

**La incidència dels incendis a l'Àrea Metropolitana
de Barcelona i a la comarca del Bages durant el
període 1987-1998**

La incidència dels incendis a l'Àrea Metropolitana de Barcelona i a la comarca del Bages durant el període 1987-1998

Anna Badia i Perpinyà

Tesi doctoral codirigida per:

Montserrat Pallarès i Barberà

Josep Piñol i Pascual

Departament de Geografia
Universitat Autònoma de Barcelona

Bellaterra, novembre del 2000

A en Vicenç i en Marc, que no han defallit i han fet que jo no defallís

*Als meus pares, Oriol i Anna i als meus germans i germanes,
Mireia, Jordi, Núria i Miquel, que m'han fet sempre costat*

- El país està mort i fa plorar- i els ulls blau cel de la Maria Carme ploren, no se'n poden estar-. Encara que no se'n tinguin ganes, fa plorar... I ara s'ha d'esperar una nova vida, un nou rebrot, i nosaltres ja no ho veurem i ja no tallarem més fusta d'aquest bosc. Tot això cremat a la Rabassa ho haurem de treure per entremig d'especuladors, i si no ho treiem ho haurem de guardar per a la calefacció.

Narcís Clotet, *Pagesos cremats*

Les zones boscoses són les que sofreixen un canvi més radical en cas d'incendi. Abans de la crema, quan recorries les obagues de Montserrat era molt difícil de poder veure les agulles i les cingles que tenies al damunt, perquè les capçades dels arbres et privaven la visió i mantenien un ambient ombrívol. Caminaves dins d'un bosc frondós. Ara després de l'incendi és ben diferent. Les capçades dels arbres han desaparegut, cremades i només queden els troncs; el bosc que abans era ombrívol, ara és lluminós. Només són ombrívols alguns indrets ombrejats per les roques abruptes.

Josep Nuet i Josep M^a Panareda, *Serra d'Or*

Justificació i interessos personals

Haver arribat a la defensa d'aquesta tesi doctoral ho dec, en part, a la casualitat, *estar al lloc adequat en el moment adequat*, però sobretot és fruit d'un esforç, d'un treball constant i d'un suport incondicional de tota la gent que m'ha envoltat durant aquests darrers anys.

El precedent directe, va ser la memòria de recerca presentada el setembre de 1995, sota el títol *Modelització i tecnologies de la informació per al suport a la lluita contra els incendis forestals*, dirigida per Joan Nunes i que va ser possible gràcies a l'estada a la Universitat de Swansea, amb una beca ERASMUS durant el curs 1991/92, i a l'entrada al Departament de Geografia, en aquells moments com a professora associada, l'octubre de 1994. L'estada a Swansea em va iniciar en la recerca dins el camp dels incendis forestals i va ser allà on vaig aprendre què significa fer de "rata de biblioteca", alhora que m'iniciava en l'ús de la Teledetecció i els SIG per a elaborar un mapa de risc potencial d'incendis forestals, al Parc Natural de Sant Llorenç de Munt i la Serra de l'Obac, utilitzant com a mètode, l'anàlisi multicriteri. Al Departament de Geografia he trobat l'experiència, l'ambient i el suport idoni pel desenvolupament d'aquest treball.

Tot i que pels matadeperencs el Parc Natural de Sant Llorenç de Munt i la Serra de l'Obac és un referent i un element identificador, he hagut de deixar de banda el sentimentalisme i optar per àmbits amb disponibilitat de bases de dades espacials i alfanumèriques en format digital. Per això, la signatura d'un conveni amb Consorci del Parc de Collserola, que en matèria de prevenció d'incendis té competències a tota l'Àrea Metropolitana de Barcelona, va permetre pal·liar un dels problemes que tenia a l'hora de treballar a la zona de Sant Llorenç; la manca d'informació alfanumèrica i espacial, tant pel que fa als incendis com a la referent a les condicions del territori. Per tant, hi havia dos motius bàsics que van determinar en un principi l'aplicació de l'estudi en aquest àmbit; per un costat l'extensa base de dades en format digital que disposa el Patronat Metropolità de Collserola, i per l'altre, el fet que l'àmbit d'actuació del Patronat en matèria de prevenció d'incendis forestals engloba l'Àrea Metropolitana de Barcelona. Finalment, la concessió del *Premi Fundació Caixa de Manresa* per l'estudi *Planificació territorial i organització de la lluita contra els incendis forestals*, el setembre de 1998, va obrir nous interessos a la investigació: la possibilitat de comparar dos àmbits on les característiques dels incendis, ja s'intuïen força diferents.

Agraïments

Vull agrair especialment als qui han dirigit aquesta tesi doctoral, sense els quals no hauria pogut arribar al final: a Montserrat Pallarès i a Josep Piñol. Tots dos m'han orientat en tot moment, ajudant-me a superar els entrebancs, i, alhora, m'han animat en els moments de desànim. No cal dir que totes les errades que se'n puguin derivar i les males interpretacions que hi pugui haver en aquesta tesi, són únicament i exclusiva degudes a qui signa aquest treball.

A Joan Nunes, les aportacions del qual han estat de gran interès en diverses fases d'aquest treball d'investigació.

Als companys del grup de treball, que junts i dirigits hàbilment per Rufí Cerdan, vam guanyar el premi Caixa de Manresa: David Saurí, Joan Carles Llurdés, Ignacio Ferrero i Francesc Sánchez. Amb ells he après què és realment un equip de treball.

A Àngel M. Felicísimo, que desinteressadament i pacientment em va resoldre alguns problemes de modelització.

A Raimon Salvador, Jordi Cristóbal i Pere Serra, els quals m'han resolt alguns dels meus buits en estadística.

A Jordi Badia i Enric Mendizàbal amb els seus assenyats i intel·ligents comentaris després d'haver-se llegit aquest treball.

Als qui mitjançant comentaris o converses de passadís anaven enriquint la meua recerca i m'ajudaven a tirar endavant: Antoni F. Tulla, Xavier Pons, David Molina, Joan Manuel Soriano, Anna Ortiz, Perla Zusman, Miquel Sainz-de la Maza, Antònia Valentín, Àngel Manzano, Jordi Nadal, Mireia Baylina, Maria Prats, Toni Durà, Miguel Solana, Paco Muñoz, Eulàlia Miralles, Albert Pèlachs, Jordi Vayreda, Ricardo Díaz-Delgado.

A totes les persones del Departament de Geografia, que sempre han estat solidàries, amb les seves constants mostres de suport.

A diferents organismes, representats per diverses persones que m'han facilitat informació vital per iniciar aquest treball: Joaquim Calafí (del Consorci del Parc de Collserola) i a Antoni Gázquez, Xavier Castro, Esteve Canyameres i Emili Ponsa (del DARP). Novament a Rufí Cerdan del Consell Comarcal del Bages.

A tota la meua família que m'ha facilitat el temps necessari per acabar-la.

Índex general

1. Introducció	1
1.1. La problemàtica dels incendis a la mediterrània	1
1.2. Necessitats de coneixement i anàlisi que planteja la lluita contra els incendis forestals	3
1.3. Objectius.....	5
1.4. Hipòtesis de treball.....	6
1.5. Metodologia general.....	7
1.6. Bibliografia.....	11
2. Principals tendències de la investigació en el camp dels incendis forestals.....	13
2.1. La lluita contra els incendis forestals	13
2.2. La modelització dels incendis per a l'anàlisi del risc i del comportament	14
2.2.1. Models basats en l'anàlisi de l'ocurrència d'incendis	15
2.2.2. Modelització cartogràfica clàssica dels Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG)	15
2.2.3. Models associats a les condicions meteorològiques.....	16
2.2.4. Models de combustible	16
2.2.5. Simulació del comportament del foc	17
2.3. Tecnologies de la informació i la lluita contra els incendis forestals	19
2.3.1. Les aportacions de la teledetecció	20
2.3.2. El paper dels SIG en la lluita contra els incendis forestals	23
2.3.2.1. Els SIG i els incendis forestals	23
2.3.2.2. Els SIG per al suport gestió global dels incendis forestals	25
2.4. Consideracions finals d'aques capítol.....	26
2.5. Bibliografia.....	28
3. Els diferents conceptes de risc ambiental.....	35
3.1. La percepció del risc	35
3.2. Desenvolupament del concepte geogràfic del risc segons l'escola de Burton, Kates i White.	36
3.3. L'àmbit d'adaptació al risc: introducció a la cadena causal	39
3.4. Entorn social i mesures d'adaptació al risc dels incendis forestals	41
3.5. Reducció del risc i reducció de la vulnerabilitat.....	43
3.6. El concepte de risc d'incendis en relació a la ignició i la propagació	44
3.6.1. La fase d'ignició.....	44
3.6.2. La fase de propagació.....	45
3.6.3. La ignició i la propagació en el context de la cadena causal del risc.	46
3.7. Reflexions sobre el model de gestió de risc que inspiren aquest estudi.....	47
3.8. Bibliografia.....	50
4. El context territorial i socioeconòmic de l'AMB i la comarca del Bages	51
4.1. L'AMB i la comarca del Bages en el context de Catalunya	51
4.2. El context territorial i socioeconòmic de l'Àrea Metropolitana de Barcelona	53
4.2.1. Situació, límits i característiques físiques	53
4.2.2. Principals eixos estructuradors.....	56
4.2.3. Característiques socioeconòmiques	56
4.2.4. El sector forestal a l'AMB.....	60
4.3. El context territorial i socioeconòmic de la comarca del Bages.....	61

4.3.1. Situació, límits i característiques físiques	61
4.3.2. Principals eixos estructuradors.....	63
4.3.3. Característiques socioeconòmiques	64
4.3.4. El sector forestal al Bages	67
4.4. Bibliografia.....	71
5. Característiques generals dels incendis a l'AMB i a la comarca de Bages (1987-1998)	73
5.1. Introducció	73
5.2. Fonts de dades disponibles per l'anàlisi de l'ocurrència	73
5.2.1. Justificació	73
5.2.2. Procediment de captura de dades durant el període 1987-1998 a l'AMB i al Bages	74
5.3. Els incendis a Catalunya	76
5.3.1. La influència dels canvis conjunturals i estructurals dels darrers anys	76
5.3.2. Política de prevenció d'incendis a Catalunya	78
5.3.2.1. Orígens de la política de prevenció d'incendis a Catalunya. De 1980 a 1985.....	79
5.3.2.2. Lleis i normes a partir del cru estiu del 1986	80
5.3.2.3. Reaccions després de l'estiu del 1994. Aprovació de l'INFOCAT.....	81
5.3.2.4. Foc Verd II, la reacció als incendis de 1998.....	82
5.3.3. La incidència dels incendis a Catalunya	82
5.3.3.1. L'ocurrència en relació a la superfície afectada	82
5.3.3.2. Anàlisi de la causalitat	85
5.4. Característiques generals dels incendis a l'AMB	88
5.4.1. L'ocurrència d'incendis en relació al nombre i a la superfície afectada	88
5.4.2. Els incendis a l'AMB en relació a la causalitat.....	91
5.5. Incidència dels incendis a la comarca del Bages	92
5.5.1. L'ocurrència d'incendis en relació al nombre d'incendis i a la superfície afectada.....	92
5.5.2. Els incendis al Bages en relació a la causalitat.....	95
5.6. Principals trets distintius de les característiques generals dels incendis a l'AMB i al Bages	96
5.7. Bibliografia.....	98
6. Distribució espacial dels incendis a l'AMB i a la comarca del Bages	99
6.1. Introducció	99
6.2. Metodologia i bases de dades.....	100
6.2.1. Metodologia i base de dades pel càlcul de l'Anàlisi de Quadrats (AQ).....	100
6.2.2. Metodologia i base de dades pel càlcul del coeficient de correlació de Moran	101
6.3. L'Anàlisi de Quadrats com a mètode predictiu de la probabilitat d'ignició	101
6.3.1. Fonaments teòrics.....	101
6.3.2. Distribució espacial dels incendis a l'AMB i a la comarca del Bages	105
6.4. Variabilitat espacial dels incendis segons la superfície afectada	110
6.4.1. Fonaments teòrics.....	110
6.4.2. Càlcul del coeficient d'autocorrelació de Moran a l'AMB i al Bages.....	113
6.5. Interpretació i anàlisi dels resultats	114
6.7. Bibliografia.....	116
7. La incidència de les condicions humanes i les condicions del territori sobre la distribució espacial dels incendis	119
7.1. Introducció	119
7.2. Metodologia i base de dades	121
7.3. Els incendis en relació a les condicions humanes	124

7.3.1. Els incendis a l'AMB i les condicions humanes	125
7.3.2. Els incendis al Bages i les condicions humanes	128
7.3.3. Anàlisi comparativa de la distribució dels incendis a l'AMB i al Bages, respecte les condicions humanes	130
7.4. Els incendis en relació a les condicions del territori	131
7.4.1. Els incendis a l'AMB i les condicions del territori	132
7.4.2. Els incendis al Bages i les condicions del territori	137
7.4.3. Anàlisi comparativa de la distribució dels incendis a l'AMB i al Bages, respecte les condicions del territori	142
7.5. Valoracions generals dels resultats obtinguts	144
7.6. Bibliografia	146
8. L'ocurrència d'incendis en relació a l'índex de risc meteorològic d'incendis forestals	149
8.1. L'estacionalitat dels incendis	149
8.2. Metodologia i base de dades	151
8.3. Els índexs meteorològics de risc d'incendi	154
8.4. Descripció del sistema canadenc de predicció del risc d'incendis forestal. El <i>Canadian Forest Fire Danger Rating Index (CFFDRI)</i>	156
8.4.1. Justificació de la selecció de l'índex canadenc	156
8.4.2. Marc teòric del CFFDRI	156
8.6. L'ocurrència d'incendis en relació a l'índex meteorològic de risc	159
8.5.1. Paràmetres a considerar a efectes comparatius	159
8.5.2. Categorització del CFFDRI	160
8.5.3. L'ocurrència d'incendis en relació a l'índex meteorològic de risc a l'AMB	161
8.5.4. L'ocurrència d'incendis en relació a l'índex meteorològic de risc al Bages	163
8.6. La importància de les condicions meteorològiques sobre els incendis	165
8.7. Bibliografia	168
9. La importància de l'estructura del territori sobre els Grans Incendis Forestals (GIF)	171
9.1. Els Grans Incendis Forestals (GIF)	171
9.2. Les condicions físiques on es localitzen els GIF	172
9.2.1. Tipificació dels GIF a l'AMB	173
9.2.2. Tipificació dels GIF al Bages	177
9.3. La incidència de la continuïtat de les masses de vegetació sobre els GIF	179
9.3.1. Criteris en l'elaboració de les masses de vegetació	180
9.3.2. La continuïtat de les masses de vegetació a l'AMB	184
9.3.2.1. Tipologia de les diferents masses de vegetació	184
9.3.2.2. La incidència dels incendis sobre les masses de vegetació	188
9.3.3. La continuïtat de les masses de vegetació a la comarca del Bages	190
9.3.3.1. Tipologia de les diferents masses de vegetació	190
9.3.3.2. La incidència dels incendis sobre les masses de vegetació	193
9.4. La incidència dels incendis sobre els espais PEIN (Pla d'Espais d'Interès Natural)	194
9.4.1. L'afectació dels incendis als espais PEIN de l'AMB	195
9.4.2. L'afectació dels incendis als espais PEIN del Bages	197
9.5. Els desequilibris en l'estructura i planificació del territori a l'AMB i al Bages	200
9.6. Bibliografia	203
10. Conclusions finals	205
10.1. Contrast d'hipòtesis i observacions	206
10.2. Aportacions i reflexions	209
10.3. Propostes i línies futures de recerca	214
10.4. Bibliografia	217

11. Bibliografia general.....	219
-------------------------------	-----

Índex de taules

<i>Taula 4.1.</i> Distribució de la població a l'AMB per municipis. 1986, 1991, 1996	58
<i>Taula 4.2.</i> Estructura sectorial de la població ocupada als municipis de l'AMB diferenciats per comarques (%). 1996.	59
<i>Taula 4.3.</i> Participació comarcal en el PIB total, en %, de les 10 principals comarques (1990-1996)	60
<i>Taula 4.4.</i> Distribució de la superfície forestal a l'AMB (1989-1999) en hectàrees	61
<i>Taula 4.5.</i> Distribució de la població del Bages per municipis. 1986, 1991, 1996.....	65
<i>Taula 4.6.</i> Estructura sectorial de la població ocupada als municipis del Bages (%). 1996	66
<i>Taula 4.7.</i> Distribució de la superfície forestal al Bages (1989-1999) en hectàrees	69
<i>Taula 5.1.</i> Nombre d'incendis i superfícies afectada a Catalunya. 1983-1998.....	83
<i>Taula 5.2.</i> Distribució dels incendis a Catalunya segons la seva magnitud. 1983-1998.....	84
<i>Taula 5.3.</i> Percentatge d'incendis segons causes a Catalunya. 1983-1998	86
<i>Taula 5.4.</i> Nombre d'incendis i superfície afectada a l'AMB durant el període 1987-1998	89
<i>Taula 5.5.</i> Distribució dels incendis a l'AMB segons la seva magnitud. 1987-1998.....	90
<i>Taula 5.6.</i> Distribució dels incendis i superfície cremada per grups de causes a l'AMB. 1987-1998.....	91
<i>Taula 5.7.</i> Nombre d'incendis i superfície afectada al Bages. 1987-98	93
<i>Taula 5.8.</i> Distribució dels incendis al Bages segons la seva magnitud. 1987-1998	94
<i>Taula 5.9.</i> Distribució dels incendis i superfície cremada per grups de causes. 1987-1998	96
<i>Taula 6.1.</i> Estadístics resultants d'aplicar el model d'AQ (variança/mitjana) amb Idrisi a l'AMB.....	108
<i>Taula 6.2.</i> Estadístics resultants d'aplicar el model d'AQ (variança/mitjana) amb Idrisi al Bages	108
<i>Taula 6.3.</i> Estadístics resultants del càlcul del model d'AQ des d'Idrisi a l'AMB.....	109
<i>Taula 6.4.</i> Estadístics resultants del càlcul del model d'AQ des d'Idrisi al Bages	109
<i>Taula 6.5.</i> Estadístics resultants de l'aplicació del coeficient d'autocorrelació de Moran	113
<i>Taula 6.6.</i> Estadístics resultants de l'aplicació del coeficient d'autocorrelació de Moran amb intervals de distància a l'AMB	289
<i>Taula 6.7.</i> Estadístics resultants del càlcul del coeficient d'autocorrelació de Moran amb intervals de distància al Bages.....	289
<i>Taula 7.1.</i> Els incendis l'AMB en relació a les condicions humanes.....	126
<i>Taula 7.2.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis - distància a la xarxa viària. AMB	293
<i>Taula 7.3.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis - distància a les zones urbanes. AMB	293
<i>Taula 7.4.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis - distància a la xarxa viària. AMB (punts ignició desplaçats).....	293
<i>Taula 7.5.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis - distància a les zones urbanes. AMB (punts ignició desplaçats).	293
<i>Taula 7.6.</i> Els incendis al Bages en relació a les condicions humanes	128
<i>Taula 7.7.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis - distància a la xarxa viària. Bages.....	293
<i>Taula 7.8.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis - distància a les zones urbanes. Bages.....	294
<i>Taula 7.9.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis - distància a la xarxa viària. Bages (punts ignició desplaçats).....	294
<i>Taula 7.10.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis - distància a les zones urbanes. Bages (punts ignició desplaçats).	294
<i>Taula 7.11.</i> Anàlisi comparativa dels incendis a l'AMB i al Bages en relació a les condicions humanes (1987-1998).....	131
<i>Taula 7.12.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis - distància a la xarxa viària. AMB (anàlisi comparativa)	294
<i>Taula 7.13.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis - distància a les zones urbanes. AMB (anàlisi comparativa)	294

<i>Taula 7.14.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis - distància a la xarxa viària. Bages (anàlisi comparativa).....	295
<i>Taula 7.15.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis - distància a les zones urbanes. Bages (anàlisi comparativa).....	295
<i>Taula 7.16.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis - distància a la xarxa viària. AMB (anàlisi comparativa, punts ignició desplaçats).....	295
<i>Taula 7.17.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis - distància a les zones urbanes. AMB (anàlisi comparativa, punts ignició desplaçats).....	295
<i>Taula 7.18.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis - distància a la xarxa viària. Bages (anàlisi comparativa, punts ignició desplaçats).....	296
<i>Taula 7.19.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis - distància a les zones urbanes. Bages (anàlisi comparativa, punts ignició desplaçats).....	296
<i>Taula 7.20.</i> Els incendis a l'AMB en relació a les condicions del territori (1987-1998).....	132
<i>Taula 7.21.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis -altitud. AMB.....	296
<i>Taula 7.22.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis -insolació. AMB.....	296
<i>Taula 7.23.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis -pendent. AMB.....	296
<i>Taula 7.24.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis -usos del sòl. AMB.....	297
<i>Taula 7.25.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis -altitud. AMB (punts ignició desplaçats).....	297
<i>Taula 7.26.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis -insolació. AMB (punts ignició desplaçats).....	297
<i>Taula 7.27.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis -pendent. AMB (punts ignició desplaçats).....	297
<i>Taula 7.28.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis -usos del sòl. AMB (punts ignició desplaçats).....	298
<i>Taula 7.29.</i> Els incendis al Bages en relació a les condicions del territori (1987-1998).....	138
<i>Taula 7.30.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis -altitud. Bages.....	298
<i>Taula 7.31.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis -insolació. Bages.....	298
<i>Taula 7.32.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis -pendent. Bages.....	298
<i>Taula 7.33.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis -usos del sòl. Bages.....	299
<i>Taula 7.34.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis -altitud. Bages (punts ignició desplaçats).....	299
<i>Taula 7.35.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis -insolació. Bages (punts ignició desplaçats).....	299
<i>Taula 7.36.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis -pendent. Bages (punts ignició desplaçats).....	299
<i>Taula 7.37.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis -usos del sòl. Bages (punts ignició desplaçats).....	300
<i>Taula 7.38.</i> Anàlisi comparativa dels incendis a l'AMB i al Bages (1987-1998) en relació a les condicions del territori.....	142
<i>Taula 7.39.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis -altitud. AMB (anàlisi comparativa).....	300
<i>Taula 7.40.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis -insolació. AMB (anàlisi comparativa).....	300
<i>Taula 7.41.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis -pendent. AMB (anàlisi comparativa).....	300
<i>Taula 7.42.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis -altitud. Bages (anàlisi comparativa).....	301
<i>Taula 7.43.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis -insolació. Bages (anàlisi comparativa).....	301
<i>Taula 7.44.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis -pendent. Bages (anàlisi comparativa).....	301
<i>Taula 7.45.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis -altitud. AMB (anàlisi comparativa, punts ignició desplaçats).....	301
<i>Taula 7.46.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis -insolació. AMB (anàlisi comparativa, punts ignició desplaçats).....	301
<i>Taula 7.47.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis -pendent. AMB (anàlisi comparativa, punts ignició desplaçats).....	302
<i>Taula 7.48.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis -altitud. Bages (anàlisi comparativa, punts ignició desplaçats).....	302
<i>Taula 7.49.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis -insolació. Bages (anàlisi comparativa, punts ignició desplaçats).....	302
<i>Taula 7.50.</i> Càlcul de la χ^2 en relació incendis -pendent. Bages (anàlisi comparativa, punts ignició desplaçats).....	302
<i>Taula 8.1.</i> Característiques de les estacions dins l'àrea d'influència de l'AMB.....	305
<i>Taula 8.2.</i> Característiques de les estacions dins l'àrea d'influència del Bages.....	305
<i>Taula 8.3.</i> Correlació entre índexs de risc meteorològic a l'Observatori Fabra.....	160
<i>Taula 8.4.</i> Correlació entre índexs de risc meteorològic a l'estació de Canós.....	160
<i>Taula 8.3.</i> Distribució dels incendis segons categories de risc -FWI. Observatori Fabra.....	161
<i>Taula 8.4.</i> Distribució dels incendis segons categories de risc -FWI. Canós.....	164
<i>Taula 9.1.</i> Taula de contingència, mida incendis -ús del sòl.....	177

Taula 9.2. Percentatge de cada tipus d'ús de sòl respecte el total de la massa forestal a l'AMB	187
Taula 9.3. Afectació dels incendis en les diferents masses de vegetació de l'AMB	188
Taula 9.4. Càlcul de la χ^2 en relació el nombre d'incendis i les masses de vegetació (AMB).....	315
Taula 9.5. Percentatge de cada tipus d'ús de sòl respecte el total de la massa forestal al Bages ..	193
Taula 9.6. Afectació GIF en funció de les masses de vegetació al Bages	194
Taula 9.7. Càlcul de la χ^2 en relació el nombre d'incendis i les masses de vegetació (Bages).....	315
Taula 9.8. Càlcul de la χ^2 en funció de la incidència dels incendis als espais PEIN (AMB)	315
Taula 9.9. Càlcul de la χ^2 en relació al nombre d'incendis i als diferents espais PEIN (AMB).....	315
Taula 9.10. Càlcul de la χ^2 en funció de la incidència dels incendis als espais PEIN (Bages).....	315
Taula 9.11. Càlcul de la χ^2 en relació al nombre d'incendis i als diferents espais PEIN (Bages).....	316
Taula 10.1. Característiques generals dels dos àmbits d'estudi	210
Taula 10.2. Característiques generals dels incendis als dos àmbits d'estudi.....	211

Índex de gràfics

Gràfic 5.1. Nombre d'incendis i superfície afectada a Catalunya. 1983-1998.....	85
Gràfic 5.2. Nombre d'incendis i superfície cremada a l'AMB durant el període 1987-1998.....	89
Gràfic 5.3. Nombre d'incendis i superfície cremada al Bages durant el període 1987-1998	93
Gràfic 7.1. Els incendis a l'AMB en relació a les condicions humanes	127
Gràfic 7.2. Els incendis a l'AMB en relació a les condicions humanes (punts ignició desplaçats).....	127
Gràfic 7.3. Els incendis al Bages en relació a les condicions humanes.....	129
Gràfic 7.4. Els incendis al Bages en relació a les condicions humanes (punts ignició desplaçats).....	129
Gràfic 7.5. Els incendis a l'AMB en relació a les condicions del humanes (mateixos intervals Bages)	131
Gràfic 7.6. Els incendis al Bages en relació a les condicions humanes (mateixos intervals AMB).....	131
Gràfic 7.7. Els incendis a l'AMB en relació a les condicions de territori (altitud, insolació i pendent).....	134
Gràfic 7.8. Els incendis a l'AMB en relació a les condicions del territori (usos del sòl).....	135
Gràfic 7.9. Els incendis a l'AMB en relació a les condicions de territori -altitud, insolació i pendent- (punts ignició desplaçats)	136
Gràfic 7.10. Els incendis a l'AMB en relació als usos del sòl (punts ignició desplaçats)	136
Gràfic 7.11. Els incendis al Bages en relació a les condicions de territori -altitud, insolació i pendent	139
Gràfic 7.12. Els incendis al Bages en relació a les condicions del territori -usos del sòl	140
Gràfic 7.13. Els incendis a l'AMB en relació a les condicions del territori (punts ignició desplaçats)	141
Gràfic 7.14. Els incendis al Bages en relació a les condicions del territori	141
Gràfic 7.15. Els incendis a l'AMB en relació a les condicions del territori -altitud, insolació i pendent- (mateixos intervals Bages).....	143
Gràfic 7.16. Els incendis al Bages en relació a les condicions de territori -altitud, insolació i pendent (mateixos intervals AMB).....	144
Gràfic 8.1. Distribució dels incendis i la superfície cremada per mesos a Catalunya.	151
Gràfic 8.2. Nombre d'incendis i superfície cremada segons el nombre de dies per classe, en cada categoria de risc (O. Fabra).....	163
Gràfic 8.3. Nombre d'incendis i superfície cremada segons el nombre de dies per classe, en cada categoria de risc (Canós).....	164
Gràfic 8.4. Nombre d'incendis i superfície cremada segons el nombre de dies per classe, en cada categoria de risc (comparació O. Fabra -Canós)	166
Gràfic 9.1. Els GIF a l'AMB de l'any 1994 en relació a les condicions del territori (altitud, insolació pendent, percentatge superfície cremada).....	173
Gràfic 9.2. Els GIF al Bages de l'any 1994 i 1998 en relació a les condicions del territori (altitud, insolació pendent, percentatge superfície cremada).....	178

Gràfic 9.3. Perfils de les masses de vegetació de l'AMB, segons l'altitud (percentatge de superfície).....	186
Gràfic 9.4. Perfils de les masses de vegetació de l'AMB, segons la insolació (percentatge de superfície)	186
Gràfic 9.5. Perfils de les masses de vegetació de l'AMB, segons el pendent (percentatge de superfície)	187
Gràfic 9.6. Afectació dels incendis a les masses de vegetació de l'AMB	189
Gràfic 9.7. Perfils de les masses de vegetació de l'AMB, segons l'altitud (percentatge de superfície)	191
Gràfic 9.8. Perfils de les masses de vegetació del Bages, segons la insolació (percentatge de superfície)	191
Gràfic 9.9. Perfils de les masses de vegetació del Bages, segons el pendent (percentatge de superfície)	192
Gràfic 9.10. Afectació dels incendis a les masses de vegetació de l'AMB	194
Gràfic 9.11. Importància dels espais PEIN sobre els incendis a l'AMB	196
Gràfic 9.12. Afectació dels incendis als espais PEIN de l'AMB	197
Gràfic 9.13. Importància dels espais PEIN sobre els incendis a l'AMB	198
Gràfic 9.14. Afectació dels incendis als espais PEIN de l'AMB	199

Índex de figures

Figura 2.1. Funcionalitats d'un SIG per a la gestió global dels incendis forestals (adaptat a partir de Fisher i Nijkamp, 1992).....	24
Figura 2.2. Els SIG i els incendis forestals	24
Figura 3.1. El model causal del risc centrat en les necessitats de coneixement, en les actuacions i les mesures	49
Figura 4.1. Model espacial per a la interpretació territorial de Catalunya	52
Figura 6.1. Esquema de tractament de dades pel càlcul de l'AQ.....	107
Figura 8.1. Bloc diagrama del sistema de predicció de l'índex meteorològic d'incendis forestals. El model canadenc CFFWI	159
Figura 9.1. Els Perímetres de Protecció Prioritària	183

Índex de mapes

Mapa 4.1. Localització de l'AMB i la comarca del Bages en el context del Pla Territorial de Catalunya	237
Mapa 4.2. Els municipis de l'AMB	239
Mapa 4.3. Entorn físic i principals trets humans de l'AMB	241
Mapa 4.4. Els usos del sòl de l'AMB	243
Mapa 4.5. Distribució de la superfície forestal a Catalunya i als municipis de l'AMB i del Bages	245
Mapa 4.6. Els municipis del Bages	247
Mapa 4.7. Els usos del sòl del Bages	249
Mapa 4.8. Entorn físic i principals trets humans del Bages	251
Mapa 5.1. Distribució, als municipis de l'AMB, del nombre d'incendis i la superfície cremada (1987-1998).....	253
Mapa 5.2. Distribució espacial dels incendis, amb símbols graduats segons superfície cremada (AMB).....	255
Mapa 5.3. Distribució, als municipis del Bages, del nombre d'incendis i la superfície cremada (1987-1998).....	257
Mapa 5.4. Distribució espacial dels incendis, amb símbols graduats segons superfície cremada (Bages).....	259
Mapa 6.1. Distribució espacial de les ignicions a l'AMB i al Bages (1987-1998)	261
Mapa 6.2. Distribució de les freqüències d'ignicions a l'AMB i al Bages (1987-1998)	263

Mapa 9.1. Estructura del territori a l'AMB en base a la delimitació de les masses de vegetació	265
Mapa 9.2. Localització dels incendis i els perímetres dels GIF en relació a les masses de vegetació (AMB)	267
Mapa 9.3. Estructura del territori al Bages en base a la delimitació de les masses de vegetació	269
Mapa 9.4. Localització dels incendis i els perímetres dels GIF en relació a les masses de vegetació (Bages)	271

Índex d'annexs

Annex 1.....	273
Annex 2.....	291
Annex 3.....	303
Annex 4.....	313

1. Introducció

1.1. La problemàtica dels incendis a la mediterrània

Des del moment en què les persones van aprendre a mantenir, a controlar i a encendre el foc, el seu ús ha passat per diverses funcions. Inicialment es va utilitzar per a satisfer algunes de les necessitats bàsiques; la gent que poblava la conca mediterrània se servia del foc per obtenir més varietat d'aliments, facilitar la recollida de fruits i afavorir la caça (Perles, 1977, tret de Trabaud, 1989). S'utilitzava per a la creació de pastures que milloraven els aliments i permetien un control més fàcil dels ramats (Papió, 1994). Progressivament es va anar convertint en instrument de guerra, com a arma d'atac o de defensa, alhora que prevalia com a mitjà per a la destrucció dels boscos i la creació de conreus, pastures i terrenys de caça, i per mantenir-los. La utilització del foc per a les pràctiques agrícoles i ramaderes fou molt general a Europa des del final de l'edat mitjana fins el final del segle passat.

Les funcions que tradicionalment ha desenvolupat el foc l'han convertit en un punt de trobada d'interessos divergents que afecten diferents aspectes de la realitat: per un costat, la qualitat paisatgística, que tant aprecien els habitants dels grans nuclis de població, però que resulta contraproductiu per l'activitat dels pastors i ramaders, interessats en un predomini de la coberta herbàcia. Per l'altre, les espècies de creixement ràpid, que defensen els propietaris forestals, els silvicultors i les indústries, interessats en l'aprofitament de la fusta, enfront d'un altre sector de la població partidari del que consideren que és ecològicament òptim i per tant mostren un rebuig per l'explotació forestal.

L'ús que s'ha fet del territori al llarg de la història ha donat lloc a un paisatge variat i amb diferents graus d'explotació del terreny, la qual cosa pot haver produït canvis importants en la periodicitat, extensió i intensitat del foc. Aquests canvis, que han afectat de manera desigual a diferents àmbits de la geografia catalana, es tractaran en aquesta tesi doctoral a partir de la incidència dels incendis a l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB) i a la comarca del Bages, durant el període 1987-1998. Són dos models de comportament amb un ús del territori propi, que ajuden a entendre el problema dels incendis en l'actualitat. Tot i que no és possible reproduir la història dels incendis d'aquests dotze anys, s'haurà pogut identificar les dinàmiques que els afecten, herència

de l'activitat econòmica i social portada a terme durant dècades, i del clima i de la història natural.

Històricament, un dels factors que ha fet incrementar el nombre d'incendis i ha provocat un canvi en el comportament del foc, ha estat la urbanització del territori, afavorida pel desenvolupament industrial -que va tenir lloc durant la segona meitat d'aquest segle- i que va comportar, per un costat, un increment de la mobilitat de les persones, densificant l'ús del territori i, per l'altre, un allunyament de les persones del medi i la vida rural, i una lenta però progressiva homogeneïtzació d'àmplies zones del paisatge natural. Un dels problemes a resoldre actualment és la gran continuïtat de les masses de vegetació. A partir sobretot dels anys 60s, la superfície forestal cremada s'ha incrementat enormement, la qual cosa s'explica pel diferent ús que en fa la societat actual del territori: excessiva freqüentació del bosc, el menor coneixement del camp per part de la majoria de persones que hi treballen i l'abandonament de moltes tasques d'explotació del medi natural (explotació de la fusta, producció de carbó, pasturatges) que no resulten rendibles i que ha permès un increment important de la superfície forestal i, per tant, de la quantitat de combustible disponible. La manca d'ordenació forestal dels espais, juntament amb les característiques morfofisiològiques de moltes espècies llenyoses mediterrànies, fa el territori molt més vulnerable als incendis forestals.

Malgrat que els darrers anys han augmentat els incendis forestals, el principal problema de Catalunya no seria el nombre d'incendis si no fos per l'expansió d'alguns d'ells sobre el bosc sense gestionar. A mitjans del segle XIX, la superfície forestal de Catalunya va arribar a mínims històrics: el 20% del territori. L'abandonament de les activitats agràries, en favor de la indústria i el sector dels serveis, va fer incrementar la superfície forestal que se situava precisament en aquests terrenys agraris abandonats; a finals del segle XX, la superfície forestal de Catalunya és del 60% del territori. S'ha passat d'un paisatge configurat per un bosc escàs i grans extensions de cultiu dispers i poc combustibles, a grans concentracions boscoses molt denses i superfícies arbustives molt combustibles. El cicle d'expansió del bosc mediterrani passa per diverses etapes: la primera és el desenvolupament de matolls i arbusts, posteriorment els pinars o alzinars joves, per esdevenir finalment un bosc madur; les dues primeres, les que ocupen les noves superfícies, comporten un risc d'incendi més gran. Aquest risc d'incendi és difícil de controlar, perquè el bosc no gestionat per l'ésser humà és el millor combustible pel foc. L'escassa rendibilitat econòmica de l'activitat forestal, és l'element clau que ha convertit bona part dels boscos en magatzems de combustible.

L'economia del bosc es va enfonsar als anys cinquanta i seixanta, quan el carbó i la llenya van deixar de ser combustibles bàsics. Aquest fet, juntament amb l'abandonament dels cultius de secà i activitats ramaderes en extenses zones, ha afavorit l'expansió de les masses contínues de vegetació llenyosa densa, que faciliten la ràpida propagació dels incendis. Alhora, la desaparició de les poblacions rurals fa que la intervenció en iniciar-se l'incendi, no pugui ser tan ràpida. L'administració, els científics i els propietaris forestals coincideixen en què és imprescindible gestionar el bosc per evitar els efectes catastròfics del foc. Les discrepàncies sorgeixen quan apareix el tema del finançament: qui paga a qui per a mantenir i millorar la qualitat dels boscos que gaudeix el conjunt de la societat? Falten recursos per a la implantació massiva dels principis de gestió sostenible, en els quals s'ha de tenir en compte no només la rendibilitat, sinó també la necessitat de mantenir la biodiversitat. Mentrestant, el bosc mediterrani, poc productiu i molt vulnerable als incendis, segueix creixent.

1.2. Necessitats de coneixement i anàlisi que planteja la lluita contra els incendis forestals

Un dels aspectes més importants a tenir en compte de cara a la planificació o gestió dels incendis forestals és conèixer el problema dels incendis forestals a fons. Des d'aquells aspectes més genèrics, que passen pel coneixement del concepte de risc (entès com la interacció de fenòmens naturals i activitats humanes), de les fases de combustió i de les diferents variables que intervenen en la ignició i la propagació; fins aquells aspectes específics que passen per l'anàlisi de la incidència dels incendis sobre un àmbit determinat, per veure on es localitzen, en quines condicions es desenvolupen i quina afectació tenen.

Les necessitats de coneixement i anàlisi i les actuacions que planteja la lluita contra els incendis forestals es podria resumir en les següents agrupacions (Nunes et al. 1996):

1. Necessitats de coneixement i anàlisi

- descripció teòrica de les fases de combustió
- elaboració i actualització permanent d'un inventari per a ser integrat en l'anàlisi i modelització
- història dels incendis
- modelització
 - risc d'ignició
 - risc de propagació
 - simulació del comportament del foc

2. Actuacions en un incendi

- extinció:
 - distribució i dotació de recursos d'extinció
 - distància a la qual es troben els recursos respecte els focus de foc o les àrees de protecció prioritàries
 - recorreguts òptims i/o alternatius
 - localització òptima de recursos
 - dificultats d'extinció
 - continuïtat de les masses forestals
 - dificultat d'accés
 - dificultat d'operació

3. Previsió i prevenció

- modificació dels combustibles
- reducció dels factors de risc
- discontinuïtat de les masses forestals
- millora de les condicions d'accés
- vigilància fixa i mòbil
- tractament i ordenació d'usos perillosos -àrees de lleure, abocadors, altres

Dins d'aquesta relació de necessitats de coneixement i anàlisi que planteja la lluita contra els incendis forestals, la que centra l'interès principal d'aquesta recerca és el coneixement de la història dels incendis, considerada una de les bases sobre la qual orientar les polítiques de prevenció i extinció. La visió retrospectiva sobre quina ha estat la distribució espacial dels incendis i quines han estat les condicions favorables al seu desenvolupament, durant un període determinat, permet fer previsions i identificar les necessitats en la planificació de la prevenció i extinció. Aquesta visió ha d'anar complementada amb altres funcions que no han estat possible tractar en aquesta Tesi Doctoral, i que passen per la zonificació del risc d'incendi, la simulació del comportament, així com l'anàlisi de les polítiques de prevenció portades a terme. La integració i per tant la consideració de tots aquests aspectes conjuntament és el que posarà les bases de les actuacions en la previsió, la prevenció i l'extinció, funcions bàsiques que s'han de complir en la lluita contra els incendis forestals.

Cal millorar la nostra capacitat de previsió del risc d'inici i propagació dels incendis, per donar la informació necessària als equips de lluita i per poder planificar el territori amb la finalitat de reduir els factors de risc. Com més bé coneguem i entenguem els processos, millor i més eficient podrà ser la resposta en la lluita contra els incendis. Els incendis forestals poden contribuir a modificar profundament el nostre paisatge, a destruir una part important de la capacitat productiva dels sòls i a fer desaparèixer una part notable del nostre patrimoni natural, cultural i sentimental, a modificar el règim hídic i la qualitat de les aigües d'escoriment, en un sentit negatiu pels nostres interessos (Terrades, 1996).

1.3. Objectius

Per tal d'estructurar el contingut de la tesi, es dividiran els objectius en un de general i diversos d'específics, entenent com a general aquell que suposa la columna vertebral de la investigació i els específics les diferents parts més detallades que reforçaran aquesta columna vertebral.

Objectiu general

L'objectiu principal d'aquest treball de recerca és establir dos models d'afectació i comportament dels incendis forestals, basat en l'anàlisi dels incendis a l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB) i a la comarca del Bages durant el període 1987-1998. L'aplicació de diferents mètodes i tècniques permetran conèixer l'estructura territorial on es desenvolupen aquests incendis, i entendre tots aquells factors que defineixen aquesta estructura. Aquests dos models han de permetre identificar problemes i orientar possibles solucions; per tant, es pretén deixar les bases per a la previsió i la prevenció i per una millora en la planificació del territori.

Els incendis no tenen la mateixa incidència a l'AMB i a la comarca del Bages; aquest fet és el que s'analitzarà a partir de l'afectació que han tingut al llarg del període 1987-1998, entrant en aspectes concrets que aniran definint els principals trets distintius. El punt de partida i objectiu general és l'anàlisi del risc d'incendi basat en la descripció de l'ocurrència dels incendis en tots dos àmbits i la seva relació amb la distribució espacial, les condicions humanes i del territori, i les condicions meteorològiques, així com la mateixa estructura del territori.

Objectius específics

Com a punt de partida es planteja un model de risc -la cadena causal del risc- que permeti definir la base metodològica sobre la qual s'assentarà el desenvolupament d'aquest treball d'investigació. A partir d'aquí, i complementant l'objectiu principal, s'estableixen els objectius més concrets que ompliran les diferents fases d'aquesta cadena causal:

- Reproduir la distribució espacial dels incendis a l'AMB i a la comarca del Bages

- Determinar la incidència de les condicions humanes i les condicions del territori sobre la distribució espacial dels incendis
- Determinar la incidència de les condicions meteorològiques sobre la ignició i la propagació dels incendis.
- Analitzar la incidència de la continuïtat de les masses de vegetació sobre la propagació del foc.

Per tant, no es pretén elaborar un mapa de les zones amb més probabilitat que hi hagi un incendi i que aquest es propagui, sinó analitzar els elements del risc basats en el seu coneixement, que va des dels aspectes més generals als més específics. Ja s'ha comentat que la complexitat dels factors que intervenen en els incendis és enorme per això, aquesta tesi se centrarà en alguns aspectes concrets de la problemàtica dels incendis.

1.4. Hipòtesis de treball

Abans d'aprofundir en la recerca, la descripció i l'anàlisi per conèixer la diferent incidència dels incendis a l'AMB i a la comarca del Bages, el primer que pensem, tenint un coneixement general dels dos àmbits, és amb la diferent estructura del territori i amb el diferent ús que se'n fa. Amb això, sense anar gaire lluny es podrà formular una hipòtesi general i òbvia: els incendis són diferents a l'AMB i al Bages; però, per què són diferents? Aquí és on es vol arribar i és amb aquesta finalitat que s'ha plantejat els objectius i es plantegen les següents hipòtesis que s'enumeraran en funció dels diferents aspectes que ajuden a la tipificació dels incendis en tots dos àmbits

Hipòtesis generals:

- El risc = 0 no existeix, però sí que es disposa de mètodes i tècniques per reduir-lo i evitar les conseqüències
- Hi ha una clara relació entre les característiques socioterritorials i el tipus d'incendis
- L'activitat de les persones, ja sigui de forma directa o indirecta, té una clara incidència tant en el nombre d'ignicions com en la superfície cremada
- El punt concret on es localitzen els incendis és important pel nombre, mentre que les condicions meteorològiques i l'estructura del territori és important per la superfície cremada.

Hipòtesis específiques

- Hi ha zones amb una tendència a la concentració dels incendis
- Hi ha una relació de contagi entre els incendis. Els incendis de mides semblants, tendeixen a agrupar-se.
- La distribució espacial dels incendis està relacionada amb les condicions humanes i les condicions del territori
- Hi ha una clara estacionalitat en els incendis, concentrats als mesos d'estiu.
- Hi ha una coincidència entre els dies amb un índex de risc alt i els dies amb més incendis i una afectació més gran de la superfície.
- El factor desencadenant dels incendis catastròfics és la gran continuïtat dels combustibles.
- Un factor clau en la perillositat dels incendis és la vigilància i el temps de detecció.

1.5. Metodologia general

La metodologia seguida pel desenvolupament d'aquest treball d'investigació, parteix de la definició de la cadena causal del risc desenvolupada al capítol dos. A grans trets, planteja la previsió i la prevenció orientada a l'esdeveniment inicial, l'esdeveniment resultat i les conseqüències. A partir d'aquí, s'han aplicat diferents mètodes d'anàlisi, especialment d'anàlisi espacial, amb la finalitat de comparar la incidència dels incendis a l'AMB i a la comarca del Bages.

La recerca bibliogràfica prèvia al desenvolupament d'aquest treball ha estat essencial, com en tot treball de recerca. Cal destacar que a part de les llargues anades i vingudes a les diferents biblioteques, un recurs bàsic ha estat l'accés de manera immediata des d'Internet, a diferents informacions actualitzades (Lleis sobre espais protegits, política forestal, política de prevenció d'incendis a Catalunya i a altres països, informació general sobre incendis forestals, alguns articles científics sobre aplicacions orientades als incendis, etc.) i a bases de dades espacials i alfanumèriques bàsiques (informació meteorològica, bases comarcals, bases municipals, espais PEIN, zones urbanitzades, etc.). De totes maneres encara hauríem d'anar més lluny pel que fa a l'accés d'informació espacial disponible, que en definitiva agilita i beneficia la investigació.

L'estructura de la tesi es divideix en quatre blocs (deixant de banda el capítol introductori). Al primer bloc, sota el títol genèric de *bloc teòric*, s'agruparien aquells capítols generals que permeten contextualitzar el problema dels incendis forestals: per un costat les tendències de la investigació en el camp de la lluita contra els incendis forestals i, per l'altre, el concepte de risc ambiental. El segon bloc, *bloc descriptiu*, inclou el capítol que descriu les característiques generals de l'AMB i la comarca del Bages i el que detalla les característiques generals i específiques dels incendis en tots dos àmbits d'estudi sota el context general dels incendis a Catalunya. Aquest bloc fa possible identificar els problemes generals dels incendis als dos àmbits. Sota el nom de *bloc d'anàlisi*, s'inclouen aquells capítols que mitjançant l'anàlisi de la relació entre l'ocurrència dels incendis i les variables que ajuden a explicar la localització i el comportament dels incendis, aprofundirà en la tipologia d'incendis en tots dos àmbits d'estudi; des de la diferent distribució espacial dels incendis, passant per la incidència de les condicions humanes, les condicions del territori i les condicions meteorològiques sobre els incendis, fins arribar a l'anàlisi de l'estructura del territori. Finalment, en el *bloc de conclusions* es resumiran i categoritzaran els dos àmbits en funció dels resultats obtinguts a partir de la descripció dels incendis i de l'aplicació de diferents mètodes d'anàlisi, confrontant les hipòtesis que s'han plantejat en un començament per respondre a la pregunta: per què són diferents els incendis a l'AMB i al Bages?

Aquest treball l'han acabat configurant un total d'onze capítols, incloent la introducció i la bibliografia general. Cada capítol aporta diferents aspectes que caracteritzen els incendis en els dos àmbits d'estudi, des d'aquells aspectes més genèrics, que són aplicables als incendis del conjunt de la mediterrània, a aquells trets més particulars que els donen identitat pròpia.

