problemática de los incendios forestales provocan la paulatina degradación del suelo, sabiendo que el fuego, presentado de manera constante o con una gran intensidad, conduce a una reducción de la capacidad biológica del medio que hace difícil su recuperación de manera natural, debido a que las llamas del incendio son alimentadas por la materia orgánica acumulada durante varios años en el suelo, eliminándose la fauna, los microorganismos, la flora, causando erosión en el suelo haciéndose menos productivo y el consecuente azolve de cuerpos de agua, además de contaminar la atmósfera.

El problema de los incendios forestales ha ido adquiriendo proporciones mayores con el paso del tiempo, con el aumento de la población se ha incrementado la presión del hombre sobre las áreas arboladas para muy diversos propósitos: apertura de áreas de cultivo, pastoreo, asentamientos humanos. Con frecuencia, la consecuencia es la erosión, debido a que sobre el suelo de la mayoría de los bosques, hay una capa de material orgánico, como hojas en descomposición y madera, que son quemadas durante los incendios forestales, existiendo un gran índice de pérdida de fertilidad del suelo. (Grillo, Fabadu y Molina, 2009).

Muchos de estos problemas que afectan a la naturaleza son ocasionados por personas conocidas como pirómanos, que es aquel sujeto que suele sentir relajación, placer, interés, curiosidad y atracción por todo lo relacionado a la acción del fuego, también a la negligencia y descuido del hombre al manejo del fuego. La ausencia y aplicación de medidas de prevención de incendios forestales se suma a los problemas expuestos, ocupando una causa primordial en la conformación de los mismos, de la cual se involucra la irresponsabilidad de la ciudadanía y autoridades para mitigar las consecuencias de los incendios.

Formulación del problema

¿Cómo incide la biodiversidad en las áreas periféricas de la ciudad de Jipijapa amenazada por los incendios forestales durante el periodo Junio – Diciembre 2014?

Objetivo general

Determinar cómo influye la falta de aplicación de medidas de prevención de la biodiversidad amenazada por incendios forestales en las áreas periféricas de la ciudad de Jipijapa.

Objetivos específicos

- Definir las causas que ocasionan los incendios forestales en la pérdida de la biodiversidad.
- Identificar los lugares más vulnerables a los incendios forestales en las áreas periféricas de la ciudad de Jipijapa.

- Establecer las medidas de prevención de incendios forestales que se aplicaran en las zonas vulnerables.
- Diseñar talleres de capacitación en materia de prevención, detección y alerta de incendio a la población de las áreas afectadas.

Diseño metodológico

Ubicación geográfica de Jipijapa

Latitud: -1.33333 Longitud: -80.5833

1°21'0" N 80°34'60" E ~303m asl 12:54 (ECT - UTC/GMT--5). (Jipijapa G. , 2010)

Características meteorológicas

Temperatura promedio de 24,6 °C; precipitación media anual de 1280 mm/ año; altitud desde 0 hasta 400 msnm; humedad relativa de 85%; heleofania 1373, 8 horas luz/año; Ph Neutrocita (Jipijapa G. , 2010)

Proceso metodológico de la investigación

A continuación se detalla el proceso metodológico utilizado para cumplir cada objetivo.

Definir cuáles son las causas que ocasionan los incendios forestales y su incidencia en la pérdida de la biodiversidad.

Para el desarrollo de este objetivo se pidió la colaboración del Cuerpo de Bomberos para recibir un informe de los lugares en la zona periférica de la zona urbana del cantón Jipijapa donde existe mayor incidencia de incendios forestales. Se tomó un lapso retrospectivo de 4 años, los datos se obtuvieron de la bitácora de incendios que archiva esta institución.

Identificar los lugares más vulnerables a los incendios forestales en las áreas periféricas de la ciudad de Jipijapa.

Para el cumplimiento de este objetivo se visitaron los lugares que representan mayor incidencia de incendios, sirven para organizar de la manera más adecuada la defensa, y para planificar la implantación de mejoras que permitan optimizar este aspecto de la manera más eficaz mediante información recabada en el Cuerpo de Bomberos de la ciudad de Jipijapa.

Establecer las medidas de prevención a incendios forestales que se aplicaran en las zonas vulnerables.

El propósito del estudio es identificar los mecanismos preventivos y de acción que cuentan las principales instituciones de socorro del cantón Jipijapa para proponer las reformas necesarias que permitan establecer un manejo integral del fuego, así como fortalecer las capacidades para la reducción de la incidencia de los incendios forestales.