La seqüència del treball es pot resumir en:

Bloc teòric

- El segon capítol, *Principals tendències de la investigació en el camp dels incendis forestals*, té com a principal objectiu veure l'estat de la qüestió en el camp dels incendis forestals, detallant els diferents centres d'interès que ha motivat la recerca d'aquest fenomen.
- El tercer capítol, *Els diferents conceptes de risc ambiental*, és una exploració del marc teòric sobre el tema de la gestió dels riscos naturals i dels incendis forestals en particular, proposant un model de gestió basat en la cadena causal del risc i en la

necessitat d'actuació en les diferents fases de la cadena: esdeveniment inicial-esdeveniment resultant-conseqüències

Bloc descriptiu

- El quart capítol, *El context territorial i socioeconòmic de l'AMB i la comarca del Bages*, ofereix una visió del marc físic, social i econòmic en què cal contextualitzar els incendis forestals a l'AMB i a la comarca del Bages. Aquest capítol esdevé imprescindible per entendre l'entorn en què es desenvolupen els incendis i aporta els primers trets distintius dels dos àmbits d'estudi.
- El cinquè capítol, *Característiques generals dels incendis a l'AMB i a la comarca del Bages (1987-1998)*, permet tenir una aproximació de com són els incendis en els dos àmbits, mostrant els aspectes més descriptius.

Bloc d'anàlisi

- El sisè capítol, *Distribució espacial dels incendis a l'AMB i a la comarca del Bages*, analitza la distribució espacial dels incendis aplicant, per un costat, tècniques estadístiques d'anàlisi de probabilitats i, per l'altre, un mètode estadístic per veure la variabilitat dels incendis en funció de la seva localització i la superfície afectada. L'anàlisi de la distribució espacial aporta informació per a la possible previsió de l'ocurrència d'incendis i així intervenir en la primera fase de la cadena causal: evitar l'esdeveniment inicial i establir mesures preventives per evitar les conseqüències o mitigar-les, ja que es pot saber si els incendis s'agrupen o, contràriament, es distribueixen aleatòriament pel territori. Es pretén demostrar com l'espai on es localitzen els incendis és important pel seu nombre.
- Al setè capítol, *La incidència de les condicions humanes i les condicions del territori sobre la distribució espacial dels incendis*, es descriurà en quines condicions es donen els incendis tenint en compte aspectes físics i humans. A partir de la relació entre les condicions humanes (distància a la xarxa viària i distància als nuclis de poblament) i les condicions del territori (altitud, insolació, pendent i usos del sòl), es pretén veure quines són les característiques on han tingut lloc els incendis.
- Al vuitè capítol, *L'ocurrència d'incendis en relació a l'índex de risc meteorològic d'incendis forestals*, s'analitza la importància de les condicions meteorològiques sobre els incendis, aplicant un índex meteorològic de risc i relacionant-lo amb l'ocurrència d'incendis a l'AMB i a la comarca del Bages. L'interès bàsic és demostrar com la meteorologia és important per la superfície afectada.

- Finalment, al novè capítol, *La importància de l'estructura del territori sobre els Grans Incendis Forestals (GIF)*, s'analitzarà, per un costat, les condicions on s'han donat els Grans Incendis Forestals (GIF) i, per l'altre, es tractarà un altre aspecte de l'estructura del territori directament relacionat amb la propagació: la continuïtat de les masses de vegetació.

Com es veurà en el capítol de les principals tendències de la investigació en el camp dels incendis forestals, els Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG) tenen un pes fonamental com a plataforma integradora, d'una sèrie de tècniques que aporten diferents eines d'anàlisi espacial. En aquest treball s'han utilitzat com a eina de suport, però la investigació no se centra en l'aplicació dels SIG com un tot, sinó que s'han utilitzat aquelles eines que en cada moment eren més adients. Per tant, hi ha un ús important dels SIG, per tractar i analitzar informació espacial que altrament no seria possible, ja que arriba allà on nosaltres no arribem i permet veure alguns aspectes del territori que a simple vista no serien perceptibles. Crec que aquest treball és un bon exemple de com els SIG s'han integrat com una eina més en qualsevol treball de recerca d'anàlisi i gestió del territori.

D'entre el diferent programari especialitzat en SIG que s'ha utilitzat cal destacar el següent:

ArcInfo – per totes aquelles tasques d'anàlisi espacial complexa tant amb estructures de dades ràster com vectorials.

ArcView – per a la visualització, consulta, anàlisi espacial i anàlisi estadística simple, i composició de mapes, tant per tipus de dades ràster com vectorial.

MiraMon – per a la visualització, consulta i anàlisi espacial de dades en format ràster i en format vectorial.

Idrisi – per a l'anàlisi espacial de dades en format ràster

Finalment cal destacar l'ús de SPSS per a l'anàlisi estadística més complexa a més d'alguns executables, dissenyats per alguna funcionalitat molt concreta per investigadors del CREAM, com el programa que calcula les insolacions, el que calcula autocorrelacions espacials i el de l'índex meteorològic.

1.6. Bibliografia

- Nunes, J; Cerdan, R; Sánchez, F; Badia, A; Ferrero, I. (1996), "Desenvolupament d'un sistema d'informació geogràfica per a la lluita contra els incendis forestals", *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 28, pp. 55-78.
- Papió, C. (1994), *Ecologia del foc i regeneració en garrigues i pinedes mediterrànies*, Premi Artur Bofill i Poch 1991, Institut d'Estudis Catalans, Arxius de les seccions de ciències, CVIII secció de ciències biològiques, Barcelona.
- Terrades, J. (Coord.) (1996), *Ecologia del foc*, Proa, Barcelona.
- Trabaud, L. (1989), *Les Feux de Forêts: Mécanismes, comportement et environnement*, France-Selection, Aubervilliers.

2. Principals tendències de la investigació en el camp dels incendis forestals

2.1. La lluita contra els incendis forestals

La importància dels incendis forestals explica el gran interès en el desenvolupament de models i aplicacions suportades en les noves tecnologies, orientades a lluitar contra aquest problema. L'objectiu d'aquests models és aconseguir predir en quines circumstàncies es produiran i quins són els llocs amb més probabilitats que hi hagi ocurrencies i, si és així, com es desenvoluparan (Vélez, 1988).

Hi ha diverses metodologies per a la determinació de la probabilitat d'ignició i propagació que han estat adaptades i aplicades en diversos indrets dins els plans de prevenció d'incendis forestals. L'objectiu d'aquest capítol és fer un recull dels diferents models i tecnologies de suport utilitzades per a la prevenció dels incendis forestals.

Es pot considerar que hi ha tres aspectes clau que haurien d'orientar la investigació en el camp dels incendis forestals:

1. La distribució espacial i temporal dels incendis i la possibilitat de preveure el seu comportament. Aquest és un requisit previ a l'establiment de polítiques de prevenció i extinció. La modelització del risc i el comportament dels incendis ofereix la possibilitat d'ordenar el territori d'acord amb la probabilitat que es produeixi un incendi i d'acord amb la magnitud que aquest pot assolir una vegada iniciat el foc. Amb la modelització s'intenta reproduir determinades condicions o fenòmens que incideixen en aquest risc, per tal de poder planificar una resposta adequada ja sigui a l'inici de l'incendi o en la seva fase de propagació. Si bé la distribució espacial del risc permet establir àrees de protecció prioritàries, l'anàlisi i simulació del comportament permet reproduir situacions perilloses derivades del desenvolupament esperat del foc, i alhora permet anticipar canvis en les pautes del risc i del comportament.
2. les mesures subsequents de cara a l'optimització de la prevenció, amb l'estudi de la distribució dels equipaments i recursos d'extinció. Si es coneix la distribució espacial i temporal dels incendis és possible orientar la vigilància i establir mesures per a localitzar de manera més coherent els equipaments i infraestructures d'extinció.

3. la presa de decisions. Aquest és, sens dubte, un dels aspectes més importants a considerar en la lluita contra els incendis forestals, ja que té un component polític important per les responsabilitats que se'n deriven. La presa de decisions dependrà tant de les consideracions pertinents a partir de la distribució espacial del risc, com de l'anàlisi de la viabilitat de la distribució dels equipaments i infraestructures d'extinció, en funció de la determinació del risc.

En tots tres casos, la modelització i les tecnologies de la informació juguen un paper fonamental. Fer un recull exhaustiu de les diferents tendències en la modelització requeriria un ampli espai de dedicació i com que no és l'objectiu de la tesi, es farà una selecció d'aquelles més representatives.

2.2. La modelització dels incendis per a l'anàlisi del risc i del comportament

La modelització permet reproduir determinades condicions i fenòmens que incideixen tant en la ignició com en la propagació dels incendis per tal de poder planificar una resposta adequada, així com plantejar modificacions que redueixin la vulnerabilitat del territori.

Establir uns criteris per a la tipificació de models aplicats a la lluita contra els incendis forestals és força complex, i més tenint en compte que no hi ha una tradició establerta en aquest tipus de classificacions. Una tipificació bàsica que permet donar una aproximació adequada a les principals tendències en aquest camp, podria ser la següent (Badia, 1998):

- Models basats l'anàlisi de l'ocurrència d'incendis
- Modelització cartogràfica clàssica dels SIG
- Models associats a les condicions meteorològiques
- Models de combustible
- Simulació del comportament

2.2.1. Models basats en l'anàlisi de l'ocurrència d'incendis

En aquest grup de models són nombrosos els estudis on l'objectiu principal és el de trobar patrons de distribució espacial i així orientar mesures preventives (Johnson i Van Wagner, 1985; Danserau et al. 1993). Hi ha algun estudi que s'ha basat únicament en la causalitat dels incendis per a reflectir la seva incidència (ICONA, 1982). La distribució de Poisson s'ha utilitzat com a model adequat per a preveure l'ocurrència diària dels incendis causats per les persones (Cunnigan i Martell, 1973; Cunnigan i Martell 1976; Martell i Bevilacqua, 1989). Martell et al. (1987) van utilitzar el model de regressió logística amb aquest mateix objectiu, preveure diàriament l'ocurrència dels incendis causats per les persones. Vega-García et al. (1993) utilitzen com a mètode les xarxes neuronals i la regressió logística, per analitzar la relació de la causalitat amb la distribució espacial dels incendis. La predicció de l'ocurrència d'incendis a través de les causes humanes fa possible relacionar el nombre d'incendis amb la afluència humana a les zones de més alt perill. Flannigan et al. (1991) s'han especialitzat en l'estudi de l'ocurrència centrant-se en la freqüència de descàrregues elèctriques. Bovio i Camia (1997) van desenvolupar un model basat en la divisió del territori en el que ells anomenen unitats bàsiques, per tal d'establir un perfil en la història dels incendis. Dins el projecte europeu *Megafires*, s'utilitza el model de regressió logística i de xarxes neuronals a partir de la base històrica d'incendis de diversos països d'Europa per posar en relació la presència dels incendis amb altres variables espacials (Chuvieco et al. 1998).

2.2.2. Modelització cartogràfica clàssica dels Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG)

Els SIG ofereixen la possibilitat d'actuar com a eina de suport a la presa de decisions sobre la problemàtica dels incendis forestals, ja que són capaços de capturar, emmagatzemar, manipular, analitzar, modelitzar i presentar dades referenciades espacialment per a la resolució de problemes complexos de planificació i gestió (NCGIA, 1991). Els principals avantatges dels SIG respecte altres sistemes d'informació són: la possibilitat de treballar amb informació georeferenciada i les seves capacitats d'anàlisi espacial -combinant diverses informacions espacials-, i la facilitat de poder posar en relació objectes espacials amb els seus atributs temàtics.

Dins d'aquest grup s'inclouen aquells models basats en diferents ponderacions i valoració de variables, els que anomenaríem modelització cartogràfica clàssica dels SIG.

Alguns dels exemples que cal destacar són les aplicacions portades a terme per Chuvieco i Congalton (1989), Salas i Chuvieco (1996) o *el Mapa de risc d'incendi forestal de Catalunya* (1990) de l'ICC. Aquesta línia de l'anàlisi multicriteri, tot i les crítiques que ha tingut per l'arbitrarietat en la determinació dels pesos de les diferents capes d'informació, continua fent les seves aportacions a la prevenció dels incendis forestals (Alcázar et al. 1998)

2.2.3. Models associats a les condicions meteorològiques

Les condicions meteorològiques tenen una gran incidència en la variabilitat del risc d'incendi (Pyne, 1984). Les variables relacionades amb les condicions meteorològiques, han estat sobretot emprades per al càlcul de la humitat dels combustibles, factor determinant en la ignició quan es disposa de la font de calor. Hi ha diferents mètodes utilitzats per al càlcul de l'estat de la vegetació, ja sigui mitjançant el dèficit hídric (ICONA, 1982) o bé a través de la relació entre l'evapotranspiració i precipitacions (De Fusco et al. 1994). Els models de predicció del risc d'incendi basats exclusivament en fenòmens meteorològics són força nombrosos: cal destacar l'índex canadenc, *Canadian Forest Fire Danger Rating System* –CFFDRS (Van Wagner, 1974). Des de França s'han desenvolupat també diversos índexs, com a exemple d'aquest interès en les condicions meteorològiques (Orioux, 1979; Sol 1989; Carrega, 1990; Drouet, 1990). A Itàlia els índexs desenvolupats per Palmieri i Cozzi (1983), Bovio et al. (1984), Palmieri et al. (1992), De Fusco et al. (1994). Generalment però, les variables meteorològiques s'integren amb altres fenòmens com ara estadístiques d'incendi, el tipus de combustible o variables referents al terreny (ICONA, 1982; *Mapa de risc d'incendi estival* del Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya, DARP, elaborat des del 1992; Carvacho, 1998).

2.2.4. Models de combustible

Els models de combustible s'han desenvolupat sobretot per estimar el comportament del foc, ja que la predicció del comportament és fonamental per a la determinació del risc d'incendi, la supressió del foc i la seva planificació (Pyne, 1984). Inicialment la tipificació dels combustibles prové dels requeriments dels models de comportament. El que es busca amb la tipificació dels combustibles són models de combustible representatius, que proporcionin una descripció qualitativa d'un tipus general de vegetació -qualitat i quantitat del combustible viu i mort, mida de les partícules i

profunditat del llit del combustible- els quals s'utilitzen en un model matemàtic per tal de calcular com cremaran els diferents tipus de vegetació sota diferents condicions mediambientals (Shasby, et al. 1981).

El procés de modelització dels combustibles va començar l'any 1914 als Estats Units amb la identificació de tres tipus de coberta vegetal (pastura, matoll i arbrat). La combinació d'aquests tres tipus de coberta vegetal, amb la informació meteorològica permetia definir la capacitat d'ignició i la velocitat de propagació d'aquests combustibles. Cap el 1930 el concepte de tipus de coberta vegetal va passar a anomenar-se tipus de combustible. Les noves estratègies de control del foc anaven demanant més precisió i els desenvolupaments en la predicció del risc d'incendi i de modelització del comportament del foc, demanaven noves classificacions del combustible (Pyne, 1984). Actualment està força acceptada la tipificació en tretze models de combustible -tres de pastures, quatre de matollars, tres per a formacions de bosc dens i tres per a formacions de bosc aclarit o restes d'operacions silvícoles-. Aquesta classificació va ser formulada per Rothermel (1972) i adaptada pel NFDRS (Deeming et al. 1972), i Burgan (1989). El programa BEHAVE, que simula el comportament del foc, opera sobre la base d'aquests tretze models de combustible, pel càlcul de la predicció del comportament del foc. Els models de combustible d'aquest programa han estat adoptats posteriorment pel programa Cardin encarregat per ICONA a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de Madrid (Martínez-Millán et al. 1992) o Farsite (Finney, 1998).¹

2.2.5. Simulació del comportament del foc

Els models de simulació tenen com a principal objectiu reproduir el comportament d'un incendi sota unes condicions favorables de propagació. Aquests models permeten, per un costat, calcular la velocitat de propagació i la direcció del front de la flama i, per l'altre, assajar pautes de comportament. D'aquesta manera és possible analitzar situacions perilloses i, per tant, ajudar a la planificació dels equipaments i recursos d'extinció.

¹ Cal elaborar models de combustible adaptats a les condicions particulars de cada territori i és en aquest sentit que diverses administracions hi dediquen molts esforços. Actualment el Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF) per encàrrec del DARP, està elaborant el mapa de combustibles forestals per a totes les comarques de Catalunya, partint dels models de combustibles del BEHAVE (Pons et al. 1995; Terrades, 1996)

Els primers estudis basats en la propagació del foc i dirigits pel Servei Forestal dels EUA se centraven en l'estudi de les relacions existents entre les condicions de combustió i les variables que podien ajudar als responsables de la gestió forestal a resoldre els problemes dels incendis. Es va arribar a la conclusió que les variables com la humitat i càrrega del combustible, la velocitat del vent, la humitat relativa de l'aire, el pendent i l'orientació tenien uns efectes directes sobre els incendis. Fons (1946) va ser el primer que va descriure la propagació del foc utilitzant un model matemàtic, fixant-se en l'escalfor del foc, i en la manera com els combustibles lleugers transporten el foc i on hi ha suficient oxigen per a suportar la combustió. A partir d'aquí van anar sorgint altres models matemàtics amb l'objectiu de calcular la velocitat de propagació i la intensitat del foc (Rothermel, 1972; Deeming et al. 1972; Albini, 1974). El model matemàtic desenvolupat per Rothermel l'any 1972 és el més conegut i estudiat, i ha estat el punt de referència de molts altres models tant de risc d'incendi (tot i que en molts d'aquests només ha estat un punt de referència teòric) com de predicció del comportament del foc. *El National Fire Danger Rating System (NFDRS)*, desenvolupat pel Servei Forestal dels EUA (Deeming et al. 1972, 1974) té les seves arrels en el model matemàtic desenvolupat per Rothermel (1972). El NFDRS es va anar refinant i van aparèixer noves versions, afegint nous models de combustible (Deeming et al. 1974; Deeming et al. 1978; Burgan, 1989). A partir d'aquest moment es van desenvolupar alguns programes que permetien calcular els paràmetres globals del comportament del foc. El més destacat i aplicat, i que de fet és el més adaptat per diverses administracions de països amb una gran problemàtica d'incendis forestals, és el programa BEHAVE, desenvolupat pel Servei Forestal de Montana (Andrews, 1983; Andrews, 1986; Burgan i Rothermel, 1986; Andrews i Chase, 1989; Andrews i Bradshaw, 1990).

Un dels principals objectius del desenvolupament posterior de models de comportament del foc ha estat la simulació espacial de la propagació dels incendis forestals. Seguint els principis de les formulacions dels models matemàtics esmentats anteriorment, han anat sorgint una sèrie d'aplicacions interessades sobretot en el component espacial de la simulació. Cal destacar el programa CARDIN, que es basa en el contagi de cel·les reproduint una estructura el·líptica de la propagació del foc (Martínez-Millán, 1991) o els models basats en autòmats cel·lulars, com l'aplicat per Clarke et al. (1994) o el model desenvolupat pels canadencs anomenat *Firestorm* (Lee, 1990; Buckley i Lee, 1993). Actualment, el sistema més adaptat i aplicat ha estat el programa FARSITE,²

² Aquest programa és de domini públic i es pot descarregar a l'adreça:
<http://www.montana.com/sem.index.html>

del Laboratori del Foc del *Servei Forestal* de Montana, que té els seus fonaments en el programa BEHAVE (Finney, 1998; Finney et al. 1998). L'ús de FARSITE³ s'ha generalitzat pel servei de parcs naturals del Servei Forestal dels Estats Units i per altres agències de gestió del sòl, tan federals com estatals. A Catalunya tenim un exemple de la seva aplicació a Cerdan et al. (1999), on s'ha simulat el comportament del foc en diversos escenaris perillosos per la comarca del Bages.

2.3. Tecnologies de la informació i la lluita contra els incendis forestals

La simulació del comportament s'ha realitzat tradicionalment mitjançant formulacions matemàtiques que calculen la velocitat de propagació i la intensitat del front de la flama. La introducció del component espacial en la simulació ha permès representar la velocitat de propagació sobre el terreny convertint la simulació en una eina més eficaç de cara a la previsió, la prevenció i la planificació territorial en general, ja que permet analitzar espacialment les interaccions que s'estableixen en el territori. És el desenvolupament de les tecnologies de la informació el que ha fet possible l'evolució d'aquests models de comportament, ja que els sistemes d'informació tradicionals aplicats als primers models matemàtics tenien les seves limitacions tant de resultats com de velocitat d'aplicació. Amb els anys, aquests sistemes han permès integrar i relacionar nous components donant més consistència als mateixos models.

La quantitat i qualitat de models ha augmentat enormement, des dels primers sistemes de càlcul utilitzats per a la predicció del risc i del comportament dels incendis forestals, fins als mètodes utilitzats actualment. De la mateixa manera, els sistemes d'informació utilitzats en tots els processos de modelització han anat millorant. Ha estat un avenç important el pas de l'aplicació d'aquells models sense cap suport informàtic a aquells models basats en un sistema interactiu que integren diversos mòduls d'anàlisi. Aquests es basen en un SIG per a ser específicament aplicat a la gestió dels incendis forestals. S'ha passat, doncs, per un procés intens d'investigació tant en el camp de la problemàtica dels incendis forestals com en el de les tecnologies de la informació.

³ Tot i ser un sistema de simulació força acceptat, cal tenir en compte un aspecte dels incendis que continua essent difícil de simular: el comportament del vent. En un curs sobre el funcionament i aplicació d'aquest programa, impartit pel mateix Mark Finney, que va tenir lloc a Solsona l'abril de 1998, es feia ressò del problema de simular el comportament del vent, ja que planteja enormes dificultats, perquè no només s'ha de tenir en compte el vent atmosfèric, que és variable, sinó el contacte d'aquest amb les mateixes turbulències que crea l'incendi.

L'aplicació de les noves tecnologies com els SIG, la teledetecció i més recentment els Sistemes de Posicionament Global -GPS- ha obert un ampli sector de recerca. Les aplicacions de la teledetecció s'havien mantingut sovint al marge de les aportacions dels SIG, però la integració és ja avui un fet, gràcies a les grans possibilitats dels SIG com a plataforma integradora per les seves capacitats funcionals sobretot de gestió i anàlisi de grans volums de dades. D'aquesta manera la teledetecció i els GPS s'han convertit en fonts per a subministrar dades als SIG. Un recull de les diferents aportacions de la teledetecció i els GPS als estudis sobre els incendis forestals el trobem a Nunes et al. (1995) i Gracia et al. (1992) respectivament.

Actualment les investigacions en el camp dels incendis forestals van cap a un intent de trobar eines operatives al servei de la lluita contra els incendis forestals.

2.3.1. Les aportacions de la teledetecció

La primera aplicació de la teledetecció per a mapificar incendis forestals data dels anys seixanta amb l'ús d'escàners infraroigs per a la detecció de focus de foc (Chuvienco i Congalton, 1989). Des dels primers sensors utilitzats per a la mapificació i detecció dels incendis forestals fins l'actualitat, la resolució espectral i espacial i la freqüència de pas dels satèl·lits ha millorat enormement, la qual cosa ha permès una ampliació de les seves aplicacions.

De les diferents aportacions de la teledetecció a la lluita contra els incendis forestals cal destacar la informació que aporten per a la modelització del risc i el comportament: dels incendis: la cartografia d'àrees cremades, cartografia de combustibles, detecció de condicions meteorològiques, avaluació de l'impacte ambiental i detecció de focs.

Cartografia d'àrees cremades

El 1978 Benson et al. van fer ús de la teledetecció (amb el satèl·lit Landsat MSS) per a la mapificació i estudi de la intensificació dels incendis forestals a Austràlia amb la finalitat de produir mapes de les àrees cremades. Richards i Milne el 1983 van elaborar un mapa dels incendis forestals d'una àrea al voltant de Sydney utilitzant el satèl·lit Landsat TM.

L'any 1992 es va publicar el mapa de les superfícies forestals cremades de Catalunya (incendis superiors a 50 ha) durant el període 1986-1990, amb l'ús del satèl·lit Landsat TM a

escala 1:500.000 (ICC, 1992). Recentment (1998) ha aparegut una nova edició del mapa d'incendis forestals de Catalunya. Aquesta vegada s'han recollit els incendis que van tenir lloc durant el període 1986-1995 (Baulies et al. 1995). Chuvieco i Congalton el 1988 van mapificar la superfície forestal cremada d'una zona prop de Castelló amb el Landsat TM. L'any 1992 es va publicar el mapa dels incendis forestals de Catalunya (1986-1990) a escala 1:500.000, produït per l'Institut Cartogràfic de Catalunya amb imatges procedents del satèl·lit Landsat TM. Des del CREA s'ha realitzat la cartografia d'incendis a partir d'imatges procedents del satèl·lit LANDSAT MSS durant el període 1975-93 (Díaz-Delgado et al. 1998; Salvador et al. 2000)

Cal fer referència a la importància dels sensors aerotransportats. Un exemple el tenim en l'ús del sensor CASI -*Compact Airborne Spectrographic Imager*- instal·lat en un avió de l'ICC. Aquests permeten millorar la resolució espacial i augmentar la freqüència temporal, ja que es pot programar el vol segons l'àrea d'interès i amb la resolució escollida. El principal problema és el seu elevat cost, la qual cosa fa que s'utilitzi en la cartografia d'incendis especials (Baulies et al. 1995).

L'interès d'aquests estudis se centra sobretot en la possibilitat que ofereix el fet de mapificar i analitzar estadísticament els incendis, i permeten valorar els danys causats pels focs gràcies sobretot a la multitemporalitat de les imatges que permeten disposar d'informació abans i després del foc en un període de temps relativament curt.

Cartografia de combustibles

Una de les aplicacions més esteses de la teledetecció és la mapificació i anàlisi de l'estat de la vegetació. Hi ha gran quantitat d'estudis que utilitzen i han utilitzat la teledetecció per a elaborar cartografia dels models de combustibles tant per àmbits regionals com continentals (Burgan i Shasby, 1984; Chuvieco i Congalton, 1989; Burgan i Hardy, 1993; Pereira et al. 1994, etc.) per tal d'avaluar el risc d'ignició i la conseqüent propagació del foc i per analitzar el comportament del foc en cremes controlades. La teledetecció pot proporcionar informació sobre les característiques de combustibilitat de la vegetació i la seva densitat (Consentino et al. 1981). Burgan et al. el 1981 van publicar un article on es descrivia el projecte conjunt realitzat pel NFFL, *Northern Forest Fire Laboratory*, de Missoula, Montana, i el Servei Geològic EROS *Data Center a Sioux Falls*, Dakota del Sud. El principal objectiu d'aquest projecte va ser el de desenvolupar tècniques per a la mapificació de la vegetació utilitzant dades procedents del satèl·lit Landsat per a una millor definició de la localització i extensió dels tipus de combustible de les extenses àrees afectades pels

incendis forestals. També s'han realitzat estudis sobre el contingut d'aigua de la vegetació; aquests estudis són necessaris per a la predicció del risc o per a generar mapes sobre la humitat del combustible (Galtie et al. 1994; Kuntz i Karteris, 1994). La finalitat de tots ells és crear mapes de combustibles per a ser integrats com a capes d'informació en un SIG i poder fer anàlisis subseqüents en models de risc i predicció del comportament del foc.

Werth et al. (1985) recullen una experiència pilot de l'ús del satèl·lit NOAA AVHRR a Arizona per a la creació de models de combustible amb la finalitat d'avaluar el risc d'ignició i de propagació del foc. López Soria et al. van publicar el 1991 un estudi aplicat en una àrea compresa entre les províncies de València, Castelló i Terol, sobre l'ús del satèl·lit NOAA AVHRR per a detectar la cobertura vegetal més sensible a la declaració i propagació d'incendis a partir de la detecció de les característiques de l'estat fenològic de la cobertura vegetal.

Els satèl·lits NOAA AVHRR s'han utilitzat també per mesurar diferents aspectes de la vegetació; és possible conèixer la quantitat de biomassa existent en cada quilòmetre quadrat i l'estat d'humitat de la vegetació la qual cosa permet fer una primera estimació de les zones més vulnerables al foc. Hi ha diversos investigadors que es basen en l'anàlisi dels índexs de vegetació per tal d'estudiar qualitativament i quantitativa l'estat de les cobertures vegetals a partir de mesures espectrals (López Soria, 1991).

Detecció de condicions meteorològiques

Un altre vessant d'estudi de la teledetecció és l'anàlisi de les condicions meteorològiques. Amb l'ajuda del satèl·lit Meteosat es poden preveure situacions meteorològiques que ajuden a estimar les condicions de més risc (Yagüe, 1994).

Avaluació de l'impacte ambiental

La teledetecció també ha permès analitzar els impactes del foc sobre el medi ambient. L'avaluació dels efectes del foc als boscos és un dels camps de més interès (Jakubauskas et al. 1990; Karteris et al. 1992; Karteris, 1995; Gluck et al. 1995; Baulies et al. 1995; etc.). Riggan et al. (1993) van analitzar les emissions de gasos fruit dels incendis forestals causats per les persones al Brasil i que són enormement perjudicials per l'atmosfera.

Detecció de focs

També és interessant l'ús de la teledetecció per a detectar incendis al mateix moment en què es produeixen, i seguir així la seva evolució i el desenvolupament del seu perímetre

mitjançant la detecció de punts calents. Aquest sistema de detecció ha estat provat al Canadà on en un estudi pilot es van detectar incendis a gran escala amb el satèl·lit NOAA AVHRR; es van detectar al voltant del 46% del total d'incendis (Flannigan et al. 1986). A la Gran Bretanya també es va utilitzar aquest satèl·lit per a la detecció i control de cremes agrícoles (Muirhead, et al. 1985). La detecció dels incendis forestals amb el satèl·lit NOAA AVHRR només és possible, però, en zones on el foc agafa grans proporcions, ja que la seva resolució espacial (d'1,1 km) no permet la detecció de petits focus. Aquest satèl·lit ha estat molt utilitzat per a la detecció d'incendis en les zones tropicals (Malingreau, et al. 1989; Malingreau, 1991; Sader et al. 1990, etc.).

La detecció i mapificació del tipus i estat de la vegetació, de les condicions meteorològiques i de la superfície forestal cremada d'anys previs a l'avaluació, permeten valorar el risc d'incendi d'una determinada zona, segons la seva vulnerabilitat; la detecció del foc i de columnes de fum possibilita la identificació de focus de foc al mateix moment que té lloc el procés d'ignició. La delimitació del perímetre del foc permet analitzar el seu desenvolupament i fer una valoració posterior dels danys. La detecció de les emissions de gasos i dels efectes dels incendis a la vegetació i el seu impacte mediambiental és un altre camp d'aplicació de la teledetecció la qual cosa possibilita avaluar els danys.

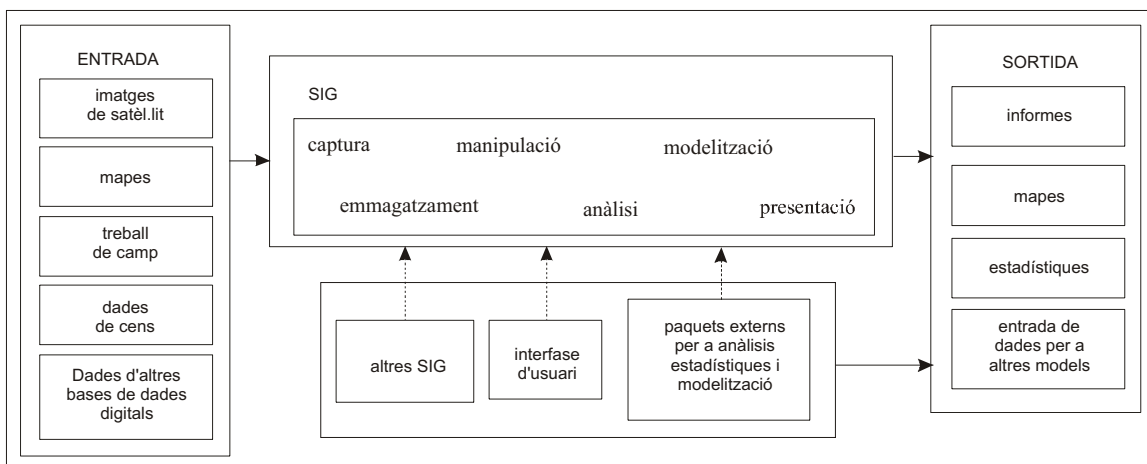
2.3.2. El paper dels SIG en la lluita contra els incendis forestals

2.3.2.1. Els SIG i els incendis forestals

Grossman (1994) es refereix als SIG com a plataforma que permet la combinació de diferents tipus d'informació i considera que és la columna vertebral de tot el procés de la informació espacial. Aquesta definició específica dels SIG, s'adapta als interessos i necessitats de diferents organismes i institucions, ja que se serveixen d'aquesta eina per facilitar les tasques de gestió i planificació dels incendis forestals.

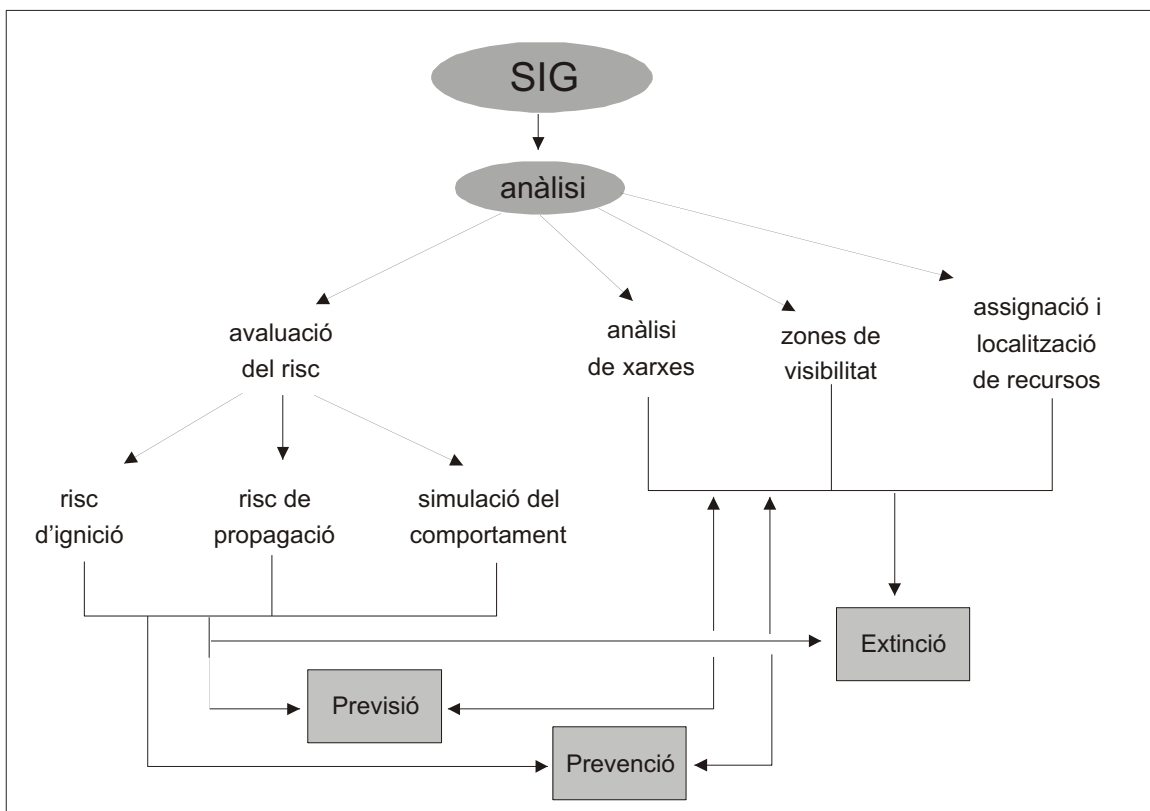
Els SIG ajuden a donar una visió més objectiva de la problemàtica dels incendis forestals, ja que posa a disposició de l'analista tota una sèrie d'eines que faciliten la integració i anàlisi de tots els fenòmens que intervenen en l'estudi dels incendis forestals.

Figura 2.1: Funcionalitats d'un SIG per a la gestió global dels incendis forestals (adaptat a partir de Fisher i Nijkamp, 1992)



Font: adaptació a partir de Fisher i Nijkamp, 1992

Figura 2.2: Els SIG i els incendis forestals



La Figura 2.1, tot i que reproduïx un model que és útil per a descriure les funcionalitats generals dels SIG, s'adapta a les necessitats que planteja la gestió global dels incendis forestals. Aquestes diferents funcions que compleixen els SIG és el que ha

portat a alguns autors com Laurini i Thompson (1992) a associar els SIG al concepte de caixa d'eines.

La *Figura 2.2*, descriu el principal paper desenvolupat pels SIG fins al moment i les possibles aplicacions que encara no han estat prou explotades. Per un costat, l'anàlisi dels incendis de cara a un tractament genèric de delimitació de les zones de risc d'ignició i de propagació; el fet de delimitar les àrees més vulnerables als incendis respon a un interès centrat tant, en la previsió de comportaments perillosos i en la planificació de la prevenció, com en l'interès organitzatiu dels equipaments i recursos d'extinció. Per l'altre, l'anàlisi de xarxes, de les zones de visibilitat i l'assignació i localització de recursos, permet afrontar la prevenció i l'extinció de manera més ordenada i planificada, d'acord amb la perillositat pròpia del territori analitzat.

2.3.2.2. Els SIG per al suport a la gestió global dels incendis forestals

La diversitat de factors que intervenen en l'anàlisi dels incendis forestals requereix un sistema que permeti la gestió global tant a curt com a llarg termini. És a dir, tant en situacions d'emergència real, com en la planificació i ordenació del territori per evitar que es produeixi un incendi i que aquest es propagui. Per tant, la integració de diversos mòduls d'anàlisi i la possibilitat de dissenyar una interfase d'usuari personalitzada, farà possible una optimització de la prevenció i extinció.

L'objectiu que ha de complir un SIG és el d'associar en un mateix sistema un conjunt d'elements que necessita l'usuari per a la presa de decisions. Una experiència en aquest camp és el FMIS -*Fire Management Information System*- (Wybo et al. 1994), és un sistema d'informació per a la gestió dels incendis forestals que integra una base de dades relacional amb un SIG. Aquest va lligat a unes aplicacions específiques: índex de perill, simulació de la propagació, detecció del foc, consells pel desenvolupament de plans de supressió del foc. La principal funció del FMIS és el de suport a la presa de decisions de cara a la previsió, la prevenció i extinció.

Aquests sistemes integren productes comercials amb un disseny específic de mòduls per al càlcul basats en una interfase d'usuari. Vasconcelos (1995) fa una relació d'alguns dels aspectes que hauria de facilitar un SIG integrat: control i predicció de la informació meteorològica, valoració del risc mitjançant un o més índex de perill, detecció

de focs a temps, simulació de la propagació, consells de cara a la supressió del foc i suport a la presa de decisions de supressió del foc. Caldria afegir l'anàlisi de xarxes de cara a la vigilància i a les actuacions d'extinció, l'anàlisi de l'assignació i distribució de recursos, establiment de zones de visibilitat, i avaluació en general de mesures i polítiques de prevenció.

Per tant un SIG per al suport a la gestió global dels incendis forestals ha d'integrar una base de dades molt complerta i coherent amb un conjunt de funcionalitats que permetin donar suport a la presa de decisions en cas d'incendi lligant tots els possibles components que intervenen en el coneixement de les característiques dels incendis forestals. Per tant no només es tracta de la predicció del risc i comportament dels incendis, sinó de la integració de diversos factors per a fer possible una anàlisi posterior que permeti resoldre aspectes com la racionalització de la distribució dels equipaments i recursos d'extinció, tot estudiant també l'abast d'aquests recursos i els camins òptims d'accés a les zones de més risc, així com la planificació i ordenació del territori en un interès per reduir els factors de risc d'incendi.

Cal ser conscients, però, que independentment de la integració de les eines SIG en una interfase d'usuari per a facilitar la lluita contra els incendis forestals, el seu ús en tots els processos de captura, tractament, anàlisi i presentació dels resultats és vital, i són precisament aquestes utilitats les que han estat emprades en molts dels processos desenvolupats en aquest treball.

2.4. Consideracions finals d'aquest capítol

De l'anàlisi de les principals tendències en la investigació a partir dels diferents models i de les possibilitats que ofereixen les tecnologies de la informació, se'n desprèn que hi ha una àmplia reflexió sobre el camp dels incendis forestals, orientats en diverses línies d'investigació, però amb un objectiu comú: avançar en la lluita contra els incendis forestals. En les tendències més recents cal destacar les aportacions que en aquest sentit hi ha hagut per part de les tecnologies de la informació, més com a eina de suport a la planificació i gestió dels incendis. Els models i els SIG utilitzats com a suport a la lluita contra els incendis forestals han de facilitar la investigació en els següents aspectes:

- la descripció de les característiques generals dels incendis
- analitzar la distribució espacial dels incendis per establir pautes de comportament

- analitzar les condicions que afavoreixen comportaments perillosos; les tenen relació amb l'activitat de les persones, les condicions i l'estructura del territori i les condicions meteorològiques
- anticipar canvis en les pautes del risc, facilitant prediccions de les condicions del medi o humanes
- prendre decisions en les accions que haurien de tenir-se en compte per tal de minimitzar el risc d'ignició i de propagació

Aquests punts són els que es desenvoluparan al llarg dels capítols que configuren aquest treball d'investigació, utilitzant com a eina de suport, aquells models i eines SIG que en cada cas han semblat permetien descriure aspectes concrets dels incendis. No es planteja l'ús dels models i dels SIG com un fi en si mateixos, sinó com a mitjà per analitzar i entendre, alguns dels aspectes que afecten els incendis forestals.

2.5. Bibliografia

- Albini, F.A. (1976), *Computer-based Models of wildland Fire Behavior: A Users Manual*, Ogden, Utah, USDA Forest Service, Intermountain Research Station.
- Alcázar, J.; Vega-García, C.; Grauet, M.; Pelmán, J.; Fernández, A. (1998) "Human risk and fire danger estimation through multicriteria evaluation methods for forest fire prevention in Barcelona, Spain", *III International Conference on Forest Fire Research 14th Conference on Forest Fire Meteorology*, Vol I, pp. 2379-2387, Luso, 16/20 November.
- Andrews, P.L. (1983) "A system for predicting the behavior of forest and range fires", *Proceedings of the Conference on Computer simulation in Emergency Planning*, San Diego, California.
- Andrews, P.L. (1986), *BEHAVE: Fire behavior prediction and fuel modeling system -Burn subsystem*, part 1, USDA, Forest Service.
- Andrews, P.L.; Chase, C.H. (1989), *BEHAVE: fire behavior prediction and fuel modeling system. BURN subsystem, Part 1*, General Technical Report INT-194, Ogden, Utah, USDA Forest Service, Intermountain Research Station
- Andrews, P.L.; Bradshaw, L.S. (1990), *RXWINDOW: defining windows of acceptable burning conditions based on desired fire behavior*, General Technical Report INT-273, Ogden, Utah, USDA Forest Service, Intermountain Research Station.
- Badia, A. (1998), "Modelització i tecnologies de la informació per al suport a la lluita contra els incendis forestals", *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 32, pp. 143-159.
- Baulies, X.; Joaniquet, M.; Tardà, A. (1995), "Evaluation of forest fires effects using CASI data" in *Remote Sensing and GIS applications to forest fire management. Proceedings of the EARSeL International Workshop*, Ed. Chuvieco, E. Universidad de Alcalá de Henares.
- Benson, M.L.; Briggs, I. (1978), "Mapping the extent and intensity of major forest fires in Australia using digital analysis of Landsat imagery", in *Proceedings of the International Symposium on Remote Sensing for Observation and inventory of Earth Resources*, pp. 1965-1980.
- Bovio, G.; Camia, A. (1997), "Land Zoning Based on Fire History", *International Journal of Wildland Fire* 7(3), pp. 249-258.
- Buckley, D.J.; Lee, B.S. (1993), "Forestry Canada applies GIS technology to forest fire management", *GIS '93 Symposium*, Vancouver, British Columbia, pp. 109-113.
- Burgan, R.E. (1989), "1978 National Fire Danger Rating System Revisions", presentat a *10th Conference on Fire and Forest meteorology*, April 17-21, Ottawa, Canada.

- Burgan, R.E.; Rothermel, R.C. (1986), *BEHAVE: Fire behavior prediction and fuel modeling system -fuel subsystem*, Gen. Tech. Rep. Int-167, USDA, Forest Service.
- Burgan R.E.; Shasby, M.B. (1984), "Mapping broad-area fire potential from digital fuel, terrain, and weather data", *Journal of Forestry*, Vol. 82, pp. 228-231.
- Carrega, P. (1990), "Climatology and index of forest fire hazard in mediterranean France", *I International Conference on Forest Fire Research*, Coimbra, B.05-1 B05-11.
- Carvacho, L. (1998), "Evolución de la estimación de grandes incendios forestales en la cuenca Mediterránea europea por redes neuronales y regresión logística", *Série Geográfica. Incendios*, 7, Universidad de Alcalá, Servicios de publicaciones, Departamento de Geografía, pp. 73-85.
- Cerdan, R.; Badia, A.; Ferrero, I.; Llurdés, J.C.; Sánchez, F.; Saurí, D. (1999), Planificació territorial i organització de la lluita contra els incendis forestals al Bages. Anàlisi, ponderació i programació de procediments i actuacions de prevenció i de previsió per la defensa del territori del Bages contra els incendis forestals, amb els agents implicats, Premi Fundació Caixa Manresa (Inèdit).
- Chuvieco, E.; Congalton, R.G. (1989), "Application of Remote Sensing and Geographical Information Systems to Forest Fire Hazard Mapping", *Remote Sensing of Environment*, pp. 147-159.
- Chuvieco, E.; Salas, J. (1996), "Mapping the spatial distribution of forest fire danger using GIS", *International Journal of geographical Information System*, vol. 10(3), pp. 333-345.
- Chuvieco, E.; Salas, J.; Barredo, J.I.; Carvacho, L.; Karteris, M.; Koutsias, N. (1998), "Global patterns of large fires occurrence in the European Mediterranean Basin: A GIS analysis", *III International Conference on Forest Fire Research. 14th Conference on Fire and Forest Meteorology* vol II, pp. 2447-2462, Luso, 16/20 November 1998.
- Clarke, K.C.; Brass, J.A.; Riggan, P.J. (1994), "A Cellular Automaton Model of Wildfire Propagation and Extinction", *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, vol 60(11), November 1994, pp. 1355-1367.
- Cunningham, A.A.; Martell, D.L. (1973), "A Stochastic Model for the Occurrence of Man-caused Forest Fires", *Canadian Journal of Forest Research*, 3, pp. 282-287.
- Cunningham, A.A.; Martell, D.L. (1976), "The use of subjective probability assessments to predict forest fire occurrence", *Canadian Journal of Forest Research*, 6, pp.348-356.
- Deeming, J.E. et al. (1972), *National Fire-Danger Rating System*, US Forest Service, Research Paper RM-84
- Deeming, J.E. et al. (1974), *National Fire-Fire Danger Rating System*, US Forest Service, Research Paper RM-84 revised.

- Deeming, J.E. et al. (1978), *The National Fire-Fire Danger Rating System*, US Forest Service, Gen. Tech. Rep. INT.39.
- Díaz-Delgado, R.; Salvador, R.; Valeriano, J.; Pons, X. (1998), "Detección de superficies forestales quemadas en Cataluña mediante imágenes de satélite durante el periodo 1975-93", *VIII Coloquio del Grupo de Métodos Cuantitativos, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. Tecnologías para el siglo XXI. Ponencias y comunicaciones*, Asociación de Geógrafos españoles, 17-19 de Septiembre 1998, Departament de Geografia, Universitat Autònoma de Barcelona, pp. 371-376.
- Drouet, J.C. (1990) "Prévision des risques et modes de propagation", *Revue technique du feu*, Juin 1990.
- De Fusco, L.; Martellacci, C.; Peroni, P.; Bagni, M. (1992), "A prototype system for forest fire prevention and control", *Proceedings of the central symposium of the International Space Year Conference*, Munich.
- Finney, M.A. (1998), *FARSITE: Fire Area Simulator –Model development and evaluation*, USDA Forest Service Research Paper RMRS-RP-4 47 p.
- Finney, M.A.; Andrews, P.L. (1998), "Application and Status of the FARSITE Fire Area Simulator", *III International Conference on Forest Fire Research. 14th Conference on Fire and Forest Meteorology* Vol I pp. 755-760, Luso, 16/20 November 1998.
- Fisher, M.M.; Nijkamp, P. (1994), "Geographical information systems and spatial analysis", *The annals of Regional Science*, 26, pp. 3-17.
- Flannigan, M.D.; Wotton, B.M. (1991), "Lightning-ignited forest fires in northwestern Ontario", *Canadian Journal of Forest Research*, Vol. 21, pp. 277-287.
- Galtie, J.F.; Hubschman, J.; Trabaud, L.; (1994, "Using remote sensing and geographical information system for monitoring wildland fire hazards in an exposed area of the mediterranean eastern Pyrenees", *Proceedings of the International workshop Satellite Technology and GIS for mediterranean forest mapping and fire management*, Tessaloniki, Nov. 4-6, 1993, Pp. 139-149.
- Gluck, M.J.; Rempel, R.S. (1995), "The effecton measurements of post disturbance vegetation in Northwestern Ontario", *International Workshop Remote Sensing and GIS applications to forest fire management*, Universidad de Alcalá de Henares, Sept. 7-9, 1995, pp. 45-48.
- Gracia, I.; Mérida, J.C. (1992), "Aplicaciones de técnicas GPS al problema de los incendios forestales", Presentat al curs *Lucha contra los incendios forestales*, Centro Internacional de Altos Estudios Agronómicos Mediterraneos (C.I.H.E.A.M), organitzat per l'Institut Agronómico Mediterráneo de Zaragoza (I.A.M.Z.) i l'Institut Nacional para la Conservación de la Naturaleza (I.C.O.N.A.), 11-29 de maig.