Se realizaron entrevista a los directivos de estas instituciones: Cuerpo de Bomberos, Defensa Civil, Cruz Roja y COE Cantonal, encuesta al personal de las instituciones y encuesta a los habitantes inmersos en la investigación.

Diseñar talleres de capacitación en materia de prevención, detección, alerta y extinción de incendios a la población de las áreas afectadas.

Para el cumplimiento de este objetivo se diseñaron los talleres de capacitación de acuerdo a la temática que les llamara la atención a los participantes:

Taller 1.- Mi amigo los bomberos

Taller 2.-Capacitando a la comunidad evitamos los incendios

Taller 3.-Conociendo los riesgos.

Los talleres se realizaron en el salón de capacitación del cuerpo de Bomberos durante tres días

Análisis e interpretación de resultados

Definir cuáles son las causas que ocasionan los incendios forestales y su incidencia en la pérdida de la biodiversidad.

Para el cumplimiento de este objetivo se realizó un recorrido en el área de estudio con el fin de identificar los sitios vulnerables a incendios, además se solicitó la colaboración del Cuerpo de Bomberos para recibir un informe de los lugares en la zona periférica de la ciudad de Jipijapa donde existe mayor incidencia de incendios forestales. Se consideró un lapso retrospectivo de 4 años anteriores, los datos se tomaron de la bitácora de incendios que archiva esta institución. Una vez recolectada la información cuyo fin fue conocer en qué meses se presentaron las condiciones idóneas para que un conato de fuego se convirtiera un incendio forestal de considerables proporciones (Tablas 1, 2, 3 y 4).

Tabla 1

Ocurrencias de incendios forestales en Jipijapa en el 2010

Lugar	Fecha	Causas
Avenida La prensa	07/05/10	Quema de maleza
Ciudadela Las Acacias	15/05/10	Quema de maleza
Ciudadela Mirador san Antonio	25/06/10	Quema de maleza
Ciudadela Isidro Ayora	30/06/10	Quema de maleza
Ciudadela San Vicente	08/07/10	Quema de maleza
Ciudadela Eloy Alfaro	13/08/10	Quema de maleza
Barrio La Merced	26/08/10	Quema de maleza
Ciudadela Luis Bustamante	03/09/10	Quema de maleza
Ciudadela Renato Burgos	08/09/10	Quema de maleza
Ciudadela Mirador san Antonio	13/09/10	Quema de maleza
Ciudadela Eloy Alfaro	24/09/10	Quema de maleza
Ciudadela San Vicente	24/09/10	Quema de maleza
Vía a Guayaquil	22/10/10	Quema de maleza
Ciudadela Puertas del Sol	03/12/10	Quema de maleza

Fuente: Bitácora del cuerpo de bombero de la ciudad de Jipijapa

Tabla 2

Incendios forestales 2011

Lugar	Fecha	Causas
Ciudadela Las Acacias	14/08/11	Quema de maleza
Ciudadela Mirador san Antonio	19/08/11	Quema de maleza
Vía a Guayaquil	19/08/11	Quema de maleza
Ciudadela Mirador san Antonio	27/08/11	Quema de maleza
Ciudadela Mirador san Antonio	05/Sep./11	Quema de Basura
Sambembe	11/Sep/11	Quema de maleza
Botadero De Basura	24/Sep/11	Quema de maleza
Cárcel	30/Sep/11	Quema de Basura
Los Amarillos	15/Oct/11	Quema de maleza
Sultana del Café	29/Oct/11	Quema de maleza
Sambembe	29/Oct/11	Quema de Basura
Vía a Cochalquita	02/Nov/11	Piñuela prendida
Ciudadela Renato Burgos	03/Nov/11	Quema de Basura
Ciudadela Hermano Gregorio	02/Dic/11	Quema de maleza

Vía a Cochalquita 03/Dic/11 Quema de maleza

Fuente: Bitácora del cuerpo de bombero de la ciudad de Jipijapa

Tabla 3
Incendios forestales 2012

Lugar	Fecha	Causas
Ciudadela El Paraíso	08/07/12	Quema de maleza
Ciudadela Eloy Alfaro	05/08/12	Quema de maleza
Ciudadela Mirador san Antonio	14/08/12	Quema de maleza
Ciudadela Hermano Gregorio	03/09/12	Quema de maleza
Ciudadela 1 ^{ero} de Julio	06/09/12	Quema de maleza
Ciudadela Eloy Alfaro	14/09/12	Quema de maleza
Vía a Manta	01/10/12	Quema de maleza
Vía a Portoviejo	11/10/12	Quema de maleza
Botadero De Basura	19/10/12	Quema de Basura
Ciudadela Eloy Alfaro	13/11/12	Quema de Basura
Ciudadela El Paraíso	20/11/12	Quema de maleza
Vía a Manta	14/12/12	Quema de maleza
Ciudadela Renato Burgos	25/12/12	Quema de maleza

Fuente: Bitácora del cuerpo de bombero de la ciudad de Jipijapa

Tabla 4
Incendios forestales 2013

Lugar	Fecha	Causas
Ciudadela Mirador san Antonio	16/08/13	Quema de maleza
Ciudadela 1 ^{ero} de Julio	16/08/13	Quema de maleza
Ciudadela Isidro Ayora	24/08/13	Quema de maleza
Vía a Puerto Cayo	25/08/13	Quema de maleza
Capilla Cristo del Consuelo	30/08/13	Quema de maleza
Ciudadela 1 ^{ero} de Julio	11/09/13	Quema de maleza
Vía a Manta	11/09/13	Quema de maleza
Vía a Puerto Cayo	14/09/13	Quema de maleza
Ciudadela El Paraíso	16/09/13	Quema de maleza
Ciudadela Luis Bustamante	25/09/13	Quema de maleza
Ciudadela Renato Burgos	17/10/13	Quema de maleza
Ciudadela Puertas del Sol	22/10/13	Quema de Basura
Ciudadela Luis Bustamante	31/10/13	Quema de maleza
By Pass	06/11/13	Quema de maleza
Vía a Manta	07/11/13	Quema de maleza
Vía a Puerto Cayo	10/11/13	Quema de maleza
Ciudadela 1 ^{ero} de Noviembre	11/11/13	Quema de maleza
Vía a Guayaquil	27/11/13	Quema de maleza
Monumento el Choclo	03/12/13	Quema de maleza
Santa Rosa	03/12/13	Quema de maleza

Fuente: Bitácora del cuerpo de bombero de la ciudad de Jipijapa

La distribución de las causas de incendios en el periodo 2010 – 2013 se presenta en la Tabla 5. Se observa que la mayor causa de incendios forestales en las áreas periféricas de la ciudad de Jipijapa fue la quema de maleza por la que se recomienda a los habitantes realizar esta actividad de manera contralada.

Tabla 5

Incendios forestales 2013

Causa	Años	Nº	%
Quema de maleza	2010 -2013	54	88 %
Quema de basura	2010-2013	6	10 %
Quema de piñuela	2010 -2013	1	2 %
Total		61	100 %

Fuente: Bitácora cuerpo de Bombero de Jipijapa

Identificar los lugares más vulnerables a los incendios forestales en las áreas periféricas de la ciudad de Jipijapa.

Para el cumplimiento de este objetivo se realizó un recorrido en el área de estudio, además se solicitó la colaboración del Cuerpo de Bomberos para investigar los lugares más vulnerables a incendios. Los datos se tomaron de la bitácora de incendios que archiva esta institución. También se realizaron encuestas a líderes barriales y habitantes de las áreas periféricas. Se obtuvo que las áreas vulnerables son las ciudadelas Las Acacias, Mirador san Antonio, Isidro Ayora, San Vicente, Eloy Alfaro, 1º de julio, Renato Burgos, Mirador san Antonio, Eloy Alfaro, San Vicente, Puertas del Sol y 1º de noviembre, además de las vías a Manta y a Guayaquil y el Barrio La Merced.

Establecer las medidas de prevención a incendios forestales que se aplicaran en las zonas vulnerables

Para el cumplimiento de este objetivo se realizaron entrevista a los directivos y personal del Cuerpo de Bomberos, de la Defensa Civil, de la Cruz Roja y del COE Cantonal, además de los habitantes inmersos en la investigación con el propósito de identificar los mecanismos preventivos y de acción que cuentan las principales instituciones de socorro del cantón Jipijapa para proponer las reformas necesarias que permitan establecer un manejo integral del fuego, así como fortalecer las capacidades para la reducción de la incidencia de los incendios forestales. Los resultados obtenidos con la aplicación de la encuesta se describen a continuación:

¿La tecnología y equipamiento de las institución de socorro son apropiadas para combatir un incendio forestal?