- Grossmann, W.D. (1993), "Challenges from ecology to application and design of Geographical Information System", Paper presentat a les jornades sobre *The synergistic use of Remote sensing, Geographical Information Systems and Dynamic models for resource management*, Saragossa 11-15 d'abril de 1994.
- ICC (1990), *Mapa de risc d'incendi forestal. Catalunya 1:250.000*, Institut Cartogràfic de Catalunya, Generalitat de Catalunya, Departament d'Agricultura Ramadaria i Pesca, Direcció General de Medi Natural; Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Institut Cartogràfic de Catalunya.
- ICC (1992), *Mapa d'incendis forestals de Catalunya (1986-1990). 1.500.000*, Institut Cartogràfic de Catalunya Generalitat de Catalunya, Departament d'Agricultura Ramadaria i Pesca, Direcció General de Medi Natural; Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Institut Cartogràfic de Catalunya.
- ICONA, (1982), *Manual de predicció del peligro de incendios forestales*, Instituto Nacional para la conservación de la naturaleza, Sección de Incendios Forestales, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Jakubauskas, M.E.; Lulla, K.P.; Mausel, P.W. (1990), "Assessment of vegetation change in a fire altered forest landscape", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 56(3), March 1990, pp. 371-377.
- Johnson E.A.; Van Wagner, C.E. (1985), "The theory and use of two fire history models", *Canadian Journal of Forest Research*. vol. 15. pp. 214-220.
- Karteris, M.A. (1995), "Burned land mapping and post-fire effects", *Proceedings of International Workshop Remote Sensing and GIS applications to forest fire management*, Universidad de Alcalá de Henares, Sept. 7-9, 1995, pp. 35-44.
- Karteris, M.A.; Kritikos, G. (1992), "Assessment of forest fire damages in Holy Mount Athos", *Proceedings of Workshop Remote Sensing for forestry applications*, Copenhagen, Folving/Eartnat Svendsen (ed.) JRC, Institute for Remote Sensing Applications, ISPRA, Italy, pp. 197-210.
- Kuntz, S.; Karteris, M. (1994), "Fire risk modelling based on satellite remote sensing and GIS", *Proceedings of the International Workshop - Satellite Technology and GIS for Mediterranean Forest Mapping and Fire Management*, pp. 165-177.
- Laurini, R.; Thompson, D. (1992), *Fundamentals of Spatial Information Systems*, Academic Press, Londres.
- Lee, B.S. (1990), "An overview of IFMIS: the Intelligent Fire Management Information System", *International Conference on Forest Fire Research*, Nov. 19-22, 1990, Coimbra, Portugal.

- López Soria, S.; González Alonso, F.; Cuevas, J.M. (1991), "Aplicación de las imágenes digitales procedentes de los satélites meteorológicos circumpolares en la detección del riesgo de incendios forestales", *Ecología*, Nº 5, pp. 3-12.
- Malingreau, J.P. (1991), "Remote Sensing for tropical forest monitoring: an overview", *Remote Sensing and Geographical Information System for Resource Management in developing countries*, pp. 253-278.
- Malingreau, J.P.; Tucker, L.J.; Laporte, N. (1989), "AVHRR for monitoring global tropical deforestation", *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 10(4-5), pp. 855-867.
- Martell, D.L.; Bevilacqua, E. (1989), "Modelling seasonal variation in daily people-caused forest fire occurrence", *Canadian Journal of Forest Research* vol. 19. pp. 1555-1563.
- Martell, D.L.; Otukol, S.; Stocks, B.J. (1987), "A logistic model for predicting daily people-caused forest fire occurrence in Ontario", *Canadian Journal of Forest Research*, 17, pp. 394-401.
- Martinez-Millán, J. et al. (1991), *CARDIN, un sistema para la simulación de la propagación de incendios forestales*, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de Madrid, Investigación Agraria. Sistemas y recursos Forestales, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, vol. 0.
- Muirhead, K.; Cracknell, A.P. (1985), "Straw burning over Great Britain detected by AVHRR", *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 6(5), pp. 827-833.
- NCGIA, (1991), *Core curriculum*, Santa Barbara, Universitat de Califòrnia.
- Nunes, J.; Cerdan, R.; Sánchez, F.; Badia, A.; Ferrero, I. (1996), "Desenvolupament d'un sistema d'informació geogràfica per a la lluita contra els incendis forestals", *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 28, pp. 55-78.
- Orieux, A. (1979), "Conditions météorologiques et incendies de forêts en région méditerranéenne", *Note technique du Service Météorologique Métropolitain*, Section XXIV, 8, Mai 1979.
- Palmieri, S.; Cozzi, R. (1983), "Il ruolo della meteorologia nella prevenzione e controllo degli incendi boschivi", *Rivista di Meteorologia Aeronautica*, XLIII, 4.
- Palmieri, S.; Inghilesi, R.; Siani, A.; Martellacci, C. (1992), "Un indice meteorologico di rischio per incendi boschivi", *Bolletino Geofisico*, Anno XV, 5, pp. 49-62.
- Pons, X.; Vayreda, J.; Ibañez, J.J.; Gracia, C.A. (1995), "A Technique to obtain maps for estimating fire danger" Proceedings of *International Workshop Remote Sensing and GIS applications to Forest Fire Management*, Universidad de Alcalá de Henares, September 7-9, 1995, pp. 160-163.

- Pyne, S.J. (1984), *Introduction to wildland fire. Fire management in the United States*, John Wiley & Sons, Nova York.
- Richards, J.A.; Milne, A.K. (1983), "Mapping fire burns and vegetation regeneration using principal component analysis", *International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, pp. 5.1-5.6.
- Riggan, P.J.; Brass, J.A.; Lockwood, R.N. (1993), "Assessing fire emissions from tropical savanna and forests of central Brasil", *Photogrammetric Engineering & remote Sensing*, Vol. 59(6), pp. 1009-1015.
- Rothermel, R.C. (1972), *A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels*, General Technical Report INT-115, Odeon, Utah, USDA Forest Service, Intermountain Research Station.
- Sader, S.A.; Stone, T.A.; Joyce, A.T. (1990), "Remote Sensing of tropical forest: An overview of research and applications using non-photographic sensors", *Photogrammetric Engineering of Remote Sensing*, 4, pp. 1343-1351
- Salas, J.; Chuvieco, E. (1990), "¿Dónde arderá el bosque? Previsión de incendios forestales mediante un SIG", *Actas I Congreso AESIGIT*, Madrid, AESIGIT, pp. 430-446.
- Salvador, R.; Valeriano, J.; Pons X.; Díaz-Delgado, R. (2000), "A semi-automatic methodology to detect fire scars in shrubs an evergreen forest with Landsat MSS time series", *International Journal of Remote Sensing*, 21(4), pp 655-671.
- Shasby, M.B.; Burgan, R.R.; Johnson, G.R. (1981), "Broad area forest fuels and topography mapping using digital Landsat and terrain", *Machine Processing of Remotely Sensed Data Symposium*.
- Sol, B. (1989), *Risque numerique metereologique d'incendies de forêt en zone mediterraneenne*, Note de travail SMIR/SE, 1.
- Terrades, J. (coord.) (1996), *Ecologia del foc*, Barcelona, Proa.
- Van Wagner C.E. (1974), *Structure of the Canadian Forest Fire Weather Index*, Ottawa, Canadian Depatment of Environment, Canadian Forestry Service.
- Vasconcelos, M.J.P, (1995), "Integration of remote sensing and geographic information systems for fire risk management", proceedings of *International Workshop Remote Sensing ang GIS applications to Forest Fire Management*, Universidad de Alcalá de Henares, September 7-9, 1995, pp. 129-147.
- Vega-Garcia, C.; Woodard, P.M.; Lee, B.S. (1993), "Geographic and temporal factors that seem to explain human-caused fire accurrence in Whitecourt Forest, Alberta", *GIS'93 Symposium*, Vancouver, British Columbia, February 1993.

- Vélez, R. (1988), "Predecir para prevenir. Aplicación de la predicción del peligro de incendios forestales", *Seminario ECE/FAO/OIT sobre predicción de incendios forestales*. València, 1986.
- Werth, L.F.; Mckinley, R.A.; Chine, E.P. (1985), " The use of wildland fire fuel maps produced with NOAA AVRR scanner data", *Pecora Memorial Symposium*, pp. 326-331.
- Wybo, J.L.; Guarniéri, F. (1994), "FMIS: Fire Management Information System", *Proceedings on 2ond International Conference on Forest Fire Research*, vol. 1,A.03, pp. 95-104, Coimbra,
- Yagüe, A. (1994), "Satélites y prevención de incendios forestales", *Mapping*, Madrid, pp. 92-93.

<http://www.montana.com/sem.index.html>

3. Els diferents conceptes de risc ambiental

3.1. La percepció del risc¹

Els discursos sobre catàstrofes com els incendis forestals es mouen inevitablement i concurrentment en referència a dos tipus d'interpretacions (Ledoux, 1995). La primera és la invocació de la fatalitat (sovint per autoexculpar-se de possibles responsabilitats) i la promesa que es farà tot el que calgui per evitar que es torni a produir una situació semblant. En canvi, per a la segona interpretació, totes les catàstrofes són previsibles i en cas que en tingui lloc alguna, aquesta sempre és de responsabilitat aliena, sobretot dels polítics, institucions o tècnics. L'opinió pública sovint s'adhereix a aquesta segona en la mesura que els riscos naturals semblen intolerables per la població, en unes societats tan desenvolupades i tecnificades com la nostra, ja que la seva percepció és que el risc ha de ser previsible, i si no és així, algú ha de prendre la responsabilitat.

Aquestes dues interpretacions del risc són, doncs, en gran part, monocausals. En el primer dels casos, el risc té un origen a la natura i per tant, la seva gestió s'ha de basar justament en controlar aquesta natura "perillosa" amb mitjans tecnològics. Al segon cas, el risc s'interpreta més aviat com un problema exclusivament social, sobretot en el sentit de no deixar marge d'acció a la natura en l'ocurrència de catàstrofes. Aquesta darrera interpretació amaga implícitament una actitud força arrogant en relació a la natura, que passa a ser una variable subordinada a l'acció antròpica. Mai s'ha d'oblidar que la natura pot donar i dóna algunes "sorpreses", i més en un context climatològicament tan dinàmic com el Mediterrani. Hi ha un consens en la suposició que el risc zero no existeix, però si que es pot actuar per tal de prevenir l'esdeveniment inicial en la mesura que sigui possible, prevenir les conseqüències un cop s'ha produït l'esdeveniment, o mitigar les conseqüències en cas que aquestes es produeixin. De fet, països amb grans problemes d'incendis com els EUA assumeixen el fet que no tots els incendis es poden suprimir o controlar, ja que no hi ha cap organisme, tecnologia o equipament que pugui assegurar una absoluta protecció quan coincideixen una sèrie de factors crítics (elevada càrrega de combustible, condicions meteorològiques extremes, ignicions múltiples i simultànies, un

¹ No és l'objectiu d'aquest capítol tractar detalladament el concepte de percepció, en tant que sentiment de pertànyer a l'espai i valorar-lo com a resultat d'assignar-li uns valors (Capel, 1973); però, sí que cal fer referència a la vinculació de la percepció del risc amb la percepció del medi que Capel analitza molt bé. El coneixement de les interaccions que es donen en el territori és fonamental per tenir una imatge de la percepció del medi. És a partir d'aquesta imatge que es prenen les decisions.

comportament extrem del foc, etc.).² De totes maneres, hi ha una frase que es va repetir en diverses ocasions a la 2nd *International Disaster and Emergency Planning* (l'octubre de 1999), i que resumeix un dels punts d'aquest treball de recerca: *When a crisis happens, be ready.*

En aquest capítol es presenta el marc teòric de l'estudi, que té les seves arrels en l'anàlisi dels riscos ambientals elaborada per la Geografia, sobretot per l'escola nord-americana endegada per Gilbert White als anys trenta i continuada pels seus deixebles Ian Burton i Robert Kates (1978) (Calvo García-Tornel, 1984). A continuació s'ofereix el model general de gestió del risc que s'inspira en els postulats d'aquesta escola, i que defineix el risc com una seqüència d'esdeveniments no desitjats que culminen en unes pèrdues socials, econòmiques i ambientals. La "mapificació" d'aquesta seqüència permet desglossar el risc en una sèrie d'etapes o "anelles" de la cadena causal, per a cadascuna de les quals és en principi, possible la introducció de certes mesures de gestió que aturin la seqüència i impossibilitin la materialització de les pèrdues (Hohenemser et al. 1985). En una orientació més específica pel camp dels incendis forestals, s'entrarà en el detall dels dos aspectes crítics dels incendis: la ignició i la propagació, tot integrant-los dins la cadena causal del risc.

3.2. Desenvolupament del concepte geogràfic del risc, segons l'escola de Burton, Kates i White

Actualment, dins la disciplina geogràfica, hi ha un gran interès en l'enfocament ambiental. En aquest sentit s'ha dedicat grans esforços en la investigació del risc d'incendi i de les seves conseqüències, ja que aquest fenomen requereix una anàlisi integrada del territori pel fet que un incendi no es produeix per un fenomen aïllat del territori, sinó que deriva de l'acció conjunta de determinats factors entre els que cal destacar l'activitat humana, el combustible, les condicions meteorològiques, la topografia, etc. (Chuvieco et al. 1999)

Per a la geografia, el risc natural és un dels dos components de la interacció entre fenòmens naturals i activitats humanes. Aquesta interacció dona com a resultat aspectes positius (que serien els recursos) i aspectes negatius (els riscos). Així, el que aquests

² A l'adreça <http://www.fs.fed.us/land/wdfirex.htm> s'explica el sistema de prevenció d'incendis dels EUA.

fenòmens naturals siguin considerats com a recursos o riscos depèn del context humà on es produeixen. En altres paraules, l'esdeveniment per ell mateix no és benigne o hostil, sinó només en la mesura que les nostres accions o la nostra percepció així el consideri.

Aquesta definició del risc implica conèixer de la manera més acurada possible, els dos conceptes de l'equació del risc -l'estat del medi físic i l'estat del medi humà-, que tot seguit definim:

- *Estat del medi físic.* Aquest fa referència al nombre d'esdeveniments naturals i la seva variabilitat estadística en un lloc determinat. Per exemple, la freqüència dels episodis d'ignició de combustibles forestals al Bages en els darrers 20 anys.
- *Estat del medi humà.* Aquest ve definit pel balanç entre dos conceptes, anomenats "vulnerabilitat" (potencial de pèrdues en un lloc concret) i "adaptació" (les accions destinades a reduir o eliminar aquest potencial de pèrdues). Ambdós conceptes estan estretament interrelacionats i adopten dimensions diferents. Així, la vulnerabilitat al risc es pot entendre, entre altres, en els següents sis sentits (Hewitt, 1997):
 1. exposició a fenòmens perillosos: estar al lloc equivocat en el moment equivocat;
 2. debilitat: la predisposició de determinats grups humans, activitats econòmiques, comunitats o territoris a patir danys més grans que d'altres, activitats, comunitats o territoris;
 3. manca de protecció contra fenòmens perillosos;
 4. desavantatge: la manca de recursos per incidir en les causes del risc o donar resposta als perills;
 5. manca de resiliència: la capacitat limitada o inexistent per evitar els efectes d'un desastre o de recuperar-se d'aquest desastre a *posteriori*;
 6. manca de poder polític: la incapacitat d'influir sobre les mesures de seguretat o d'adquirir mitjans de protecció o recursos per a la recuperació.

Paral·lelament, l'adaptació humana al risc es pot entendre també d'una manera múltiple, i les mesures adaptables es poden classificar d'acord amb els tres criteris següents:

1. Segons en la fase en què es produeixen ("pre", "durant" i "post" calamitat);
2. Segons si són individuals o col·lectives;

3. Segons si s'han destinat a la modificació del comportament de la natura o del comportament humà respecte a la natura.

Aquests conceptes constitueixen els fonaments de l'aproximació geogràfica a l'anàlisi dels riscos ambientals. El risc provocat per un esdeveniment natural pot tenir una gran variabilitat temporal i espacial, atès que dependrà dels canvis que tinguin lloc en el sistema natural (de freqüència, magnitud, durada i escala geogràfica de l'esdeveniment), i també dels que es produeixin al sistema humà (alteració del balanç entre vulnerabilitat i adaptació).

En resum, el concepte de risc (com el de recurs) és extraordinàriament dinàmic i sotmès a moltes oscil·lacions, temporals i espacials. El que és un recurs en un lloc pot ser un risc en un altre, i esdeveniments que en el passat han estat considerats com a recursos ara poden ser uns riscos, i a l'inrevés. Per tant, sempre cal estar atent al context en què es produeixen aquests esdeveniments, sobretot el context humà, però sense oblidar els canvis al sistema natural (que també poden ser induïts per causes humanes). Alhora, són els canvis en la relació de l'ésser humà amb la natura els que condueixen a una major vulnerabilitat front les calamitats naturals.

En el cas dels incendis forestals es podria formular la pregunta d'on és el recurs, i s'apuntarien algunes respostes. La més elemental és aquella que diu que el recurs no és el foc sinó la combinació de condicions climàtiques, que fan possible uns ecosistemes caracteritzats per la gran varietat d'adaptacions que propicien una enorme biodiversitat a les zones climàtiques temperades. En relació a la incidència del propi foc, cal dir que l'ecologia que ha estudiat a fons els mecanismes que relacionen espècies vegetals i incendis forestals, troba extraordinaris exemples d'adaptació, i que classifica la majoria d'espècies vegetals mediterrànies entre les que són capaç de rebrotar, i aquelles que poden fer germinar les llavors que han resistit el foc. En aquest sentit, la política de planificació dels incendis del *Servei Forestal* americà, posa un especial èmfasi en la conscienciació sobre la necessitat d'entendre i acceptar el rol dels incendis i adoptar les pràctiques de gestió del sòl que integrin el foc com un procés essencial de l'ecosistema, la qual cosa s'ha d'integrar amb unes altres finalitats socials.

Així, és per al sistema socioeconòmic humà que contempla el bosc com un recurs, que el foc forestal és únicament una catàstrofe. Però, fins i tot, per a la societat actual, que ha deixat d'aprofitar gran part dels productes que antigament se n'extreien d'un bosc,

petits focs que mantinguin reduïda la seva càrrega de combustible, són útils per retardar o impedir l'aparició d'un gran foc devastador de conseqüències catastròfiques.

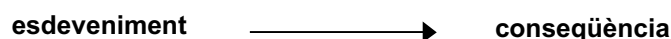
3.3. L'àmbit d'adaptació al risc: introducció a la cadena causal

La definició geogràfica del risc -que contempla aquest com un resultat (negatiu) de la interacció entre natura i societat-, ja ens indica implícitament que per gestionar bé un risc cal intervenir tant pel costat de la natura com pel de la societat, modificant l'actitud i comportament d'aquesta darrera. L'enfocament geogràfic incideix especialment en la necessitat de modificar el comportament humà i social davant del risc, atès que no tot es pot solucionar amb mesures de tipus tecnològic de control de la natura, per molt ben intencionades que siguin. A més, aquestes mesures poden generar altres problemes no anticipats (per exemple els efectes catastròfics que pot suposar la fallida d'embassaments i altres obres hidràuliques).

En aquest sentit, la insistència en ampliar l'àmbit d'adaptacions al risc impulsant una conscienciació social del problema (una percepció més acurada i la seva traducció en unes accions concretes) representaria, segurament, l'aportació més interessant de la Geografia del risc.

En síntesi, l'enfocament geogràfic considera primer totes les alternatives possibles de prevenció o reducció de les pèrdues ocasionades per un risc natural. En segon lloc, té en compte també tots els beneficis i costos rellevants d'aquestes diferents alternatives. I per últim, s'inclina per escollir aquelles alternatives que donin els màxims beneficis socials amb els mínims costos en el context concret de cada espai afectat.

La cadena causal del risc que es presenta a continuació se centra específicament en l'àmbit de reducció del risc. Així, aquesta cadena causal pretén delimitar tota la seqüència a partir de les necessitats i desitjos humans -que suposen la selecció d'un conjunt d'accions en relació a l'espai forestal- fins al resultat final -reflectit en un conjunt de conseqüències negatives, com poden ser els danys ocasionats per un incendi. En una versió més simple, el risc ambiental es pot conceptualitzar com una estructura causal formada per dos factors:



D'entrada, aquesta cadena causal implica tres estratègies possibles de gestió del risc:

- la prevenció de l'esdeveniment inicial;
- la prevenció de les conseqüències un cop s'ha produït l'esdeveniment;
- la mitigació de les conseqüències.

Intuïtivament, per qualsevol estratègia de gestió, la primera alternativa és la més important (“més val prevenir que curar”), tot i que a la pràctica no sigui sempre així, i per tant, la gestió s'hagi de dirigir també a la prevenció de les conseqüències i la seva mitigació.

Les mesures de gestió es podrien clarificar conceptualment encara més si s'amplia la cadena causal. En aquest sentit, diferenciariem dos tipus d'esdeveniments:

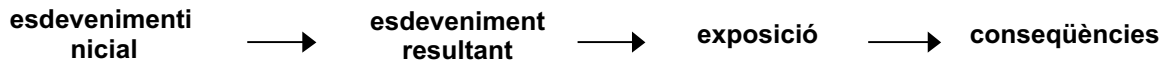
- *esdeveniments inicials*: aquells que desencadenen la seqüència de risc (ignició d'una massa de combustible forestal, precipitació molt intensa o fallida d'una vàlvula en un sistema industrial);
- *esdeveniments resultants*: aquells que s'expressen com un alliberament d'energia o de matèria que segueix a un esdeveniment inicial, i que comporta un risc per als éssers humans, les propietats i altres béns.

En el cas dels incendis forestals, aquesta distinció és especialment rellevant atès que permet sistematitzar mesures destinades a evitar la ignició de combustibles, i mesures per evitar la formació d'un esdeveniment de gran magnitud, una vegada s'ha produït la ignició. Així, es pot ampliar la seqüència causal per disposar d'un major marge per a les intervencions de bloqueig:

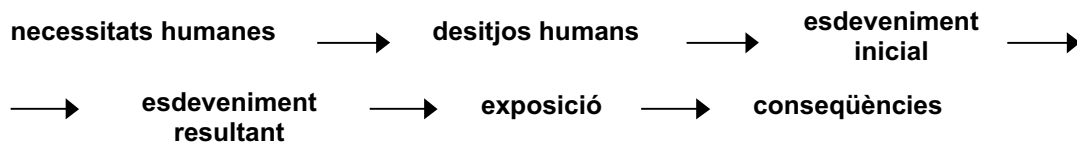
esdeveniment inicial \longrightarrow **esdeveniment resultant** \longrightarrow **conseqüències**

També cal tenir present que en molts riscos ambientals, els esdeveniments resultants no porten directament a les conseqüències. D'aquesta manera, es podria introduir encara una altra anella en aquesta cadena causal, l'exposició, entesa com tots aquells aspectes que fan el territori vulnerable; en el cas dels incendis, podria ser, per

exemple, la continuïtat de les masses forestals o el dèficit hídric de la vegetació. Amb aquest nou element, la seqüència seria la següent:



Però encara ens podem remuntar més amunt de la cadena causal, amb la introducció de la selecció de les accions afegint els desitjos i necessitats humanes. Si introduïm tots aquests factors, aleshores, la cadena causal del risc es podria formular de la següent manera:



Per tant, les intervencions de bloqueig es poden situar també a les fases inicials de la seqüència, sovint molt marginades en les polítiques relatives als incendis. Una política global d'ordenació del territori atenta a la singularitat del fenomen dels incendis, podria bloquejar o dificultar, per exemple, els episodis d'ignició de combustible i potser encara amb més eficàcia, impedir la transformació d'aquests episodis inicials en esdeveniments de grans dimensions. Aquesta política però, dependria encara de factors més globals -i certament difícils d'aconseguir- com un canvi d'actitud política i social envers els espais forestals, o un canvi de percepció i d'acció política respecte les relacions entre àrees urbanes i rurals.

3.4. Entorn social i mesures d'adaptació al risc dels incendis forestals

Caldria examinar breument el marc on es poden inscriure les mesures adaptables. Concretament, i en base a les consideracions del geògraf canadenc Hewitt (1997) (de l'escola de Gilbert White), s'intenta aportar un conjunt de reflexions sobre cadascuna de les grans fases de la seqüència causal ("pre", "durant" i "post" calamitat). Aquestes reflexions se situen en una línia certament innovadora en l'anàlisi geogràfica dels riscos ambientals, com és la de traslladar l'atenció i les mesures mitigadores del que seria el fenomen en ell mateix, cap a les condicions humanes i socials on té lloc aquest fenomen. En altres paraules, i segons aquesta línia teòrica, impactes i resposta al risc depenen

més de les condicions quotidianes del desenvolupament social, que del propi fenomen geofísic i climàtic.

En relació a la cadena causal presentada, l'èmfasi estaria situat a les primeres etapes, particularment en aquells aspectes de la vida social, econòmica, territorial, ambiental, etc, que poden amplificar o minimitzar la vulnerabilitat humana als fenòmens extrems de la natura i la tecnologia. S'han intentat relacionar algunes d'aquestes aportacions amb la problemàtica específica dels incendis forestals, per bé que en aquest sentit caldria un major nivell de detall.

Tot el ventall de possibles adaptacions al risc d'incendi plantejat en aquest model, i les adaptacions reals que es produeixen, depenen de dos factors, que es diferencien entre les mesures per evitar futurs desastres, i les que s'adopten quan la calamitat es materialitza:

- *les condicions i circumstàncies que limiten l'acció.* Aquestes limitacions estan causades per la manca de recursos materials i humans, de capacitats humanes ("ser competent o estar preparat per a la feina") i pel que fa a l'organització. Conjuntament, generen el context en què es produeixen les mesures adaptables;
- *el tipus de mesures que les persones i institucions estan disposades a portar a terme.* Aquestes mesures estan estretament relacionades amb les prioritats socials i els precedents històrics característics de les zones afectades, o del seu entorn polític i administratiu. Conjuntament, generen l'àmbit de les accions conegudes o possibles en cada cas.

En el primer cas, s'apliquen recursos, coneixements i capacitat organitzativa per reduir la vulnerabilitat. En part, l'aplicació de totes aquestes mesures depèn de la història dels desastres de cada lloc, i també de l'experiència personal i institucional que es té del risc. En el segon cas, el context de les mesures adaptables es complica i resta limitat per com s'ha desenvolupat la pròpia geografia del desastre. La disponibilitat de recursos i de personal és limitada, i sempre hi ha conflictes entre les formes centralitzades de gestió de l'emergència i les descentralitzades. En aquest sentit esdevé essencial tenir en compte els coneixements locals a l'hora d'implementar els mecanismes de seguretat.

Per aquests motius, convindria afrontar el tema de l'acció en termes d'opcions àmplies i flexibles. És a dir, intentar trobar un espai comú entre el reconeixement del context i l'àmbit de les accions possibles.

3.5. Reducció del risc i reducció de la vulnerabilitat

D'antuvi, caldria diferenciar entre les mesures adreçades a reduir el risc i aquelles destinades a reduir la vulnerabilitat humana. Fins ara, l'enfocament dominant ha estat el primer (en el model de cadena causal, allò que té lloc a partir de la fase anomenada "esdeveniment inicial"). Per reducció del risc s'entén tant les accions adoptades per incidir en l'agent causant del risc (per exemple el revestiment del cablejat de línies elèctriques o disponibilitat de mitjans aeris per impedir la propagació d'incendis), com les accions orientades a modificar el comportament humà en relació a aquest risc d'incendi (prohibició d'usos, mesures de vigilància, etc).

En canvi, en la reducció de la vulnerabilitat caldria incidir en els processos de caire més general que posen en perill la població, activitats econòmiques, ecosistemes, etc. Per tant, centrar el gruix de la gestió en mitigar la vulnerabilitat comportaria centrar-se en la protecció de tots aquests elements. Les mesures de seguretat han d'adequar-se als mecanismes pels quals quelcom es pot convertir en vulnerable (o s'hi pot convertir).

A fi d'aclarir una mica més la diferència entre "reducció del risc" i "reducció de la vulnerabilitat", Hewitt -a qui en gran part es deuen aquestes reflexions- proposa una analogia o metàfora prou aclaridora. La gestió de qualsevol risc ambiental es podria equiparar a la forma com s'afronta la seguretat dels infants a la llar. Aquesta seguretat no només dependria d'aspectes com mantenir substàncies perilloses fora del seu abast, "segellar" endolls, o posar barreres en escales molt dretes (aquestes serien les típiques mesures de reducció del risc). També caldria que les llars i habitacions es disposessin i s'organitzessin en funció de les necessitats dels infants, de la seva manca d'experiència, del seu comportament probable, etc. Si no hi ha preocupació per això i només ens centrem en les mesures de reducció, els accidents continuaran passant.

Els massissos forestals, abans segmentats per les ruptures dels conreus i pastures, ara tendeixen a apropar-se i ajuntar-se. A més, en la mesura que les polítiques de lluita directa contra el foc tenen èxit, augmenta la massa de combustible, o dit en altres

paraules i plantejat com una paradoxa: com més i millor sigui la protecció del bosc, més gran és el risc d'incendi.

De fet, un argument central en l'anàlisi de la vulnerabilitat és que aquesta pot sorgir (de fet, ho acaba fent) de condicions no directament relacionades amb els agents de risc (com el domini urbà sobre el món rural en el cas d'incendis). Més aviat, la vulnerabilitat té molt a veure amb els canvis en la vida quotidiana. Per això, les mesures de reducció del risc no són mai prou efectives si no hi ha una transformació efectiva de les vulnerabilitats quotidianes (Blackie et al. 1994). Així, respecte el cas que ens ocupa, l'esforç principal s'ha de centrar en una política de gestió global de les grans masses forestals, integrant el risc d'incendi en la gestió del recurs "bosc".

3.6. El concepte de risc d'incendis en relació a la ignició i la propagació

La ignició i la propagació són els dos conceptes claus dins la cadena causal del risc³ en el camp dels incendis forestals, i intervenen directament en les tres estratègies definides de gestió del risc: la prevenció de l'esdeveniment inicial, és a dir, la prevenció de la ignició; la prevenció de les conseqüències un cop s'ha produït l'esdeveniment (evitar que la ignició tingui èxit i evitar la propagació); i la mitigació de les conseqüències, tot evitant comportaments del foc extremadament perillosos mitjançant l'ordenació del territori.

3.6.1. La fase d'ignició

El procés d'ignició es dona en el moment que un cos entra en combustió. El procés de combustió es produeix quan una determinada substància en combinar-se amb l'oxigen produeix energia calorífica i lluminosa. La ignició d'un material vegetal té lloc quan les temperatures del combustible arriben aproximadament als 300-320°C (Rothermel, 1972).

Els components específics de la fase d'ignició són les causes. Per causes cal entendre no només aquells agents que aporten la font de calor al combustible forestal, sinó aquells fets que faciliten la ignició i que donen intensitat suficient a aquests agents, perquè la seva activitat pugui originar un incendi. Cal considerar dos tipus de causes, les que proporcionen la font de calor (ja sigui per causes naturals o antròpiques), ja que en definitiva

sense la font de calor el procés d'ignició no tindria lloc i les que faciliten que el procés d'ignició tingui èxit:

- a) per tal que el bosc cremi cal algú (piròman, pagès/sa, fumador/ra) o alguna cosa (llamp) que l'encengui ja que, com en tota reacció química, el procés ha d'estimular-se, perquè es produeixi. En aquest primer nivell hi entrarien tots aquells fenòmens que aporten la font de calor és a dir seria la causa més directa al procés del foc, ja que sense ella la cadena del foc no podria iniciar-se.
- b) la ignició continuarà el seu procés si troba unes condicions favorables que ho fan possible. La vegetació (el tipus i humitat) i els fenòmens meteorològics com la humitat relativa de l'aire i el règim de pluges, són fenòmens que predisposen que el risc d'ignició sigui alt. Si la ignició té èxit, el foc passa a la fase de propagació.

3.6.2. Fase de propagació

La propagació es caracteritza per un procés mitjançant el qual el foc consumeix combustible. Això implica el consum de més combustible i l'alliberament de gasos que comporta vents que faciliten la reactivació de nous focus (Clarke et al. 1994). La propagació depèn de la disponibilitat de combustible i de les seves característiques físiques, del pendent del terreny (com més pendent més ràpidament es propaga el foc). Però el factor determinant de la propagació del foc és el vent. El vent és el que dóna forma al focus del foc a causa de la seva força i direcció. Aquest ha estat un dels fenòmens marginats en molts dels models aplicats, per la seva dificultat de representació i per la manca de dades fiables.

La fase de propagació es basa en aquells mecanismes de transferència de calor per convecció, radiació i conducció, que transformen calor d'una zona inflamable a una zona de combustibles adjacents (Pyne, 1984). Quan s'inicia un foc, en condicions suaus, aquest anirà creixent en forma de cercle afectat només per les característiques del combustible. Però si se li afegixen factors com el vent o el pendent aquest anirà canviant cap a una forma el·líptica; de totes maneres les condicions que es vagi trobant l'avanç del front fa que el foc prengui una forma variable ja que el territori quasi mai és homogeni sobretot pel que fa a la continuïtat de la vegetació. Hi ha tres formes de propagació de la calor: per convecció, transportat per l'aire que es mou per diferència de densitat (l'aire calent puja); per radiació, la

³ Em centro en aquest cas en la primera ampliació de la cadena que considera tres elements essencials, l'esdeveniment inicial, l'esdeveniment resultant i les conseqüències.

calor passa a través de l'aire com una ona electromagnètica; per conducció, la calor passa a través de les molècules d'un cos sòlid sense que aquestes es desplacin (ICONA, 1982).

Els factors que influeixen directament en la propagació són: la humitat del combustible viu i mort, la seva forma i mida, la continuïtat i la seva major o menor inflamabilitat; la velocitat i direcció del vent, la humitat relativa de l'aire i la temperatura de l'aire; el pendent, les barreres naturals i la disposició del terreny.

Però la propagació a part de la transmissió de calor que es limitaria als aspectes químics del procés de combustió, té un caràcter específicament territorial. Els incendis es desenvolupen territorialment, i la seva manera d'analitzar-ho és a partir de l'estudi del comportament del foc. La combustió subministra l'energia suficient perquè es desenvolupi un foc; però el comportament del foc com un tot no és idèntic al procés de combustió. Quan parlem del comportament del foc parlem en termes de creixement i en dos sentits: creixement en intensitat (que descriu la concentració de calor en un foc) i creixement en la seva mida (que ve donat per velocitat de la propagació). En alguna fase del procés del foc, tant l'increment d'intensitat com la velocitat de la propagació del foc són complementaris.

L'anàlisi de la propagació està relacionada amb la predicció del comportament del foc. El comportament del foc és la manera com reacciona un foc sota les variables de combustible, topografia i meteorologia. Cada variable indueix a certs comportaments previsibles però poques vegades hi ha una variable dominant. Algunes vegades es combinen per accelerar el foc, però només en els incendis que afecten grans extensions un pot dominar sobre els altres. Tots els focs comencen en focus localitzats, s'expandeixen en cercles i si guanyen intensitat en la fase de propagació, agafen la forma d'el·lipse o, com s'ha comentat, pot ser variable segons les condicions que va trobant l'avanç del front de la flama.

3.6.3. La ignició i la propagació en el context de la cadena causal del risc

El plantejament de la cadena causal del risc permet estructurar les diferents fases d'intervenció en funció d'un model inspirat en una publicació de l'IDEA (1995) i que diferencia entre la prevenció, la previsió i l'extinció, amb la finalitat d'evitar l'esdeveniment inicial, evitar les conseqüències si té lloc l'esdeveniment inicial o mitigar les conseqüències.

En el treball elaborat per Cerdan et al. (1999), s'insistia reiteradament en la necessitat de distingir molt clarament entre la prevenció i l'emergència a l'hora d'afrontar els incendis forestals. Cal tenir molt present que la prevenció és tota aquella actuació que es porta a terme abans que s'hagi iniciat cap foc, i té tres objectius, que s'ajusten perfectament a la cadena causal del risc plantejada:

- evitar que es declari un incendi,
- minimitzar l'extensió del foc en el cas que no s'hagi pogut evitar la seva aparició,
- preveure mesures que facilitin l'extinció de l'incendi

La previsió en canvi, fa referència a la necessitat d'una visió prèvia del fenomen per tenir una visió anticipada dels seus possibles impactes. Per tant, la previsió, en ser una tasca que es realitza abans que es produeixi el foc i destinada a evitar que el foc tingui un major impacte, és una condició prèvia a la prevenció.

Per tant, si no es pot evitar la ignició, tot i les mesures preventives, cal preveure el possible comportament perillós dels incendis i planificar les mesures preventives i d'extinció per evitar les conseqüències o si més no mitigar-les.

3.7. Reflexions sobre el model de gestió de risc que inspira aquest estudi

Si acceptem que els riscos i les catàstrofes sorgeixen més aviat de la vida quotidiana i d'un desenvolupament social normal, i no tant de situacions naturals extremes o accidents tecnològics, aleshores la seguretat de les persones, els seus béns i el medi ambient ha d'estar fermament arrelada en el seu benestar general i a unes condicions de vida adients.

Segons aquesta interpretació, la gestió dels incendis forestals s'hauria de centrar en la part inicial de la cadena causal, és a dir, allà on ens fem preguntes sobre l'ordenació del territori, el nivell de vida de les zones rurals i la tendència cap el despoblament entre altres. I encara més, els grups o localitats més vulnerables són bàsicament aquells, mancats del poder decisor. Per tant, les relacions de poder, amb els seus usos i abusos inherents, han contribuït a crear i reproduir la vulnerabilitat. En el cas dels incendis, existeix clarament aquesta desigualtat de les relacions de poder, molt esbiaixada envers

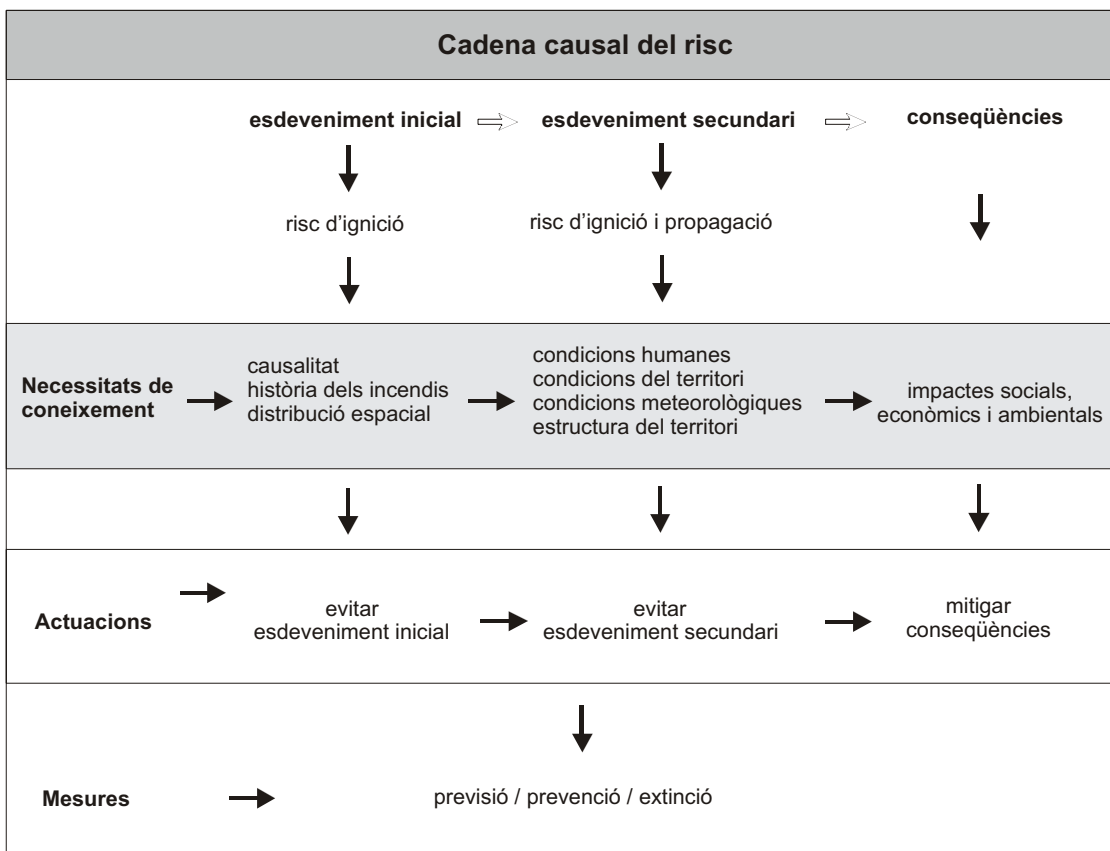
el món urbà. Per aquesta línia de pensament, la conclusió es força clara: la reducció de la vulnerabilitat és poc factible sense canvis en l'ordre social i les relacions de poder.

A través del coneixement dels incendis en general i del context territorial on tenen lloc en particular, podem plantejar una ordenació i planificació del territori que ajudin a mitigar les greus conseqüències socials, econòmiques i ambientals que comporten. El component humà dels incendis, la continuïtat de les masses de vegetació, ajudats per factors no directament controlables com les condicions meteorològiques, han d'entrar en una anàlisi integrada de planificació del territori a fi i efecte d'intentar evitar ignicions, o reduir les conseqüències en cas d'incendi.

El que es planteja és el coneixement exhaustiu dels incendis en el context territorial on es produeixen, amb la finalitat d'actuar en les tres estratègies plantejades de la gestió del risc: evitar l'esdeveniment inicial, evitar les conseqüències un cop s'ha produït l'esdeveniment i la mitigació de les conseqüències. Per tant, en la gestió del risc és fonamental el coneixement de la història dels incendis com a mitjà per a la previsió i la planificació. Tot i que hem exposat al llarg del capítol un esquema força complex de la cadena causal, en el desenvolupament de la tesi es tindrà com a referència la seva estructura més simple: esdeveniment inicial –esdeveniment secundari–conseqüències.

La *Figura 3.1* mostra la integració del model causal del risc a la seqüència metodològica del desenvolupament del treball d'investigació. La comparació de l'afectació dels incendis a l'AMB i a la comarca del Bages, s'integra en aquest model prenent-lo com a recurs per poder orientar els diferents aspectes que permetran diferenciar els dos àmbits d'estudi. La part central de l'esquema és la clau del desenvolupament del treball de recerca que es presenta: el coneixement dels aspectes que afavoreixen l'esdeveniment inicial (causalitat) que es tradueix en risc d'ignició, i l'anàlisi d'aquells que permeten preveure'l i/o establir mesures preventives (història dels incendis i la seva distribució espacial) i així evitar l'esdeveniment inicial; el coneixement d'aquells aspectes que fan possible l'esdeveniment secundari, que es tradueix en el risc d'ignició i propagació (condicions meteorològiques, humanes, del territori i l'estructura del territori) que amb la relació amb l'ocurrència dels incendis permeten fer previsions i planificar la prevenció i els recursos d'extinció; finalment, ser conscients dels possibles impactes socials, econòmics i ambientals com a conseqüència dels incendis i per tant cal preveure possibles comportaments perillosos dels incendis i/o en tot cas, establir mesures preventives i d'extinció per tal de mitigar les conseqüències.

Figura 3.1. El model causal del risc centrat en les necessitats de coneixement, en les actuacions i les mesures



La seqüència de la cadena causal serà el mètode seguit per comparar i analitzar la incidència dels incendis a l'AMB i al Bages en relació a les necessitats de coneixement plantejades.

3.8. Bibliografia

- Blackie, P. Camon, T. Davis, I. Wisner, B. (1994), *Natural hazards, people's vulnerability and disasters*, Londres, Routledge.
- Burton, I. Kates, R. White, G. (1978), *The environment as hazard*, New York, Ed. Oxford University Press.
- Calvo García-Tornel, F. (1984), "Geografía de los riesgos", *Revista Geocrítica*, 37, Universitat de Barcelona.
- Capel, H. (1973), "Percepción del medio y comportamiento geográfico", *Revista de Geografía*, 7(1-2), pp. 58-150.
- Chuvieco, E. Salas, F.J. Martínez, J. Martín, M.P. (1999), "Geografía e incendios forestales", *Serie geográfica. Incendios Forestales*, Universidad de Alcalá, Servicio de publicaciones, Departamento de Geografía, pp. 11-17
- Clarke, K.C. Brass, J.A. Riggan, P.J. (1994), "A Cellular Automaton Model of Wildfire Propagation and Extinction", *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, vol 60(11), November 1994, pp. 1355-1367.
- Hewitt, K. (1997), *Regroups of risk*, Londres, Longman.
- Hohenemser, Ch. Kats, R. Kaspersen, J.X. (eds.) (1985), *Perilous progress. Managing the hazards of technology*, Boulder (Colorado), Westview Press.
- ICONA, (1982), *Técnicas para defensa contra incendios forestales*, Monografía 24, Instituto Nacional para la conservación de la naturaleza, Sección de Incendios Forestales, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- IDEA, (1995), "El sistema català de lluita contra els incendis forestals", *Els incendis forestals*, Col.lecció Dossiers Agraris, Barcelona, Institució Catalana d'Estudis Agraris.
- Ledoux, B. (1995), *Les catastrophes naturelles en France*. Paris, Payot.
- Pyne, S.J. (1984), *Introduction to wildland fire. Fire management in the United States*, John Wiley & Sons, Nova York.
- Rothermel, R.C. (1972), *A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels*, General Technical Report INT-115, Odeon, Utah, USDA Forest Service, Intermountain Research Station.

<http://www.fs.fed.us/land/wdfirex.htm>

4. El context territorial i socioeconòmic de l'AMB i la comarca del Bages

4.1. L'AMB i la comarca del Bages en el context de Catalunya

Fer una descripció de l'àrea d'estudi i justificar per què s'ha triat aquests dos àmbits diferenciats administrativament, físicament, econòmicament i socialment, resulta complex i més tractant-se de l'estudi d'un fenomen tan dinàmic com els incendis forestals, que no respecta límits, de zones delimitades administrativament. L'estructura territorial de l'AMB i de la comarca del Bages, juntament amb les activitats humanes i econòmiques, fa que els incendis tinguin una afectació diferent pel que fa a la freqüència, nombre d'ignicions i comportament en tots dos àmbits. Es tracta, doncs, d'analitzar aquests aspectes que configuren el territori i totes aquelles activitats que hi tenen lloc i que el fan més o menys vulnerable.

Tot i que geogràficament l'AMB i la comarca del Bages no es troben massa distants, la descripció que es farà en aquest capítol de les característiques físiques, socials i econòmiques permetrà donar els primers trets distintius de l'estructura territorial i social dels dos àmbits, per fer una primera aproximació al problema dels incendis. Per un costat, les característiques físiques determinen el tipus d'incendis en una zona, per l'altre, l'anàlisi demogràfica ha constituït sempre un dels elements bàsics de tot acostament a l'evolució històrica i econòmica d'un àmbit territorial determinat; per tant, la dinàmica de la població pot donar algunes pistes sobre l'ús que es fa del territori en aquests dos indrets.

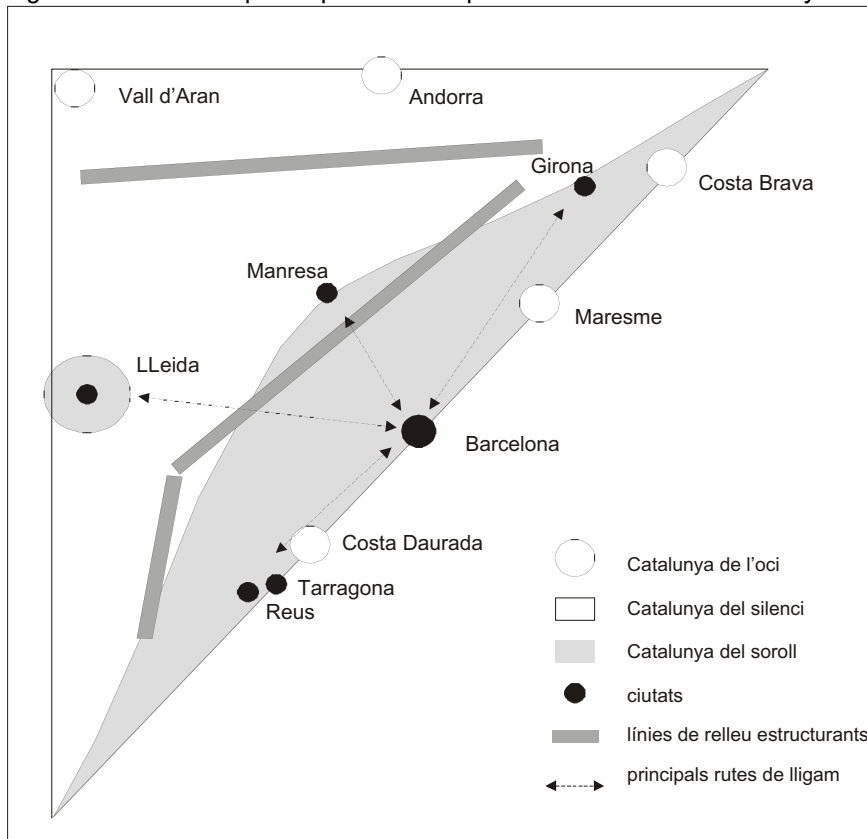
La localització dels dos àmbits d'estudi en el context de Catalunya s'ha basat en la consideració de tres aspectes prou significatius que permeten diferenciar-los: des del punt de vista del planejament, se situaran els dos àmbits dins el context del Pla Territorial de Catalunya; des del punt de vista social, cal diferenciar entre la Catalunya del soroll i la Catalunya del silenci i, finalment, en el context mediambiental cal fer referència a la integració d'alguns dels espais naturals que formen part dels dos àmbits, en l'anomenada *anella verda*.

En el context general de Catalunya, i prenent com a referència el Pla Territorial General de Catalunya aprovat l'any 1995 i que fixa sis àrees de divisió territorials anomenades àmbits –Ponent, Ebre, Camp de Tarragona, Comarques de Girona,

Metropolità i Comarques Centrals-, la comarca del Bages forma part de l'àmbit de les Comarques Centrals i l'Àrea Metropolitana de Barcelona, de l'àmbit Metropolità (Mapa 4.1.).¹

En una proposta de model espacial per a la interpretació territorial de Catalunya de Mendizàbal (1993), es localitza esquemàticament les àrees econòmiques i de lleure principals (les més dinàmiques), les cinc ciutats que estructuraven Catalunya i es diferencia la Catalunya del soroll de la Catalunya del silenci (Figura 4.1). En aquest context, l'AMB forma part íntegrament de la Catalunya del soroll, mentre que la comarca del Bages es troba al límit entre la Catalunya del soroll i la del silenci.

Figura 4.1. Model espacial per a la interpretació territorial de Catalunya



Font: Mendizàbal, 1993.

D'altra banda, la proximitat d'aquests dos àmbits ha portat a integrar-los, totalment en el cas de l'AMB i parcialment en el cas del Bages, en l'anomenada *anella verda*,²

¹ No s'entrarà en l'extens debat que ha suscitat la delimitació territorial de Catalunya ni en les controvèrsies d'aquest Pla Territorial. S'ha escollit les comarques de Catalunya en el context del Pla Territorial senzillament com a referència.

creada sota els postulats de la Unió Europea: “la sostenibilitat ambiental significa preservar el capital natural” i “la sostenibilitat ambiental implica a més, el manteniment de la diversitat biològica”.³ En aquest context, l'AMB integra dins l'*anella verda*, amb els espais PEIN de l'Ordal i les seves connexions amb el Parc del Garraf, connexió del Parc del Garraf amb el Parc de Collserola aprofitant l'àmbit de la llera fluvial del Llobregat, al mateix Parc Agrari del Baix Llobregat, i la connexió de Collserola amb la Serralada de Marina-Sant Mateu-Céllecs. El Bages s'integra parcialment dins l'*Anella Verda*, els espais protegits del sud de la comarca: el Parc de Sant Llorenç de Munt i la Serra de l'Obac i l'espai PEIN de Montserrat.

4.2. El context territorial i socioeconòmic de l'Àrea Metropolitana de Barcelona

4.2.1. Situació, límits i característiques físiques

Per tal d'entendre la importància i particularitat dels incendis a l'AMB, cal entendre l'entorn metropolità en el qual està immersa aquesta zona. Una àrea metropolitana es configura a partir del creixement d'una gran ciutat i de la difusió de part de les seves funcions i de la seva població sobre les àrees, les ciutats i les viles veïnes, de manera que es forma un territori urbà tot i que no completament urbanitzat, centralitzat per la ciutat mare i interconnectat estretament mitjançant relacions quotidianes periòdiques de tota mena. Aquest territori engloba altres ciutats, àrees rurals i infraestructura de tot tipus i té un abast també dinàmic i per tant difícil de delimitar (MMAMB, 1995). Aquesta descripció ja ens dona molta informació de l'estructura territorial de l'AMB.

Administrativament, l'AMB forma part de la Mancomunitat de Municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona, MMAMB, la qual distingeix dos nivells territorials, la “conurbació de Barcelona” i les “comarques compreses dins la seva zona d'influència

² Àmbit d'espais lliures de preservació del medi natural o de les activitats forestals i agràries, al voltant de la Regió Metropolitana de Barcelona (<http://www.diba.es/anellaverda/text1.html>)

³ Aquests postulats es defineixen en un moment en que la intensitat i sobretot la dispersió territorial amb la que es produeix aquest fenomen urbanitzador fa necessari, en el cas europeu, protegir el medi natural, mitjançant dues mesures principals: a) concentrar la població en els nuclis existents, evitant una major dispersió pel territori, b) construir xarxes ecològiques d'espais del medi natural i agrari interconnectant els espais preservats i lliures d'urbanització encara existents i limitar mitjançant aquestes xarxes, l'expansió urbana de caràcter difús (<http://www.diba.es/anellaverda/europa.html>).

directa”.⁴ Les comarques compreses dins la zona d'influència directa de Barcelona són, als efectes de la “planificació i la coordinació en l'àmbit regional”, el Barcelonès, el Baix Llobregat, el Maresme, el Vallès Occidental, el Vallès Oriental, havent-se ampliat amb les comarques de l'Alt Penedès i el Garraf d'acord amb les determinacions del Pla Territorial General de Catalunya (MMAMB, 1995). L'ordenament legal distingeix tres grans blocs de competències metropolitanas –l'urbanisme, els transports i els serveis hidràulics i mediambientals- i per a tots tres n'estableix el doble tractament d'àrea i regió.

L'evolució de l'aglomeració metropolitana en els darrers anys presenta uns trets fonamentals: la desconcentració d'activitats i de població des dels municipis i àmbits més centrals cap als perifèrics; l'extensió física de les ciutats amb gran consum de sòl; el progressiu sotmetiment de tots els espais, fins i tot aquells considerats tradicionalment com a lliures, al mode de vida urbà, l'increment de la mobilitat gràcies a la millora de les comunicacions, etc.

En aquest treball d'investigació s'ha considerat l'agrupació en relació al tractament de residus, ja que és la zona que gestiona, a través d'una concessió exclusivament per a la prevenció dels incendis forestals, el Patronat Metropolità de Collserola (que el 16 d'abril de 1999 va passar a ser el Consorci del Parc de Collserola), entitat que ha facilitat la informació en format digital, bàsica per al desenvolupament d'aquest treball. Per tant hi ha integrats 32 municipis repartits entre les comarques del Baix Llobregat, Barcelonès, Maresme i Vallès Occidental que queden repartits de la següent manera: 19 municipis del total de 32 de tota l'AMB, formen part de la comarca del Baix Llobregat, 5 del Barcelonès, 2 del Maresme i els 6 restants de la comarca del Vallès Occidental (*Mapa 4.2*).

Un cop descrits els aspectes administratius, el que ens donarà una visió global de les característiques del territori és la seva descripció física. En aquest sentit, l'AMB queda tancada al sud pel mar, a l'oest pel massís del Garraf i pel nord i els extrems litorals resta oberta. Les grans peces d'espais lliures protegits que integra són, el Delta del Llobregat i part del massís del Garraf al sud i sud-oest respectivament; Conreria-Sant Mateu-Céllecs (N) –Pla especial en tràmit–, part de la serra de l'Ordal al nord oest, i la serra de Collserola (centre) (*Mapa 4.3*). Amb 6.553 ha, Collserola, l'espai més emblemàtic de

⁴ Pel que fa al primer nivell, tot i no tenir una delimitació explícita s'ha d'entendre que és la delimitació que s'atorga als àmbits als quals s'estén l'actuació de les dues entitats metropolitanas que la Llei (7/87 de l'Estatut de Catalunya) creà en substitució de l'anterior Corporació Metropolitana de Barcelona (CMB, vigent des de 1974 fins 1987). Agrupa entre 18 i 32 municipis, segons es consideri en relació amb els serveis hidràulics o de tractament de residus respectivament.

l'AMB per la seva funció de parc urbà, reuneix el 50% de la superfície ocupada pels boscos (MMAMB, 1990). L'altitud màxima de la serra de Collserola, amb poc més de 500 m, l'assoleix el Tibidabo tot i que l'altitud màxima de l'AMB se situa a la part del Garraf que afecta el municipi de Begues, el Montau, amb més de 600 m. La forta pressió humana que pateix el territori ha fet necessari la creació de figures de protecció amb la finalitat de preservar la biodiversitat⁵.

El territori metropolità forma part de la regió biogeogràfica mediterrània que es caracteritza per un clima molt sec a l'estiu i hiverns suaus amb dos màxims pluviomètrics a la primavera i a la tardor. Se situa en un relleu estructurat per les falles miocèniques que donaren lloc al *graven* del Vallès-Penedès i la plana litoral. L'AMB, malgrat la seva reduïda superfície (aproximadament 58.000 ha, un 1,8% de la superfície total de Catalunya) té una gran diversitat vegetal: l'alzina, en altres èpoques més abundant, s'ha vist desplaçada en gran part per les pinedes i brolles i els cultius pels efectes de l'acció humana. En un espai tan densament poblat com l'AMB, només el 40% de la superfície és ocupada per usos efectivament urbans, el 38% són zones de vegetació natural, el 16% són cultius i el 6% són altres elements naturals, terrenys vacants en procés d'urbanització, usos periurbans i sòls denudats (MMAMB, 1995) (*Mapa 4.4*). La proporció de sòl destinats a usos urbans varia molt d'uns municipis a altres, des de l'escàs 5% de Begues i Sant Climent de Llobregat al 75% o més de l'Hospitalet de Llobregat, Barcelona, Sant Adrià de Besòs, Cornellà de Llobregat i Esplugues de Llobregat. La vegetació natural es troba inclosa, en la seva major part, dins del perímetre de parcs que són sota control i gestió pública vigent des de fa anys (Collserola i Garraf) o en vies de formalització (serra de Marina). Aquest fet és fonamental per la preservació d'aquesta zona que rep la pressió dels tres milions d'habitants que resideixen a l'àrea estricta i del milió i quart més de l'entorn regional. És per això que la distribució sobre el territori dels nuclis de població i dels espais lliures, fan de l'AMB una zona molt singular. És significatiu ressaltar que l'AMB és la primera aglomeració industrial d'Espanya i la segona en dimensions de renda, ocupació i residència.

⁵ Al capítol 9 s'entrarà amb més detall a parlar dels espais PEIN (Pla d'Espais d'Interès Natural) i dels efectes dels incendis sobre aquests espais protegits.

4.2.2. Principals eixos estructuradors

La frase de Lluís Casassas “tots els camins porten a Barcelona”, és molt significativa per entendre la vertebració de l'AMB. L'AMB es caracteritza per una densa xarxa viària que contribueix enormement a la fragmentació de l'espai metropolità, i que juntament amb el 44% de l'ocupació del sòl per zona urbanitzada, són un símbol de la forta humanització d'aquest espai. L'eix principal és l'autopista A-7, que comunica la Península Ibèrica amb Europa pel litoral mediterrani, entrant per la Jonquera i passant per Girona, Barcelona i Tarragona i, pel que fa a l'AMB, connecta els municipis de Barberà del Vallès, Cerdanyola del Vallès i Sant Cugat del Vallès, amb el Papiol (Baix Llobregat). De l'A-7 en deriva l'altra penetració bàsica cap a l'interior d'Espanya, per la depressió de l'Ebre. El pas des de la costa fins aquesta depressió es fa per dues branques que es troben a Lleida: la N-II i l'autopista A-2. L'altra comunicació important amb l'exterior és l'accés a França per la Cerdanya, a l'extrem de l'eix que uneix Barcelona amb els Pirineus, també desdoblada en dues branques: la del Besòs-Congost-alt Ter (N-152) i la del Llobregat-Túnel del Cadí l'A-18 que connecta amb la C-1411. Cal destacar també la E-9, des dels Túnel de Vallvidrera fins a Rubí i Terrassa, i l'autopista A-19 que enllaça Barcelona amb els municipis del Maresme.

El projecte més gran i recent d'intervenció en la xarxa del Barcelonès ha estat el segon cinturó: la Ronda de Dalt i la Ronda del Litoral, que ha millorat la capacitat de relació de l'Àrea i la Regió Metropolitana.

4.2.3. Característiques socioeconòmiques

Per entendre el comportament de la població de l'AMB, pel fet de tractar-se d'un àmbit una mica particular administrativament, és farà referència en primer lloc al municipi que ha presentat els canvis més significatius, Barcelona. Cal remuntar-nos als primers anys del segle XIX quan la població de Barcelona va començar a experimentar un creixement remarcable, i a partir d'aquest moment la progressió de la població de Barcelona en relació amb Catalunya es mantindrà i s'accelerará gràcies al procés de concentració industrial. Aquest creixement de la ciutat de Barcelona impulsat fins a mitjan segle, esdevé el fet més remarcable de la demografia catalana contemporània. A començament de segle, la densificació de la ciutat i de la seva trama urbana s'incrementará considerablement. El 1960 el Barcelonès passa a polaritzar el 46,1% de la

població de Catalunya amb una densitat de 12.122 hab/km², mentre que el conjunt català la densitat és de 124 hab/km.² A finals dels anys seixanta ja es comença a notar una lleu tendència a la baixa degut sobretot a la inflexió que es produeix en els fluxos migratoris a la davallada de la natalitat i a l'encariment del sòl. La resta de l'AMB segueix la mateixa tendència uns anys més tard, mentre que la regió manté un creixement sostingut propi, augmentat per la desconcentració dels àmbits centrals. Durant el decenni 1981-91 s'ha notat un increment de la població en aquelles zones de la regió metropolitana més allunyades de Barcelona que se situen a la quarta i cinquena corona de la regió metropolitana, entre 40 i 50 km de distància respecte la ciutat de Barcelona.

De totes maneres, cal destacar la gran concentració de la població a Barcelona i al seu entorn metropolità. L'AMB acull la meitat de la població de Catalunya en menys del 2% del territori i el conjunt de la regió metropolitana el 70% dels habitants en només el 10% de superfície. A més de la densitat de població de l'AMB, cal fer referència al dens ús que es fa del territori. És cert que en alguns municipis de la primera i segona corona de la regió metropolitana –a les que correspon bona part de l'AMB- s'ha perdut població, però la mobilitat dins d'aquest àmbit i en general a tota la regió metropolitana és enorme. El 95,2% del total de desplaçaments per motiu de treball i estudi són interns, hi ha un 4,8 de sortides fora l'AMB i un 6,9% d'entrades.⁶

Tot i que l'ocupació en els serveis és majoritària a l'AMB, amb un 57,7% de la població ocupada l'any 1996, és també el primer centre industrial d'Espanya, dedica el 32,1% de la població ocupada a la indústria i energia; completa aquest sector secundari el 67,0 de la població dedicada a la construcció; finalment només un 3,2% es dedica a l'agricultura (MMAMB, 1995). Si es consideren els diferents municipis de l'AMB segons la comarca a la qual pertanyen, aquestes xifres varien sensiblement (*Taula 4.2*). Els municipis més terciaritzats de l'AMB són els que formen part de la comarca del Barcelonès, la qual des dels anys cinquanta ha anat desplaçant la indústria cap a la segona i tercera corona per la competència amb altres usos que paguen més.

⁶<http://www.idescat.es>

Taula 4.1. Distribució de la població a l'AMB per municipis. 1986, 1991, 1996

Municipi	Població 1986	Població 1991	Població 1996	Taxa creixement 1986-1991 (%)	Taxa creixement 1991-1996 (%)	Densitat hab/km ²
Badalona	225.016	218.725	210.987	-5,66	-7,18	10.021,77
Barberà del Vallès	29.917	31.147	25.484	8,09	*	3.188,93
Barcelona	1.701.812	1.643.542	1.508.805	-6,94	-16,96	15.035,68
Begues	1.534	2.029	3.105	57,53	88,82	61,70
Castellbisbal	4.057	4.983	6.271	41,97	47,05	201,44
Castelldefels	27.932	33.017	38.509	34,02	31,25	3.052,70
Cerdanyola del Vallès	53.537	56.612	50.503	11,23	*	1.602,32
Cornellà de Llobregat	86.928	84.927	82.490	-4,65	-5,81	12.084,24
Esplugues de Llobregat	47.670	48.310	46.810	2,67	-6,29	10.393,45
Gavà	32.351	35.204	37.985	17,05	15,32	1.227,30
Hospitalet de Llobregat, l'	279.779	272.578	255.050	-5,20	-13,21	20.712,21
Molins de Rei	18.160	17.840	18.752	-3,55	10,02	1.157,97
Montcada i Reixac	25.499	26.356	27.068	6,63	5,35	1.181,01
Montgat	7.276	7.286	7.659	0,27	10,04	2.582,57
Pallejà	5.919	6.599	6.846	21,99	7,38	799,98
Papiol, el	3.080	3.327	3.434	15,55	6,35	391,21
Prat de Llobregat, el	63.052	64.321	63.255	3,99	-3,34	2.028,08
Ripollet	25.833	26.782	28.903	7,24	15,36	6.530,18
Sant Adrià de Besòs	34.735	34.154	33.361	-3,37	-4,69	8.661,88
Sant Andreu de la Barca	14.298	14.475	18.332	2,46	48,38	3.210,63
Sant Boi de Llobregat	75.789	77.932	78.005	5,59	0,19	3.530,85
Sant Climent de Llobregat	2.111	2.289	2.476	16,32	15,83	228,83
Sant Cugat del Vallès	35.302	38.937	47.210	19,79	39,28	979,40
Sant Feliu de Llobregat	37.394	36.608	35.797	-4,24	-4,47	3.014,13
Sant Joan Despí	23.867	24.977	26.805	9,13	14,23	4.657,44
Sant Just Desvern	11.379	12.471	13.306	18,50	13,05	1.682,63
Sant Vicenç dels Horts	20.397	20.836	22.621	4,27	16,58	2.366,44
Santa Coloma de Cervelló	2.662	3.030	3.358	26,24	20,77	448,19
Santa Coloma de Gram.	135.258	133.138	123.175	-3,15	-15,44	17.733,11
Tiana	3.911	4.685	5.172	36,77	19,98	653,80
Torrelles de Llobregat	1.827	2.352	3.114	51,82	57,73	232,14
Viladecans	45.071	48.294	53.235	13,91	19,67	2.642,28
Total AMB	3.083.353	3.037.763	2.887.883	-2,97	-10,07	4.925,64

* No té sentit considerar el decreixement de Barberà del Vallès i de Cerdanyola del Vallès ja que Badia del Vallès (que no forma part de l'AMB) es va independitzar d'aquests dos municipis i de Sabadell entre el 1991 i 1996.

Font: Institut d'Estadística de Catalunya.

Taula 4.2. Estructura sectorial de la població ocupada als municipis de l'AMB diferenciats per comarques (%). 1996.

Municipis de l'AMB per comarques			Agricultura	Indústria	Construcció	Serveis
Baix Llobregat	Munis. AMB	Begues	1,7	27,3	7,5	63,5
		Castelldefels	0,8	24,1	8,2	66,9
		Cornellà de Ll.	0,4	37,4	7,9	54,2
		Esplugues de Ll.	0,5	34,0	6,0	59,5
		Gavà	1,9	34,8	9,0	54,3
		Molins de Rei	0,7	39,0	5,4	54,9
		Pallejà	0,8	44,1	6,4	48,7
		el Papiol	2,1	39,6	8,5	49,7
		el Prat de Ll.	1,2	34,9	6,5	57,5
		S. Andreu de la Barca	0,6	46,9	6,3	46,3
		S. Boi de Ll.	1,0	39,4	8,5	51,0
		S. Climent de Ll.	9,7	29,2	9,9	51,2
		S. Feliu de Ll.	0,6	42,6	6,8	50,0
		S. Joan Despí	0,7	38,4	7,0	53,9
		S. Just Desvern	0,8	27,8	4,5	66,9
		S. Vicenç dels Horts	1,7	40,0	11,6	46,7
		Sta. Coloma de Cerv.	3,5	28,4	6,1	61,9
		Torrelles de Ll.	3,4	28,9	7,0	60,7
	Vila decans	1,5	36,6	10,4	51,4	
	Total comarca		1,0	37,0	7,8	54,1
Barcelonès	Munis. AMB	Badalona	0,6	36,0	7,3	56,1
		Barcelona	0,4	24,4	3,3	71,8
		l'Hospitalet de Ll.	0,5	33,1	6,1	60,4
		S. Adrià de Besòs	0,9	34,4	5,8	58,8
		Sta Coloma de Gram.	0,4	35,4	9,8	54,4
		Total comarca		0,4	27,3	4,4
Maresme	Munis. AMB	Montgat	0,9	32,4	5,5	61,2
		Tiana	3,2	28,0	3,5	65,3
		Total comarca		3,7	33,8	6,7
Vallès Occidental	Munis. AMB	Barberà del Vallès	0,3	42,7	7,7	49,2
		Castellbisbal	2,0	44,7	6,6	46,7
		Cerdanyola del Vallès	0,4	33,4	6,7	59,5
		Montcada i Reixac	0,5	42,0	6,4	51,1
		Ripollet	0,3	45,7	8,2	45,7
	S. Cugat del Vallès	0,7	26,4	4,5	68,4	
	Total comarca		0,6	40,3	6,9	52,2
Total Catalunya			3,2	32,1	7,0	57,7

Font: Institut d'Estadística de Catalunya

La participació de les comarques de l'AMB⁷ sobre l'economia catalana és força considerable; totes quatre se situen entre les cinc primeres comarques de Catalunya, amb un PIB superior, en tots els casos, a la mitjana de Catalunya que se situa al 3,72%. La Taula 4.3 mostra l'evolució de la participació comarcal en el PIP total de les 10 millors comarques durant el període 1990-1996.

⁷ En aquest cas, s'ha hagut de considerar les dades del total de la comarca per manca de dades individualitzades per municipis.

Taula 4.3. Participació comarcal en el PIB total, en %, de les 10 principals comarques (1990-1996)

Comarca	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	Dif.96-90
Barcelonès	39,48	40,17	40,57	41,19	41,08	40,87	40,97	41,43	+1,95
Vallès Occidental	9,86	9,86	9,77	9,78	9,81	9,83	9,78	9,79	-0,07
Baix Llobregat	7,91	7,92	7,85	7,86	7,88	7,92	7,91	7,93	+0,02
Vallès Oriental	4,43	4,41	4,34	4,32	4,34	4,40	4,37	4,34	-0,09
Maresme	3,76	3,78	3,76	3,76	3,79	3,76	3,72	3,71	-0,05
Tarragonès	3,87	3,77	3,69	3,58	3,58	3,61	3,64	3,62	-0,25
Segrià	2,83	2,75	2,83	2,73	2,75	2,71	2,72	2,69	-0,14
Gironès	2,55	2,54	2,53	2,54	2,55	2,58	2,59	2,60	+0,05
Baix Camp	2,60	2,54	2,47	2,40	2,40	2,39	2,40	3,39	-0,21
Bages	2,22	2,21	2,19	2,19	2,17	2,18	2,16	2,16	-0,06

Font: Oliver (diversos anys)

4.2.4. El sector forestal a l'AMB

Tot i que sembla paradoxal parlar del sector forestal en una zona que concentra quasi el 50% de la població en només el 2% del territori, amb una població ocupada quasi al 100% als sectors secundari i terciari, cal incidir-hi precisament per l'elevat percentatge de superfície forestal, un 44% respecte el total de l'àmbit. La *Taula 4.4* mostra la superfície forestal pels municipis de l'AMB l'any 1999. Els municipis amb més del 50% de la seva superfície ocupada per zona forestal són: Begues (88,7%), el municipi més afectat pels incendis durant el període d'estudi; Sant Climent de Llobregat (86,1); Molins de Rei (69,3); Castellbisbal (62,9%), un altre municipi molt afectat pels incendis de 1994; Pallegà (59,8%); Cerdanyola del Vallès (59,5%); Tiana (59,0%); Gavà (58,3%); Sant Cugat del Vallès (56,2) el Papiol (54,6%) i Sant Just Desvern (51,8%).

El *Mapa 4.5* mostra la distribució de la superfície forestal l'any 1999⁸ pels municipis de l'AMB tenint com a referència el conjunt del territori català i els municipis de la comarca del Bages. Com es pot comprovar, el percentatge de superfície forestal que cobreix Catalunya és força elevat, a excepció del Barcelonès, la plana de Lleida, el Tarragonès i el Montsià.

⁸La informació utilitzada per a la realització d'aquest mapa s'ha extret de les dades facilitades pel CREAM. Del mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya es van reclassificar les categories següents: arbrat > 20% de recobriments de capçades, arbrat del 5% a < 20% de recobriments de capçades, matollar, prats, incendis i reforestacions.

Taula 4.4. Distribució de la superfície forestal a l'AMB (1999) .

Municipi	Superfície municipal (ha)	Superfície forestal (ha)	Sup. forestal/ sup. municipal (%)
Badalona	2.105	747	35,5
Barberà del Vallès	799	110	13,8
Barcelona	10.035	2.126	21,2
Begues	5.033	4.464	88,7
Castellbisbal	3.113	1.957	62,9
Castelldefels	1.261	469	37,2
Cerdanyola del Vallès	3.152	1.876	59,5
Cornellà de Llobregat	683	144	21,1
el Papiol	878	479	54,6
el Prat de Llobregat	3.119	628	20,1
Esplugues de Llobregat	450	94	20,9
Gavà	3.095	1.805	58,3
l'Hospitalet de Llobregat	1.231	104	8,4
Molins de Rei	1.619	1.123	69,3
Montcada i Reixac	2.292	1.064	46,4
Montgat	297	77	26,0
Pallejà	856	512	59,8
Ripollet	443	71	16,0
Sant Adrià de Besòs	385	37	9,6
Sant Andreu de la Barca	571	275	48,2
Sant Boi de Llobregat	2.209	445	20,1
Sant Climent de Llobregat	1.082	932	86,1
Sant Cugat del Vallès	4.820	2.711	56,2
Sant Feliu de Llobregat	1.188	517	43,5
Sant Joan Despí	576	33	5,7
Sant Just Desvern	791	410	51,8
Sant Vicenç dels Horts	956	353	36,9
Santa Coloma de Cervelló	749	290	38,7
Santa Coloma de Gramenet	695	257	37,0
Tiana	791	467	59,0
Torrelles de Llobregat	1.341	995	74,2
Viladecans	2.015	410	20,4
Total	58.630	25.982	44,3

Font: CREAM (1999)

4.3. El context territorial i socioeconòmic de la comarca del Bages

4.3.1. Situació, límits i característiques físiques

La comarca del Bages, segons la Llei 6/1987 del 4 d'abril, que estableix l'organització territorial de Catalunya, comprèn els mateixos municipis i la mateixa

extensió establerts per la divisió territorial de Catalunya del 27 d'agost i del 3 de desembre de 1936. La seva superfície és aproximadament de 129.500 ha, el 4,2% de la superfície del país, és superior a la mitjana de les quaranta una comarques catalanes (aproximadament 77.790 ha) i només hi ha sis comarques que la superen (Noguera, Alt Urgell, Segrià, Pallars Sobirà, Alt Empordà i Pallars Jussà) i va quasi igualada Osona.

El Bages limita administrativament amb les comarques del Solsonès (N-NW), el Berguedà (N), Osona (NE), el Vallès Oriental (E), el Vallès Occidental (SE-S), el Baix Llobregat (S), i l'Anoia (SW-W). El Bages comprèn 35 municipis (*Mapa 4.6*) d'una mitjana de 37 km² de superfície, una mica més gran que la mitjana catalana, però amb notables diferències entre ells, dels 5,53 km² de Navarces fins els 101 km² de Sant Mateu de Bages. L'altitud de la comarca va dels 100 m en el municipi de Monistrol de Montserrat als 1.234 m de Marganell (*Taula 3.1.*).

La comarca del Bages s'estén per un dels extrems de la depressió central catalana i es mostra com un àmbit amb una clara funció de cruïlla a mig camí entre la serralada dels Pirineus, les planes de Ponent i les terres litorals, essent tots uns sectors de la geografia catalana força contrastats. Com diu Vilà i Valentí “queda equidistant de la Muntanya, de les terres inferiors occidentals, del front litoral i de les comarques meridionals. S'hi endevina un possible paper d'encreuament o cruïlla”. Aquest paper de peça central s'ha vist afavorit per la confluència de diversos cursos fluvials que configuren la xarxa hidrogràfica del Llobregat (que travessa la comarca de nord a sud) i que han esdevingut veritables vies d'accés cap a les terres veïnes. Ha estat aquest riu el que, al seu pas per la comarca bagenca, ha excavat l'anomenat Pla del Bages, on es troba la ciutat de Manresa i els pobles de la rodalia que constitueixen el seu nucli central. L'altre riu important de la comarca, principal afluent del Llobregat, és el Cardener. Entre altres corrents del sistema fluvial bagenc es destaquen, de ponent a llevant, les rieres de Rajadell, Gavarresa i de Calders.

La plana del Bages es troba envoltada per terres més enlairades i muntanyoses (altiplans i serres) en un relleu típicament en cuesta, de les quals només ultrapassen els 1.000 m d'altitud, Sant Jeroni (1.236 m) al massís de Montserrat, el Montcau (1.053 m) al Massís de Sant Llorenç del Munt, Puig Rodó (1.057 m) a l'altiplà del Moianès i la serra de Castelltallat al Bages sec que voreja els 1.000 m.

El clima del Bages, mediterrani de tendència continental, es caracteritza per un règim tèrmic extremat i una elevada amplitud tèrmica. Les precipitacions són equinoccials amb un mínim destacat a l'hivern i a l'estiu només hi ha un mes de sequera. El relleu propi de la comarca i la distància del litoral afavoreixen els fenòmens d'inversió tèrmica, així com les gelades i les boires a les valls del Llobregat.

Pel que fa a la vegetació, la major part d'alzinars de les zones planes del centre de la comarca han desaparegut, i si no tenim en compte la vegetació dels altiplans del Moianès (bàsicament bosc de roure martinenc amb boix), i de les zones superiors de les muntanyes del S i SE (alzinar amb marfull i alzinar amb boix) l'arbre que domina a la comarca és el pi blanc. Aquest pi cobreix el bosc esclarissat de la major part de les terres bagenques, acompanyat d'un sotabosc que sol ser un matollar poc dens d'arbustos de fulla petita, com ara el romaní i el bruc.

Tal com s'observa i es descriu al mapa d'usos del sòl de Catalunya del 1992 (*Mapa 4.7*), es poden distingir tres grans dominis al Bages: el 35% del territori de la comarca és de zona degradada (bosquines i espais de vegetació escassa o nul·la); el 29% és zona urbana industrial i de conreus i el 36% és bosc del qual només un 5 % és caducifoli escleròfil·les, percentatge que seria més alt si no fos per l'empremta de les persones.

A la comarca del Bages hi ha dos grans espais naturals protegits compartits amb altres comarques: Sant Llorenç del Munt i la serra de l'Obac que s'estén entre el Bages i el Vallès Occidental; la muntanya de Montserrat, compartit amb les comarques de l'Anoia i el Baix Llobregat. A més hi ha els espais protegits del Moianès, la serra de Castelltallat, i la muntanya de sal de Cardona. (*Mapa 4.8*).

4.3.2. Principals eixos estructuradors

Les infraestructures més importants del Bages són l'Eix del Llobregat i l'Eix Transversal, que travessen la comarca de manera perpendicular i que han permès millorar tant les connexions internes com les comunicacions amb la resta de Catalunya. L'Eix del Llobregat travessa el Bages de nord a sud, passant per Manresa i comunicant Barcelona amb l'Eix Pirinenc. Té dos trams diferenciats, el primer és format per l'autopista A-18 Terrassa-Manresa, que connecta la capital comarcal amb el Vallès Occidental i enllaça amb Barcelona (túnels de Vallvidrera). El segon tram és el constituït per la

carretera C-1411, que pel nord connecta Manresa amb Sallent, Balsareny i Navàs. També enllaça la comarca amb Berga i pels túnels del Cadí facilita la connexió amb la Cerdanya i Andorra. L'Eix Transversal, que ha suposat trencar part de l'estructura principalment radial de Catalunya, travessa la comarca d'est a oest, recollint part del trànsit de llarga distància entre Girona i Lleida, alhora que facilita la connexió entre diferents ciutats mitjanes (Olot, Vic, Manresa i Igualada). L'única carretera nacional del Bages és la N-141, que travessa part de la comarca. Les carreteres comarcals tenen com a centre Manresa i enllacen la majoria de poblacions del Bages amb les principals vies de comunicació.

4.3.3. Característiques socioeconòmiques

La situació demogràfica de la comarca al segle XX s'ha caracteritzat per un creixement sense precedents respecte èpoques anteriors perquè la població va augmentar de 63.381 habitants l'any 1900 a 152.586 l'any 1986. Però malgrat aquest espectacular increment, el pes de la comarca bagenca dins el context català ha anat perdent pes progressivament ja que d'un 3,42% del total català a inicis de segle, actualment només representa el 2,50% (Rubio, 1999). A principis de segle, el Bages era la quarta comarca amb més població (darrera del Barcelonès, Vallès Occidental i Maresme), però a partir de la segona meitat de segle va passar a ocupar la vuitena posició (a aquestes tres s'afegien les comarques del Baix Llobregat, Vallès Oriental i Tarragonès), com a resultat del creixement més accentuat experimentat a les zones industrialitzades de l'àmbit metropolità i Tarragona i en general, de la franja litoral.

Al Bages la població es concentra als municipis situats a l'entorn de la capital; el 42,7% de la població (l'any 1995) es concentra a la capital, Manresa. En conjunt, més de la meitat de la població comarcal (el 60%) es reparteix entre els quatre municipis més grans (Manresa, Sant Joan de Vilatorrada, Sant Vicenç de Castellet i Sallent). Cal tenir en compte que a més de Manresa, únicament vuit municipis del Bages superen els 5.000 habitants i que, en canvi, setze no arriben als 1.000 habitants (*Taula 4.5.*). Cal assenyalar el fenomen curiós que es dona al Bages que és aquesta tendència a la metropolització; Manresa perd població en benefici dels municipis veïns com Sant Joan de Vilatorrada, Sant Fruitós de Bages i Santpedor. Pel que fa a l'estructura de la població, de la mateixa manera que el conjunt català, la piràmide d'edats de l'any 1991 té una base estreta a

causa del descens progressiu de la natalitat i un eixamplament en els trams corresponents a la població adulta, indicador d'un procés d'envelliment.

Taula 4.5. Distribució de la població del Bages per municipis. 1986, 1991, 1996

Municipi	Població 1986	Població 1991	Població 1996	Taxa creixement 1986-1991 (%)	Taxa creixement 1991-1996 (%)	Densitat hab/km ²
Aguilar de Segarra	216	191	206	-24,30	15,24	4,71
Artés	4.037	4.086	4.308	2,42	10,64	241,16
Avinyó	2.000	2.049	2.003	4,85	-4,53	31,75
Balsareny	3.511	3.405	3.304	-6,11	-6,00	90,08
Calders	482	581	647	38,07	21,75	19,38
Callús	1.499	1.396	1.345	-14,14	-7,42	110,80
Cardona	6.723	6.445	5.882	-8,41	-18,12	88,12
Castellbell i el Vilar	3.316	2.807	2.789	-32,78	-1,29	97,41
Castellfollit del Boix	317	315	337	-1,27	13,59	5,68
Castellgalí	705	702	782	-0,85	21,82	45,22
Castellnou de Bages	107	196	378	128,69	140,37	12,81
Estany, l'	386	370	382	-8,43	6,40	37,33
Fonollosa	641	685	816	13,37	35,62	15,75
Gaià	149	133	160	-22,46	37,66	4,05
Manresa	65.274	66.320	64.385	3,18	-5,90	1.555,05
Marganell	217	211	215	-5,59	3,76	15,92
Moià	3.164	3.280	3.806	7,23	30,19	50,54
Monistrol de Calders	617	621	597	1,29	-7,85	27,06
Monistrol de Montserrat	2.625	2.514	2.508	-8,60	-0,48	208,82
Mura	163	251	218	90,18	-27,80	4,09
Navarcles	5.010	5.111	5.225	4,00	4,42	924,56
Navàs	5.244	5.538	5.812	10,97	9,71	71,84
Pont de Vilomara i Rocafort, el	2.203	2.230	2.396	2,44	14,46	111,05
Rajadell	286	288	336	1,39	31,31	7,48
Sallent	7.856	7.686	7.360	-4,37	-8,63	112,77
Sant Feliu Sasserra	633	654	642	6,55	-3,70	28,48
Sant Fruitós de Bages	4.631	4.778	5.300	6,27	20,95	236,82
Sant Joan de Vilatorrada	7.620	7.974	8.446	9,12	11,57	523,73
Sant Mateu de Bages	581	545	513	-12,71	-12,03	5,01
Sant Salvador de Guardiola	882	1.221	1.651	67,21	62,20	44,41
Sant Vicenç de Castellet	7.625	7.393	7.419	-6,16	0,70	444,99
Santa Maria d'Oló	1.050	1.015	990	-6,76	-4,98	15,12
Santpedor	3.909	4.570	5.062	31,74	20,66	301,98
Súria	6.684	6.540	6.282	-4,35	-8,02	265,27
Talamanca	58	76	84	55,55	20,22	2,83
Total comarca Bages	150.421	152.177	152.586	2,32	0,54	117,47

Font: Institut d'Estadística de Catalunya.

Taula 4.6. Estructura sectorial de la població ocupada als municipis del Bages (%). 1996.

Municipi	Agricultura	Indústria	Construcció	Serveis
Aguilar de Segarra	40.2	20.7	22.0	17.1
Artés	3.5	55.8	7.3	33.5
Avinyó	5.5	61.5	6.7	26.3
Balsareny	3.4	51.3	10.7	34.6
Calders	9.9	33.1	7.4	49.6
Callús	3.9	45.9	9.5	40.7
Cardona	8.1	37.7	10.9	43.2
Castellbell i el Vilar	1.3	42.1	11.8	44.9
Castellfollit del Boix	35.3	13.5	5.3	45.9
Castellgalí	4.3	34.8	10.2	50.8
Castellnou de Bages	6.7	42.1	5.1	46.1
Estany, l'	8.5	44.4	11.1	35.9
Fonollosa	14.6	34.4	13.3	37.8
Gaià	42.4	13.6	10.2	33.9
Manresa	1.1	35.9	5.6	57.4
Marganell	11.5	26.9	2.6	59.0
Moià	6.4	36.8	10.1	46.7
Monistrol de Calders	3.1	62.2	10.2	24.4
Monistrol de Montserrat	0.6	35.5	6.3	57.7
Mura	6.0	32.1	14.3	47.6
Navarcles	0.7	50.2	7.5	41.5
Navàs	4.8	40.6	13.0	41.6
Pont de Vilomara i Rocafort, el	0.8	47.4	13.8	38.0
Rajadell	18.2	32.8	7.3	41.6
Sallent	2.6	47.3	5.5	44.6
Sant Feliu Sasserra	15.4	49.2	9.6	25.8
Sant Fruitós de Bages	1.6	37.1	8.4	52.9
Sant Joan de Vilatorrada	0.9	47.4	8.0	43.6
Sant Mateu de Bages	35.0	19.6	12.9	32.5
Sant Salvador de Guardiola	4.6	37.8	6.6	51.1
Sant Vicenç de Castellet	0.7	44.3	9.3	45.8
Santa Maria d'Oló	8.7	57.7	9.0	24.5
Santpedor	2.6	46.9	7.4	43.2
Súria	2.1	51.5	7.1	39.4
Talamanca	2.4	26.2	19.0	52.4
Total comarca Bages	2,6	41,1	7,4	48,9
Total Catalunya	3,2	32,1	7,0	57,7

Font: Institut d'Estadística de Catalunya.

Una de les característiques de l'activitat econòmica del Bages és que es troba dominada pel sector secundari en el qual hi treballa quasi la meitat de la població ocupada l'any 1996, el 48,5%, dels quals gran part a la indústria (41,1%) i força menys a la construcció (7,4%). El sector de serveis també té un alt percentatge d'ocupats (48,9%), mentre que al primari hi treballa un 3,6% de la població. Si bé el Bages és tradicionalment

una comarca amb clara especialització industrial, el pes del sector agrari, especialment la ramaderia, no ha estat pas negligible (Oliveras et al. 1992). De la mateixa manera que a la resta de Catalunya, però, l'ocupació en el sector agrari comarcal ha experimentat els darrers anys un continu retrocés.

Per tant, tot i que l'economia comarcal del Bages es fonamenta principalment en el sector industrial, els serveis han experimentat un gran desenvolupament els darrers anys, en què el comerç continua essent l'impulsor del creixement del terciari.

El Bages és una de les comarques on cal destacar, per part d'algunes famílies dedicades a l'agricultura, l'alternança d'aquesta activitat amb les residències cases de pagès, oferint com a principal atractiu els diferents espais naturals de les rodalies⁹. En aquest sentit, els incendis han causat un impacte molt important, ja que el principal reclam, el paisatge, es veu totalment alterat. De fet la majoria de cases de pagès es concentren a la part nord occidental de la comarca –al voltant de la serra de Castelltallat– als municipis de Camps, i Aguilar de Segarra, i als municipis de Mura, Moià i Sant Feliu Sasserra (Direcció general de Turisme, 1996). De fet la zona de Castelltallat va ser la més afectada pels incendis de 1994 i 1998.

Tal i com es pot veure a la *Taula 4.3* el PIB de la comarca del Bages té un cert pes respecte el conjunt de Catalunya, situant-se en la desena posició de la participació comarcal en el PIB total, amb el 2,22%.

4.3.4. El sector forestal al Bages

Un dels aspectes importants que cal incidir al Bages és la importància del sector forestal, ja que el 1999 el 71% de la superfície total del municipi és ocupada per terreny forestal. El cens dels "amillaraments" de l'any 1860 va comptabilitzar 24.368 ha de bosc a la comarca del Bages, i tot i que és del tot admissible l'existència d'una certa part d'ocultació atesa la finalitat impositiva d'aquest cens, la superfície forestal era molt inferior a l'actual. De la consulta dels censos agraris dels anys 1981 i 1989 es constata com en només vuit anys aquesta superfície va passar de 56.532 ha a 65.195 ha (un increment del 15%). Les dades més recents del DARP (1996) fan augmentar la xifra a 91.157 ha

⁹ El turisme rural és una activitat que sorgeix en els països de la UE com a resposta a la nova concepció i utilització de l'espai rural (Cánoves et al. 1995).

l'any 1996 (el 70% de la superfície total comarcal i el 4,7% de la superfície forestal catalana). Més específicament, el 69% de la superfície forestal del Bages corresponia a superfície arbrada i el 31% restant a superfície no arbrada. Les dades del 1999, obtingudes a partir de fotointerpretació de les imatges de satèl·lit i elaborades pel CREAM, indiquen una superfície forestal de 92.308 hectàrees (el 71% de la superfície comarcal). La *Taula 4.7* mostra la superfície forestal pels municipis del Bages el 1999. L'abandonament de les terres de cultiu afavorint el creixement de la superfície forestal, ha comportat que molts municipis del Bages tinguin un percentatge molt elevat de superfície forestal. Entre els municipis que cal destacar amb més del 80% de la seva superfície qualificada com a forestal, segons els criteris del CREAM, cal destacar: Talamanca (94,7%), Mura (94,3%), Marganell (93,9%), Monistrol de Calders (93%), Pont de Vilomara (91,9), Sant Mateu de Bages (85,3), Monistrol de Montserrat (82,9%), Santa Maria d'Oló (82,8%) i Gaià (81,5%).

Els municipis que tenen més superfície forestal són alhora els menys poblats; aquest seria el cas de Talamanca, Mura, Gaià, Aguilar de Segarra, Castellfollit del Boix i Sant Mateu de Bages, amb una densitat inferior als 10 hab/km² de superfície forestal. Són municipis que es caracteritzen per la important pèrdua de població manifestada en el transcurs d'aquest segle, una tendència que alguns, però, han començat a invertir durant la darrera dècada. Ara bé, mentre que aquesta població perduda estava ocupada bàsicament al sector agrari, els nous habitants (que quantitativament no compensen les pèrdues de les dècades anteriors), acostumen a provenir del món urbà i amb una ocupació deslligada totalment de la terra i el bosc. Això és un condicionant important a l'hora d'impulsar canvis que condueixin cap a una millor gestió dels recursos forestals. Així doncs, la variació de la població i superfície forestal mostra dues tendències antagòniques: cada vegada hi ha més bosc, però hi ha menys persones per tenir-ne cura. I aquesta és la principal paradoxa del problema dels incendis forestals.

D'altra banda, la gran majoria dels boscos són de propietat privada (el 98%) (DARP, 1990), però una gran part dels seus propietaris ja no viuen al bosc, i existeix un alt grau d'absentisme; la població que hi viu es troba dispersa en masies o concentrada en urbanitzacions. Mentre que les masies són ocupades principalment per pagesos (tot i que darrerament algunes estan adoptant la funció de segona residència), les urbanitzacions (implantades a partir de la dècada dels setanta i generalment sense cap criteri urbanístic

ni paisatgístic), estan repartides per tota la comarca, però especialment es concentren a l'entorn del massís de Montserrat.

Taula 4.7. Distribució de la superfície forestal al Bages (1989-1999) en hectàrees.

Municipi	Sup. municipal	Superfície forestal	Municipal
	1999	1999	1999%
Aguilar de Segarra	4.302	2.551	59,3
Artés	1.792	621	34,7
Avinyó	6.256	4.650	74,3
Balsareny	3.664	2.475	67,5
Calders	3.301	2.363	71,6
Callús	1.208	705	58,4
Cardona	6.638	4.288	64,6
Castellbell i el Vilar	2.818	2.191	77,8
Castellfollit del Boix	5.942	4.625	77,8
Castellgalí	1.716	1.149	67,0
Castellnou de Bages	2.921	2.326	79,6
Estany, l'	1.011	726	71,8
Fonollosa	5.190	3.067	59,1
Gaià	3.986	3.249	81,5
Manresa	4.124	1.093	26,5
Marganell	1.334	1.253	93,9
Moià	7.515	5.029	66,9
Monistrol de Calders	2.187	2.034	93,0
Monistrol de Montserrat	1.204	998	82,9
Mura	5.339	5.036	94,3
Navarcles	552	220	39,9
Navàs	8.170	6.521	79,8
Pont de Vilomara	2.167	1.991	91,9
Rajadell	4.532	3.236	71,4
Sallent	6.580	3.716	56,5
Sant Feliu Sasserra	2.314	1.572	67,9
Sant Fruitós de Bages	2.214	342	15,4
Sant Joan de Vilatorrada	1.625	538	33,1
Sant Mateu de Bages	10.097	8.609	85,3
St. Salvador de Guardiola	3.699	2.746	74,2
Sant Vicenç de Castellet	1.709	1.151	67,3
Santa Maria d'Oló	6.424	5.317	82,8
Santpedor	1.680	332	19,8
Súria	2.354	1.794	76,2
Talamanca	2.952	2.796	94,7
Total	129.517	93.309	72,0

Font: CREAM (1999).

Així doncs, les masses forestals més importants estan situades als municipis perifèrics, és a dir, a l'Alt Bages, on s'ha desenvolupat el bosc mercès a les millors condicions climàtiques, afavorides per l'alçada (> 500 m), clima i relleu; en canvi, a les zones més planes -sobretot al centre i les zones obertes de les valls fluvials (per exemple

als voltants de Navarcles, Manresa, Balsareny, etc),- la superfície forestal ha continuat reduint-se durant els darrers anys.