La mayoría de los encuestados dijeron que la tecnología y equipamiento de las institución de socorro son apropiadas para combatir un incendio forestal. Las medidas de prevención son la base principal para lograr que los incendios no destruyan los ecosistemas forestales (Tabla 6).

Tabla 6

Tecnologías y equipos apropiados

Alternativas	Nº	%
Siempre	234	61
Casi siempre	80	21
A veces	41	11
Nunca	19	5
No responde	8	2
Total	382	100

Fuente: Encuesta aplicada a habitantes de las áreas periféricas de la ciudad de Jipijapa

¿Está usted preparado para actuar en caso de incendio forestal?

La mayoría de los encuestados manifestaron que están preparados para actuar en caso de incendio forestal. Un incendio forestal por su propia naturaleza y por los medios que se emplean en su combate provoca una gran diversidad de daños (Tabla 7).

Tabla 7
Preparados para actuar en caso de incendios

Alternativas	N°	%
Siempre	227	59
Casi siempre	85	22
A veces	48	13
Nunca	15	4
No responde	7	2
Total	382	100

Fuente: Encuesta aplicada a habitantes de las áreas periféricas de la ciudad de Jipijapa

¿Es necesario fomentar de manera paralela la educación ambiental y la cultura, hacia la prevención de los incendios?

La mayoría de los encuestados manifestaron que siempre es necesario fomentar de manera paralela la educación ambiental y la cultura, hacia la prevención de los incendios (Tabla 8).

Tabla 8
Necesidad de fomentar de manera paralela la educación y la cultura

Alternativas	N°	%
Siempre	240	63
Casi siempre	75	20
A veces	39	10
Nunca	20	5
No responde	8	2
Total	382	100

Fuente: Encuesta aplicada a los habitantes de las áreas periféricas de la ciudad de Jipijapa

¿Considera Ud. Que es necesario establecer campañas de prevención para evitar incendios forestales?

Los encuestados mayoritariamente manifestaron que siempre es necesario establecer campañas de prevención para evitar incendios forestales. Las medidas de prevención son la base principal para lograr que los incendios no destruyan los ecosistemas forestales (Tabla 9).

Tabla 9
Necesidad de establecer campañas de prevención

Alternativas	N°	%
Siempre	250	65
Casi siempre	86	23
A veces	30	8
Nunca	12	3
No responde	4	1
Total	382	100

Fuente: Encuesta aplicada a los habitantes de las áreas periféricas de la ciudad de Jipijapa

¿La dirigencia barrial, la comunidad o el sector donde usted vive está preparada para prevenir y combatir un incendio forestal?

Los encuestados coincidieron en que siempre que la dirigencia barrial, la comunidad o el sector donde usted vive está preparada para prevenir y combatir un incendio forestal (Tabla 10).

Tabla 10
Preparación para prevenir y combatir incendios

Alternativas	N°	%
Siempre	42	11
Casi siempre	62	16
A veces	241	63
Nunca	27	7
No responde	10	3
Total	382	100

Fuente: Encuesta aplicada a los habitantes de las áreas periféricas de la ciudad de Jipijapa

¿Sabe usted las medidas preventivas en caso de incendio debe poner en práctica la comunidad?

Los encuestados respondieron a veces saben que medidas preventivas en caso de incendio debe poner en práctica la comunidad, lo que supone que la comunidad deberían prepararse a fin de estar listo para actuar en caso de incendios (Tabla 11).

Tabla 11
Conocimiento de medidas preventivas

Alternativas	N°	%
Siempre	43	11
Casi siempre	100	26
A veces	228	60
Nunca	4	1
No responde	8	2
Total	382	100

Fuente: Encuesta aplicada a los habitantes de las áreas periféricas de la ciudad de Jipijapa

¿Integraría Ud. Una brigada ciudadana para aplicar estas medidas de prevención?

La mayoría de los encuestados manifestaron que **siempre** Integraría una brigada ciudadana para aplicar medidas de preventivas en caso de incendio forestal, la forma más viable de prevenir incendios en el futuro es la educación y sensibilización de la ciudadanía con las consecuencias nefastas que conllevan la destrucción de un ecosistema (Tabla 12).

Tabla 12
Integrar brigadas para aplicar medidas de prevención

Alternativas	N°	%
Siempre	235	61
Casi siempre	90	24
A veces	43	11
Nunca	4	1
No responde	10	3
Total	384	100

Fuente: Encuesta aplicada a los habitantes de las áreas periféricas de la ciudad de Jipijapa

Los resultados de la aplicación de la encuesta a las autoridades de las instituciones de socorro del Cantón Jipijapa se presentan a continuación:

¿Elabora la institución un plan de acción como propuesta para prevenir incendios forestales?

Los encuestados respondieron que casi siempre la institución elabora un plan de acción como propuesta para prevenir incendios forestales, por cuanto esto permite actuar con mayor rapidez y seguridad para combatir y controlar un incendio (Tabla 13).

Tabla 13

Elabora la institución planes de acción para prevenir incendios forestales

Alternativas	N°	%
Siempre	1	25
Casi siempre	2	50
A veces	1	25
Nunca	0	0
No responde	0	0
Total	4	100

Fuente: Autoridades de las instituciones de socorro de la ciudad de Jipijapa

¿Está preparada la institución para actuar en caso de incendio forestal?

Las autoridades entrevistadas manifestaron que siempre la institución está preparada para actuar en caso de incendio forestal, porque constantemente el personal a su cargo está recibiendo capacitación (Tabla 14).

Tabla 14

Está preparada la institución para actuar en caso de incendios forestales

Alternativas	N°	%
Siempre	2	50
Casi siempre	2	50
A veces	0	0
Nunca	0	0
No responde	0	0
Total	4	100

Fuente: Autoridades de las instituciones de socorro de la ciudad de Jipijapa

¿El número de efectivos que tiene la institución es suficiente para atender las diversas demandas de socorro que se suscitan en el cantón?

En este caso existieron opiniones divididas (Tabla 15).

Tabla 15

Número suficiente de efectivos de la institución

Alternativas	N°	%
Siempre	1	25
Casi siempre	1	25
A veces	1	25
Nunca	1	25
No responde	0	0
Total	4	100

Fuente: Autoridades de las instituciones de socorro de la ciudad de Jipijapa

¿Considera Ud. Que es necesario establecer campañas de prevención a la ciudadanía para evitar incendios forestales?

Las autoridades entrevistadas manifestaron que siempre es necesario establecer campañas de prevención a la ciudadanía para evitar incendios forestales, las medidas de prevención son la base principal para lograr que los incendios no destruyan los ecosistemas forestales (Tabla 16).

Tabla 16
Necesidad de establecer campañas de prevención

Alternativas	N°	%
Siempre	2	50
Casi siempre	2	50
A veces	0	0
Nunca	0	0
No responde	0	0
Total	4	100

Fuente: Autoridades de las instituciones de socorro de la ciudad de Jipijapa

¿La tecnología y equipamiento de la institución es apropiada para combatir incendio forestal?

Las autoridades entrevistadas manifestaron que la tecnología y equipamiento de la institución a veces es apropiada para combatir incendio forestal de acuerdo a la intensidad del incendio y muchos de los problemas que causan los incendios forestales se los puede solucionar con la educación que se debe de brindar a las comunidades (Tabla 17).

Tabla 17
Tecnologías y equipamientos apropiados

Alternativas	N°	%
Siempre	1	25
Casi siempre	1	25
A veces	2	50
Nunca	0	0
No responde	0	0
Total	4	100

Fuente: Autoridades de las instituciones de socorro de la ciudad de Jipijapa

¿Deben tener la misma respuesta todos los avisos confirmados de incendio forestal?

Las autoridades entrevistadas manifestaron que siempre todos los avisos confirmados de incendio forestal deben tener la misma respuesta porque con esto se evita que se propague, una vez declarados el fuego, es difícil de extinguir. Cuando la capa de humus no es muy profunda, es posible apagarlos con agua o arena (Tabla 18).

Tabla 18
Igual respuesta a todos los avisos de incendio

Alternativas	N°	%
Siempre	2	50
Casi siempre	2	50
A veces	0	0
Nunca	0	0
No responde	0	0
Total	4	100

Fuente: Autoridades de las instituciones de socorro de la ciudad de Jipijapa

7.- ¿Es necesario fomentar de manera paralela la educación ambiental y la cultura, hacia la prevención de los incendios?