4.4. Bibliografia

- Cànoves, G; Garcia-Ramon, M.D. (1995), "Mujeres y turismo rural en Cataluña: ¿La nueva panacea de la agricultura?", *El Campo. La mujer rural*, Servicio de estudios BBV. pp. 221-238.
- Direcció General de Planificació i Acció Territorial (1995), *Pla Territorial General de Catalunya*, Llei d'aprovacions i resum, Barcelona, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya.
- Direcció General de Turisme (1996), *Guia de residències casa de Catalunya, 1997*, Barcelona, Departament de Comerç Consum i Turisme, Generalitat de Catalunya.
- Mancomunitat de Municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona (MMAMB), (1990), *Parc de Collserola. Plan especial de Ordenación y de Protección del medio Natural. Realizaciones 1983-198*, Àrea Metropolitana de Barcelona, Mancomunitat de Municipis, Patronat Metropolità Parc de Collserola.
- Mancomunitat de Municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona (MMAMB), 1995, *Dinàmiques metropolitanes a l'Àrea i la Regió de Barcelona*, Àrea Metropolitana de Barcelona, Mancomunitat de Municipis.
- Mendizábal, E. (1993), "Una proposta de model espacial per a la interpretació territorial de Catalunya", *Treball de la Societat Catalana de Geografia*, 36, pp. 101-118.
- Oliver, J. (dir) (1994), *Anuari econòmic Catalunya Comarcal. Estimació del PIB comarcal 1990-1993, (Estudis comarcals: Baix Llobregat, Barcelonès, Maresme, Vallès Occidental, Vallès Oriental)*, Barcelona: Caixa de Catalunya.
- Oliver, J. (dir) (1996), *Anuari econòmic Catalunya Comarcal. Estimació del PIB comarcal 1995, Estudis comarcals: Alt Empordà, Baix Empordà, Garrotxa, Gironès, Pla de l'Estany, Ripollès i la Selva*. Barcelona, Caixa de Catalunya.
- Oliver, J. (dir) (1997), *Anuari econòmic Catalunya Comarcal. Estimació del PIB comarcal 1995, (Estudis comarcals: Anoia, Bages, Conca de Barberà, Osona, Segarra i Urgell)*, Barcelona: Caixa de Catalunya.
- Oliver, J. (dir) (1998), *Anuari econòmic Comarcal. Estimació del PIB comarcal 1997, (Estudis comarcals: Garrigues, Noguera, Pla d'Urgell, Segrià)*, Barcelona: Caixa de Catalunya.
- Oliveras, J. Giménez, J.A. (1992), *El Bages, Transició industrial i centralitat territorial*, Barcelona, Caixa de Catalunya.
- Rubio, X. (1999); *L'evolució de la població del Bages, 1950-1996. Del gran creixement a l'estancament, un estudi de demografia territorial*, Manresa, Centre d'Estudis Bagencs.

Vilà i Valentí, J. (1981), "La comarca del Bages. Condicions físiques i realitat comarcal",
XXVI Assemblea Intercomarcal d'Estudiosos de Catalunya, Manresa, 17 i 18
d'octubre.

<http://www.diba.es/anellaverda/text1.html>

<http://www.diba.es/anellaverda/europa.html>

<http://www.idescat.es>

5. Característiques generals dels incendis a l'AMB i a la comarca de Bages (1987-1998)

5.1. Introducció

La millor manera de lluitar contra els incendis forestals és conèixer a fons el problema en totes les seves dimensions, des d'aquelles característiques globals (procés d'ignició i de propagació) que serveixen per prendre mesures generals, fins aquelles més específiques de coneixement del territori afectat, que ha de passar per un coneixement exhaustiu d'on tenen lloc i com i per què s'han produït. La base de dades històrica sobre incendis (localització, superfície afectada, causes, etc.) és el punt de partida per caracteritzar els incendis i poder establir unes pautes de comportament, base de l'aplicació d'altres mètodes més específics de coneixement.

La descripció de les característiques dels incendis a l'AMB i a la comarca del Bages, tindran com a punt de referència la descripció de la problemàtica d'aquest fenomen per tot Catalunya. Així, doncs, s'analitzarà l'ocurrència dels incendis¹ als dos àmbits d'estudi, en relació a la història recent dels incendis (període 1987-1998) incidint sobretot en el nombre d'ignicions, la superfície afectada i la causalitat.

5.2. Fonts de dades disponibles per l'anàlisi de l'ocurrència d'incendis

5.2.1. Justificació

Disposar d'informació històrica sobre incendis forestals és una de les eines més útils de cara a la previsió i prevenció, ja que aporta una primera percepció de les zones amb més incidència. D'aquesta manera, és possible establir unes pautes de distribució espacial i de comportament dels incendis, a través de la relació amb les condicions humanes, les condicions del territori i els factors meteorològics. A Catalunya, tot i que no disposem d'una sèrie històrica llarga, s'estan dedicant molts esforços en el coneixement cada vegada més exhaustiu de la localització i de les condicions en què es donen els incendis.

¹ Quan es parla d'ocurrència d'incendis es fa referència al nombre d'incendis i a la superfície cremada durant un període de temps, en aquest cas de 1987 fins 1998.

Treballar en dos àmbits diferents i disposar de fonts de diverses procedències ha fet que s'optés finalment per aquelles dades que en cada cas han semblat més ajustades. Pel que fa al Bages s'ha utilitzat la base facilitada pel Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca (DARP) de la Generalitat de Catalunya, ja que arran dels incendis que van arrasar aquesta comarca l'any 1994 i l'any 1998 van fer un estudi de detall comprovant i verificant les coordenades i la superfície afectada durant el període 1987-1998. En el cas de l'AMB s'ha tingut en compte les dades facilitades pel Consorci del Parc de Collserola ja que, com s'ha dit anteriorment, té competència en matèria de prevenció d'incendis forestals i disposa d'una base de dades molt detallada d'incendis durant el període 1990-1998. Pels incendis que van tenir lloc a l'AMB en anterioritat al 1990, i per tal d'homogeneïtzar el període d'estudi amb la comarca del Bages, s'han tingut en compte les dades del DARP pels anys 1987, 1988 i 1989.

5.2.2. Procediment de captura de dades durant el període 1987-1998 a l'AMB i al Bages

La font d'informació utilitzada per portar a terme la recerca prové bàsicament de la base de dades facilitada pel DARP. Com en tota captura de dades, en passar el temps els criteris de captura van canviant i cada vegada es disposa de més informació i més ajustada. Així, doncs, pel que fa a la base de dades d'incendis que disposa el DARP per tot Catalunya, el període abasta del 1968 al 1998 però, com veurem, no s'ha pogut utilitzar tota la sèrie, perquè com més enrera s'anava menys fiable era la informació i els criteris de captura de dades divergien. De totes maneres, el fet que s'hagi optat finalment pel període 1987-1998 ha estat perquè és a partir del 1987 que es disposa de les coordenades dels incendis.

Per tant, la informació que disposa el DARP es pot resumir en els següents punts:

- de l'any 1968 al 1982 (tots dos inclosos) hi ha informació agrupada a nivell provincial, amb dades sobre data de l'incendi (superiors a 0,1 ha), causes, superfície afectada - detallant si és arbrada, no arbrada i la total forestal-.
- de l'any 1983 al 1986 (tots dos inclosos) la informació ja es disposa per municipis, per tant als atributs anteriors s'afegeixen el codi de municipi, el nom del municipi, el codi de comarca, el nom de la comarca i el paratge, però només es comptabilitzen aquells incendis que superen 0,1 hectàrees.

- a partir de l'any 1987 ja es disposa, a més, de les coordenades aproximades del lloc d'inici que amb els anys s'han anat precisant. De l'any 1987 al 1991 les coordenades es recollien amb les lletres del quadrat de 100 km amb dos dígit més (per tant, amb una precisió de +/- 1000 m en els eixos x i y) del *Mapa Militar de España*, del *Servicio Geográfico del Ejército*, a escala 1:50.000. De l'any 1992 al 1994 s'agafa com a referència el nombre de full i es donen igualment dos dígit més; és a partir d'aquest any que se segueix un criteri unificat per totes les comunitats autònomes homologat per ICONA en la recollida de dades sobre incendis forestals. A partir de l'any 1995 la precisió és de +/- 10 m i la referència és el Mapa Topogràfic de l'Institut Cartogràfic de Catalunya. Alguns dels incendis actualment s'enregistren amb GPS.

La intenció inicial era utilitzar la mateixa font pel Bages i per l'AMB, és a dir l'estadística d'incendis del DARP, per l'homogeneïtat de les dades; però un cop analitzades es va veure que per l'AMB la precisió de les dades era molt baixa en relació a les dades facilitades pel Consorci Metropolità de Collserola, tant pel que fa al nombre d'incendis com a la seva localització. Per tant després de comprovar les diverses fonts s'ha optat per utilitzar les dades del Consorci en el cas dels incendis a l'AMB durant el període 1990-98, que tot i alguns errors detectats s'ajusta molt més a la realitat; i pel període 1987-89 s'han considerat les dades del DARP. En el cas de la comarca del Bages les dades procedeixen del DARP, única font de la que es disposa. Aquestes dades, segons informacions de la mateixa Direcció General de Medi Natural del DARP van ser revisades, validades i corregides, en un estudi detallat que van fer per la comarca del Bages arran dels incendis de 1994.

Cal destacar la importància de la validació d'algunes de les dades, en la mesura del que ha estat possible, comparant el paratge amb la localització absoluta dels punts. Mentre que en el cas del Bages, la precisió va ser força correcta, en el cas de l'AMB i per les dades procedents del DARP, s'han detectat diversos errors que s'han anat solucionant: en alguns casos el camp que ens mostra les coordenades, el valor que es donava per l'eix de la y corresponia al de la x i a la inversa i algunes eren errònies. Aquests errors s'anaven corregint mitjançant els topogràfics 1:50.000 i el paratge de l'incendi. A partir de la visualització dels focus també es va poder fer una segona correcció, detectant aquells punts que s'havien desplaçat fora l'AMB, és a dir que hi havia un error considerable en tots dos eixos (que també es varen corregir amb la informació del paratge). També hi va haver algun cas que no es disposaven de les coordenades i que amb el paratge es van localitzar aproximadament. En algun altre cas s'havia

adjudicat algun incendi a un municipi que, pel paratge i les coordenades, no corresponien.

L'altra font de dades espacials que es disposa, és la procedent del Consorci Metropolità de Collserola, el qual elabora al màxim detall un informe per cada incendi que tenen constància. El fet de dedicar-se exclusivament a aquesta zona permet que les dades que disposen siguin molt més complertes i precises. De totes maneres també s'ha passat per un procés de validació, comprovant la correspondència entre el paratge i les coordenades, amb la qual cosa s'han detectat alguns errors d'inconsistència per la diferent procedència de les dades; per un costat es disposa d'una base de dades alfanumèrica i espacial amb alguna informació temàtica i, per l'altre, bases de dades alfanumèriques complementàries, amb la qual cosa s'ha detectat alguns casos amb poca correspondència. Finalment s'ha decidit, d'acord amb els tècnics del Consorci, optar per la base de dades espacial com a base principal, complementant-la amb la base de dades externa tot i ser conscients que alguns incendis de molt reduïdes dimensions no estaven enregistrats.

5.3. Els incendis a Catalunya

5.3.1. La influència dels canvis conjunturals i estructurals dels darrers anys

Catalunya ha patit històricament grans incendis forestals com el de Montserrat del segle passat i el de 1924, o el de les Gavarres de 1917; el de Tivissa del 1924, el de la serra de Cardó del 1931 i el del Montnegre-Corredor, entre altres que cal documentar (Castellnou et al. 1999). De fet, en els darrers 40 anys els grans incendis a Catalunya han crescut en nombre i en superfície per diverses causes, però sobretot per un retorn de la massa de combustible i per la meteorologia (Piñol et al. 1998). El que és realment preocupant dels incendis no és precisament el nombre, sinó la superfície afectada, d'aquí a la diferència del tipus d'incendis, com es veurà en avançar aquest capítol, entre l'AMB i la comarca del Bages.

Els factors conjunturals que provoquen grans incendis poden ser entre altres (Castellnou et al. 1999):

- les llargues sequeres acumulades, com és el cas dels incendis de 1994,
- progressives acumulacions de combustibles fins, com en el Solsonès l'estiu de 1998,

- fenòmens meteorològics extrems.

A part dels fenòmens anteriorment esmentats, les qüestions estructurals que cal considerar són:

- les grans continuïtats de masses de vegetació, zones que abans estaven isolades per cultius són actualment un continu,
- increment del combustible provocat per l'abandonament dels nostres boscos i per tant de les activitats relacionades (ja no hi ha pastura ni extracció de llenya),
- increment de les ignicions per part de la població.

S'ha comentat que, un dels factors estructurals importants és l'increment de la superfície forestal que ha patit Catalunya els darrers anys. L'abandonament dels cultius ha provocat, per un costat, un increment de combustible disponible perquè el foc avanci amb gran facilitat i, per l'altre, ha trencat el mosaic que podria dificultar aquest avanç del foc.

Quan el camp estava força més poblat, hi havia menys superfície forestal que avui dia; els boscos eren tallats per obrir nous camps de conreu que feien de tallafocs; els pagesos hi construïen bancals i mantenien els marges nets de brossa. Però la irrupció d'uns sistemes agrícoles més intensius, l'abandonament de la vinya i la disminució progressiva de la població agrària, afavorí la regeneració de grans extensions de bosc, i alhora la preponderància de les pinedes, amb una capacitat de recolonització més gran que el roure i l'alzina. L'increment de les pinedes va ser aprofitat per les explotacions forestals perquè assegurava uns majors guanys econòmics a més curt termini, atès que els pins són arbres de més ràpid creixement que els planifolis. Progressivament, van començar a predominar uns boscos amb un índex d'inflamabilitat més elevat que aquests darrers, i en conseqüència, la modificació de la composició del bosc va comportar el predomini d'un bosc molt més inflamable.

Amb el temps, s'ha passat d'una situació en què el bosc era una font molt important de recursos -se'n tallava la fusta, s'hi practicava la ramaderia intensiva i el carboneig, es cuinava amb la llenya que s'obtenia de les podes, etc-, a una altra en què l'economia forestal s'ha reduït pràcticament a l'explotació de la fusta, i l'antic aprofitament integral del bosc no és més que un record. Així doncs, el bosc com a recurs econòmic ha perdut molt pes, fet que dificulta que el propietari hi inverteixi, perquè difícilment viurà prou per veure'n l'amortització. Progressivament, es produeix una desvinculació entre la població i

el bosc, que ha conduït a la seva degradació i l'augment del risc d'incendi (un bosc brut, on s'amunteguen les restes de tallades que ja no s'aprofiten com a combustible, on els ramats ja no pasturen ni fan la neteja que feien abans, i on alhora la aflluència de gent augmenta dia rera dia). En conseqüència, són dos els problemes estructurals que han incrementat el risc d'incendi forestal: per un costat, la desvinculació dels propietaris i el bosc brut; o dit d'una altra manera, el nou ús dels espais forestals per part de la població i, per l'altre, l'increment de la superfície forestal sense gestionar.

5.3.2. Política de prevenció d'incendis a Catalunya

El terme gestió del risc d'incendi ha estat pràcticament inexistent en la literatura oficial, fins a l'arribada del Foc Verd II (Peix et al. 1999); anteriorment, sempre s'havia parlat de lluita contra els incendis, o com a molt de "lluita integral". La proliferació de grans incendis, sembla ser que ha estat el detonant que ha fet moure la política de prevenció d'incendis, que s'ha caracteritzat més per la prioritització en la intervenció en cas d'emergència, que per actuacions en la prevenció. Tal i com es planteja en el document de Foc Verd II que parla dels Perímetres de Protecció Prioritària (PPP),² la prevenció dels incendis forestals no pot ser, en absolut un fet aïllat sinó que ha de formar part d'una política forestal global i d'ordenació territorial.

Malgrat no existir encara una política forestal comunitària, els estats membres de la Unió Europea han concedit especial importància a la protecció del seu patrimoni forestal. Així, l'any 1992 es va establir un programa comunitari de protecció dels boscos contra els incendis forestals. La contribució de la UE estableix de forma prioritària les zones amenaçades pels incendis, i per tant resulta convenient classificar el territori en funció del grau de risc d'incendi forestal. En aquestes zones la UE preveu la realització de Projectes Integrats de Protecció (PIP) dels boscos contra els incendis, els quals han d'incloure tant l'eliminació de la causa com la creació de sistemes de prevenció i vigilància.

² <http://www.gencat.es/darp/focverd2/cfocve10.htm>

5.3.2.1. Orígens de la política de prevenció d'incendis a Catalunya. De 1980 a 1985

El Real Decret 50/1980 de 31 de juliol va regular el traspàs de funcions i serveis de l'Estat en matèria de conservació de la natura a la Generalitat de Catalunya. Per tal d'orientar la seva política antiincendis, els Departaments de Prevenció i Extinció (bombers, Departament de Justícia), i el del Medi Natural (DARP), van encarregar a un grup d'experts dirigits pel prestigiós catedràtic de Botànica de la Universitat de Barcelona Oriol de Bolós, que fessin "una reflexió conjunta perquè és molt més important lluitar a fi d'evitar que l'incendi comenci ... que no pas multiplicar indefinidament el dispositiu d'extinció". Dos anys més tard, l'estudi enllestit defensava la necessitat d'aprofundir la recerca en aquest camp i proposava tres línies d'actuació:

- educació del públic i control de les conductes perilloses,
- reforçament de la vigilància rural per part de la Generalitat,
- mesures de silvicultura preventiva.

Durant els primers anys, la Generalitat no va tenir una política pròpia i va comprometre els seus òrgans a col·laborar amb l'administració de l'Estat per treballar en el Pla de Coordinació per la Lluita contra els Incendis Forestals de 1983, que va ser l'aplicació a Catalunya del Pla INFO de 1982. A banda de la regulació de les activitats agrícoles i de lleure que poguessin resultar perilloses, el Pla INFOCA (Graupera, 1983) va establir la necessitat de redactar els Plans Bàsics Municipals de Lluita contra els Incendis Forestals. El Pla INFOCA detalla minuciosament les missions dels ajuntaments, de l'administració autonòmica, la Secció del Medi Natural del DARP, el Servei d'Extinció d'Incendis; i el Govern Civil, tant en les fases de prevenció com en les d'extinció.

Ni els ajuntaments ni el Servei de Medi Natural van disposar de mitjans tècnics ni humans suficients per complir els compromisos dictats pel Pla INFOCA. Sense aquestes ajudes era impossible pensar que aquells municipis més necessitats de la redacció dels Plans Bàsics, que eren els que tenien més massa forestal, poguessin fer-ho pel seu compte, perquè eren municipis formats per petits nuclis rurals amb pocs recursos. L'any 1985, va ser un any dolent pel que fa al nombre d'hectàrees cremades a Catalunya (més de 13.000 ha), i paral·lelament creixien les veus que reclamaven l'adopció de mesures realment efectives.

5.3.2.2. Lleis i normes a partir del cru estiu del 1986

L'any 1986, el nombre d'hectàrees cremades assoleix la tràgica xifra de 66.650, (només en dos incendis es van cremar més del 50% del total, tot i que el nombre de focs va ser inferior al de 1985). És evident que aquesta xifra va ser resultat de la fatal confluència d'un conjunt de factors. Les condicions meteorològiques van ser claus, ja que la temporada de més risc va ser extraordinàriament eixuta i calorosa, especialment els mesos de maig i juny que van incrementar l'índex d'inflamabilitat. Un agreujant va ser l'alta càrrega de combustible augmentada per les condicions rigoroses dels dos hiverns anteriors en què les fortes gelades al Bages, de fins a -20°, i les nevades de neu molt humida van esqueixar molt brancam. En aquestes condicions de debilitat, molts boscos de pi blanc de les planes de l'interior van ser atacats per una plaga d'escolítids que en situacions de normalitat tan sols afectaven la fusta morta.

Des de finals de 1986 a la tardor de 1987 es van dictar les normes que havien de regir la política contra els incendis de la Generalitat:

- 20 d'octubre de 1986, decret de creació de les ADF.
- 24 de novembre de 1986, Llei de concessió d'un crèdit extraordinari per finançar el programa "Foc Verd".
- 18 de desembre de 1986, decret que ordena l'elaboració de Plans de Prevenció pels espais protegits.
- 29 de gener de 1987, decret que concreta les condicions per subvencionar les ADF i estableix línies d'ajut per actuacions preventives (tractaments silvícoles, camins, punts d'aigua, àrees recreatives...)
- 4 de març de 1987, decret que estableix les zones de risc.
- 23 de setembre 1987, decret de constitució del Consorci de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals entre la Generalitat, la UAB, i l'Institut d'Estudis Catalans.

El 30 de març de 1988 va ser aprovada la Llei Forestal de Catalunya. En els seus trets generals va resultar una llei avançada, que vol combinar la responsabilitat política directora de l'administració per garantir els usos socials i ecològics del bosc, amb la implicació dels sectors professionals a través d'òrgans de participació i d'orientació a la propietat involucrats en la tasca de millorar els rendiments econòmics de la producció forestal.

5.3.2.3. Reaccions després de l'estiu del 1994. Aprovació de l'INFOCAT

El Pla de protecció civil d'emergències forestals a Catalunya, també anomenat INFOCAT, va ser aprovat el 29 de setembre de 1994 i té com a objectiu fer front a les emergències per incendis forestals. El Pla quantifica de forma general per a tot el territori de Catalunya, l'anàlisi del risc, la vulnerabilitat, l'establiment de les èpoques de risc, i el desplegament de mitjans i recursos per als treballs d'actuació en cas d'emergència.

El Pla INFOCAT classifica els incendis, segons una escala o nivell de gravetat, per tal d'efectuar una valoració dels mitjans necessaris per a l'extinció dels incendis forestals i per a la protecció de vides i béns. D'acord amb això, es considera:

- *Nivell 0:* fa referència als incendis que poden ser controlats amb un màxim de 12 hores.
- *Nivell 1:* fa referència als incendis que poden ser controlats amb els mitjans d'extinció previstos en el Pla INFOCAT, però que necessiten d'un temps superior a les 12 hores per a ser controlats
- *Nivell 2:* fa referència als incendis per a l'extinció dels quals es preveu que, a petició del director, siguin incorporats mitjans no assignats al Pla INFOCAT; la simultaneïtat de diversos incendis forestals de Nivell 1 podria comportar que la situació passés al nivell de gravetat 2.
- *Nivell 3:* es denominen incendis de nivell de gravetat 3 aquells que, una vegada s'ha considerat que està en joc l'interès estatal, són declarats com a tals pel ministre d'Interior d'acord amb el que preveu l'article 9 de la Norma Bàsica de Protecció Civil.

L'altra funció important del Pla INFOCAT és la coordinació dels grups d'actuació (bombers, ADF, protecció civil, forces de seguretat, grup sanitari, comunicacions i suport logístic) que es coordinen des del CCA (Centre de Comandament Avançat) pel cap de grup d'Intervenció (bomber) amb la col·laboració de l'alcalde del municipi afectat com a director del PAM (Pla d'Actuació Municipal). El CECAT (centre de Comandament de Catalunya), amb el suport dels centres respectius, coordina les actuacions no vinculades directament amb el CCA.

La maniobra d'actuació ha d'estar prevista en el Pla d'Actuació Municipal, que ha d'estudiar el risc en el municipi, preveure les vies d'evacuació, els recursos humans i tècnics així com les responsabilitats en l'organització de l'emergència.

5.3.2.4. Foc Verd II, la reacció als incendis de 1998³

El març de 1999 va ser presentat el document Foc Verd II (Peix et al. 1999). En aquest document es menciona explícitament que la planificació ha d'incloure l'anàlisi dels riscos i el de les afectacions, tot i que no són explícits en la metodologia, ni es vincula clarament aquesta anàlisi a la utilització dels models de simulació de la propagació comentats en un altre apartat del mateix document. De l'anàlisi dels riscos, segons el propi document, se'n deriven:

- la millora dels equips d'intervenció immediata
- la xarxa viària estratègica amb franges de protecció i tallafocs
- la construcció i manteniment dels camins
- la millora dels punts d'aprovisionament d'aigua
- la modificació dels combustibles creant zones de seguretat i protecció que contemplen les cremes controlades i les pastures per al manteniment.

Aquesta planificació es realitzarà en l'interior de més de trenta Perímetres de Protecció Prioritària⁴ (PPP) de tot Catalunya, que tenen per límits la xarxa de carreteres que determina una massa forestal considerada de vulnerabilitat homogènia.

5.3.3. La incidència dels incendis a Catalunya

En aquest apartat s'entrarà en detall en quina ha estat la incidència dels incendis a Catalunya durant tots aquests anys: s'analitzarà la relació del nombre d'incendis amb la superfície afectada, es classificaran els incendis segons la superfície i es descriuran les causes. Aquest esquema és el que es reproduirà en la descripció de les característiques generals dels incendis a l'AMB i a la comarca del Bages.

5.3.3.1. L'ocurrència en relació a la superfície afectada

En la descripció dels incendis per tot Catalunya s'explicarà el període 1983-1998, període pel qual el DARP publica informació alfanumèrica d'incendis i superfície afectada

³ <http://www.gencat.es/darp/focverd2>

per comarques incidint en la causalitat. Pel que fa a l'anàlisi comparativa de l'AMB i la comarca del Bages es considerarà el període pel qual es disposa d'informació alfanumèrica i espacial, és a dir de 1987 a 1998.

En el seu conjunt, la xifra total recorreguda pel foc des de 1983 fins a 1998 (*Taula 5.1*), multiplica per quatre la superfície de l'AMB, suma dues vegades l'extensió del Bages i representa el 13,5% de les 1.800.193 ha de superfície forestal l'any 1999 (segons dades del CREAM).

Taula 5.1. Nombre d'incendis i superfícies afectada a Catalunya. 1983-1998.

Anys	Nnombre incendis	arbrat (ha)	no arbrat (ha)	total forestal (ha)
1983	583	15.057	8.882	23.939
1984	394	3.456	6.019	9.475
1985	667	7.564	5.722	13.286
1986	579	41.826	24.724	66.550
1987	352	1.215	731	1.946
1988	646	1.002	1.629	2.631
1989	670	1.298	2.876	4.174
1990	591	668	440	1.108
1991	782	3.231	2.137	5.368
1992	368	757	730	1.487
1993	791	3.328	3.334	6.662
1994	1.217	62.575	14.050	76.625
1995	753	2.202	4.834	7.036
1996	463	531	495	1.026
1997	668	693	232	925
1998	901	14.130	6.972	21.101
Total	10.425	159.533	83.807	243.339

Font: DARP

Sembla ser que la política de prevenció d'incendis forestals a Catalunya s'ha mogut paral·lelament als grans desastres que hi ha hagut. Observant les xifres que ens proporciona la *Taula 5.1*⁵, segons les dades oficials del DARP, podem comprovar que els anys més crítics són el 1986 (amb la creació del programa Foc Verd), el 1994 (amb la creació de l'INFOCAT) i el 1998 (amb Foc Verd II). Analitzant detalladament aquests tres anys més crítics, l'any 1986, les cinc comarques que encapçalaven el rànquing de superfície cremada eren: Alt Empordà (23.962 ha), Anoia (15.760 ha), Bages (7.158 ha), Alt Penedès (2.412 ha) i Conca de Barberà (2.209 ha); l'any 1994 van ser Berguedà

⁴ A l'adreça <http://www.gencat.es/darp/focverd2/cfocve00.htm> podeu consultar la delimitació espacial dels PPP. De totes maneres, al capítol 9, que tracta la importància de l'estructura del territori sobre els grans incendis forestals, se'n farà una descripció.

⁵ Dades extretes de la web del DARP <http://www.gencat.es/darp/medi/incendis/canvis00.htm>

(19.415 ha), Bages (11.595 ha), Selva (7.505 ha), Terra Alta (4.858 ha) i Baix Llobregat (4.561 ha); finalment per l'any 1998 són: Solsonès (11.379 ha), Bages (3.684 ha), la Segarra (2.761 ha) Baix Ebre (493 ha) i l'Anoia (405 ha). Fixem-nos que de les comarques més afectades, l'única que reincideix en tots tres anys és el Bages.

La *Taula 5.2* mostra amb més detall la distribució dels incendis, segons la seva magnitud, de la qual cosa es pot concloure que hi ha molts incendis petits de poca magnitud i pocs incendis grans que són devastadors.

Taula 5.2 Distribució dels incendis a Catalunya segons la seva magnitud. 1983-1998

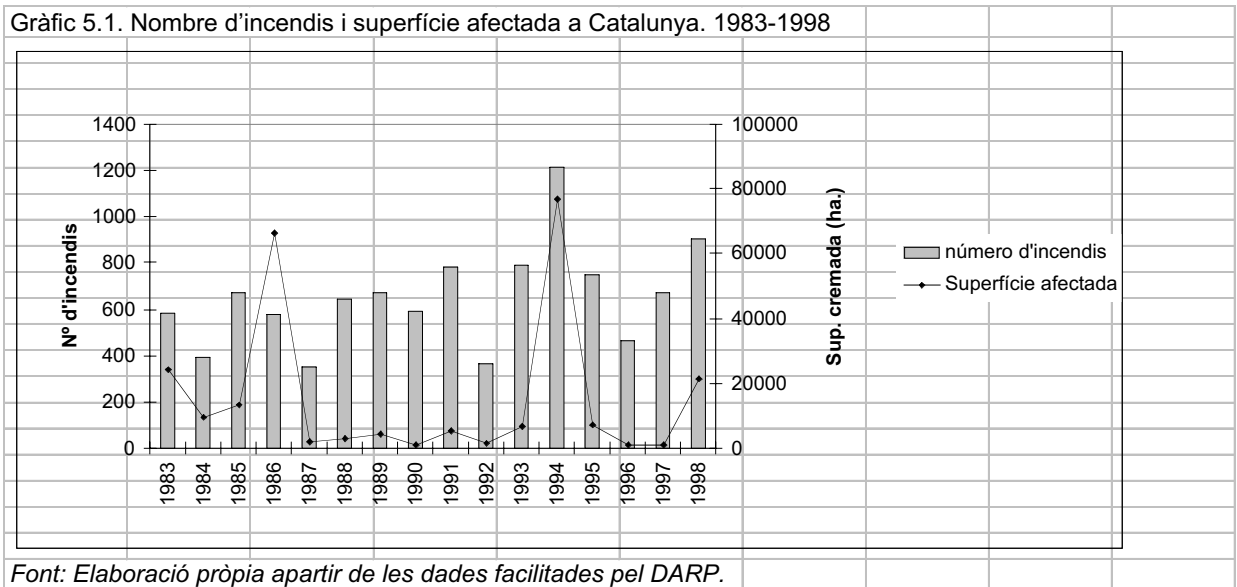
Categories	nombre incendis		superfície total	
	absolut	%	absolut	%
<= 1 ha	7.155	69,6	255	0,1
>1 - 10 ha	2.522	24,2	8.615	3,5
>10 – 50 ha	462	4,4	10.908	4,5
>50 – 100 ha	96	0,9	6.990	2,9
> 100 ha	193	1,9	216.877	89,1

Font: Elaboració pròpia en base les dades facilitades pel DARP

Durant el període 1983-1998, a Catalunya hi ha 193 incendis superiors a 100 ha que totalitzen 216.877 ha de les 243.339 ha de la superfície total cremada. Per tant els incendis de més de 100 hectàrees suposen el 89,6% de la superfície total cremada amb un 1,9% del total d'incendis i els de més de 1.000 el 69,6% de superfície total amb el 0,2% d'incendis. D'altra banda els incendis inferiors a 1 ha suposen el 68,8 % amb una superfície cremada del 0,1%.

Molt sovint s'ha dit que el problema principal és el control dels incendis importants, ja que la majoria dels focs es controlen abans que esdevinguin grans incendis. Quan s'argumenta que el sistema és efectiu en el 99,6 % dels casos (perquè hi ha pocs incendis que són els responsables de la majoria de la superfície cremada) es distreu l'atenció del problema cap a l'extinció, com si la prevenció no tingués incidència en la millora de les possibilitats de controlar els focs que no es poden apagar amb el primer atac. Cal recordar que la continuïtat dels combustibles forestals propicia els focs de massa sobre els que la lluita amb aigua és inútil. Els focs importants distreuen molts efectius en la protecció d'assentaments insuficientment autoprotegits i cal tenir en compte que els incendis importants presenten moltes més dificultats de coordinació per part dels actuants.

El Gràfic 5.1, elaborat a partir de la Taula 5.1, mostra l'evolució dels incendis en relació a la superfície forestal cremada durant el període 1983-1998. Tal i com es pot observar, els anys amb més incendis es corresponen amb els anys de més superfície cremada. Alhora, es pot intuir una lleugera tendència a l'alça pel que fa al nombre d'incendis. Aquesta tendència cíclica es relaciona principalment amb les condicions meteorològiques de cada temporada estival, encara que cal tenir en compte, la reducció del risc que té lloc sempre un any després de gran incidència, en reduir-se la quantitat de combustible disponible. Quant al factor meteorològic, resulta força evident la relació entre incidència i sequera. L'any 1994, va ser un any extremadament sec i fou el més catastròfic que mai s'hagi documentat a Catalunya quant a nombre d'incendis i superfície cremada.



5.3.3.2. Anàlisi de la causalitat

El coneixement de la causalitat és fonamental per poder analitzar i valorar on, com i per què han tingut lloc els incendis. No és possible determinar amb exactitud totes les causes dels incendis; tanmateix l'estadística permet determinar les tendències generals i orientar una investigació complementària amb la finalitat de fer previsions i planificar la prevenció en funció de com es localitza la causalitat. La Taula 5.3, mostra el percentatge d'incendis per causes amb la qual cosa es pot comprovar el fort component social dels incendis que afecten Catalunya, ja que el 71% dels incendis estan relacionats amb l'activitat humana, ja sigui de forma directa o indirecta.

Taula 5.3. Percentatge d'incendis segons causes a Catalunya. 1983-1998

Grups de causes	Causa	Incendis
<i>Causa natural</i>	Llamp	8%
<i>Negligències</i>	Abocadors	4%
	Crema pastures	4%
	Crema agrícola	10%
	Crema forestal	3%
	Altres	10%
	Focs esbarjo	2%
	Fumadors	11%
		44%
<i>Accidents</i>	Ferrocarril	1%
	Línies elèctriques	4%
	Motors / màquines	1%
	Altres	1%
		7%
<i>Intencionats</i>		20%
<i>Causa desconeguda</i>		22%

Font: DARP

En el conjunt de Catalunya, llevat dels focs originats per llamps en tempestes seques, que segons aquest balanç de 15 anys, representen el 8% dels incendis (11% dels incendis i el 6 % de la superfície cremada, segons el document Foc Verd II (Peix et al. 1999) tots els altres tenen un origen humà ja sigui directament o indirecta. Les negligències ocasionen el 44% dels focs (41% d'incendis i 37% de la superfície, segons el Foc Verd II) amb els fumadors al capdavant amb un 11% i les cremes agrícoles tot seguit, amb un 10 %, que són els innecessaris focs de rostolls o de marges. Les causes accidentals estan encapçalades per les línies elèctriques amb un 4% de focs. Els incendis intencionats representen el 20% (9% de la superfície cremada segons el Foc Verd II). Les causes desconegudes o en investigació representen el 22%, que s'han reduït notablement en els darrers anys a partir de la formació i l'experiència assolida pel Cos d'Agents Rurals del Departament d'Agricultura Ramadaria i Pesca de la Generalitat de Catalunya.

Hi ha tot un altre conjunt de causes sobre les que es poden aplicar mesures correctores amb eficàcia. La més clara és la renovació de les línies elèctriques que travessen els boscos. Els perjudicis causats són, a hores d'ara, molt més importants que el cost de manteniment, que no és, d'altra banda, res més que l'obligació de les companyies de prestar un bon servei als usuaris. En aquest sentit, no va ser fins l'any 1996 que el Govern de la Generalitat va dictar un decret (268/1996) pel qual s'establien mesures de tallada periòdica i selectiva de vegetació en la zona d'influència de les línies

aèries de conducció elèctrica per a la prevenció d'incendis forestals i la seguretat de les instal·lacions.⁶

El grup d'accions causants de foc més nombrós el constitueixen "la intromissió urbana en el medi forestal". Aquestes són les negligències, especialment evidents en molts focs que comencen al costat de les vies que transcorren al costat de zones arbrades, ja sigui en carreteres, vies de tren, o urbanitzacions. En aquest darrer cas és on es posa de relleu la paradoxa de la intromissió urbana: un home que porta la seva residència de plaer al mig del bosc, i la seva inconsciència que provoca la destrucció del paisatge que li ha portat i de la casa que hi ha construït. En aquest sentit, les mesures correctores han de regular, en casos com aquest, les condicions que han de reunir les construccions aïllades i les urbanitzacions properes a les zones boscoses per reduir el risc de foc i disminuir l'efecte destructor sobre les pròpies edificacions. La gran proliferació d'aquest tipus de situacions obliga a un replantejament seriós del problema en les urbanitzacions existents amb un gran esforç de planificació i ordenació urbanística. Aquests darrers anys hem hagut de lamentar la pèrdua de vides humanes i els efectes devastadors del foc desfermat sobre les urbanitzacions.

Uns mitjans modestos, com l'exposició "El bosc, un amic" que no ha parat de circular per escoles, pobles, ADF, associacions culturals; poden ser utilitzats pels grups socials més conscienciats i permeten una penetració més profunda dels missatges que contenen a un públic, no tan nombrós però més receptiu perquè s'hi arriba de forma directa a través d'interlocutors propers. Aquests són els mitjans -molt més barats que els anuncis televisats- que s'haurien de produir massivament per posar-los a disposició de l'enorme contingent de voluntariat amb què compta la nostra societat civil.

De qualsevol manera, l'educació ambiental és necessària però no ho és tot. No es poden reduir tots els problemes a la inconsciència dels negligents o a la maldat dels/les piròmans perquè hi ha moltes causes d'inici de focs en les que empreses, institucions i administracions hi poden intervenir. El que cal és començar per fer-ne l'estudi detallat per poder procedir a corregir tot allò que es pugui endreçar.

⁶ A la web <http://www.gencat.es/mediamb/lleis/espnat/espna057.htm> es pot consultar aquest Decret amb molt més detall.

5.4. Característiques generals dels incendis a l'AMB

La incidència dels incendis a l'AMB és molt especial en relació al que considerariem els incendis forestals típics. Prop d'un 35% de l'AMB, és ocupada per zona urbana i la densitat de la xarxa viària és enorme (71 km/km²), la qual cosa implica un dens ús del territori i una fragmentació considerable que en molts casos dificulta la propagació dels incendis; per tant, és fàcil que hi hagi molts incendis i de petites dimensions. Cal ser conscients, també, de la funció de parc urbà de bona part dels boscos de l'AMB, la qual cosa implica una vigilància més efectiva.

5.4.1. L'ocurrència d'incendis en relació al nombre i a la superfície afectada

L'AMB té un potent dispositiu de prevenció d'incendis forestals, la qual cosa podria ser una de les justificacions, excloent l'any 1994, de les xifres de magnitud d'incendis que es pot veure en la *Taula 5.4*⁷. L'any 1994, sobretot per les condicions meteorològiques adverses, és l'any més crític de tot el període d'estudi amb diferència.

De les 4.510 ha cremades per l'incendi del 9 d'abril de 1994 del Garraf, 2.262 són dins de l'AMB, 2.255,4 ha del municipi de Begues i 7 ha de Gavà. Aquest incendi es va iniciar al municipi d'Olivella (fora de l'àmbit d'estudi) però es va estendre pels municipis veïns de Sitges, Begues i Gavà (aquests dos darrers dins l'àmbit d'estudi). El municipi més afectat va ser el de Begues, seguit pel d'Olivella, Sitges i Gavà. Deixant de banda aquest incendi, els mesos de juliol i agost d'aquest mateix any, van cremar:

- 962 ha a Castellbisbal, incendi que tot i iniciar-se en aquest municipi -el més afectat-, va cremar també Abrera (273 ha), Ullastrell (262 ha) i Rubí (202 ha) -tots tres municipis fora l'àmbit d'estudi;
- l'incendi que es va iniciar a Badalona, cremant 252 ha es va estendre per Tiana (171 ha), Alella (92 ha) i Sant Fost de Campcentelles (9,4 ha);
- 524 ha en l'incendi que es va iniciar a Montcada i Reixac que va cremar 149 ha en aquest municipi, però que es va estendre per Sant Fost de Campcentelles (191 ha) i per Badalona (15 ha);
- finalment, com a darrer incendi superior a 100 ha a l'estiu de 1994, cal destacar el de Sant Cugat del Vallès, amb 142 ha cremades.

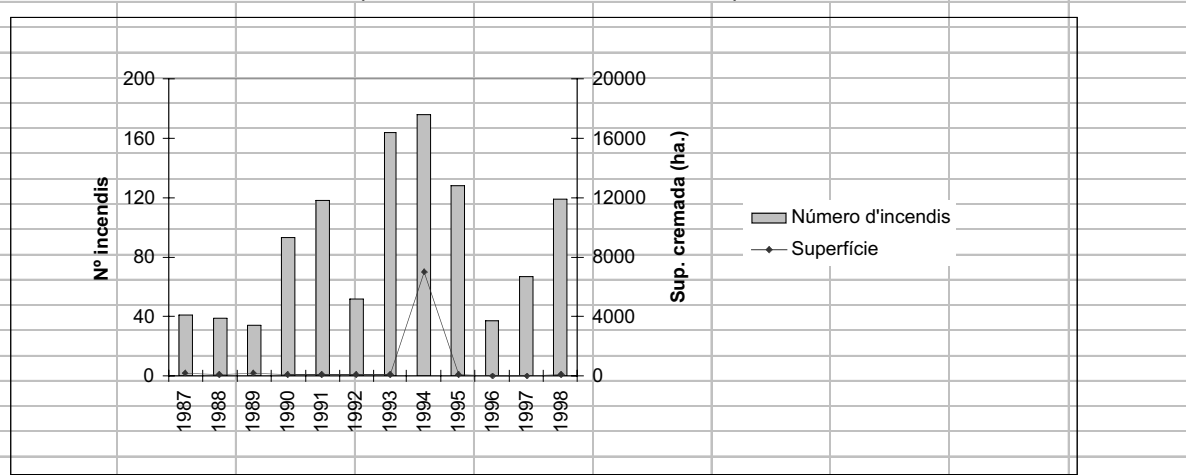
L'any 1994 va ser un any atípic pel que són les estadístiques d'incendis en aquest àmbit, però cal tenir en compte que aquest any les condicions meteorològiques adverses van jugar un paper important.⁸

Taula 5.4. Nombre d'incendis i superfície afectada a l'AMB durant el període 1987-1998

Any	nombre d'incendis	superfície cremada (ha)
1987	41	202
1988	39	89
1989	34	169
1990	93	91
1991	118	123
1992	52	63
1993	164	138
1994	176	4.606
1995	128	123
1996	37	10
1997	67	25
1998	119	147
Total	1.068	5.786

Font: DARP

Gràfic 5.2. Nombre d'incendis i superfície cremada a l'AMB durant el període 1987-1998



Font: Elaboració pròpia apartir de les dades facilitades pel DARP i el Patronat Metropolità de Collserola

El Gràfic 5.2, elaborat a partir de la Taula 5.4, mostra la poca correspondència entre el nombre d'incendis i la superfície cremada. Només l'any 1994 hi ha un increment tant pel que fa al nombre com a la superfície cremada (ja s'ha comentat com va ser

⁷ S'ha considerat el nombre d'incendis segons lloc d'inici, però la superfície afectada correspon a la que realment ha afectat a cada municipi.

⁸ El capítol 8 tractarà amb més detall la incidència de les condicions meteorològiques sobre els incendis forestals a l'AMB i al Bages durant el període 1987-1998.

d'excepteional, meteorològicament parlant, aquell any). Si bé no es mostra una tendència a l'alça pel que fa a la superfície cremada, durant aquest període de dotze anys, sembla que hi hagi una certa tendència a l'alça pel que fa al nombre d'ignicions, que pot ser causada pel dens ús del territori.

Al *Mapa 5.1* es pot veure el nombre d'incendis en relació a la superfície cremada per municipis a l'AMB. Com es pot comprovar, els municipis més afectats quant a nombre d'incendis se situen a Barcelona, Montcada i Reixac, Sant Cugat del Vallès i Gavà. Pel que fa a la superfície cremada són aquells municipis afectats pels incendis de l'any 1994 als que s'ha fet referència (Begues, Badalona, Montcada i Reixac i Castellbisbal), dels quals Begues té un 89% de superfície forestal respecte el total municipal, Castellbisbal el 63%, Montcada i Reixac el 45% i Badalona el 35%. Com es pot comprovar, els municipis amb més incendis no són els que tenen una major superfície cremada. El municipi de Begues, l'exemple més clar, té 6 incendis amb una superfície de 2.302 ha; de fet, aquest és el municipi amb més percentatge de superfície forestal respecte el total municipal. El municipi de Barcelona, d'altra banda, amb 270 incendis va cremar durant el període d'estudi 219 ha. Badalona i Montcada i Reixac, en canvi, el nombre d'incendis és força proporcional a la superfície cremada 70 incendis (6,5%) amb una superfície de 741 ha cremades (9%) i 178 incendis (16,6%) i 577 ha (7%) respectivament.

Al *Mapa 5.2* es pot veure amb més exactitud la localització dels incendis per a cadascun dels anys inclosos dins d'aquest període, amb símbols graduats segons la mida d'aquests incendis.

Taula 5.5. Distribució dels incendis a l'AMB segons la seva magnitud. 1987-1998

Categories	nombre incendis		superfície total	
	absolut	%	absolut	%
<= 1 ha	878	82,2	149	1,8
>1 – 10 ha	151	14,1	453	5,5
>10 – 50 ha	31	2,9	689	8,3
>50 – 100 ha	3	0,3	236	2,9
> 100 ha	5	0,5	6.699	81,4

Font: Elaboració pròpia en base les dades facilitades pel DARP

La *Taula 5.5* mostra la distribució dels incendis segons la seva magnitud. En aquest cas no només s'ha considerat la superfície que afecta a cada municipi, sinó la superfície total que va afectar aquells incendis encara que afectessin a municipis de fora l'AMB, perquè el que es vol reflectir és la importància que assolixen aquests incendis; les 6.699 ha dels incendis més grans de 100 ha, corresponen totes a l'any 1994. Una altra dada

significativa és que aquest any es va cremar el 81% de la superfície total dels 12 anys d'estudi amb el 0,5% d'incendis. Contràriament, els incendis inferiors a 1 ha suposen el 82,2% del total amb un 1,8 de la superfície cremada.

5.4.2. Els incendis a l'AMB en relació a la causalitat

En el cas de l'AMB, cal ser prudents en la interpretació de la causalitat segons les dades que utilitzem. La diferent procedència de les dades (Consorti de Collserola i DARP), a la qual s'ha fet referència a l'apartat 5.2.1, fa que tingui informació poc homogènia quant a causes. La informació procedent del DARP és molt més detallada pel que fa a la determinació de les causes, en canvi el Patronat Metropolità, atorga un gran nombre d'incendis a la categoria de causes desconegudes, tal com es mostra a la *Taula 5.6*. Cal tenir en compte, que precisament a l'AMB els incendis tenen un fort component humà, per la forta pressió que hi ha, una zona totalment vertebrada per les zones urbanes i per la xarxa viària que afavoreix enormement l'accessibilitat i la mobilitat. El 30% de la superfície forestal cremada durant el període 1987-1998, cal atorgar-la al 76% de les causes desconegudes, segons dades del Patronat de Collserola; l'1% dels incendis que tenen com a causa crema agrícola van cremar el 55% de la superfície forestal (cal tenir en compte que la causa de l'incendi del Garraf va ser la crema agrícola) i l'11,2% de superfície cremada durant el període d'estudi són deguts a les negligències (amb un 9,5% dels incendis).

Taula 5.6. Distribució dels incendis i superfície cremada per grups de causes a l'AMB. 1987-1998

Grups de causes	Causa	Incendis (%)	Sup. cremada (%)
<i>Causa natural</i>	Llamp	0,3	0,0
<i>Negligències</i>	Abocadors	1,2	0,1
	Crema pastures	0,0	0,0
	Crema agrícola	1,4	55,2
	Crema forestal	0,4	0,1
	Altres	8,1	0,1
	Focs esbarjo	0,0	0,0
	Fumadors	0,7	0,1
		11,8	55,6
<i>Accidents</i>	Ferrocarril	0,1	0,0
	Línies elèctriques	0,9	0,1
	Motors / màquines	0,2	0,0
	Altres	0,6	0,1
	1,8	0,2	
<i>Intencionats</i>		9,5	11,2
<i>Causa desconeguda</i>		76,0%	30,7

Font: DARP

Considerant les dades del DARP, aquestes xifres varien significativament, començant ja per les causes desconegudes que són un 30%, els canvis més significatius en la distribució de les causes els trobem en els incendis intencionats amb un 28%, dins de les negligències: abocadors un 2%, crema agrícola un 2%, i fumadors un 11%; i dins del grup de causes accidentals: línies elèctriques un 3%. Per tant, la majoria dels incendis són deguts a l'activitat de les persones, ja sigui de forma directa o indirecta.

5.5. Incidència dels incendis a la comarca del Bages

La mateixa estructura del territori de la comarca del Bages, amb un 3% de superfície respecte el total comarcal ocupada per zona urbanitzada, i un 70% de zona forestal l'any 1999, fa evident que els incendis en aquest àmbit han de tenir un comportament perillós, sobretot per la quantitat de superfície afectada.