De acuerdo a las repuestas de las autoridades **siempre** es necesario fomentar de manera paralela la educación ambiental y la cultura, hacia la prevención de los incendios mediante charlas,

talleres, trípticos entre otros para que la comunidad esté informada y preparada para actuar de manera segura y oportuna (Tabla 19).

Tabla 19
Necesidad de fomentar la educación ambiental y la cultura

Alternativas	N°	%
Siempre	2	50
Casi siempre	1	25
A veces	1	25
Nunca	0	0
No responde	0	0
Total	4	100

Fuente: Autoridades de las instituciones de socorro de la ciudad de Jipijapa

¿Pone en práctica la institución medidas preventivas en caso de incendio?

De acuerdo a las repuestas de las autoridades, en un buen porcentaje manifestaron que la institución a veces pone en práctica medidas preventivas en caso de incendio, mediante charlas, folletos, simulacros de manera que actúen con responsabilidad y seguridad (Tabla 20).

Tabla 20
Medidas preventivas en caso de incendio

Alternativas	N°	%
Siempre	1	25
Casi siempre	1	25
A veces	2	50
Nunca	0	0
No responde	0	0
Total	4	100

Fuente: Autoridades de las instituciones de socorro de la ciudad de Jipijapa

Diseñar talleres de capacitación en materia de prevención, detección, alerta y extinción de incendios a la población de las áreas afectadas.

Para el cumplimiento de este objetivo se diseñaron los talleres de capacitación de acuerdo a la temática que les llamara la atención a los participantes. Se citó a los líderes barriales y habitantes de Ciudadela Ricardo Loor, Mirador San Antonio, ciudadela 1° de julio, ciudadela 1° de noviembre, ciudadela 24 de mayo, Eloy Alfaro, barrio Cristo de la Consuelo, Ciudadela las acacias, ciudadela Renato Burgos, ciudadela El Paraíso; se entregaron trípticos con información referente a incendios forestales. Asistieron un total de 38 participantes quienes luego multiplicarían los conocimientos recibidos a los demás moradores. Los temarios tratados fueron:

- Mi amigo el bombero
 ¿Por qué se producen los incendios forestales y que daños provocan?
 Se realizó el 10 de septiembre del 2014
- Capacitando a la comunidad evitamos los incendios
 Los incendios se inician por causas naturales y provocadas
 Se llevó a cabo el 11 de septiembre del 2014
- Conociendo los riesgos.
 ¿Qué tan vulnerable somos a un incendio forestal?
 Fue dado el 12 de septiembre del 2014

Estos talleres de realizaron en el salón de capacitación del cuerpo de Bombero de Jipijapa.

Discusión

Autoridades y miembros de las instituciones de socorro se enlazan entre sí teniendo en su orden, lo prioritario que todo el personal a más de conocer todas sus responsabilidades deben desarrollar las tareas asignadas de acuerdo a las funciones que desempeña para que no se superpongan las labores y cada uno asuma su rol. Hay un planteamiento alternativo a "respuesta igual para todos" que nos insta a evaluar la potencialidad del incendio y darle la respuesta proporcionada o incluso limitarnos a monitorizarlo si sus efectos no va a ser importantes. Esto exige más formación de los cuadros de mando e intermedios; entre ellos las instituciones de socorro y otros especialistas en comportamiento del fuego, por lo que es muy conveniente sacar lecciones aprendidas de incendios anteriores, bien documentados y analizados, es necesario dejar muy clara la potencialidad de este elemento técnico y por tanto las ventajas y sus atribuciones recomendadas allá donde ya se usa. Es necesario por tanto, que cada miembro cumpla su rol, tal como lo manifiesta Molina (2009).

La encuesta aplicada a líderes barriales y a habitantes de las áreas de estudio se relacionan entre sí y están muy de acuerdo que deben estar preparados para actuar en caso que se presente un incendio, es muy importante, en áreas con alta probabilidad de ocurrencia de incendios, en donde la comunidad se organice para elaborar un plan de protección. Este deberá establecer medidas de prevención; además, deberá considerar medidas destinadas a detectar y dar aviso oportuno a quien corresponda, las medidas de prevención es la base principal para lograr que los incendios no destruyan los ecosistemas forestales. Estas se deben tomar como las principales herramientas en el combate de los incendios forestales. La prevención se relaciona con el conjunto de medidas, acciones, normas o trabajos tendientes a reducir, evitar y facilitar el control de los incendios forestales. Estas acciones permiten reducir al mínimo la propagación de los siniestros y, en consecuencia, ayudan a disminuir considerablemente los daños. Al ser preventivas, estas acciones se realizan mayoritariamente antes de la temporada de incendios, tal como lo indica Mera.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Al finalizar este trabajo se puede evidenciar lo perjudicial y devastador que pueden ser los incendios forestales, las causas principales en el sector donde se realizó la investigación es la quema de maleza para realizar sembríos o por la incineración de basura de sus habitantes por la falta de recolección de la misma por parte del GAD de Jipijapa, también otra causa es por desconocimiento de las consecuencia que provoca un daño de esta naturaleza. Sin duda los incendios forestales afectan de forma importante a la flora y fauna silvestre. El daño directo consiste en la mortalidad durante un incendio y la dificultad de recuperar los terrenos que sufrieron estragos.
- Se detectó que los sitios vulnerables con mayor incidencia a incendios forestales son: vía a Manta, comuna Sancan, Mirador San Antonio, Ciudadela 1° de Julio, By pass, vía a Guayaquil, entre otros. Son los lugares donde en ciertos días del verano se presentan las condiciones perfectas para que un pequeño conato de fuego se convierta un incendio forestal de considerable proporciones.
- El desconocimiento en medidas de prevención sobre incendios forestales por parte de los habitantes de las zonas periféricas de la ciudad de Jipijapa ocasiona que ellos no conozcan los graves problemas ambientales y socioeconómicos tanto para las áreas que los sufren con mayor frecuencia como para la sociedad en su conjunto.

- En el cuerpo de bomberos se realizaron talleres de capacitación a los Líderes barriales y habitantes de los sectores inmersos en la investigación en materia de prevención y alerta de incendios explicando la consecuencia que ocasionan estos siniestros, además se entregó tríptico previamente elaborados para este fin.

Recomendaciones

- Se recomienda a los habitantes no quemar maleza ni basura e impulsar una cultura forestal, además una iniciativas de desarrollo sostenible que incidan favorablemente en la conservación de la biodiversidad.
- Evitar usar el fuego para eliminar desechos agrícolas y forestales, ya que estas actividades son causas importantes para ocasionar incendios forestales en áreas periféricas
- Se recomienda promover campaña de prevención, la misma que requiere estrategias de intervención social que permitan la paulatina puesta en marcha de una nueva cultura y una nueva gestión forestal, sostenible y participativa, coherente con los retos que determina la compleja realidad actual.
- Se deben realizar charlas de educación ambiental a establecimientos educativos próximos a las áreas, en donde se expondrá temas sobre los riesgos y peligros de los incendios forestales y los daños que estos generan. Además se recomendará a los alumnos, sembrar árboles para que comprendan la importancia que tiene la vida vegetal y se tome conciencia sobre el cuidado y respeto a la naturaleza.
- Realizar talleres de capacitación porque muchos de los problemas que causan los incendios forestales se los puede solucionar con la educación que se debe brindar a las comunidades, Por tanto las personas estarían capacitadas para combatir y controlar un incendio forestal de menor intensidad sin exponer su integridad.

Bibliografía

- CONABIO. (2008). Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Distrito Federal, México.
- D, MOLINA; F, GRILO; D, GARCIA-MARCO. (2009). Uso del fuego Prescrito para la creación de rodales cortafuego: en incendios forestales Fundamentos y Aplicaciones. España.
- DM, MOLINA, J BLANCO, M GALAN, E POUS, J B GARCIA, D GARCIA. (2009). INCENDIOS FORESTALES, FUNDAMENTOS, LECCIONES APRENDIDAS Y RETOS A FUTURO. GRANADA, ESPAÑA: AIFEMA.
- Finny, & A, M. (1998). FARSITE FIRE AREA SIMULATOR. Estados Unidos.
- FORESTAL, C. N. (2007). Bio diversidad y problema de conservación. Chile .
- FUENTES, M. (2014). COORDENADA DE JIPIJAPA. JIPIJAPA, ECUADOR.
- G, M. (2002). CONTROL DE PARQUES NATURALES UTILIZANDO NUEVAS TECNOLOGIAS. VALENCIA, ESPAÑA.
- Grillo, FF, Fabadu; DD y Molina. (2009). Incendios Forestales (Vol. I). granada: AIFEMA.
- HERNANDEZ. (2009). LOS INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN III TEXCOCO. MEXICO.
- HERNANDEZ, O. (2009). Los incendios forestales en la región III Texcoco. México.
- Ixcopal, M. (2011). Guía pedagógica para la enseñanza del cuidado y conservación de los bosques. Guatemala.
- JARAMILLO, A. A. (1998). LA BIODIVERSIDAD Y LOS ECOSITEMAS. COSTA RICA. JIPIJAPA, G. (2012). PLAN DE DESARROLLO ESTRATEGICO. JIPIJAPA.
- Jipijapa, M. d. (2010). plan estratégico de Jipijapa. Jipijapa.
- MERA. (2005). USO DE FUEGO REFERENCIAS TECNICAS Y ADMINISTRATIVAS .