5.5.1. L'ocurrència d'incendis en relació al nombre d'incendis i a la superfície afectada

La *Taula 5.7*⁹ que mostra l'evolució dels incendis durant el període 1987-1998 a la comarca del Bages, reflecteix clarament els dos anys crítics pels boscos del Bages, l'any 1994 i l'any 1998 (cal recordar que l'any 1986, també va ser un any molt dolent –32 incendis i 4.637 ha cremades-, tot i que no consta en el nostre període d'estudi). Amb aquests dos anys es va cremar el 96% de la superfície cremada durant el període 1987-1998. D'aquests dos anys cal destacar alguns incendis que no només van causar efectes devastadors a la comarca del Bages, sinó que es van estendre en altres municipis:

- l'incendi del 4 de juliol de 1994, amb un total de 13.323 ha cremades de les quals 10.952 ha van afectar la comarca del Bages i 2.371 ha la comarca del Berguedà. Aquest incendi es va iniciar a Sant Mateu de Bages i va cremar 3.407 ha en aquest mateix municipi, però va continuar cremant a Navàs (3.015 ha), Castellnou de Bages (1.835 ha), Súria (982 ha), Fonollosa (870 ha), Balsareny (864 ha), Callús (453 ha) i Sant Joan de Vilatorrada (121 ha), dins la comarca del Bages i Puig-reig (536 ha) i Viver i Serrateix (1.749 ha) de la comarca del Berguedà.

⁹ De la mateixa manera que per l'AMB, quant al nombre d'incendis es té en compte el municipi d'inici, però pel que fa a la superfície cremada es té en compte la que afecta realment al municipi.

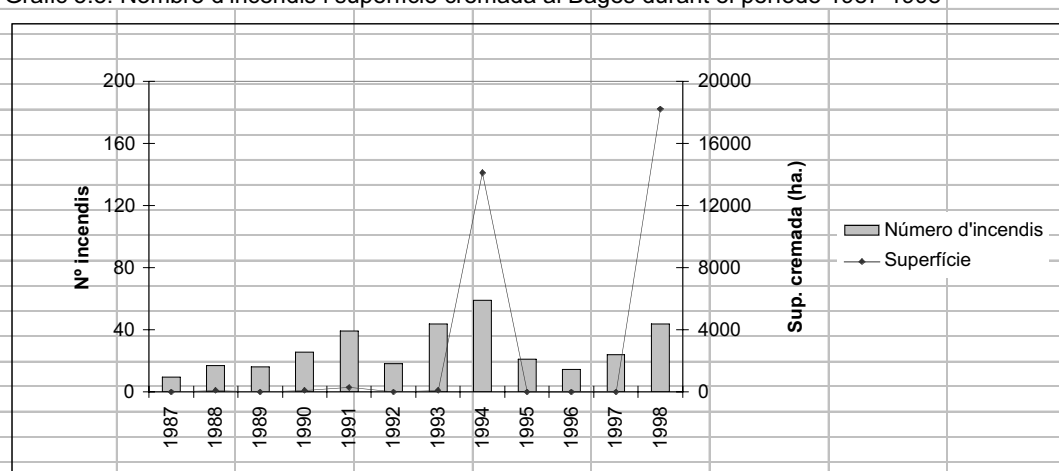
- l'incendi del 18 de juliol de 1998, que tot i iniciar-se a Aguilar de Segarra, la majoria de superfície afectada correspon a la comarca del Solsonès, amb 6.822 ha cremades, seguida pel Bages amb 2.821 ha, la Segarra amb 2.510 ha i l'Anoia amb 405 ha. Pel que fa als municipis del Bages, va afectar a Aguilar de Segarra amb 266 ha, Cardona amb 122 ha, Fonollosa amb 62 ha i Sant Mateu de Bages amb 2.372 ha.
- l'incendi del 19 de juliol de 1998, de les 5.420 ha cremades 4.557 van ser de la comarca del Solsonès i només 863 ha de Cardona, lloc d'inici d'aquest incendi.

Taula 5.7. Nombre d'incendis i superfície afectada al Bages. 1987-1998

Any	nombre d'incendis	superfície cremada (ha)
1987	10	18
1988	17	114
1989	16	47
1990	26	62
1991	39	310
1992	18	7
1993	44	120
1994	59	12.087
1995	21	9
1996	14	16
1997	24	8
1998	44	3.917
Total	332	16.715

Font: DARP

Gràfic 5.3. Nombre d'incendis i superfície cremada al Bages durant el període 1987-1998



Font: Elaboració pròpia apartir de les dades facilitades pel DARP.

El Gràfic 5.3, elaborat a partir de la Taula 5.7, mostra la relació entre la superfície cremada i el nombre d'incendis per a cadascun dels anys del període d'estudi. La tendència que mostra és que els anys amb més incendis es corresponen amb els de més superfície cremada, seguint precisament la mateixa tendència que els incendis a Catalunya en general.

El Mapa 5.3 mostra la distribució del nombre d'incendis per municipis i la superfície forestal cremada. Pel que fa al nombre d'ignicions, els municipis més afectats són Navàs, amb 21 incendis durant el període 1987-98, seguit de Sant Mateu de Bages amb 19 incendis, Sallent i Castellbell i el Vilar amb 18. En primer lloc cal destacar que els municipis més extensos, Sant Mateu de Bages i Navàs, han patit el major nombre de focs, i tenen cremada almenys la meitat del terme municipal. A Sant Mateu de Bages ha cremat durant aquests 12 anys, el 56% de la seva superfície municipal si es considera l'incendi de 1998 que suposa el 57% de la superfície total cremada durant el període 1987-98. A Navàs ha cremat el 37% del seu terme municipal, on l'incendi del 4 de juliol de 1994 va cremar més del 95% del total que s'ha cremat durant aquest període. Un altre municipi perjudicat pels incendis quant a superfície afectada és Castellnou de Bages, amb una superfície forestal cremada que suposa el 42% de tot el terme municipal durant el període d'estudi. El Mapa 5.6 mostra la distribució dels incendis per tots els anys d'estudi amb símbols graduats segons la superfície cremada.

Els municipis més urbans són els que es veuen menys afectats pels incendis, com Manresa, Sant Joan de Vilatorrada, Navarcles, Artés, i els que tenen major nombre d'urbanitzacions com Monistrol de Montserrat i Castellbell i el Vilar. Aquesta valoració corrobora l'afirmació que els incendis es produeixen en major nombre en les interfases rurals urbanes.

Taula 5.8. Distribució dels incendis al Bages segons la seva magnitud. 1987-1998

Categories	Nº incendis		Superfície total		Mitjana
	Total	%	Total	%	
<= 1 ha	255	78,8	56,81	0,2	0,22
>1 – 10 ha	54	16,3	165,4	0,5	3,66
>10 – 50 ha	13	3,9	293,20	0,9	22,56
>50 – 100 ha	3	0,9	179,70	0,5	59,90
> 100 ha	7	2,1	32.274	97,9	4.610,70

Font: Elaboració pròpia en base les dades facilitades pel DARP

La Taula 5.8 mostra la distribució dels incendis segons la seva magnitud; des de 1987 a 1998 el 2,1% amb una superfície superior a 100 ha han cremat el 97,9 % de la

superfície total de la comarca i el 0,9% d'incendis cremen el 40,4%. D'altra banda el 78,8% d'incendis han cremat només el 0,2% de la superfície total.

5.5.2. Els incendis al Bages en relació a la causalitat

L'estadística oficial del DARP proporciona la distribució de causes d'incendis pel Bages que es pot veure a la *Taula 5.9*. La fracció més important és la que correspon a les causes desconegudes un 13,0%, que a més, representen el 40,7% de la superfície cremada. La segona fracció correspon a causes naturals impossibles de contenir com són els llamps originats en tempestes seques que porten molt aparell elèctric i poca aigua; aquests representen un 23,2% dels incendis, però només un 0,3% de la superfície cremada. A continuació segueix la fracció corresponent als incendis originats per línies elèctriques en mal estat de conservació (17,2% dels incendis amb una superfície cremada que representa el 39,9%). Aquesta causa representa el 6% dels incendis en el conjunt de Catalunya; el Bages que disposa d'una xarxa de línies molt antigues,¹⁰ és molt més important a causa de l'increment del consum pel funcionament d'un nombre creixent d'aparells d'aire condicionat a l'estiu, o a curtcircuits ocasionats per animals que es col·loquen sobre les línies i originen descàrregues i avaries que inicien alguns incendis. Les companyies fan tot el possible per minimitzar la responsabilitat, i d'aquesta manera hi ha alguns incendis molt grans que se sospita que han estat iniciats per línies elèctriques que encara es troben sense determinar. Els intencionats, un 5,1% (amb el 17% de la superfície cremada), tenen quasi la mateixa importància que els focs ocasionats pels fumadors 8,1% (amb una superfície cremada gens apreciable). I el ferrocarril i altres accidents que es produeixen en la interfase rural-urbana sumen un 2,4% més. Els abocadors, que havien estat una causa de notable importància, han quedat reduïts a un 2,1%.

D'altra banda, també cal valorar els focs que tenen lloc per un mal funcionament de les feines agrícoles o forestals. La causa més important són les cremes agrícoles amb un 4,8% d'incidència. Segueixen els treballs forestals amb un 4,5% i les cremes de pastures amb un 3%. En conjunt, aquestes negligències produïdes en l'entorn rural, amb un total de 10% són inferiors a les negligències d'origen urbà (no s'ha comptabilitzat els motors i

¹⁰ Pel que respecta a aquesta segona causa, els informes exhaustius elaborats per l'ADF de Gaià sobre l'estat de conservació de tots els pals i les línies de baixa i alta tensió, ha posat de relleu la magnitud del problema que afecta a més del 50% de tots els pals d'aquella demarcació.

màquines que poden tenir origen agrícola i urbà), però no deixa de ser un percentatge significatiu i, per tant, objecte d'actuacions educatives dirigides als col·lectius específics per demostrar la perillositat d'aquestes pràctiques i la utilitat de les accions alternatives com llaurar els rostolls per incorporar matèria orgànica al sòl o estassar o pasturar els marges.

Hi ha dos aspectes que destaquen en la comparació de les proporcions de les causes dels incendis entre el Bages i la resta de Catalunya. En primer lloc, cal destacar l'alta incidència dels llamps. No es disposa d'informació meteorològica suficient que valori si la proporció de tempestes seques que hi ha en aquestes terres de l'interior és superior que a la resta del país en funció de la continentalitat.

Taula 5.9. Distribució dels incendis i superfície cremada per grups de causes. 1987-1998

Grups de causes	Causa	Incendis (%)	Sup. Cremada (%)
<i>Causa natural</i>	Llamp	23,2	0,3
<i>Negligències</i>	Abocadors	2,1	0,0
	Crema pastures	3,0	0,0
	Crema agrícola	4,8	0,0
	Crema forestal	5,5	0,1
	Altres	10,5	1,5
	Focs esbarjo	0,0	0,0
	Fumadors	8,1	0,0
		34,0	1,6
<i>Accidents</i>	Ferrocarril	1,2	0,0
	Línies elèctriques	17,2	39,9
	Motors / màquines	3,9	0,0
	Altres	1,2	0,0
		23,5	39,9
<i>Intencionats</i>		5,1	17,0
<i>Causa desconeguda</i>		13,0	40,7

Font: DARP

5.6. Principals trets distintius de les característiques generals dels incendis a l'AMB i al Bages

Prenent com a referència el conjunt de Catalunya, es pot considerar que els incendis al Bages s'aproximen més a les característiques generals que l'AMB, començant per la tendència que, els anys amb més incendis corresponen als anys amb més superfície cremada. A l'AMB en canvi, aquesta tendència no és tan clara, ja que hi ha molts incendis que es distribueixen de manera irregular per tots els anys, només coincidint l'any 1994 amb un increment, tant pel que fa al nombre com a la superfície.

Unes de les grans diferències que cal assenyalar entre tots dos àmbits, és la quantitat superfície cremada, molt superior al Bages que a l'AMB, i el nombre d'incendis, en aquest cas, molt superior a l'AMB que al Bages; de fet, el que determina la magnitud i les conseqüències negatives dels incendis no són la quantitat d'incendis sinó la superfície forestal cremada.

Malgrat tot, cal assenyalar algunes semblances; les xifres d'incendis grans i petits i la relació amb la superfície cremada que mostra la *Taula 5.5* (AMB) i la *Taula 5.8* (Bages), mostra el fet que molts incendis cremen molt poca superfície, i pocs incendis, són els culpables de les grans extensions de bosc cremades. És per això, que el problema no es troba tant en les ignicions en elles mateixes, sinó en la capacitat de poder-les controlar, per evitar que esdevinguin un gran incendi forestal.

Hi ha un altre aspecte que es pot considerar afecta de la mateixa manera als dos àmbits d'estudi, la causalitat. El coneixement de la causalitat permet orientar polítiques preventives de cara a evitar possibles ignicions. Malgrat a l'AMB es tingui un percentatge molt elevat d'incendis en causes desconegudes, la majoria d'incendis són causats per l'activitat de les persones, ja sigui de forma directa o indirecta. Aquest fet ha d'ajudar a preveure i per tant orientar les tasques de prevenció en aquells punts on els trets humans són més perceptius, com la neteja dels marges de les carreteres o amb altres activitats com l'educació ciutadana.

Aquest capítol ha donat unes pinzellades a les característiques generals dels incendis en tots dos àmbits, amb la qual cosa coneixem la localització dels incendis, quan s'han produït i algunes de les raons per les quals s'han produït. Ha permès identificar a grans trets els problemes que afecten a l'AMB i al Bages a partir de la interpretació d'informació disponible. Aplicant tècniques i mètodes d'anàlisi espacial, en capítols successius, s'anirà afegint nous arguments a la diferent tipus d'incendis, tot i definir alhora, els grans problemes generals que afecten els incendis forestals en zones de clima mediterrani. Per tant, per un costat, la identificació de dos models de comportament d'incendis ha de permetre establir polítiques correctores adaptades a les particularitats del territori concret. Per l'altre, el reconeixement de problemes comuns, fa possible implantar mesures i polítiques generals.

5.7. Bibliografia

- Castellnou, M. Rovira, J. Alcaraz, J. Rodríguez, F. Espadas, J. Queralt, D. Rius, J. (1999), "El projecte GRAF, una nova eina per als boscos" *Silvicultura*, 25, Segon Trimestre de 1999, 1-4.
- Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca (1990), *La gestió del bosc a Catalunya*. Barcelona, Generalitat de Catalunya, DARP.
- Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca (1994), *Revista Tecnologia Forestal*, núm.4, octubre de 1994. Generalitat de Catalunya, DARP, Direcció General de Medi Natural.
- Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca (1996), *Estadístiques agràries i pesqueres*, Barcelona, Generalitat de Catalunya, DARP.
- Graupera, F.R. (1991), *Incendis Forestals a Catalunya Lluita Integral*, Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca (DARP), Generalitat de Catalunya.
- Peix, J. et al. (1999), *Foc Verd II. Programa de gestió del risc d'incendi forestal*, Barcelona, Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca, Generalitat de Catalunya.
- Piñol, J. Terrades, J. Lloret, F. (1998), "Climate Warming, Wildfire Hazard, and Wildfire Occurrence in Coastal Eastern Spain", *Climatic Change*, 38, pp. 345-357.

<http://www.gencat.es/darp/focverd2>

<http://www.gencat.es/darp/focverd2/cfocve00.htm>

<http://www.gencat.es/darp/medi/incendis/canvis00.htm>

<http://www.gencat.es/mediamb/lleis/espnat/espna057.htm>

6. Distribució espacial dels incendis a l'AMB i a la comarca del Bages

6.1. Introducció

L'objectiu d'aquest capítol és analitzar, per un costat, la distribució espacial dels incendis a l'AMB i a la comarca del Bages utilitzant tècniques estadístiques d'anàlisi de probabilitats i, per l'altre, la variabilitat dels incendis en funció de la seva localització i la superfície afectada. La descripció del context físic i socioeconòmic, i de les característiques generals dels incendis que s'ha fet en capítols anteriors, ha permès aproximar-nos a aquests dos àmbits i, per tant, veure el tipus i la problemàtica de cada zona pel que fa als incendis forestals. Es pot entreveure només a partir d'una anàlisi visual de la distribució dels incendis (vegeu *Mapa 6.1.*), que a l'AMB s'agrupen clarament en unes zones i que en el cas del Bages la distribució és molt més dispersa, observant una molt lleu agrupació en alguns indrets. Aquesta observació serà la que ens permetrà formular les hipòtesis de treball, que seran examinades amb el model d'*Anàlisi de Quadrats (AQ)*. D'altra banda, si bé la localització és important, perquè dona una mesura de la probabilitat d'ignició, la relació entre la localització i la superfície cremada té un gran interès per saber si al llarg del període d'anàlisi els incendis amb les mateixes característiques pel que fa a la superfície cremada, tendeixen a agrupar-se, és a dir, si hi ha o no variabilitat entre els incendis pròxims; per estudiar aquesta tendència s'ha utilitzat el *coeficient de correlació de Moran (I)*.

L'AQ i el coeficient d'autocorrelació de Moran permeten conèixer algunes de les característiques de la distribució i variabilitat dels incendis en aquests dos àmbits, i complementen la determinació de la probabilitat d'ocurrència d'incendis. Combinant aquesta informació amb les condicions pròpies del territori, ha de ser possible delimitar les zones amb més probabilitat que tingui lloc un incendi. Els incendis són més fàcils de controlar quan aquests són petits, per tant, és molt important la previsió per a detectar-los el més aviat possible. La utilització d'aquests dos mètodes serà el punt de partida per a la justificació de dues hipòtesis generals que s'aniran justificant i complementant en capítols posteriors i que es poden formular de la següent manera: el punt concret on es localitzen els incendis incideix en el nombre, mentre que la meteorologia i la continuïtat de les masses forestals són importants per la superfície cremada.

6.2. Metodologia i bases de dades

6.2.1. Metodologia i base de dades pel càlcul de l'Anàlisi de Quadrats (AQ)

La descripció de la naturalesa de la distribució espacial dels incendis mitjançant el model d'AQ, permetrà tenir un primer indicador del risc d'ignició, ja que dóna una mesura de la probabilitat que en una cel·la hi hagi o no incendis a partir de l'anàlisi de les freqüències observades. S'intenta, doncs, explicar estadísticament si la distribució dels incendis en els dos àmbits d'estudi segueixen algun tipus de patró, ja sigui regular, aleatori o agrupat. La finalitat és poder obtenir més informació sobre el tipus d'incendis i trobar així, posteriorment, una explicació de la concentració o no en unes determinades zones, justificades en funció de les condicions humanes i les condicions del territori. Es tracta, doncs, d'un mètode de predicció de la probabilitat del risc d'ignició en funció de les observacions dels focus d'incendis que es disposa de l'AMB i de la comarca del Bages, pel període 1987-1998.

La metodologia utilitzada en la descripció de la distribució espacial dels incendis es pot resumir en els següents punts:

- descripció del model utilitzat, AQ, per analitzar la naturalesa de la distribució espacial dels incendis
- selecció i preparació de les dades que integraran el model
- càlcul de l'AQ als dos àmbits d'estudi utilitzant la tecnologia SIG
- interpretació i anàlisi dels resultats

La informació necessària per al càlcul de l'AQ es basa en els següents elements:

- una base dels focus d'incendis de l'AMB i de la comarca dels Bages durant el període 1987-1998. La procedència d'aquestes dades ha estat descrita en el capítol de les característiques generals dels incendis (capítol 5). Com s'explicarà més endavant s'ha manipulat les dades per tal de convertir-la en ràster d'una resolució d'1 km, 2,5 km i 5 km
- una malla d'1 km, 2 km i 5 km de costat, digitalitzada amb AutoCad i estructurada amb ArcInfo per associar-li l'atribut de freqüència
- la base de les zones urbanitzades procedent de la base de poblament de Catalunya disponible a la web del Departament de Medi Ambient¹ de la Generalitat de Catalunya a

¹ http://www.gencat.es/mediamb/gis/cgis_b9.html

escala 1:250.000, de l'any 1992. D'aquesta base s'ha extret els nuclis de poblament pels dos àmbits d'estudi, posteriorment s'han rasteritzat, a una resolució d'1 km 2,5 km i 5 km, i s'han reclassificat per convertir-la en capa de restricció

- una màscara dels àmbits d'estudi, per extreure la superfície del ràster que queda fora l'àmbit.

6.2.2. Metodologia i base de dades pel càlcul del coeficient de correlació de Moran

La descripció de la variabilitat dels incendis a través del coeficient de correlació de Moran, permetrà saber en quina mesura els incendis pròxims tenen les mateixes característiques a la seva mida, és a dir, si els incendis s'agrupen en funció de la seva magnitud.

La metodologia aplicada en aquest apartat ha estat la següent:

- descripció del coeficient de correlació utilitzat, *coeficient de correlació de Moran*,
- selecció i preparació de les dades que integraran el model
- càlcul del coeficient de correlació de Moran en tots dos àmbits d'estudi
- interpretació i anàlisi dels resultats

La informació necessària per calcular el coeficient d'autocorrelació de Moran es resumeix en:

- les coordenades dels incendis de l'AMB i la comarca del Bages durant el període 1987-1998, procedent de la mateixa base d'incendis descrita al capítol cinc
- la superfície cremada per cada incendi a partir de la mateixa font de dades

6.3. L'Anàlisi de Quadrats com a mètode predictiu de la probabilitat d'ignició

6.3.1. Fonaments teòrics

Tradicionalment, els mapes de punts han estat una de les eines cartogràfiques més utilitzades pels geògrafs, per la seva claredat i simplicitat en la visualització de distribucions espacials (Taylor, 1977). Seguint aquest criteri, s'ha utilitzat el model d'AQ, que prova

l'aleatorietat basada en l'anàlisi de freqüències, per analitzar la distribució espacial dels incendis. El terme AQ engloba una varietat de tècniques estadístiques dissenyades per mesurar les propietats d'un patró de punts. Tot i que les primeres aplicacions van tenir lloc fora de la geografia (els inicis cal buscar-los sobretot en l'ecologia vegetal) aquestes tècniques són de gran interès per a la geografia, perquè permeten resoldre algunes preguntes sobre les relacions entre punts a l'espai (Thomas, 1979).

L'AQ parteix de la distribució de Poisson que té les següents premisses. Primera: qualsevol localització en un mapa té la mateixa probabilitat de rebre un punt. Aquesta premissa permet inferir que el procés que produeix el patró de distribució de punts és un procés aleatori. Segona: cadascun dels punts localitzats en un mapa, és independents dels altres (Thomas, 1979; 1985; Thomas et al. 1980; Shaw, 1985).

El model de distribució de Poisson basat en aquestes restriccions, pot utilitzar-se per estudiar una distribució de punts en un mapa. Aquests patrons esperats, es poden comparar amb els patrons observats o reals. A partir d'aquí i mitjançant la utilització d'uns valors de comparació estàndards, es poden mesurar les desviacions del patró real respecte l'esperat.

Per tant, en l'estudi de distribució de punts es poden reconèixer dues desviacions importants de les restriccions imposades en el model de Poisson, cada una d'elles ha estat produïda per processos no aleatoris. La primera desviació és la que produeix patrons regulars de distribució, que pot ser la visualització de processos en competència. La segona desviació del model de Poisson, és la situació, on la localització de punts ja existents atreu a altres punts. Aquesta desviació pot anomenar-se "procés de contagi", i tendeix a produir patrons *cluster*.

Amb aquesta descripció, doncs, és possible reconèixer tres tipus bàsics de patrons de punts, regular, aleatori i *cluster*. La distribució de Poisson és (Taylor, 1977):

$$P_{x=0} = e^{-\lambda} \cdot \lambda^x / x! \quad (6.1)$$

On:

P_x = probabilitat que una cel·la contingui x punts

e = número e ; $e \approx 2.7183$

x = nombre de punts en una cel·la determinada

λ = paràmetre de la distribució de Poisson igual a la seva mitjana i a la seva variància.

Tant si es vol estimar la distribució real dels incendis en àrees forestals, com si es vol veure si la seva distribució és regular, aleatòria o *cluster*, si es parteix del model de Poisson, totes les cel·les tenen la mateixa probabilitat que hi hagi ocurrencies. Així, es planteja la següent hipòtesi nul·la.

H_0 = no hi ha diferències entre la distribució teòrica d'ocurrencies i la real. Per tant, les ocurrencies tindran una distribució aleatòria.

Per analitzar la bondat d'ajustament de la distribució de Poisson en els casos reals exposats en aquesta tesi (l'AMB i la comarca del Bages), s'aplica l'AQ, que queda reflectit en la fórmula (6.2), i on es postula que si la mitjana i la variància són iguals, s'observa una distribució de Poisson (Thomas et al. 1980)

$$AQ = S_x^2 / \bar{x} \quad (6.2)$$

On,

S_x^2 = variància mostral

\bar{x} = mitjana mostral

$$S^2 = \sum_i^k (x_i - \bar{x})^2 / n \quad (6.3)$$

$$\bar{x} = \sum_i^n x_i / n = r / n \quad (6.4)$$

On,

k = freqüència més gran

n = nombre total de cel·les

x_i = nombre de punts en cada cel·la

\bar{x} = mitjana mostral

r = valor total d'observacions

Cal tenir en compte, que la mitjana mostral (\bar{x}) és la densitat de punts. Per tant, la mitjana observada (\bar{x}) i la variància observada (S_x^2) del nombre de punts per cada cel·la,

per un patró de punts generat per un procés aleatori independent, ha de ser aproximadament igual. Qualsevol diferència és deguda purament a variacions aleatòries.

Per tant, si hi ha correspondència perfecta entre la mitjana mostral i la variància, la distribució d'incidències d'incendi observada, correspondrà a la distribució de probabilitats de Poisson, per tant, a la distribució aleatòria.

$$S_x^2 / \bar{x} \rightarrow 0 \quad \text{patró uniforme}$$

$$S_x^2 / \bar{x} = 1.0 \quad \text{patró aleatori}$$

$$S_x^2 / \bar{x} \rightarrow \infty \quad \text{patró agrupat}$$

On, si l'ajust entre la mitjana i la variància és pobre, el valor de l'AQ, tendirà a zero o a patró aleatori; però, si els patrons observats mostren una agrupació total, el valor tendirà a infinit.

D'aquesta manera, els processos de Poisson, apareixen com a poc interessants i amb poca probabilitat que s'esdevinguin a la realitat. En canvi, les tres opcions apuntades al paràgraf anterior, que parteixen de l'esquema de Poisson semblen interessants per estudiar la distribució de punts.

Es pot provar estadísticament la correspondència entre la distribució de la mostra (variància/mitjana) i la predicció de Poisson, mitjançant la prova *t Student*. Aquest test permet provar si la mostra és el resultat d'un procés aleatori (Poisson), o no. El test *t Student* pot ser calculat mitjançant la transformació següent:

$$t = \frac{(S^2 / \bar{x}) - 1}{\sqrt{2/(n-1)}} \quad (6.5)$$

S_x^2 = variància mostral

\bar{x} = mitjana mostral

n = nombre de cel·les

Si el valor de la *t Student* calculat és superior a la *t* crítica hem de refusar la H_0 , i si és inferior l'hem d'acceptar.

Un dels aspectes crítics en anàlisi d'aquests tipus és la mida de la cel·la a partir de la qual es farà el càlcul de freqüències, ja que té una influència directa en la interpretació dels resultats. Tot i que hi ha algunes orientacions en la selecció de la mida de la cel·la (Taylor, 1977, Thomas, 1979), la selecció final és sempre un procediment arbitrari. En casos més complexos, el millor és provar diferents mides de cel·la per buscar diferents patrons a diferents escales. Per tant, és molt important els efectes de l'escala en patrons espacials, ja que canviant la mida de la cel·la podem canviar el resultat final, és a dir la distribució de les freqüències observades.

6.3.2 Distribució espacial dels incendis a l'AMB i a la comarca del Bages

Hi ha algunes experiències que quantifiquen la distribució espacial dels incendis basant-se en el càlcul de freqüències, sense utilitzar pròpiament el model de distribució de Poisson; a Galícia, Galiñanes et al. (1998) divideixen la zona d'estudi en cel·les de 10 km per trobar la densitat dels incendis; Bovio i Camia (1997), divideixen l'espai en el que ells anomenen Unitats Bàsiques per definir un perfil històric dels incendis a dues zones d'Itàlia, el Piemont i Veneto, amb la finalitat de descriure la freqüència dels incendis i les seves característiques generals. Hi ha alguna experiència en la utilització del model de distribució de Poisson per analitzar la probabilitat d'ocurrència d'incendis causats per les persones (Cunningham i Martell, 1973; 1976). Martell et al. (1986) i Martell i Bevilacqua (1989) utilitzen el model de Poisson per al càlcul diari de la probabilitat que hi hagi un incendi, paràmetre que s'integra juntament amb altres, al model de regressió logística.

Els quadrats, base geomètrica sobre la qual es calcularà l'AQ per tal de tenir una mesura quantitativa, són divisions cel·lulars d'una àrea directament compatibles amb el model ràster d'un SIG. És per aquest motiu que alguns SIG han desenvolupat eines estadístiques que agiliten anàlisis d'aquests tipus. Per aplicar l'AQ pels dos àmbits d'estudi s'han adaptat les bases espacials disponibles al format Idrisi, programa a partir del qual s'ha calculat l'AQ.

El que es planteja en aquest cas és si els incendis es localitzen en funció de la influència d'altres incendis, és a dir, si la distribució segueix un procés de contagi, i, per tant, tendeix cap un patró agrupat, o bé, es distribueixen independentment uns dels altres i per tant segueixen un patró aleatori. La hipòtesi nul·la s'escriurà de la següent manera:

H_0 = no hi ha diferències significatives entre la distribució de freqüències aleatòria teòrica i l'observada. La distribució dels incendis a l'AMB i al Bages responen a un patró aleatori.

$$H_0 = S_x^2 / \bar{x} = 1.0$$

La formulació de la hipòtesi alternativa queda de la següent manera:

H_1 = a l'AMB i al Bages hi ha diferències significatives entre una distribució de freqüències aleatòria teòrica i l'observada, que respon a un patró agrupat.

$$H_1 = S_x^2 / \bar{x} \neq 1.0$$

En base aquestes dues hipòtesis s'aplicarà el model d'AQ per avaluar si les podem acceptar o s'han de refusar.

En aquesta tesi l'AQ s'utilitzarà per definir la naturalesa de la distribució espacial dels incendis a partir de l'anàlisi de freqüències. Cal, doncs, definir els límits dels àmbits d'estudi i posteriorment localitzar els incendis.² Per tal de tenir una mesura quantitativa, és a dir, per calcular les freqüències, s'han dividit els dos àmbits d'estudi en una malla. Ja s'ha comentat en un apartat anterior l'arbitrarietat en la selecció de la mida de la cel·la; és per aquest motiu que s'ha optat per aplicar el model amb tres mides de cel·la diferents: d'1 km de costat, de 2,5 km de costat i de 5 km de costat, per tal d'observar possibles diferències en els resultats que ens portessin a unes conclusions esbiaixades.³

La capa d'informació de les ignicions⁴ i la malla estructurada topològicament permet calcular la freqüència d'incendis⁵ per cel·la.⁶ Un cop afegit el nombre de focus per cel·la com

² La localització dels incendis s'ha realitzat amb un SIG: disposant d'una base de dades alfanumèrica, amb dos camps que corresponien a la x i a la y i la resta els atributs, ha estat possible localitzar cadascun dels punts amb ArcView, amb la qual cosa s'ha elaborat una capa d'informació espacial dels incendis amb tots els seus atributs associats.

³ Al VIII Coloquio del Grupo de Métodos Cuantitativos, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección es va presentar una anàlisi genèrica de la distribució espaciotemporal dels incendis, per a l'AMB, amb una resolució d'1 km. Visualment ja s'apreciava la concentració dels focus en uns quants punts conflictius (Badia, 1998).

⁴ Quan al llarg dels diferents capítols que configuren aquesta tesi es parla d'ignicions, es fa referència al punt aproximat de l'inici de l'incendi.

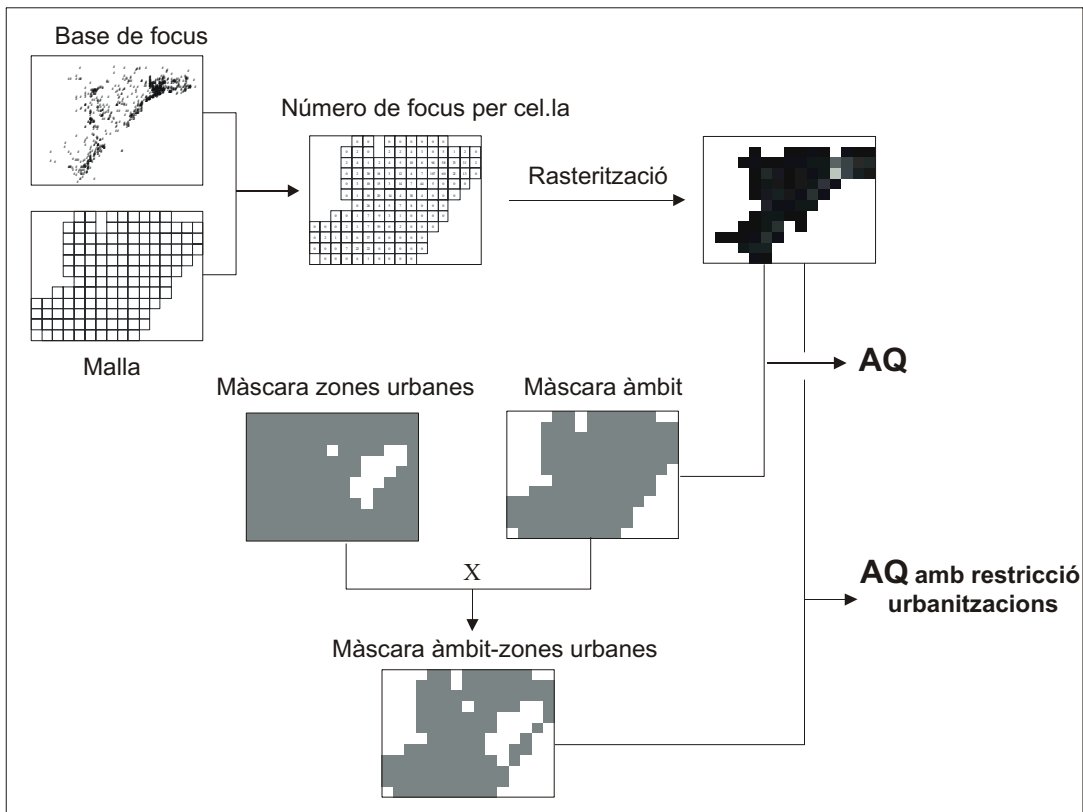
⁵ S'entén per freqüència d'incendis al nombre d'incendis que té lloc en un indret determinat.

⁶ El procediment pel càlcul de freqüències ha estat el següent: des d'ArcView, s'associa el codi de malla a cadascun dels focus mitjançant un *join* espacial i es calcula les freqüències a partir del codi de malla, obtenint

atribut a la malla, cal rasteritzar aquesta capa amb la resolució corresponent (1 km, 2,5 km i 5 km), associant-li com atribut de cel·la el nombre de focus. A partir d'aquí ja podem calcular l'AQ, model que s'ha executat des d'Idrisi v.2 (Eastman, 1997).

En el càlcul s'ha afegit una màscara de l'àmbit,⁷ per tal que no tingui en compte en el nombre total de cel·les la zona fora l'àmbit, ja que Idrisi no considera valor *No Data* i per tant tot el que quedava fora l'àmbit ho hagués assignat a la categoria 0 fent incrementar enormement aquesta freqüència. D'altra banda, cal tenir en compte que a l'AMB una bona part de la superfície queda ocupada per zona urbana, per tant, per calcular l'AQ caldria eliminar aquesta zona, perquè no distorsioni els resultats.⁸ De totes maneres l'anàlisi s'ha executat per un costat, considerant les zones urbanes i, per l'altre, discriminant-les, amb la finalitat d'observar possibles diferències. La base de poblament l'anomenarem base de restricció. La *Figura 6.1* resumeix en un esquema el procediment de tractament de les dades per poder aplicar l'AQ.

Figura 6.1. Esquema de tractament de dades pel càlcul de l'AQ



com a resultat el nombre de focus per cel·la. La taula resultant l'afegim a la taula dels atributs de la malla, obtenint com a resultat el nombre de focus per cel·la com atribut més de la capa de la malla.

⁷ S'ha assignat valor 0 tot el que és fora l'àmbit i valor 1 el que és dins l'àmbit.

La *Taula 6.1* i la *Taula 6.2* ens mostren els resultats del càlcul de l'AQ per totes dues àrees i per les diferents resolucions. En el cas del Bages, en rasteritzar les zones urbanes amb una resolució de 5 km, no ha aparegut cap cel·la amb presència d'incendis; per això en aquest cas no té sentit aplicar la màscara. S'ha inclòs aquells estadístics que han semblat més significatius. A l'Annex 1 es pot veure tots els estadístics que donen com a resultat d'aplicar l'AQ des d'Idrisi. Un cop finalitzat el càlcul de l'AQ, s'ha repetit el procés per integrar al càlcul com a capa de restricció les zones urbanitzades, en considerar que aquestes són zones en què no hi pot haver incendis forestals. Ja es veurà que les diferències no són tan significatives amb i sense capa de restricció.

Taula 6.1. Estadístics resultants d'aplicar el model d'AQ (variància/mitjana) amb Idrisi a l'AMB

AMB								
Període 1987-1998								
Resolució	sense restricció				amb restricció (urbanitzacions)			
	mitjana	variància	variància/ mitjana (AQ)	<i>t Student</i>	mitjana	variància	variància/ mitjana (AQ)	<i>t Student</i>
1 km	0,64	7,71	11,97	205,77*	0,64	8,95	14,04	216,98*
2,5km	8,09	431,96	53,38	423,96*	7,95	450,10	56,63	421,83*
5 km	12,73	853,14	67,01	333,36*	12,85	923,61	71,87	339,88*

* significatiu amb un nivell de significació $p < 0,001$

Taula 6.2 Estadístics resultants d'aplicar el model d'AQ (variància/mitjana) amb Idrisi al Bages

Bages								
Període 1987-1998								
Resolució	sense restricció				amb restricció (urbanitzacions)			
	mitjana	variància	variància/ mitjana	<i>t Student</i>	mitjana	variància	variància/ mitjana	<i>t Student</i>
1 km	0,16	0,19	1,16	4,21*	0,17	0,19	1,15	4,14*
2,5km	1,30	1,94	1,49	5,56*	1,30	1,94	1,49	5,48*
5 km	3,66	14,54	3,97					

* significatiu amb un nivell de significació $p < 0,001$

Si visualment en el cas de l'AMB ja es veia una concentració molt clara en algunes zones, aplicant l'AQ (*Taula 6.1*) aquesta agrupació queda del tot confirmada; tant si ens fixem només amb els valors de la variància/mitjana (molt allunyats d'1) com a partir del càlcul de la *t student*, prova que ens permet acceptar o refusar la hipòtesi nul·la (els incendis es distribueixen aleatòriament). Tot i que hi ha diferències en la consideració de les zones urbanes com a capa de restricció, aquestes no suposen cap modificació de les conclusions a les quals arribem: els incendis a l'AMB tenen una clara tendència a l'agrupació; per tant hi ha diferències molt significatives entre la distribució de freqüències aleatòria i l'observada.

⁸ Aquesta capa de restricció l'he multiplicada a la màscara que generada per descartar la zona de fora l'àmbit, d'aquesta manera es descarta alhora les urbanitzacions i la zona fora l'àmbit. S'assignarà valor 0 tot el que és

En el cas del Bages, és evident que la utilització d'una mida o una altra de cel·la, influencia els resultats, com es desprèn de la *Taula 6.2*. Observant els resultats de la Variància/mitjana, per 1 km i 2,5 km el valor s'aproxima molt a 1 -el que seria el patró aleatori- (1,16 i 1,49 respectivament), i per 5 km s'allunya molt més (3,97). Ara bé, aplicant la *t Student*, en tots tres casos el resultat és significativament més gran que 1, per tant la tendència és cap a l'agrupació, més clara en el cas de la resolució a 5 km, però una mica més ajustada pel cas d'1 km i 2,5 km. Com es pot comprovar, en el cas del Bages les diferències en la consideració de les urbanitzacions com a capa restrictiva encara són menys significatives que a l'AMB.

S'ha calculat també l'AQ per cadascun dels anys independentment (des del 1987 al 1998), per veure si hi havia alguns anys amb diferències molt marcades. El càlcul any per any del model d'AQ només s'ha realitzat per la resolució de 2,5 km, malla que s'ha considerat òptima i comparable per totes dues àrees un cop contrastats els resultats amb totes tres resolucions (*Taula 6.3*).

Taula 6.3. Estadístics resultants del càlcul del model d'AQ des d'Ildrisi a l'AMB

1987-98	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<i>Anàlisi de Quadrats sense restricció</i>												
53,36*	2,07*	1,69*	2,94*	8,16*	10,59*	3,51*	13,56*	11,30*	7,73*	2,57*	2,96*	6,40*
<i>Anàlisi de Quadrats amb restricció de les zones urbanes</i>												
56,63*	1,93*	1,49*	2,98*	8,72*	10,76*	3,70*	14,75*	12,13*	8,40*	2,85*	3,09*	6,96*

* significatiu amb un nivell de significació $p < 0,001$

Taula 6.4. Estadístics resultants del càlcul del model d'AQ des d'Ildrisi al Bages

1987-98	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<i>Anàlisi de Quadrats sense restricció</i>												
1,49*	0,98	1,07	1,07	1,29**	1,06	1,05	1,29**	0,98	1,30*	0,97	0,99	1,11
<i>Anàlisi de Quadrats amb restricció de les zones urbanes</i>												
1,49*	0,98	1,07	1,07	1,29**	1,06	1,04	1,29**	0,98	1,30*	0,96	0,99	1,10

* significatiu amb un nivell de significació $p < 0,001$

** significatiu amb un nivell de significació $p < 0,01$

fora l'àmbit i urbanitzacions i 1 la resta.

A l'Annex 1 ofereix més informació dels estadístics que ens proporciona el programa sobre la tendència de la distribució. Mentre que en el cas de l'AMB hi ha una clara tendència a l'agrupació en tots els anys, en el cas de la comarca del Bages en gairebé tots els casos no hi ha una diferència significativa entre la distribució teòrica i l'observada (pels anys 1987, 1988, 1989, 1991, 1992, 1994, 1996, 1997 i 1998), per tant en aquest cas acceptaríem la hipòtesi nul·la i refusaríem la hipòtesi alternativa. Aquesta anàlisi d'any per any ens ve a demostrar que els incendis dins del mateix any es distribueixen aleatòriament, però que any rera any, alguns d'ells, se situen en zones pròximes.

És evident que les tendències s'analitzen amb un conjunt d'anys, però amb aquesta anàlisi individual es pretén veure aquells anys que presenten més concentració i els que presenten més aleatorietat. Cal destacar que en cap dels casos s'ha observat una distribució uniforme. Els incendis es distribueixen o bé de manera aleatòria o bé agrupada.

6.4. Variabilitat espacial dels incendis segons la superfície afectada

6.4.1. Fonaments teòrics

La propietat bàsica de les dades localitzades espacialment, és que un conjunt de valors tenen una probabilitat d'estar relacionats en l'espai. Aquesta afirmació parteix d'una de les lleis de la geografia, que considera que, tot està relacionat, però allò més pròxim està més relacionat que el que es troba més distant (Tobler, 1970).

Hi ha una gran nombre d'eines estadístiques desenvolupades amb la finalitat d'analitzar la variabilitat espacial d'algunes variables i la relació que s'estableixen entre elles (Legendre i Fortin, 1989; Salvador, 2000). Aquestes eines generalment quantifiquen l'autocorrelació espacial, que és el grau de similitud entre punts propers en l'espai (Cliff i Ord, 1981). En essència l'autocorrelació espacial explica el valor d'una variable en una regió determinada, per la proximitat dels valors de les variables veïnes.

L'estratègia de l'anàlisi de l'autocorrelació espacial, és similar a l'estructura del mètode de quadrat. No hi ha autocorrelació quan el valor d'una variable en qualsevol regió no influeix la variable en qualsevol altra regió.

L'anàlisi d'autocorrelació espacial és una tècnica que pot ser aplicada a variables nominals, ordinals i d'interval, representades en una àrea geogràfica. El que realment prova és si el valor observat d'una variable és independent al valor observat de la variable veïna. S'analiza la distribució espacial dels incendis als dos àmbits d'estudi, sobretot, per contestar a una pregunta bàsica que es formula de forma immediata: el patró espacial donat pel fenomen dels incendis (considerant com a valor dels incendis la seva mida), té alguna interpretació significativa que cal analitzar? (Cliff i Ord, 1981). Una vegada analitzat aquest interrogant, es pot plantejar la següent qüestió: es pot obtenir informació sobre quin ha estat el procés que ha produït el patró observat? Per tant, es vol demostrar si un incendi localitzat en un punt donat és similar, pel que fa a la superfície cremada, a l'incendi veí.

Una de les eines estadístiques disponibles i més utilitzades per a la quantificació de l'autocorrelació d'una mostra és el coeficient de correlació de Moran (I), el qual resumeix els patrons de la variabilitat geogràfica.

Hi ha alguna experiència en l'aplicació del coeficient d'autocorrelació de Moran per trobar la variabilitat espacial dels incendis, i que utilitzen la superfície forestal cremada per establir autocorrelacions. Chou et al. (1990) i Chou (1992), arriben a la conclusió que l'anàlisi de l'autocorrelació dels incendis en base a la contigüitat dels punts i la seva superfície, i la distància dels diferents punts i la superfície cremada, és un bon mètode de predicció de l'ocurrència.

Seguint les formulacions exposades per Cliff i Ord (1981):

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} z_i z_j}{s_t \sum_{i=1}^n z_i^2} \quad (6.6)$$

On:

n = és el nombre total de casos,

w_{ij} = és la connexió geogràfica entre el punt i i el punt j (generalment donat amb una funció simple de la inversa de la distància)

z_i, z_j = és el valor de la variable estudiada ($z_i = x_i - \bar{x}$)

s_t = és la suma de tots els w_{ij} .

Si es considera separatament la fórmula 6.6, resulten els següents sumatoris:

$$S_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} z_i z_j}{S_t} \quad (6.7)$$

$$S_1 = \frac{\sum_{i=1}^n z_i^2}{n} \quad (6.8)$$

On S_1 pot ser clarament identificat com a variància mostral (mitjana del valor de les diferències al quadrat). Per tant, ens ofereix informació sobre la variabilitat de les observacions x_i . S_2 és similar a la covariància de la mostra, que només considera els parells de valors dels punts connectats. Conseqüentment, $I = S_2/S_1$, és una covariància estandaritzada que significa una correlació.

En un escenari ideal amb una autocorrelació clara, esperem trobar, pels punts propers, valors molt similars ($z_i \approx z_j$), la qual cosa condueix a $z_i z_j \approx z_i^2$, a $S_2 \approx S_1$ i a $I \approx 1$. Una autocorrelació espacial positiva indica que els valors adjacents dels punts són semblants; una autocorrelació espacial negativa significa més diferències de les que podríem esperar a l'atzar els parells adjacents.

Hi ha dos mètodes per al càlcul de la I , el primer, ens dóna una sola mesura de I i es pot observar la similitud entre dos punts, tenint en compte la proximitat dels punts en l'espai, a partir de la distància euclidiana entre aquests dos punts (ens mostra la similitud dels punts en funció de la ponderació a la inversa de la distància, $1/d$); el segon, els correlogrames, basats en la divisió de totes les distàncies entre parells de punts en diferents intervals de distàncies i amb un valor de I per a cadascun d'aquests intervals; en aquest cas es dóna valor 1, als que es troben dins de l'interval, i valor 0 als que es troben fora l'interval. Per tant, per a cada interval es quantifica la semblança de cadascun dels parells de punts veient la tendència en la distància.

El càlcul del coeficient d'autocorrelació parteix dels següents elements:⁹

- en la hipòtesi nul·la (absència d'autocorrelació) els valors de les observacions es distribueixen normalment.

⁹ L'executable d'aquest coeficient ha estat programat per Raimon Salvador, investigador del CREAF, a partir de Cliff and Ord (1981).

- per a un nombre de mostra gran ($n > 50$) la distribució de I s'aproxima a una normal. Per tant serà desitjable que les submostres incloses en els intervals dels correlogrames tinguin una mida mínima de 50 observacions

6.4.2. Càlcul del coeficient de correlació de Moran a l'AMB i al Bages

La hipòtesi nul·la d'absència d'autocorrelació, es formula en aquest cas de la següent manera:

H_0 = no hi ha autocorrelació entre la localització dels incendis i la superfície afectada per aquests incendis tant a l'AMB com a la comarca del Bages.

La hipòtesi alternativa es formula de la següent manera:

H_1 = hi ha autocorrelació entre la localització dels incendis i la superfície cremada en les àrees estudiades

Per tant, el que afirmem amb la formulació de les hipòtesis de treball per tots dos àmbits d'estudi, és que els incendis més propers tendeixen a tenir la mateixa mida, és a dir hi ha absència de variabilitat entre els incendis pròxims.

El tipus de dades utilitzades en el càlcul d'aquest model són contínues. Es disposa de la localització dels incendis, en coordenades x i y , amb la mida associada a cada incendi. Aplicant el coeficient de correlació de Moran amb una sola mesura ens surt un valor molt baix tant per l'AMB com pel Bages (*Taula 6.5*). En el primer cas és de 0.001311 i en el segon -0.000433 , amb la qual cosa, amb un nivell de significació de 0,05, hem d'acceptar la H_0 d'absència d'autocorrelació. Per tant, no existeix cap mena de relació entre les mides dels incendis localitzats a poca distància els uns dels altres.

Taula 6.5. Estadístics resultants del càlcul del coeficient d'autocorrelació de Moran

nº parelles	Valor coef. I	$E(I)$ sota H_0	$Var(I)$ sota H_0	valor d' I estandaritzat
<i>AMB</i>				
54938	0.001311	-0.000937	0.000089	0.238689
<i>Bages</i>				
54938	-0.000433	-0.003021	0.000053	0.354909

El càlcul del coeficient d'autocorrelació de Moran per intervals de distància, ens dona igualment la no existència d'autocorrelació entre els incendis pròxims tant a l'AMB com al Bages. A la *Taula 6.6* (que s'ha inclòs a l'Annex 1), s'entra en més detall en l'anàlisi de l'autocorrelació entre els incendis veïns tant a l'AMB com al Bages, aplicant els correlogrames. S'ha establert arbitràriament intervals de distàncies en tots dos casos d'autocorrelació, per veure si en alguns intervals existia autocorrelació. Novament cal acceptar la H_0 d'absència d'autocorrelació, ja que, de la mateixa manera que aplicant el coeficient d'autocorrelació amb un sol interval, establint diferents intervals no hi ha diferències significatives entre allò observat i allò esperat. Només en el cas de l'AMB, en l'interval de distància comprés entre 30.000 i 40.000 metres, l'autocorrelació és significativa. A causa de l'excepcionalitat de l'incendi del Garraf (que és el que ha donat una autocorrelació significativa en un dels intervals), hem exclòs aquest cas i hem repetit el procés, donant com a resultat una autocorrelació no significativa en tots els intervals (amb un nivell de significació de $\alpha=0.05$). En el cas del Bages (*Taula 6.7*, Annex 1) l'autocorrelació tampoc és significativa en cap dels casos i per tant acceptem de la mateixa manera que per l'AMB la H_0 d'absència d'autocorrelació (amb un nivell de significació de $\alpha=0.05$).

6.5. Interpretació i anàlisi dels resultats

Les aportacions de l'AQ per a la descripció de la naturalesa de la distribució dels incendis i el coeficient d'autocorrelació de Moran a la tipificació dels incendis a l'AMB i al Bages, semblen prou interessants un cop exposats els resultats.

Pel que fa a l'anàlisi dels resultats de l'AQ, es pot considerar que en el cas de l'AMB els incendis no es distribueixen aleatòriament sinó que segueixen una tendència a l'agrupació. En tots tres casos provats, la variància/mitjana és significativament > 1 , el que vol dir que els incendis segueixen un patró *cluster*. Per tant, hi ha unes zones amb més probabilitat que hi hagi incendis que en altres. Aquesta conclusió indicaria les zones amb més risc d'incendis. A l'AMB hi ha una clara tendència a l'agrupació dels incendis entorn a unes zones; fins i tot en l'anàlisi que s'ha fet any per any amb una resolució de 2,5 km, en tots els casos els valors de la variància/mitjana són molt superiors a 1. Així com els valors finals de l'AQ per l'AMB són molt clars per poder considerar que hi ha una clara tendència a l'agregació, en el cas del Bages cal el càlcul de la *t Student* per apuntar que hi ha una lleugera tendència a l'agrupació. De fet, en aquest últim cas els resultats del càlcul de l'AQ per a cadascun dels anys fan que refusem la H_0 i acceptem la H_1 . La utilització de la base

d'urbanitzacions com a capa de restricció per tal que no es consideressin en el càlcul de l'AQ a l'AMB, ha fet variar els resultats de manera molt poc significativa tant per les diferents resolucions com per l'anàlisi d'any per any, i en el cas del Bages aquestes diferències encara són menys significatives. El que presenta més diferències és el càlcul de l'AQ amb una resolució de 5 km i sobretot per l'AMB.

En el *Mapa 6.2*, ja s'evidencia clarament que la concentració dels incendis és molt més clara a l'AMB que el Bages precisament perquè hi ha molts més incendis a l'AMB. S'han ressaltat aquelles cel·les amb més incendis (el diferent to del color de les cel·les per l'AMB i pel Bages, indica que hi ha molts més incendis per cel·la a l'AMB que al Bages). Mentre que les cel·les marcades per l'AMB van de 30 a 187 focus per cel·la, al Bages només són 5 o 6 focus per cel·la.

Aquesta agrupació dels incendis en principi ens podia fer pensar en una presència d'autocorrelació de la mida dels incendis veïns, per això hem aplicat una de les estadístiques disponibles més utilitzades per a la quantificació de l'autocorrelació, el coeficient d'autocorrelació de Moran. A partir dels resultats obtinguts del càlcul del coeficient de correlació de Moran no hi ha motiu per refusar la hipòtesi nul·la, és a dir, que no hi ha autocorrelació espacial pel que fa a la mida dels incendis. Aquest resultat, de fet, sembla lògic, ja que a l'AMB la majoria dels incendis són petits, per tant, hi ha poca variabilitat espacial. En el cas de la comarca del Bages, la major dispersió dels incendis fa que incendis grans i petits es distribueixin més aleatòriament pel territori, tot i que s'hagi demostrat amb els resultats de l'AQ que existeix una certa agrupació, no hi ha gaire proximitat entre els incendis, i per tant, no hi ha autocorrelació.

Les hipòtesis generals que s'han plantejat en començar el capítol; el punt concret on es localitzen els incendis és important pel seu nombre, mentre que la meteorologia, afavorida per la continuïtat de les masses forestals, és important per la superfície cremada, és el que es vol acabar de demostrar. De moment, sembla que podem acceptar que l'espai on es localitzen els incendis és important pel seu nombre. Cal veure quines són les condicions que fan possible aquesta concentració. El capítol que segueix analitzarà les condicions humanes i del territori que expliquen el fet que els incendis es concentrin o, contràriament, es distribueixin de manera aleatòria. Al capítol 8 i al capítol 9 s'analitzarà la incidència de les condicions meteorològiques i la continuïtat de les masses forestals respectivament.

6.7. Bibliografia

- Badia, A. (1998), "Distribució espaciotemporal de los incendios en el Area Metropolitana de Barcelona", *VIII Coloquio de Métodos Cuantitativos, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección*, Asociación de Geógrafos Españoles, 17-19 de setembre de 1998, Departament de Geografia, UAB, Bellaterra.
- Bovio, G.; Camia, A. (1997), "Land Zoning Based on Fire History", *International Journal of Wildland Fire* 7(3), pp. 249-258.
- Chou, Y.H.; Minnich, R.A.; Salazar, L.A. Power J.D. Dezzari, R. J. (1990), "Spatial Autocorrelation of Wildfire Distribution in the Idyllwild Quadrangle, San Jacinto Mountain, California", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 56(11) 1507-1513.
- Chou, Y.H. (1992), "Spatial Autocorrelation and Weighting Functions in the distribution of Wildland Fires", *International Journal of Wildland Fire*, 2(4), 169-176.
- Cliff, A.D.; Ord, J.K. (1981), *Spatial Processes. Models and Applications*, Pion, Norwich.
- Cunningham, A.A.; Martell, D.L. (1973), "A Stochastic Model for the Occurrence of Man-caused Forest Fires", *Canadian Journal of Forest Research*, 3, pp. 282-287.
- Cunningham, A.A.; Martell, D.L. (1976), "The use of subjective probability assesments to predict forest fire occurrence", *Canadian Journal of Forest Research*, 6, pp.348-356.
- Eastman, J.R. (1997), *Idrisi Manual on line*, Clark University.
- Galiñanes, A.V.; Salgado, J.; Paz Andrade, M.I.; Legido Soto, J.L.; Melikhova, E.M. (1998), "An approach to forest fire zoning in Galicia (Spain)", *III International Conference on Forest Fire Research, 14th Conference on Fire and Forest Meteorology*, Vol I, pp. 1263-1270, Luso.
- Legendre, P.; Fortin, M.J. (1989), "Spatial pattern and ecological analysis", *Vegetation*, 80, pp. 107-138.
- Martell, D.L.; Bevilacqua, E. (1989), "Modelling seasonal variation in daily people-caused forest fire occurrence", *Canadian Journal of Forest Research* vol. 19. pp. 1555-1563.
- Martell, D.L.; Otukol, S.; Stocks, B.J. (1987), "A logistic model for predicting daily people-caused forest fire occurrence in Ontario", *Canadian Journal of Forest Research*, 17, pp. 394-401.
- Salvador, R. (2000); "An assessment of spatial variability of basal area in a terrain covered by Mediterranean woodlands"; *Agriculture, Ecosystems an Environment*, 81, pp. 17-28.
- Sokal, R.R.; Oden, N.L. (1969), "Spatial autocorrelation in biology", *Biological Journal of the Linnean Society*, 10, pp 199-228.

- Shaw, G.; Wheeler, D. *Statistical techniques in geographical Analysis*, Wiley & Sons, Nova York.
- Taylor, P.J. (1977), *Quantitative methods in geography. An introduction to Spatial Analysis*, Houghton Mifflin, Boston.
- Thomas R.W.; Hugget, R.J. (1980), *Modelling in geography*, London (UK), Harper & Row, Londres.
- Thomas, R.W. (1979), "An introduction to quadrat analysis", *Concepts and techniques in modern geography*, Quantitative Methods, Institute of British Geographers, London.
- Thomas, R.W. (1985), "Point pattern analysis" in Wrigley, N. and Bennett, R.J. (eds) *Quantitative Geography*, Routledge & Kegan Paul, Londres.
- Tobler, W.R. (1970), "A computer movie simulating urban growth in the Detroit Region ", *Economic Geography*, 46, pp. 234-240.
- Unwin, D. (1981), *Introductory Spatial Analysis*, Methuen, Londres.

http://www.gencat.es/mediamb/gis/cgis_b9.html

7. La incidència de les condicions humanes i les condicions del territori sobre la distribució espacial dels incendis

7.1. Introducció

L'anàlisi de la distribució espacial dels incendis descrita en el capítol anterior, ha aportat una mesura quantitativa del grau de concentració de les ignicions a l'AMB i al Bages. Els resultats obtinguts mostren una de les principals característiques del comportament dels incendis en cadascun d'aquests dos àmbits; la gran concentració a l'AMB i una distribució més aleatòria al Bages. Però, quines són les condicions que fan possible aquesta diferent distribució? Les condicions humanes i les condicions del territori són dos aspectes clau en l'inici i la propagació dels incendis que cal considerar en la relació causa-efecte. Una dinàmica diferent pel que fa a l'ús del territori i a les seves característiques físiques, implica una afectació diferent tant pel que fa a la ignició com a la propagació. Tot i que els grans incendis forestals (GIF) són els culpables dels desastres socials, econòmics i ambientals, en aquest capítol l'estudi es limitarà de la probabilitat d'ignició en base a l'anàlisi de l'ocurrència d'incendis durant el període 1987-1998, ja que algunes ignicions en zones determinades són l'origen de possibles GIF. És al darrer capítol en què s'avaluarà la perillositat d'aquestes ignicions en funció de la mateixa estructura del territori.

Són molts els autors que han definit les variables que afavoreixen l'inici i la propagació dels incendis, des d'aquells que s'han dedicat al tractament genèric d'aquesta problemàtica, els manuals dels quals s'han convertit en un clàssic (Pyne, 1984; Trabaud, 1992), fins aquells que han aplicat tècniques i mètodes específics per establir un índex de risc o zonificar el risc d'incendi a partir de les variables que consideren essencials en el seu inici i la seva propagació (Rothermel, 1972; Deeming et al. 1972; Chuvieco et al. 1989; Salas et al. 1990, Vega et al. 1993; Alcázar et al. 1998). És a partir d'aquesta literatura d'incendis que s'han seleccionat les diferents variables que afavoreixen la ignició.

Cal distingir dos grans grups entre les variables seleccionades; les que, d'una manera o altra, reflecteixen la incidència del component humà sobre el territori i les que vénen donades per les condicions del territori.

Està molt ben documentat i, de fet, l'anàlisi de la causalitat ho ha demostrat (vegeu capítol cinc), que la majoria d'incendis són per causes humanes (Pyne, 1984; Trabaud, 1992; Folch, 1996; Vélez, 1991; Vélez, 1997; Alcázar et al. 1998; Martín, et al. 1999; etc.). Ramon Folch (1996) ho resumeix molt bé, "Després de segles d'obtenir el foc amb esforç i de conservar-lo amb gran cura, avui dia fem foc amb una facilitat extrema... No hi ha cap altra espècie que generi tant de foc com la humana actual. Potser és una de les nostres característiques més vistents: sabem fer foc. I el portem al bosc. El foc forestal el calem nosaltres. No és aquest un factor ecològic de primera magnitud?". La mobilitat de la població i la proximitat de les zones urbanitzades són dos factors que ajuden a determinar la incidència de les persones sobre els incendis, i és en aquests termes que s'ha plantejat una de les hipòtesis al capítol introductori. Per aquest motiu s'ha considerat que, la distància de les ignicions a la xarxa viària i als nuclis de poblament eren un bon indicador de la probabilitat d'ignició.

Pel que fa a les condicions del territori, aquestes han estat considerades en diferents models i aplicacions per a la lluita contra els incendis forestals. Tot i que generalment han estat analitzades, juntament amb altres variables, pels seus efectes sobre la propagació, (Pyne, 1986; Chuvieco et al. 1989; Trabaud, 1992; Viegas, 1997), en aquest capítol s'avaluarà la seva influència sobre la probabilitat d'ignició.¹ L'altitud, és una variable que indica canvis en les temperatures, així com del tipus de vegetació; mostra, també, la facilitat d'accés en determinades àrees. La insolació és un indicador de l'escalfament del sòl. Pel que fa al pendent, tot i que aquest factor té uns efectes determinants en la propagació, pot tenir la seva influència, de la mateixa manera que l'altitud, sobre la facilitat d'accés en determinats àmbits. Finalment, els usos del sòl, són representatius de la combustibilitat de diverses espècies.² Aquestes quatre variables són, doncs, les que s'han utilitzat per a determinar la incidència de les condicions del territori sobre la distribució espacial de les ignicions.

Per tant, s'analitzarà la probabilitat d'ignició a partir de la freqüència d'incendis a l'AMB i al Bages i la seva relació amb les condicions humanes i les condicions del territori. Les funcions següents proposades en aquesta part de la tesi, resumeixen aquestes relacions:

¹ Hi ha alguns estudis on s'ha analitzat únicament la probabilitat d'ignició utilitzant diferents variables i amb mètodes diferents (Cunnigan i Martel, 1976; Martel et al. 1987; Vega et al. 1993; Bovio i Camia, 1997; Langhart et al. 1992).

² No ha estat possible utilitzar el mapa de vegetació o el dels combustibles, ja que no és disposava, o només es disposava parcialment. La necessitat d'homogeneïtzar les dades, ha fet optar per considerar el mapa

Condicions humanes:

$$frq_i = f_1(v_i, u_i,) \quad (7.1)$$

Condicions del territori:

$$frq_i = f_2(a_i, i_i, p_i, s_i) \quad (7.2)$$

on,

frq_i – freqüència d'ignicions observada

v_i – distància observada a la xarxa viària

u_i – distància observada a les zones urbanes

a_i – altitud observada

i_i – insolació observada

p_i – pendent observada

s_i – usos del sòl observats

7.2. Metodologia i base de dades

Posar en relació les ignicions amb les diferents variables que representen les condicions humanes i les condicions del territori, requereix la utilització de sistemes amb una capacitat d'anàlisi espacial considerable; per això s'ha emprat com a eina fonamental els SIG. S'ha utilitzat aquell sistema que, en cada cas, s'ajustava més a les necessitats plantejades.³

Com a mesura estadística per analitzar la bondat d'ajustament, s'ha utilitzat la khi quadrat (χ^2), que es basa en la comparació de les freqüències d'incendis observades amb les freqüències esperades, amb el que s'obté una mesura que permet observar si les

d'usos del sòl de l'any 1992 disponible a la web del Departament de Medi Ambient, de la Generalitat de Catalunya.

³ ArcInfo per extreure els derivats del Model Digital d'Elevacions (MDT), per al càlcul de distàncies dels diferents focus a la xarxa viària i a les zones urbanitzades i per obtenir les característiques de cada focus en funció de l'altitud, la insolació, el pendent i els usos del sòl; ArcView per a la visualització i l'establiment de relacions espacials i explotació estadística i, finalment, MiraMon igualment per a l'anàlisi espacial i explotació estadística.

diferències entre la distribució de freqüències esperades i la distribució de freqüències observades són o no significatives⁴ (Ebdon, 1982).

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e} \quad (7.3)$$

on,

f_o - freqüència d'ignicions observada

f_e - freqüència d'ignicions esperada

Un exemple de l'ús de χ^2 com a test de bondat d'ajust per explicar la relació entre l'ocurrència espacial i temporal dels incendis, el trobem a Langhart et al. (1992). En aquest cas, s'analitza la relació de l'ocurrència amb l'hora del dia de l'incendi, el dia de la setmana, l'època de l'any, la distància a les carreteres, la distància a les zones urbanitzades, l'orientació i el pendent.

El procediment seguit per al càlcul de χ^2 en aquesta tesi consisteix en els següents passos: en primer lloc, cal conèixer on es localitzen cadascun dels focus d'incendis en funció de cada variable, és a dir, quina és la distància de cada focus a la xarxa viària o a quina distància es troba de les zones urbanitzades; en quina altitud, insolació o pendent tenen lloc i, quin és el tipus d'ús de sòl afectat.⁵ En segon lloc, cal classificar les dades obtingudes en diferents intervals, amb la finalitat d'obtenir les freqüències observades. Finalment, la distribució de freqüències esperades s'ha calculat a partir del percentatge de superfície del territori que queda en cada interval establert per la distribució de les freqüències observades. D'aquesta manera, coneixent el percentatge del territori que es troba en cada interval, es pot saber la proporció d'incendis esperats que correspon en funció de la distribució dels incendis observats en aquest mateix interval. És de suposar que es produeixen la mateixa quantitat d'incendis a cada punt del territori.

Com a fil conductor de l'anàlisi que es porta a terme en aquest capítol, s'han definit dues parelles d'hipòtesis:

⁴ Cal tenir en compte que el resultat de χ^2 ens diu si hi ha diferències entre la distribució de freqüències observades s'ajusta a la distribució de freqüències esperades, però no ens diu en quin sentit s'estableix aquesta relació.

⁵ L'assignació de cada variable a cadascun dels focus s'ha realitzat amb ArcInfo. Per un costat, l'associació de les distàncies a la xarxa viària i a les zones urbanitzades s'ha fet amb l'ordre *Distance* d'ArcInfo, que calcula la distància euclidiana de cada punt a l'eix que troba més pròxim. D'altra banda, l'associació de les variables que fan referència a les condicions del territori (totes en format ràster), s'ha fet generant una macro des d'ArcInfo que ens permetia associar a cada punt el seu atribut corresponent (altitud, insolació, pendent i usos del sòl) en funció de la seva localització.

H_0 = no hi ha relació entre les condicions humanes i la distribució espacial de les ignicions

H_1 = existeix una relació entre les condicions humanes la distribució espacial de les ignicions

H'_0 = no hi ha relació entre les condicions del territori i la distribució espacial de les ignicions

H'_1 = existeix una relació entre les condicions del territori la distribució espacial de les ignicions

El fet que em basi en el càlcul de freqüències com a mètode per analitzar les relacions entre els incendis i les diferents variables considerades que defineixen les condicions humanes i del territori, fa que el mètode per a l'establiment dels diferents intervals sigui un aspecte crític. El mètode seguit per a la classificació en categories ha estat el de *Natural Breaks*, calculat automàticament des d'ArcView i on s'identifiquen els trencaments entre classes utilitzant una fórmula estadística (*Jenk's optimization*), la qual minimitza la suma de la variància entre cadascuna de les classes (ESRI, 1998). Seguint aquest procediment, els intervals pels dos àmbits d'estudi resulten diferents i és per aquest motiu que a efectes comparatius s'ha establert també una classificació amb els mateixos intervals per tots dos àmbits d'estudi.

La informació que es disposa per a la tipificació dels incendis en funció a les condicions del territori i humanes és de diferent procedència segons l'àmbit, i s'exposa a continuació:

- la base dels focus d'incendis de l'AMB i de la comarca dels Bages durant el període 1987-1998. La procedència d'aquesta informació ha estat descrita en el capítol de les característiques generals dels incendis (capítol 5),
- la xarxa viària de l'ICC a escala 1:50.000 facilitada per l'organisme corresponent per a cada àmbit (Patronat Metropolità de Collserola per l'AMB i Consell Comarcal del Bages, pel Bages. Any 1992),
- la base de les zones urbanitzades procedent de la base de poblament de Catalunya, disponible a la web del Departament de Medi Ambient⁶ de la Generalitat de Catalunya, a escala 1:250.000. (Any 1992),
- pel que fa al MDT, aquest ha estat facilitat en el cas de l'AMB, pel Patronat Metropolità de Collserola i en el cas de la comarca del Bages pel mateix Consell

Comarcal del Bages. Del MDT s'ha derivat el mapa de pendents i la insolació, calculada a partir de l'executable Insoldia, que calcula la radiació solar incident en cada punt al llarg d'un dia determinat de l'any (Pons, 1996). En el nostre cas s'ha tingut en compte dies dels mesos d'estiu (juny, juliol agost i setembre) i s'ha calculat la mitjana dels seus valors per obtenir un mapa representatiu dels mesos d'estiu,

- els usos del sòl de l'any 1992 de l'ICC, procedent del satèl·lit LANDSAT-TM amb una resolució de 30 m.⁷ (Any 1992),

Un dels grans reptes de la presa de decisions és la fiabilitat i la consistència de la base de dades que s'utilitza en aquesta tesi. En aquest sentit, el fet que existeixi incertesa en la localització dels punts d'ignició, ha fet que es plantegés un mètode d'avaluació de la robustesa dels resultats, que consisteix en reubicar novament els punts d'ignició dels dos àmbits, desplaçant els punts originals aleatòriament (uns 25 metres en els eixos x i y) i repetir el procés d'anàlisi amb aquesta nova ubicació.⁸

7.3. Els incendis en relació a les condicions humanes

L'anàlisi de la causalitat ha demostrat el fort component humà dels incendis, ja que la majoria, ja sigui de forma directa o indirecta, estan relacionats amb l'activitat humana. Com és ben sabut, un dels aspectes crítics és l'extensió accelerada de zones d'ús urbà, ocupant primer les terres agrícoles limítrofs i després les forestals més allunyades. Aquest fenomen ha estat afavorit pels sistemes de transports més eficaços que proporciona la tecnologia actual, que van fent més petites les distàncies al nucli urbà, amb la qual cosa es fa potencialment urbanitzable una proporció cada vegada més gran del territori. Aquest increment en la mobilitat de la població es tradueix, per un costat, en un increment del risc potencial d'incendi en molts més indrets, ja siguin amb probabilitat de propagació alta o baixa; per l'altre, es tradueix també en una presència creixent de les persones a les zones forestals. Per tant, aquests dos aspectes incrementen la probabilitat d'incendi sobretot per diverses activitats negligents (Vélez, 1991).

La incidència que el factor humà té sobre els incendis ha fet que es consideressin dues variables que reflecteixen prou bé aquest factor: la distància dels focus d'incendi a

⁶ <http://www.gencat.es/mediamb/sig/bases.htm>

⁷ Aquesta base és disponible a la mateixa web del Departament de Medi Ambient.

⁸ Els valors aleatoris s'han generat a partir d'una normal reduïda amb mitjana 0 i variància 1 $-N(0,1)$. Els valors obtinguts (+/-) s'han multiplicat per 12,5 (la desviació que s'ha considerat en aquest estudi) i el resultat s'ha sumat a la x i y originals.

la xarxa viària, i la distància a les zones urbanitzades, ja que mostren la mobilitat i l'accessibilitat de molts indrets. A partir d'aquestes dues variables es tracta d'analitzar la diferència entre l'AMB i el Bages pel que fa a l'afectació humana. L'AMB és un espai on la pressió humana sobre el territori és molt més perceptible que al Bages, i per tant cal veure si hi ha una major incidència de les condicions humanes. Contràriament en el Bages, una zona territorialment més rural, cal esperar una incidència de les condicions humanes menys considerable.

En relació a les condicions humanes i com a hipòtesi alternativa es planteja el següent: el nombre d'incendis varia en funció de la distància a la xarxa viària i als nuclis de població, per tant, es pot apuntar que hi ha una diferència significativa entre la distribució de freqüències esperades i la distribució de freqüències observades. D'altra banda, la hipòtesi nul·la que cal testar és que el nombre d'incendis no varia en funció de la distància a la xarxa viària i als nuclis de poblament i, per tant, no hi ha diferències significatives entre la distribució de freqüències observades i la distribució de freqüències esperades.

7.3.1. Els incendis a l'AMB i les condicions humanes

L'AMB és una zona densament poblada i amb una mobilitat de la població molt accentuada. L'elevat nombre d'ignicions que es dona en zones d'interfase urbana-forestal fa pensar en la incidència del comportament que tenen les persones sobre la distribució espacial dels incendis. La *Taula 7.1* mostra la incidència dels incendis en relació a la distància a la xarxa viària i als nuclis de població, factors determinants a l'AMB per poder argumentar la localització dels incendis.

Com es pot comprovar a partir de la distribució dels incendis en percentatges que mostra la *Taula 7.1*, més de la meitat dels incendis es troben a menys de 36 m de qualsevol via d'accés i a menys de 179 m dels nuclis de població, la qual cosa ens podria indicar que la facilitat d'accés afavoreix l'alt nombre d'ignicions. Els 1068 incendis comptabilitzats a l'AMB es localitzen a una distància de la xarxa viària d'entre els 0 m als 322 m amb una mitjana de 47 m. Pel que fa a les zones urbanitzades aquesta distància se situa entre els 0 m i els 2.282 m amb una mitjana de 223 m. Aquestes dades indiquen que la majoria d'incendis es donen en zones de molt fàcil accés, amb una gran freqüentació humana.

Taula 7.1. Els incendis l'AMB en relació a les condicions humanes

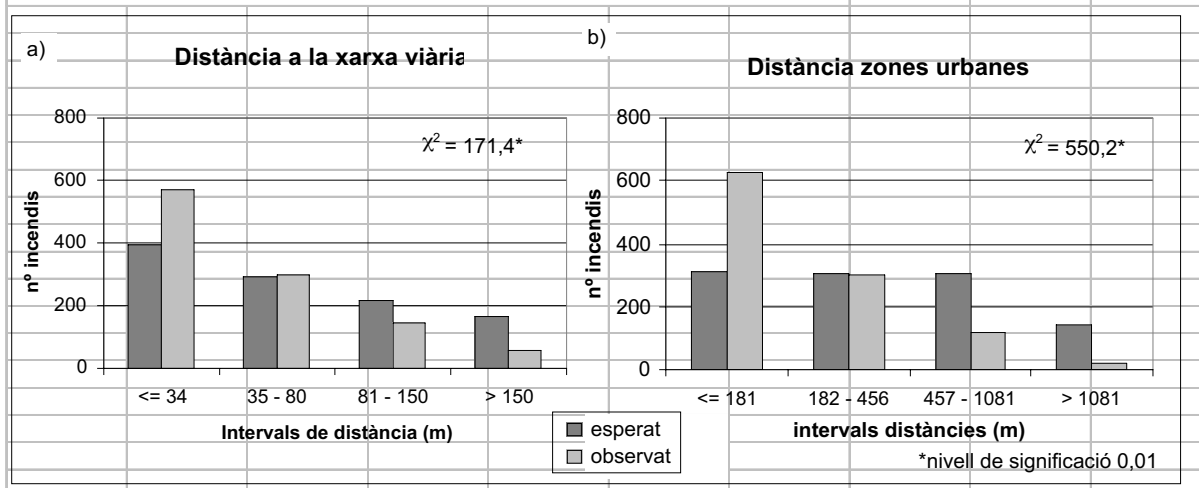
Distància xarxa viària		Distància zones urbanitzades	
Intervals (m)	% incendis	Intervals (m)	% incendis
<= 34	53.3	<= 179	58,6
35 – 80	27.9	180 - 457	28,5
81 – 150	13.6	458 - 1080	11,0
> 150	5.2	> 1080	2,0

La prova de χ^2 ens permetrà fixar la bondat d'ajustament comparant la distribució de freqüències esperades amb les observades.⁹ El resultat de l'aplicació de χ^2 , permet acceptar la hipòtesi alternativa, que el nombre d'incendis varia en funció a la distància a la xarxa viària i les zones urbanitzades; per tant, la incidència entre les condicions humanes i els incendis queda demostrada. El valor calculat de χ^2 (de 171,4 en el cas de la distància a la xarxa viària i de 550,2 en el cas de la distància a les zones urbanitzades) és molt superior al valor crític de χ^2 que, amb un nivell de significació de 0,01, és d'11,34 (Annex 2, Taula 7.2 i Taula 7.3).

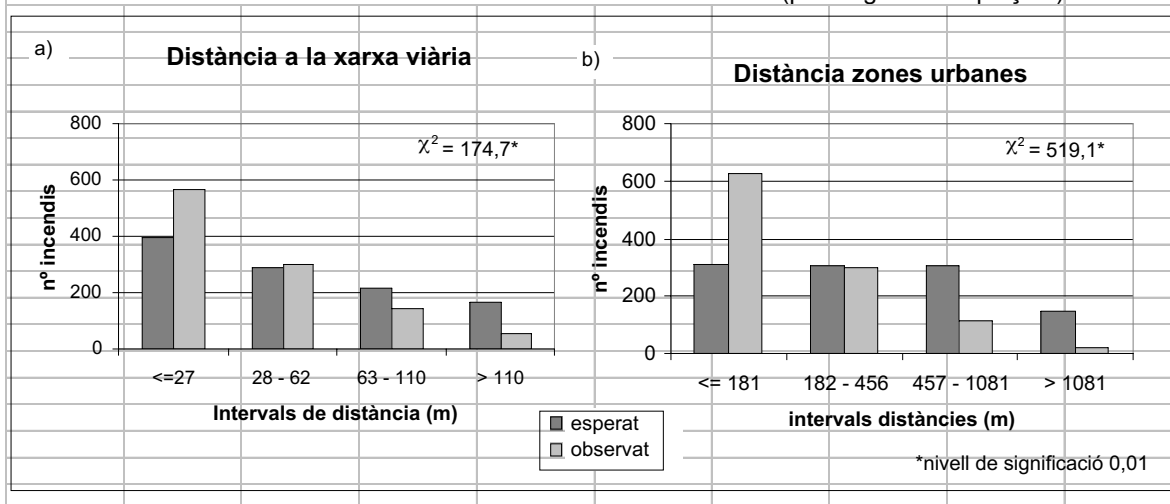
El Gràfic 7.1, a) i b) mostra amb més detall la comparació entre les freqüències observades i les freqüències esperades. Tant pel que fa a la distància a la xarxa viària com a les zones urbanitzades, caldria esperar menys incendis en el primer interval de distàncies de les que realment s'observen per la proporció del territori en aquest mateix interval, i en canvi, caldria esperar més incendis en distàncies més allunyades, però se n'observen menys. Les freqüències observades, però, es disparen en el primer interval de distàncies en relació a la distribució de freqüències esperades. En l'interval central es mantenen força proporcionals, mentre que en els darrers intervals, les freqüències esperades estan per sobre les observades.

⁹ El càlcul de les freqüències esperades en el cas de la distància a la xarxa viària i a les zones urbanitzades, requereix un procés d'anàlisi espacial que consisteix en els següents passos: en primer lloc cal crear un *buffer* de distàncies a partir de la xarxa viària i de les zones urbanitzades (amb la qual cosa hem obtingut dues capes d'informació en format ràster amb una resolució de 10 m), en segon lloc, s'ha aïllat cadascun dels intervals de distàncies (segons la classificació elaborada per la distància observada de cadascun dels incendis a la xarxa viària i a les zones urbanitzades) i, finalment, es pot calcular la superfície per a cadascun dels intervals. A partir d'aquí ha estat possible trobar el nombre d'incendis esperats en funció del percentatge de la superfície que queda en cada interval establert per la distribució de freqüències observades, i treure la proporció corresponent d'incendis en funció de la distribució dels incendis observats en cada interval. Cal aclarir que hem eliminat del *buffer* les zones urbanes, ja que es considera que no hi pot haver incendis i s'ha eliminat la part del *buffer* que quedava fora l'àmbit.

Gràfic 7.1. Els incendis a l'AMB en relació a les condicions humanes



Gràfic 7.2. Els incendis a l'AMB en relació a les condicions humanes (punts ignició desplaçats)



Tal i com s'ha comentat en l'apartat 7.2. s'ha repetit aquest procés canviant aleatòriament (+/- 25 m) la localització dels punts. Els resultats obtinguts ens fan acceptar novament la hipòtesi alternativa i refusar la hipòtesi nul·la, amb un nivell de significació de 0,01 (Annex 2, Taula 7.4 i Taula 7.5). El Gràfic 7.2, mostra novament aquesta relació i els valors calculats de χ^2 . Com es pot comprovar a partir del Gràfic 7.1 i el Gràfic 7.2, i a partir com els valors calculats de χ^2 en tots dos casos, les diferències són molt poc significatives.

7.3.2. Els incendis al Bages i les condicions humanes

Al Bages, amb una densitat de població i una mobilitat no comparable amb l'AMB, caldria esperar una menor incidència del component humà directament vinculat amb la mobilitat, però si a altres factors més relacionats amb l'ús que es fa del territori.

Observant la *Taula 7.6*, es pot veure la incidència de la proximitat de la xarxa viària i les zones urbanitzades sobre els incendis al Bages. Com es pot comprovar, els intervals inicials de distàncies són més amplis que els que s'han vist en el cas de l'AMB, el que demostra una influència no tant directa entre aquests dos factors i els incendis.

Taula 7.6. Els incendis al Bages en relació a les condicions humanes

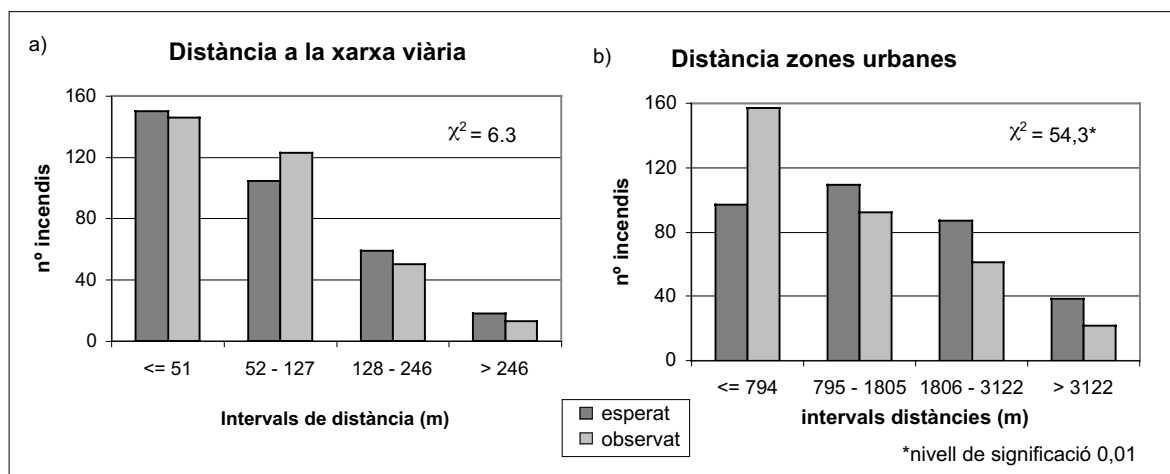
Distància xarxa viària		Distància zones urbanitzades	
Intervals (m)	% incendis	Intervals (m)	% incendis
<= 51	44,0	<= 794	47.3
52 – 127	37,0	795 - 1805	27.7
128 – 246	15,1	1806 - 3122	18.4
> 246	3,9	> 3122	6.6

La distribució dels incendis en percentatges per a cadascun dels intervals de distàncies de la *Taula 7.6*, mostra que gairebé el 50% dels incendis es localitzen a una distància inferior o igual a 51 m i a una distància als nuclis de població inferior o igual als 794 m. Els incendis a la comarca es localitzen a una distància de la xarxa viària que se situa entre els 0 m i els 466 m amb una mitjana de 78 m. Pel que fa a la distància a les zones urbanes, aquesta distància és molt superior, situant-se entre els 5 m i els 5.335 m amb una mitjana de 1.184 m la qual cosa reflecteix una major dispersió del poblament.

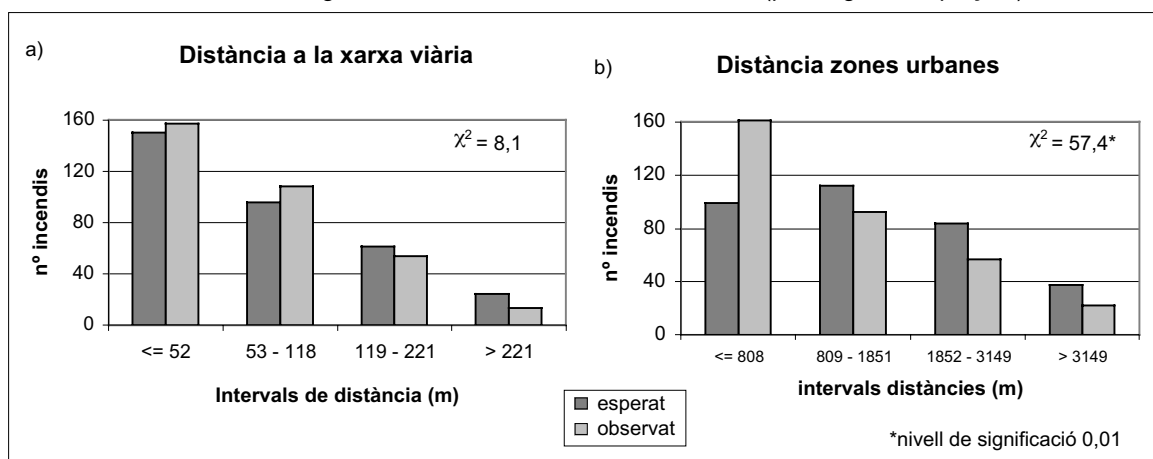
El *Gràfic 7.3 a) i b)*, mostra la comparació entre les freqüències esperades i les freqüències observades, així com els valors calculats de χ^2 tant pel que fa a la distància a la xarxa viària, *Gràfic 7.3 a)*, com a la distància a les zones urbanitzades, *Gràfic 7.3 b)*. Es pot veure clarament que, en el cas de la distància a la xarxa viària les freqüències esperades i observades són força equilibrades en tots els intervals, però pel que fa a la distància a les zones urbanitzades, en el primer interval de distàncies, les freqüències observades són força més altes que les esperades. Aquesta poca relació entre la distància a la xarxa viària i el nombre d'incendis al Bages, reflectida al *Gràfic 7.3 a)* queda ratificada amb el resultat del càlcul de χ^2 ja que el valor calculat de χ^2 és inferior al valor crític de χ^2 amb un nivell de significació de 0,01. Per tant, demostra que no hi ha diferències significatives entre la distribució de freqüències observades i la distribució de

frequències esperades. Pel que fa a la relació dels incendis en el cas de la distància a les zones urbanitzades hi ha diferències significatives, ja que el valor calculat de χ^2 és superior al valor crític de χ^2 . En el primer cas, doncs, podem refusar la hipòtesi alternativa que el nombre d'incendis varia en funció a la distància a la xarxa viària i acceptar la hipòtesi nul·la, observant una manca de relació entre la proximitat a la xarxa viària i la presència d'incendis. Contràriament, en referència a la distància a les zones urbanitzades, hi ha una relació entre la proximitat d'algun tipus de poblament i la distribució espacial dels incendis. Cal tenir en compte que en el cas del Bages hi ha força nuclis de poblament dispersos que podrien afavorir els incendis (Annex 2, Taula 7.7 i Taula 7.8).

Gràfic 7.3. Els incendis al Bages en relació a les condicions humanes



Gràfic 7.4. Els incendis al Bages en relació a les condicions humanes (punts ignició desplaçats)



Tal i com s'ha descrit anteriorment en el cas de l'AMB, s'han desplaçat aleatòriament (+/- 25 m) els punts d'ignició originals del Bages. Els resultats (Annex 2, Taula 7.9 i Taula 7.10) tornen a ser els mateixos que els observats pels punts d'ignició

originals. Quant a la distància a la xarxa viària, amb un nivell de significació de 0,01, acceptem la hipòtesi nul·la i refusem la hipòtesi alternativa. D'altra banda, en relació a la distància a les zones urbanitzades, refusem la hipòtesi nul·la i acceptem la hipòtesi alternativa. El *Gràfic 7.4*, mostra novament aquesta relació i els valors calculats de χ^2 . Com es pot comprovar, tant el *Gràfic 7.1* i *Gràfic 7.2* com els valors calculats de χ^2 en tots dos casos mostren poques diferències.

7.3.3. Anàlisi comparativa de la distribució dels incendis a l'AMB i al Bages, respecte les condicions humanes

Tot i que les diferències entre els dos àmbits són perceptibles en l'establiment d'interval·ls diferents, a efectes comparatius, s'han establert els mateixos interval·ls per tots dos àmbits d'estudi i per a cadascuna de les variables. La *Taula 7.11*, mostra la distribució en percentatges per a cadascun dels interval·ls amb aquesta nova classificació. Els resultats demostren novament la major incidència de les condicions humanes a l'AMB que al Bages. La nova classificació utilitzant els mateixos interval·ls per tots dos àmbits no ha suposat cap canvi en les conclusions. Aquest fet queda demostrat tant observant els percentatges per cadascun dels interval·ls, com a partir dels resultats del càlcul χ^2 . Per l'AMB ens dóna un valor de 153,4 en el cas de la distància a la xarxa viària i de 548,7 pel que fa a la distància a les zones urbanes. A la comarca del Bages tampoc hi ha canvis significatius en els resultats del càlcul de χ^2 per la distància a la xarxa viària i a les zones urbanitzades, amb uns valors de 6,3 i 54,3 respectivament (Vegeu Annex 2, *Taula 7.12*, *Taula 7.13*, *Taula 7.14* i *Taula 7.15*).¹⁰

El *Gràfic 7.5 a) i b)* per l'AMB i el *Gràfic 7.6*. pel Bages, no mostren diferències significatives respecte el *Gràfic 7.1* i el *Gràfic 7.3*. Caldria comentar novament que s'ha repetit el procés amb el desplaçament aleatori dels punts d'ignició els resultats dels quals no presenten canvis significatius.¹¹

Taula 7.11. Anàlisi comparativa dels incendis a l'AMB i al Bages (1987-1998) en relació a

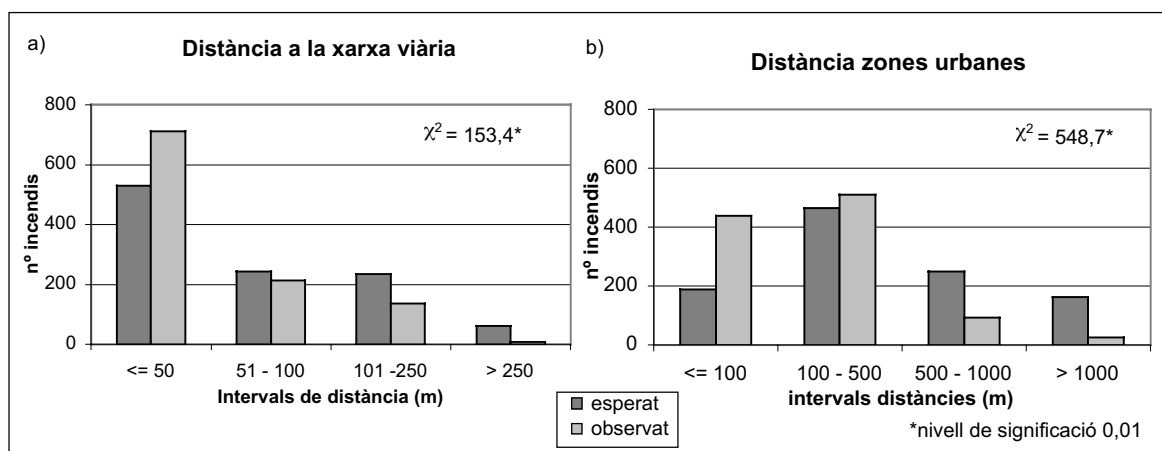
¹⁰ Si bé no ha suposat cap canvi significatiu el fet de modificar els diferents interval·ls, fent-los comparables pels dos àmbits d'estudi, tampoc ho ha estat el fet de desplaçar els punts d'ignició utilitzant aquesta nova classificació. En el cas de l'AMB el valor de χ^2 calculat segons la distància a la xarxa viària és de 151,3 i segons la distància a les zones urbanitzades és de 519,1. Pel que fa al Bages, el valor calculat de χ^2 pel que fa a la distància a la xarxa viària és de 3,3 i pel que fa a la distància a les zones urbanitzades és de 96,0.

¹¹ En aquest cas no adjunto els gràfics, perquè seria mostrar informació redundant. De totes maneres, a l'Annex 2 (*Taules 7.16* a la *7.19*), es pot consultar els resultats del càlcul de χ^2 de la distribució dels incendis amb els punts d'ignició desplaçats, segons la distància a la xarxa viària i a les zones urbanitzades per l'AMB i el Bages amb la classificació segons els mateixos interval·ls.

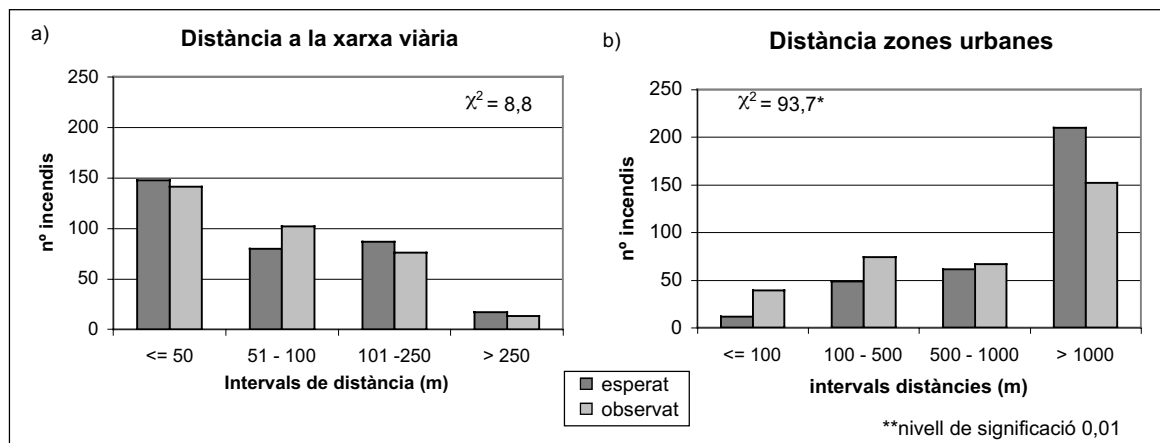
les condicions humanes

Condicion humanes					
Distància xarxa viària			Distància zones urbanitzades		
Intervals (m)	% incendis		Intervals (m)	% incendis	
	AMB	Bages		AMB	Bages
<= 50	66,6	11,7	<= 100	41,0	11,7
51 – 100	20,2	22,3	100 - 500	47,8	22,3
101 –250	12,5	46,1	500 - 2000	10,9	46,1
> 250	0,7	19,9	> 2000	0,4	19,9

Gràfic 7.5. Els incendis a l'AMB en relació a les condicions del humans (mateixos intervals Bages)



Gràfic 7.6. Els incendis al Bages en relació a les condicions humanes (mateixos intervals AMB)



7.4. Els incendis en relació a les condicions del territori

Les condicions del territori, enteses com les característiques físiques on es localitzen els incendis i representades per l'altitud, la insolació, el pendent i els usos del sòl, poden incidir en la distribució espacial dels incendis. Es tracta d'analitzar si existeix

una relació significativa entre la localització dels incendis i les condicions del territori per tal d'establir possibles perfils en la probabilitat d'ignició.