- MUÑOZ, g. (2002). Control de parque naturales utilizando nuevas tecnología. Valencia, España.
- N, N. (2011). Factores que influyen en un incendio y su propagación. Recuperado el 20 de octubre de 2013, de online www.ecovive.com
- NACIONAL, A. (2008). CONSTITUCION DEL ECUADOR.
- Pausas, J. (2012). Incendios Forestales.
- QUIÑONES, N. I. (2004). DERECHOP Y SOCIOLOGIA AMBIENTAL.
- SALAS, F. (1993). Manual de Formación para la lucha contra incendio.
- V, Salas; J, Rodríguez. (2000). Programa Nacional de Protección contra incendios forestales: Desarrollo sustentable (Vol. I). México.
- V; SOSA y J RODRIGUEZ. (2000). Programa Nacional de Protección contra incendios forestales. Desarrollo Sustentable. México.
- VELEZ, R. (2009). Incendios Forestales; Fundamentos y aplicaciones.

CURRÍCULO VITAE RESUMIDO DE LOS EDITORES

Marcos Pedro Ramos Rodríguez, es de nacionalidad cubana, Ingeniero Forestal (1984) y Doctor en Ciencias Forestales (1999) por la Universidad de Pinar del Río, Cuba, en la que laboró 30 años como docente. Posdoctorado en Ciencias Forestales (2012) por la Universidad Federal de Paraná, Brasil. Tiene más de 30 publicaciones en revistas científicas y varios libros o capítulos. Actualmente es par evaluador de varias revistas científicas. Participó como consultor nacional o internacional en Proyectos de Cooperación Técnica de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en Cuba, el Caribe, Guatemala y Nicaragua. En la actualidad trabaja en la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), Ecuador, con la categoría de Docente Titular Principal 1 Tiempo Completo y tiene la categoría de Investigador Agregado 2 de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación de Ecuador.

Alfredo Jimenez González, es de nacionalidad cubana, Ingeniero Agrónomo (1991), Máster en Agroecología y Agricultura Sostenible y Doctor en Ciencias Forestales (2013) por la Universidad de Pinar del Río, Cuba, en la que laboró cinco años como docente y dos años en la Universidad de Artemisa, Cuba. Tiene más de 20 publicaciones en revistas científicas y varios libros o capítulos. Actualmente es par evaluador de varias revistas científicas. Participó como docente de la maestría de agroecología como parte del convenio Cuba-Venezuela en la etapa 2014. En la actualidad trabaja en la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), Ecuador, con la categoría de Docente Titular Principal 1 Tiempo Completo y tiene la categoría de Investigador Agregado 1 de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación de Ecuador.

René Gras Rodríguez, es de nacionalidad cubana, Licenciado en Educación, Especialidad: Química (1996) y Máster en Ciencias de la Educación (2009), por la Universidad de Ciencias Pedagógicas José de la Luz y Caballero, Holguín, Cuba. Laboró 22 años como docente en distintas instituciones de educación. En la actualidad trabaja en la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), Ecuador, con la categoría de Docente Contratado a Tiempo Completo.

Sofía Ivonne Castro Ponce, de nacionalidad ecuatoriana, Ingeniera Forestal (1996) por la Universidad Técnica de Manabí, Ecuador, en la que laboró como docente durante tres años. Magister en docencia universitaria e investigación educativa (2006) por la Universidad de la Ciudad de Loja. Ha participado en proyectos de investigación. Autora de capítulos de libros. Trabaja en la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), Ecuador, desde hace 17 años, actualmente con la categoría de Docente Contratada a Tiempo Completo.



compAs