La hipòtesi alternativa formulada en relació a les condicions del territori és la següent: el nombre d'incendis varia en funció de l'altitud, la insolació i el pendent, és a dir que hi ha una relació entre aquestes variables i el nombre d'incendis i per tant hi ha una diferència entre la distribució de freqüències esperades i la distribució de freqüències observades. D'altra banda, la hipòtesi nul·la que cal acceptar o refusar és que el nombre d'incendis no varia en funció de les condicions del territori, per tant, no hi ha diferències significatives entre la distribució de freqüències observades i la distribució de freqüències esperades.

7.4.1. Els incendis a l'AMB i les condicions del territori

Les condicions del territori que fan possible que hi hagi un incendi a l'AMB, estan directament relacionades amb l'activitat humana. La forta concentració que es troba s'ha d'associar al fet que hi ha uns àmbits amb més freqüentació humana que altres, per tant cal esperar que els incendis es concentrin en zones on l'altitud, la insolació, el pendent i els usos del sòl, ajudin a argumentar el fet que la facilitat d'accés en determinades zones afavoreix la proliferació d'incendis.

Taula 7.20. Els incendis a l'AMB (1987-1998) en relació a les condicions del territori

Condicions del territori AMB					
Altitud (m)		Insolació (kj m ² dia)		Pendent (°)	
Intervals	% incendis	Intervals	% incendis	Intervals	% incendis
<=92	44.9	<=1386	18.7	<=6	35.2
93 – 174	31.9	1387 – 1940	29.8	7 – 13	35.0
175 – 293	18.7	1941 – 2425	32.9	14 – 20	20.4
> 293	4.5	> 2425	18.6	> 20	9.4

Pel que fa a l'altitud, l'AMB no es caracteritza per ser una zona amb grans contrastos, ja que varia entre els 0 m i els 641 m amb una mitjana que se situa al voltant dels 126 m. Tot i que es troben incendis entre els 2 m i els 548 m com podem veure a la Taula 7.22, la majoria d'incendis se situen en zones de molt poca alçada la qual cosa serveix per apuntar que els incendis es donen en zones de fàcil accés. La comparació entre la distribució de freqüències esperades i la distribució de freqüències observades, es pot observar al Gràfic 7.7 a). El resultat de l'aplicació de χ^2 ens demostra que hi ha diferències significatives entre la distribució de freqüències observades i la distribució de

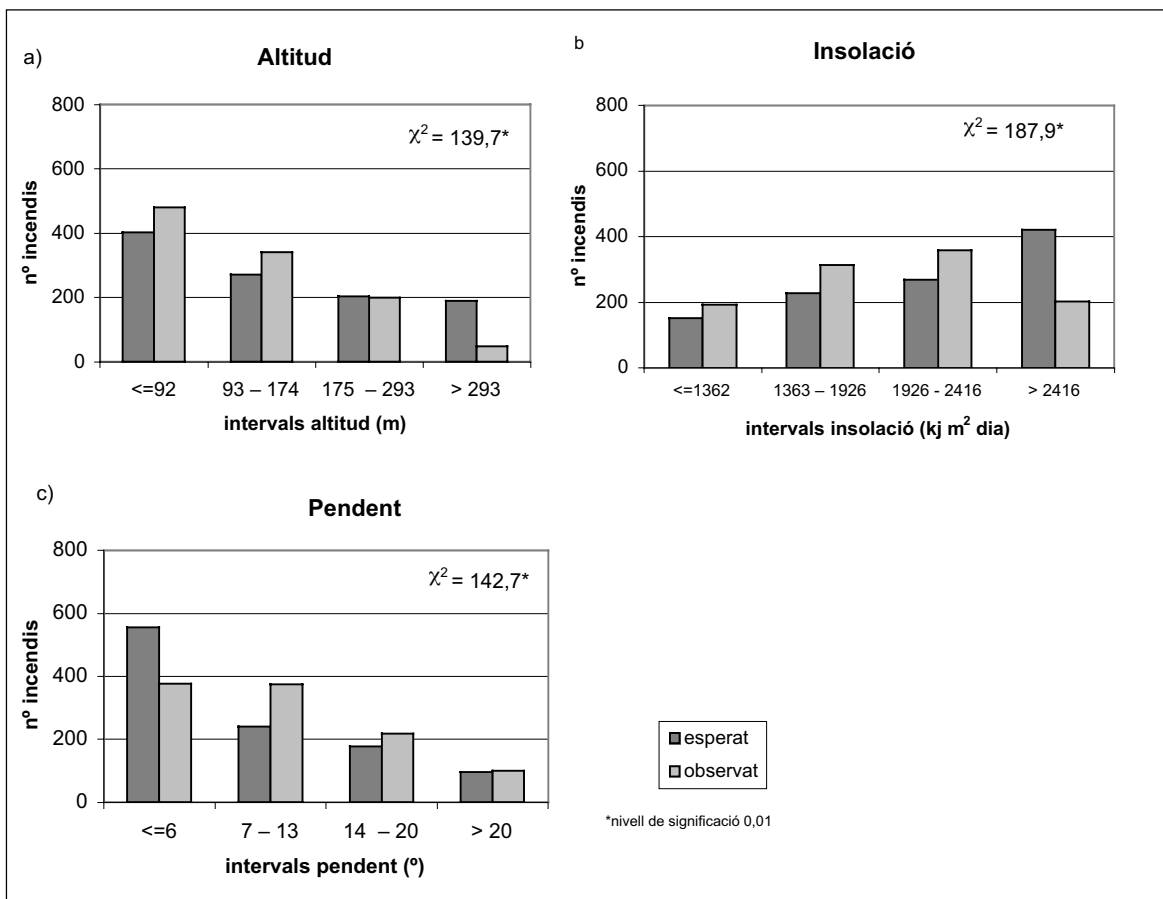
freqüències esperades, la qual cosa indica que s'ha de refusar la hipòtesi nul·la que el nombre d'incendis no varia en funció de l'altitud i acceptar la hipòtesi alternativa que hi ha una relació entre els incendis i l'altitud. A l'Annex 2, *Taula 7.21* es pot veure amb detall el càlcul de χ^2 i els valors resultants. Amb tres graus de llibertat i un nivell de significació de 0,01 el valor crític de χ^2 és d'11,34, molt inferior al que el valor calculat de χ^2 , que és de 139,7. Tenint en compte la distribució de superfície en cadascun dels intervals calculats per l'altitud, esperaríem més incendis en zones superiors als 293 m però en canvi, n'observem molt pocs; contràriament s'esperaria menys incendis en alçades situades entre els 93 m i 194 m i en canvi se n'observen més. Aquestes xifres que recull la *Taula 7.20* vénen a demostrar que els incendis se situen en zones de molt fàcil accés i per tant de gran afluència humana.

Pel que fa a la insolació, que en la zona d'estudi pels mesos d'estiu va de 472 kj m² dia a 2973 kj m² dia, els incendis es localitzen entre el 620 kj m² dia i els 2971 kj m² dia amb una mitjana de 1906. En aquest cas els incendis es donen gairebé sempre en zones amb una insolació no massa extrema. El resultat de l'aplicació de χ^2 ens demostra que hi ha també diferències significatives entre les freqüències observades i les esperades, acceptem, doncs, la hipòtesi alternativa que el nombre d'incendis varia en funció de la insolació. De fet, tal com mostra el *Gràfic 7.7.b)*, en l'interval més alt d'insolació, superior als 2416 kj m² dia, les diferències entre la freqüència d'incendis observada i la freqüència d'incendis esperada, són evidents, la qual cosa indica que per la proporció del territori disponible en aquest interval, s'esperarien més incendis. A l'Annex 2, *Taula 7.22* mostra els valors calculats de χ^2 , que és de 187,9, molt superior al valor crític de χ^2 que, amb tres graus de llibertat i un nivell de significació de 0,01 és d'11,34. Aquest valor elevat de χ^2 el que ens indica és que els incendis es donen en zones menys insolades del que caldria esperar, per tant, permet apuntar que hi ha variables lligades a les condicions humanes que pesen més en la localització dels incendis.

Pel que fa al pendent, els incendis se situen entre els 0° i els 37° amb una variabilitat a la zona que va dels 0° als 55°. Com es pot comprovar els incendis es localitzen de manera força igualada fins els 20°: el 90% dels incendis es localitzen en pendents inferiors o iguals als 20° i d'aquests, més del 50% en pendents inferiors o iguals als 10°. En el cas del pendent, el resultat de l'aplicació de χ^2 ens torna a demostrar que hi ha diferències significatives entre les freqüències observades i les esperades, la qual cosa indica que s'ha de refusar la hipòtesi nul·la que el nombre d'incendis no varia en funció de l'altitud i acceptar la hipòtesi alternativa. El valor calculat de χ^2 és de 142,5, molt

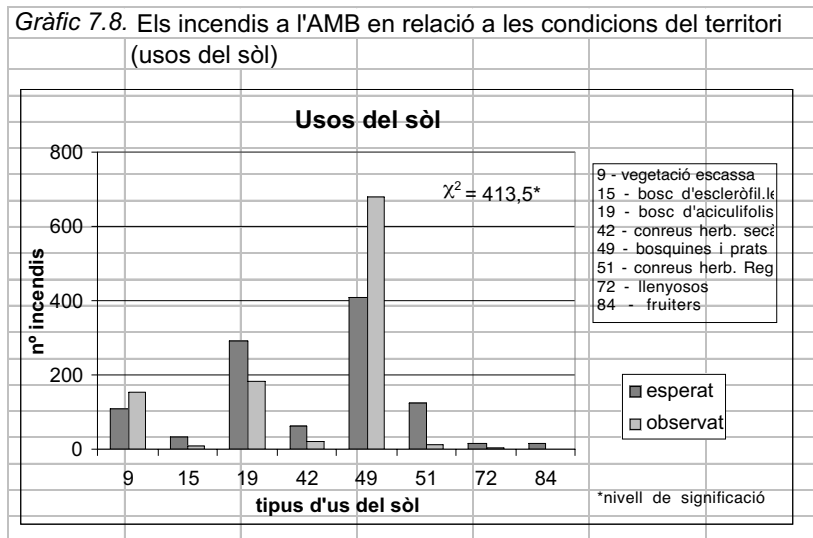
superior al valor crític de χ^2 (Annex 2, Taula 7.23). En aquest cas s'esperaria molts més incendis en pendents inferiors a 6° dels que realment s'observen, tal i com s'observa al Gràfic 7.7 c) per la distribució de freqüències esperades en aquest interval.

Gràfic 7.7. Els incendis a l'AMB en relació a les condicions de territori (altitud, insolació i pendent)



Finalment, i en relació a les condicions del territori, cal analitzar els usos del sòl afectats pels incendis, els quals es distribueixen de la següent manera (segons el mapa d'usos del sòl de 1992): el 14,6% es van donar sobre vegetació escassa, el 0,9% en bosc d'escleròfil·les, el 17,2% en boscos d'aciculifolis, l'1,8% en conreus herbacis de secà, el 63,6% en bosquines i prats l'1,3% en conreus herbacis de regadiu, 0,5% en llenyosos i el 0,1% en fruiters. Com es pot comprovar al Mapa 4.4, els usos del sòl en els quals hi pot haver ignicions queden força fragmentats ja sigui per la xarxa viària o pels nuclis de població. Aquest fet és el que dificulta la propagació. Es pot veure aquells indrets on hi ha una certa continuïtat de les masses forestals al voltant dels municipis de Begues que continuen pel Garraf, els municipis que afecten el Parc de Collserola i aquells que afecten l'espai de la Conreria. Al capítol 9 es tractarà amb molt més detall el problema de la

continuitat de les masses forestals. El càlcul de χ^2 ens torna a demostrar que no hi ha una correspondència entre la distribució de freqüències observades i les esperades; per tant, refusem de nou la hipòtesi nul·la i acceptem la hipòtesi alternativa. A l'Annex 2, Taula 7.24, es pot veure el resultat del càlcul de χ^2 . Amb set graus de llibertat i un nivell de significació de 0,01 el valor crític de χ^2 és de 18,48 mentre que el valor calculat de χ^2 és de 413,5. El Gràfic 7.8 mostra clarament la distribució de freqüències esperades respecte les observades i com, per exemple, en les bosquines i prats s'observen més incendis dels que caldria esperar per la proporció de territori ocupada per aquest tipus d'ús, en canvi, s'esperarien més incendis en boscos d'aciculifolis per la distribució de freqüències esperades¹². De fet, les bosquines i prats es donen en zones més d'interfase entre els nuclis de població i els espais forestals, la qual cosa permet apuntar novament la importància de les condicions humanes sobre la distribució espacial dels incendis.

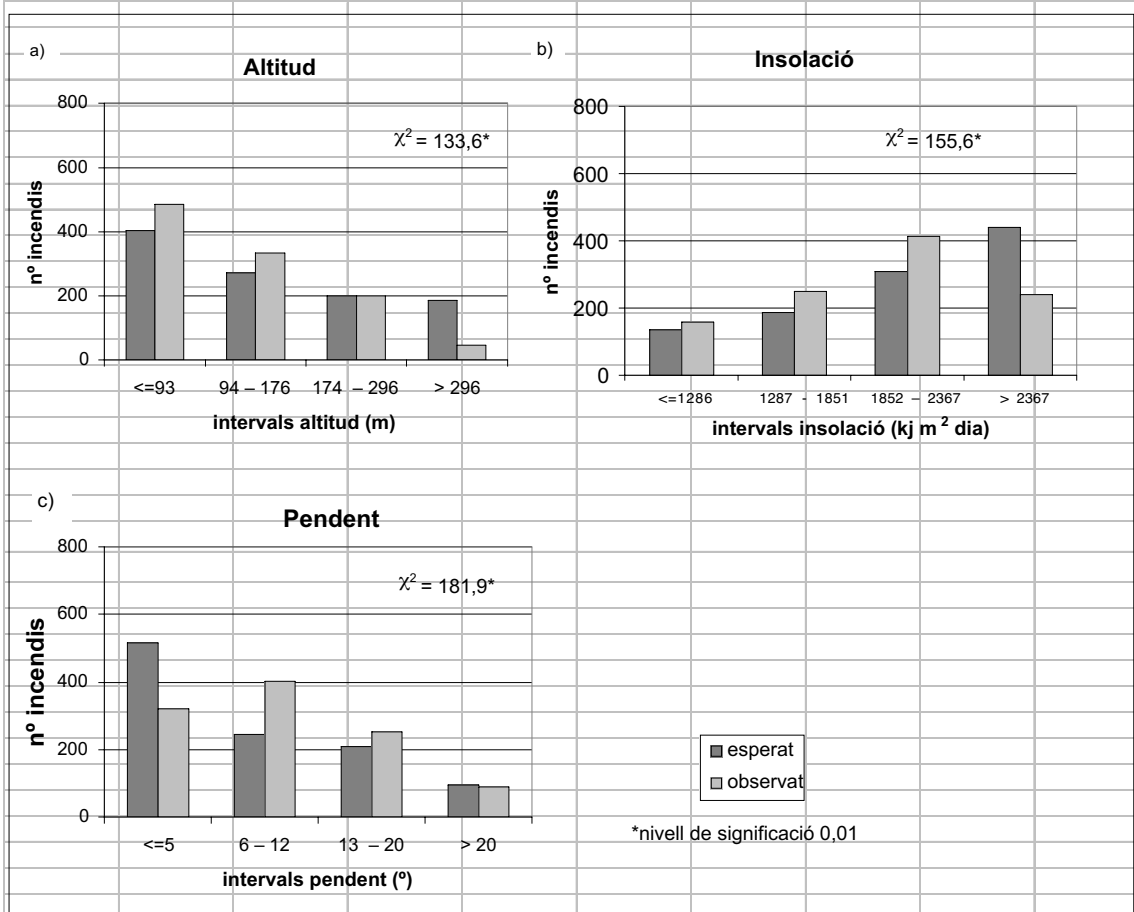


Amb el desplaçament aleatori dels punts d'ignició respecte els punts originals (+/- 25 m), no hi ha diferències significatives en els resultats, ja que amb un nivell de significació de 0,01 acceptem la hipòtesi alternativa en el cas de la incidència de l'altitud, el pendent i els usos del sòl sobre la distribució espacial dels incendis, i acceptem la hipòtesi nul·la en el cas de l'afectació de la insolació sobre els incendis. El Gràfic 7.9, mostra per un costat, la distribució de freqüències observades respecte la distribució de freqüències esperades pel que fa a l'altitud, la insolació i el pendent i, per l'altre, els valors calculats de χ^2 per aquestes mateixes variables. Els resultats que s'observen, no presenten canvis significatius respecte els resultats que mostra el Gràfic 7.7 amb els

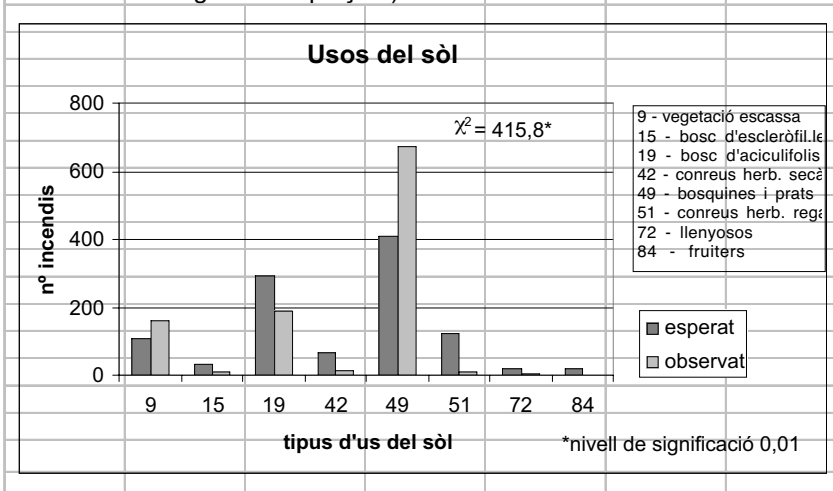
¹² S'ha fet servir els codis dels usos del sòl segons la classificació elaborada per l'ICC.

punts d'ignició originals. A l'Annex 2, Taules 7.25, 7.26 i 7.27 es pot veure el detall del càlcul de χ^2 per aquestes variables.

Gràfic 7.9. Els incendis a l'AMB en relació a les condicions de territori -altitud, insolació i pendent (punts ignició desplaçats)



Gràfic 7.10. Els incendis a l'AMB en relació als usos del sòl (punts ignició desplaçats)



El *Gràfic 7.10* mostra novament la comparació de la distribució de freqüències esperades respecte la distribució de freqüències observades quant als usos del sòl, així com el càlcul de χ^2 . De la mateixa manera que en les variables d'altitud, insolació i pendent, no hi ha diferències significatives en els resultats amb el desplaçament aleatori dels punts d'ignició (vegeu el detall del càlcul de χ^2 a la *Taula 7.28*).

Aquests resultats semblen indicar la forta relació que hi ha entre les condicions humanes i les condicions del territori pel que fa a la distribució espacial dels incendis. Les zones de més accessibilitat són les que s'ha produït més incendis durant el període d'estudi. El fet que hi hagi una determinada altitud, o pendent més favorable a les ignicions, que ens mostra el càlcul de χ^2 , suggereix que els incendis es localitzen en zones de fàcil accés, que són on precisament es localitzen els principals eixos viaris i els grans nuclis de població. De la mateixa manera, els usos del sòl més afectats, les bosquines i prats i vegetació escassa, són els que se situen en zones d'interfase urbana-forestal (bosquines i prats i vegetació escassa). En el cas de l'AMB, no podem desvincular en absolut les condicions del territori de les condicions humanes. D'altra banda, la insolació no és una variable que pesi sobre la distribució dels incendis tot i el valor alt de χ^2 ; en els tres primers intervals d'insolació, mostra una certa tendència a l'increment d'incendis en relació a la disponibilitat de superfície en aquests mateixos intervals, però les zones de màxima insolació no es corresponen amb les de més incendis. Si bé l'altitud i el pendent són factors que influeixen l'accessibilitat, la insolació no és determinant, ja que no és una variable que es pugui associar amb l'accessibilitat. Pel que fa a les condicions del territori acceptarem la hipòtesi alternativa pel que fa a la relació dels incendis amb l'altitud, el pendent i els usos del sòl, i acceptarem la hipòtesi nul·la pel que fa a la insolació.

7.4.2. Els incendis al Bages i les condicions del territori

En aquest apartat s'analitzarà si hi ha alguna relació entre les condicions del territori al Bages i la distribució espacial dels incendis, tenint en compte la major dispersió dels incendis i la menor influència de l'activitat humana. La *Taula 7.29* mostra la relació de l'altitud, la insolació i el pendent en percentatges per cadascun dels intervals definits, respecte la localització dels incendis.

Taula 7.29. Els incendis al Bages (1987-1998) en relació a les condicions del territori

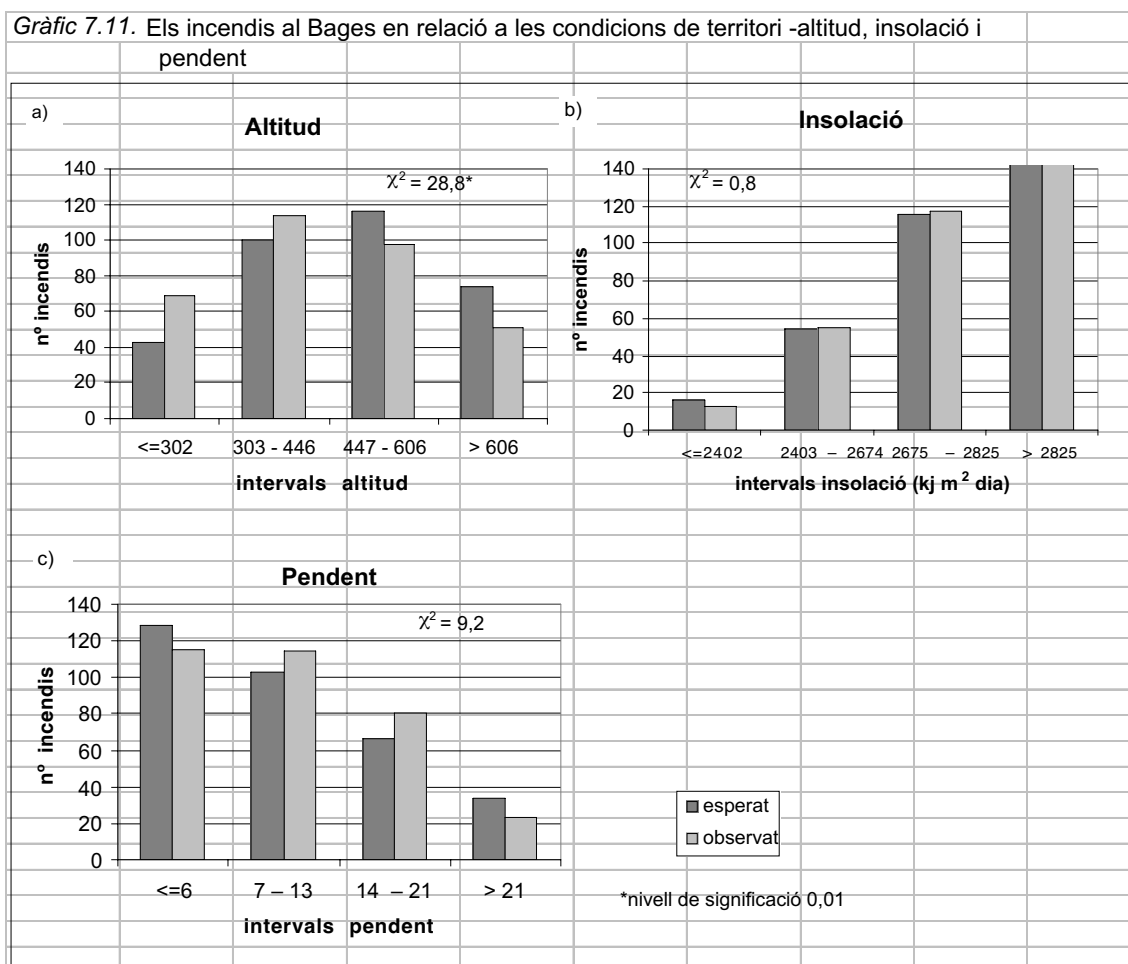
Condicions del territori					
Altitud (m)		Insolació (kj m ² dia)		Pendent (°)	
Intervals	% incendis	Intervals	% incendis	Intervals	% incendis
<=302	20.8	<=2402	3.9	<=6	34.6
303 – 446	34.3	2403 – 2674	16.6	7 – 13	34.3
447 – 606	29.5	2675 – 2825	35.2	14 – 21	24.1
> 606	15.4	> 2825	44.3	> 21	6.9

L'altitud de la comarca se situa entre els 90m i els 1.179, amb 426 m de mitjana, superior a la de l'AMB. Com podem veure a la Taula 7.29, la majoria d'incendis es localitzen en zones de mitjana alçada considerant l'altitud màxima de la comarca (cal tenir en compte que durant el període d'estudi els incendis es van situar entre els 100 m i els 927 m). Com es pot comprovar al Gràfic 7.11 a) s'observen més incendis en el primer interval d'altitud dels que caldria esperar per la quantitat de superfície que hi ha en aquest mateix interval, però, els valors resultants del càlcul de χ^2 pel que fa a l'altitud ens demostra, no tan clarament com a l'AMB, que la distribució de freqüències observades no s'ajusta a la distribució de les freqüències esperades, la qual cosa indica que podem acceptar la hipòtesi alternativa que el nombre d'incendis està en relació amb l'altitud. A l'Annex 2, Taula 7.30 podem veure el valor calculat de χ^2 , de 28,5, superior al valor crític de χ^2 , que amb un nivell de significació de 0,01 és d'11,34. De fet, no és d'estranyar aquest cert desequilibri quan la majoria d'incendis tenen origen, directament o indirecta, humà.

Pel que fa a la insolació, que en la zona d'estudi pels mesos d'estiu, se situa entre els 859 kj m² dia i els 2969 kj m² dia, els incendis es localitzen entre els 1863 kj m² dia i els 2965 kj m² dia amb una mitjana de 2768 kj m² dia. En aquest cas, els incendis es donen gairebé sempre en zones de màxima insolació. Aplicant el test de bondat d'ajustament de χ^2 podem acceptar la hipòtesi nul·la que no hi ha relació entre els incendis i la insolació, amb un nivell de significació de 0,01, i és que la comarca del Bages es caracteritza per ser, en general, una zona molt insolada. El valor calculat de la χ^2 és de 0,8, inferior al valor crític de χ^2 que és d'11, 34 (Annex 2, Taula 7.31). El que realment esperem, més incendis en zones molt insolades, és el que observem, ja que la major part del territori del Bages es troba molt insolat, tal i com s'observa al Gràfic 7.11 b).

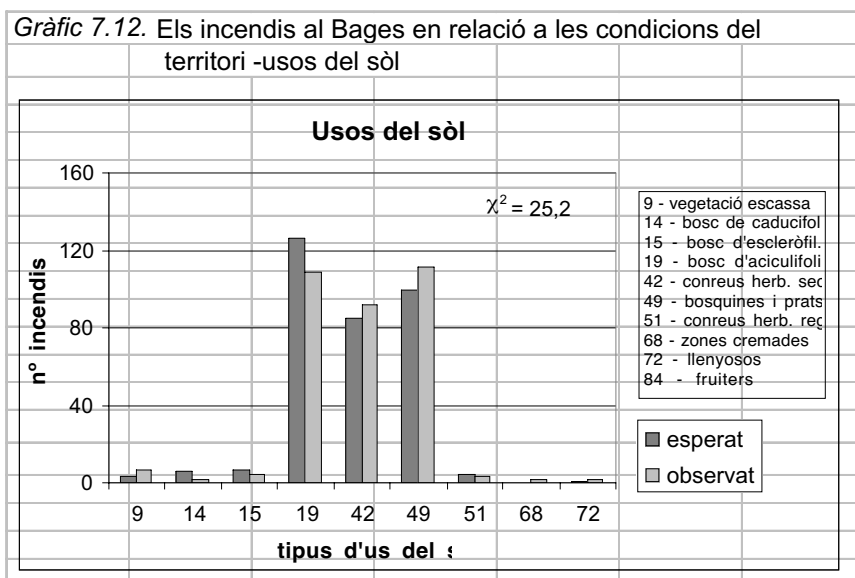
Pel que fa al pendent els incendis se situen entre els 0° i els 39° amb una variabilitat a la zona que va dels 0° als 69° i una mitjana de 11°. Aplicant el test de bondat d'ajustament de χ^2 es pot acceptar la hipòtesi nul·la que la distribució de les freqüències

observades s'ajusta a la distribució de freqüències esperades. El valor calculat de χ^2 és de 9,2, mentre que el valor crític és d'11,34 amb un nivell de significació de 0,01 (Annex 2, Taula 7.32). Al Gràfic 7.11 c) s'observa la poca diferència entre la distribució de freqüències esperades i la distribució de freqüències observades.



Finalment, la distribució dels incendis segons els usos del sòl a la comarca del Bages queda de la següent manera: un 2,1% d'incendis amb vegetació escassa; 0,6% en bosc de caducifolis; 1,2% en bosc d'escleròfil·les; 32,8% en boscos d'aciculifolis; 27,7 en conreus herbacis de secà; 33,4% en bosquines i prats; i el 2,1% restant queda distribuït entre conreus herbacis de regadiu, zones cremades i llenyosos. Aplicant el test de bondat d'ajustament de χ^2 s'ha de refusar la hipòtesi nul·la a un nivell de significació de 0,01, però la podem acceptar a un nivell de significació de 0,001. El valor calculat de χ^2 és de 25,2, mentre que el valor crític és de 20,09 a un nivell de significació de 0,01 i de 26,12 a un nivell de significació de 0,001 (Annex 2, Taula 7.33). Com es pot comprovar en el Gràfic 7.12, la relació entre els usos del sòl i la distribució espacial dels incendis tampoc

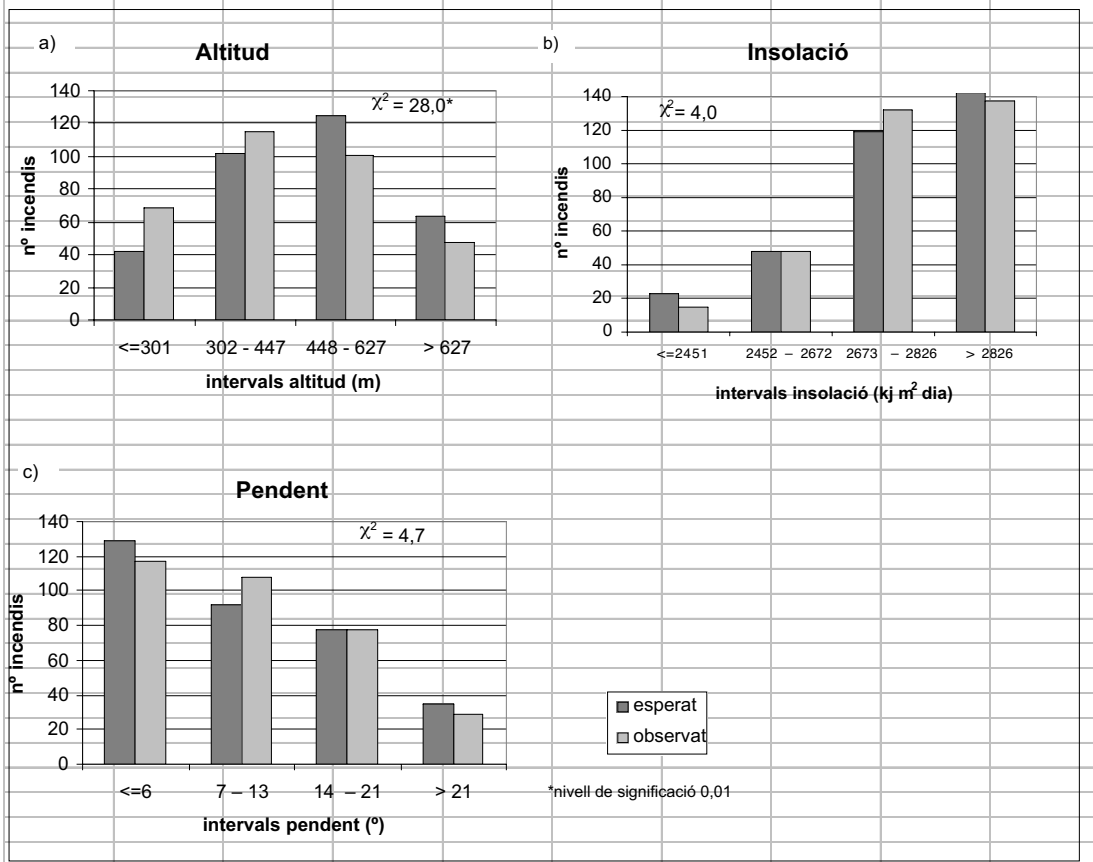
queda tan clara com ho ha quedat en el cas de l'AMB, i és que el fet que els incendis es distribueixin més aleatòriament fa que la proporció dels incendis i la superfície afectada per cada tipus d'ús sigui més equilibrada.



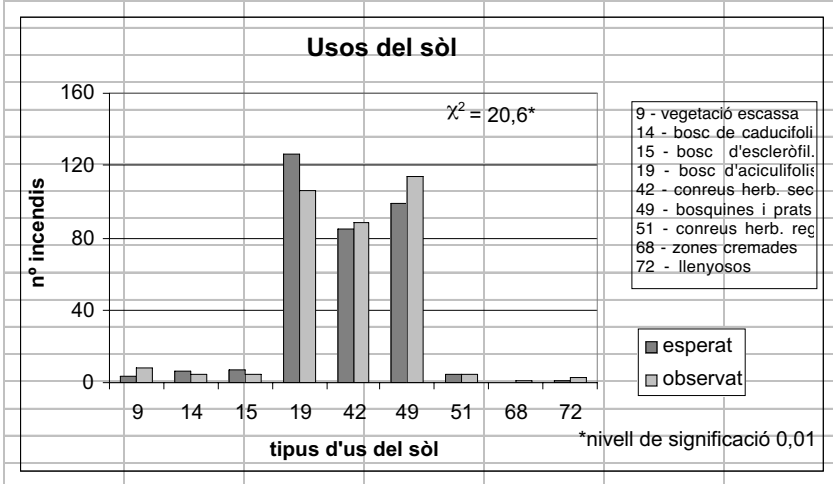
De la mateixa manera que en el cas de l'AMB, al Bages, el desplaçament aleatori dels punts d'ignició respecte els punts originals (+/- 25 m), no ha suposat canvis significatius en els resultats (vegeu *Gràfic 7.13* en el cas de l'altitud, la insolació i el pendent i *Gràfic 7.14*, pels usos del sòl), ja que amb un nivell de significació de 0,01, acceptem la hipòtesi nul·la en el cas de la insolació i el pendent, i amb un nivell de significació de 0,001 en el cas dels usos del sòl, i acceptem la hipòtesi alternativa amb un nivell de significació de 0,01, quant a l'afectació de l'altitud sobre els incendis (l'Annex 2, *Taules 734. 7.35 i 7.36*, pel que fa a l'altitud, la insolació i el pendent; i la *Taula 7.37*, pel que fa als usos del sòl, mostra el detall del càlcul de χ^2).

Per tant, es pot considerar que la major aleatorietat dels incendis al Bages fa que no hi hagi una relació tan clara entre les condicions del territori i la distribució espacial dels incendis, ja que acceptem la hipòtesi nul·la en el cas de la insolació, el pendent i en menor mesura en el cas dels usos del sòl, i acceptem la hipòtesi alternativa pel que fa a l'altitud tot i que no de manera tan clara com a l'AMB. Al capítol nou es veurà com és d'important l'estructura del territori per la proliferació dels GIF al Bages.

Gràfic 7.13. Els incendis al Bages en relació a les condicions de territori -altitud, insolació i pendent (punts ignició desplaçats)



Gràfic 7.14. Els incendis al Bages en relació a les condicions del territori -usos del sòl (punts ignició desplaçats)



7.4.3. Anàlisi comparativa de la distribució dels incendis a l'AMB i al Bages, respecte les condicions del territori

La distribució en percentatges dels incendis segons els nous intervals, calculats per a cadascuna de les variables, que mostra la *Taula 7.38* (a efectes comparatius pels dos àmbits), no modifica les conclusions que s'ha exposat tenint en compte els intervals propis segons el màxim en cadascun dels àmbits. En cap dels casos hi ha canvis significatius modificant el mètode de classificació.

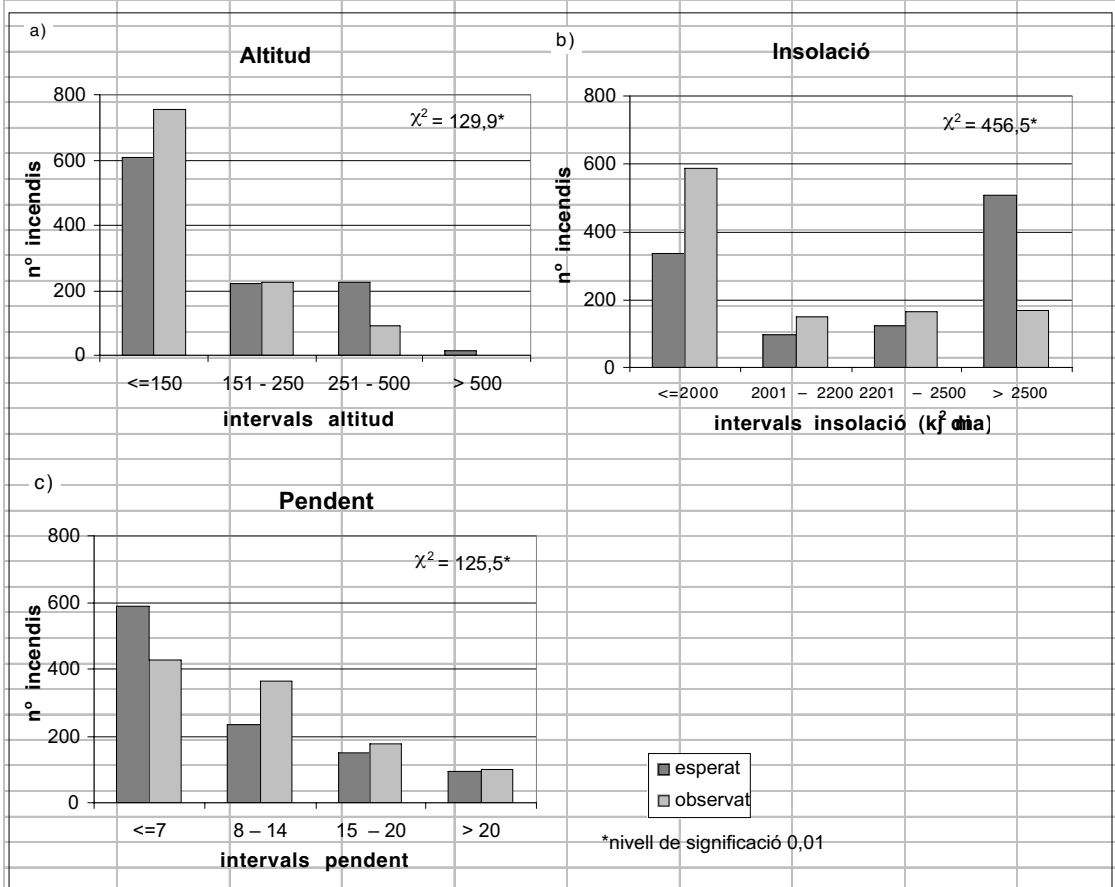
Taula 7.38. Anàlisi comparativa dels incendis a l'AMB i al Bages (1987-1998) en relació a les condicions del territori

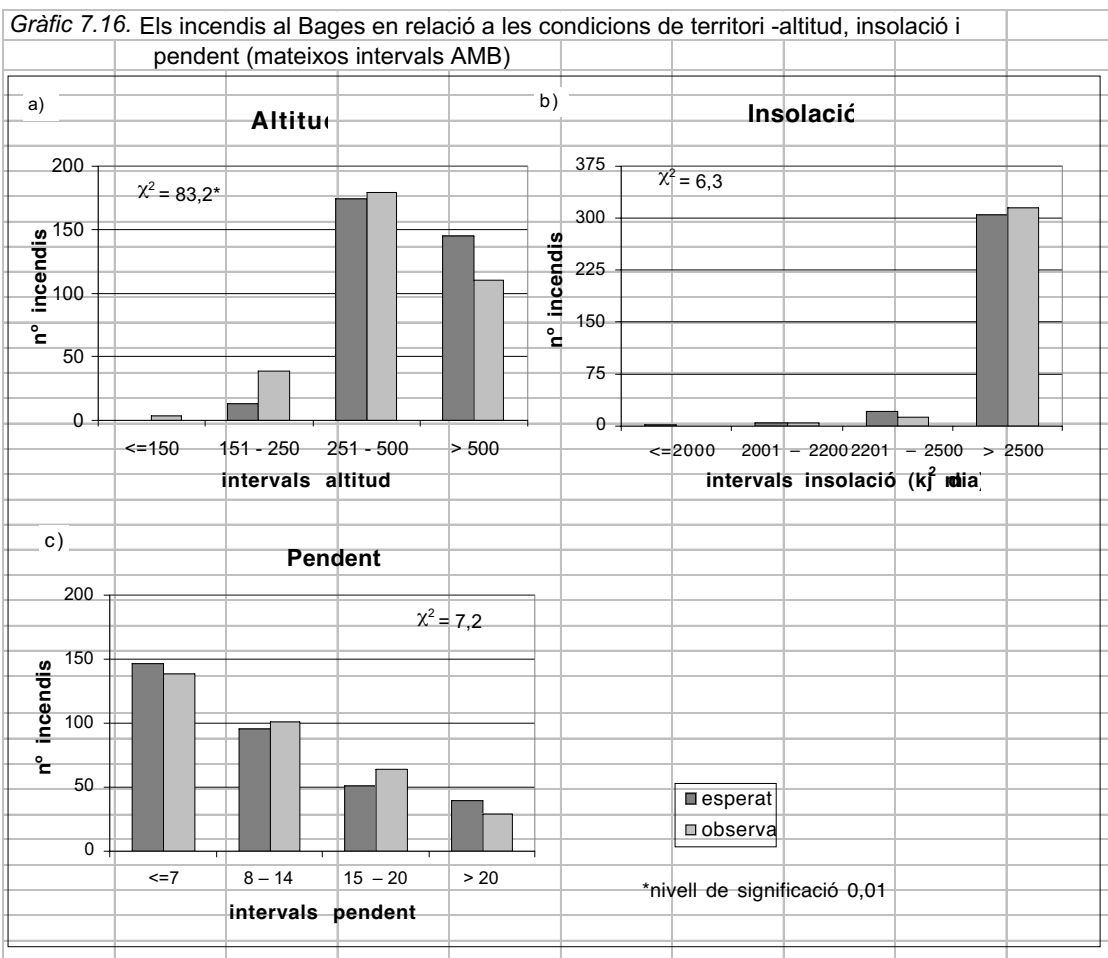
Condicions del territori								
Altitud (m)			Insolació (kJ m ² dia)			Pendent (°)		
Interval	% incendis		Interval.	% incendis		Interval	% incendis	
	AMB	Bages		AMB	Bages		AMB	Bages
<=150	70,3	1,2	<=2000	54,8	0,3	<=6	35,0	34,3
151 – 300	25,2	19,3	2001 – 2200	14,1	1,5	8 – 14	39,0	37,7
301 – 600	4,5	63,0	2201 – 2500	15,4	3,6	15 – 20	16,6	19,3
> 600	0,0	16,6	> 2500	15,6	94,6	> 20	9,4	8,7

El *Gràfic 7.15* (AMB) i *Gràfic 7.16* (Bages), permet comparar la distribució de freqüències esperades amb la distribució de freqüències observades per cadascun dels nous intervals d'altitud, insolació i pendent, respecte la distribució de freqüències que mostra el *Gràfic 7.7* (AMB) i el *Gràfic 7.11* (Bages), amb la classificació d'intervals segons el màxim propi de cada àmbit. Com es pot comprovar, tant a partir dels gràfics, com a partir dels valors calculats de χ^2 , les diferències són molt poc significatives. Les *Taules 7.39, 7.40 i 7.41* (en el cas de l'AMB) i les *Taules 7.42, 7.43 i 7.44* (en el cas del Bages) de l'Annex 2, mostren els resultats del càlcul de χ^2 amb aquests nous intervals i per cadascun dels àmbits d'estudi.¹³

¹³ Les *Taules 7.47 – 7.52*, tornen a mostrar els resultats, sense canvis significatius, del càlcul de χ^2 pels dos àmbits d'estudi i amb els mateixos intervals pels dos àmbits d'estudi i amb els punts d'ignició desplaçats.

Gràfic 7.15. Els incendis a l'AMB en relació a les condicions del territori -altitud, insolació i pendent (mateixos intervals Bages)





7.5. Valoracions generals dels resultats obtinguts

La distribució espacial dels incendis està directament vinculada a la causalitat, per tant, el fort component humà hauria de quedar reflectit en la localització dels incendis. El cas de l'AMB és un exemple que reflecteix clarament aquesta relació. Ha quedat demostrada la incidència de la xarxa viària i les zones urbanitzades, elements indicatius de les condicions humanes, sobre la distribució espacial dels incendis. La incidència de les condicions del territori mostren la forta relació amb les condicions humanes. L'altitud, el pendent i el tipus d'ús de sòl més afectats pels incendis, se situen en zones de fàcil accés. Contràriament al Bages, la major dispersió de les ignicions s'explica per la menor incidència de l'accessibilitat i les condicions del territori. Cal tenir en compte que el valor positiu quant a la distància a les zones urbanes pot ser degut a la major dispersió del poblament.

Pel que fa a la insolació, es pot arribar a la conclusió que aquesta variable no és determinant. Tot i l'alt valor que resulta a l'AMB del càlcul de χ^2 , les zones més insolades no són les que tenen més incendis, i per tant, és de suposar que hi ha altres variables que pesen més sobre la distribució de les ignicions. Al Bages, la distribució de freqüències d'ignicions esperades en els diferents intervals d'insolació, respecte la distribució de freqüències observades, és proporcional. La major part del territori és molt insolat i l'aleatorietat de les ignicions al Bages fa, doncs, que en l'interval més alt d'insolacions hi hagi la major part de les ignicions.

El desplaçament aleatori dels punts d'ignició ha permès comprovar la solidesa dels resultats enfront la incertesa considerada en la localització dels punts d'ignició. Els resultats obtinguts del càlcul de χ^2 no presenten en cap cas, canvis significatius que facin modificar les conclusions a les quals s'ha arribat.

Seguint el plantejament de la cadena causal exposada al capítol tres, es pot apuntar que la probabilitat d'ignició a l'AMB, considerant les condicions humanes, és més alta que a la comarca del Bages. En el capítol 3, s'havia incidit en la importància de diferenciar la probabilitat d'ignició de la probabilitat de propagació. Si bé s'ha vist quins són els agents implicats en la ignició, per tal de poder actuar en conseqüència, cal analitzar detalladament un dels greus problemes dels incendis forestals i on la comarca del Bages en pateix més directament les conseqüències, la propagació dels incendis. En el capítol 9 s'analitzarà l'estructura del territori a l'AMB i al Bages, per la incidència que té sobre els grans incendis forestals.

7.6. Bibliografia

- Alcázar, J.; Vega-García, C.; Grauet, M.; Pelmán, J.; Fernández, A. (1998) "Human risk and fire danger estimation through multicriteria evaluation methods for forest fire prevention in Barcelona, Spain", *III International Conference on Forest Fire Research 14th Conference on Forest Fire Meteorology*, Vol I, pp. 2379-2387, Luso, 16/20 November.
- Bovio, G.; Camia, A. (1997), "Land Zoning Based on Fire History", *International Journal of Wildland Fire* 7(3), pp. 249-258.
- Chuvieco, E.; Congalton, R.G. (1989), "Application of Remote Sensing and Geographical Information Systems to Forest Fire Hazard Mapping", *Remote Sensing of Environment*, pp. 147-159.
- Chuvieco, E.; Salas, J. (1996), "Mapping the spatial distribution of forest fire danger using GIS", *International Journal of Geographical Information System*, vol. 10(3), pp. 333-345.
- Cunningham, A.A.; Martell, D.L. (1976), "The use of subjective probability assessments to predict forest fire occurrence", *Canadian Journal of Forest Research*, 6, pp.348-356.
- Deeming, J. E. et al. (1972), *National Fire-Fire Danger Rating System*, US Forest Service, Research Paper RM-84
- Ebdon, D. (1982), *Estadística para geógrafos*, Colección Ciencias Geográficas. Oikos-Tau, Barcelona.
- ESRI, (1997), *ArcView Manual on line*,
- Folch, R. (1996), "Socioecología dels incendis forestals", a Terrades, J. (Coord.), *Ecologia del Foc*, Proa, Barcelona, pp. 255-261.
- Langhart, R.; Bachmann, A. Allgöwer, B. (1992), "Temporal and spatial patterns of wildfire occurrence (Canton of Grison, Switzerland)", *III international Conference on Forest Fire Research, 14th Conference on Fire and Forest Meteorology*, Vol II, pp. 2279-2292, Luso, 16/20 November 1998.
- Martell, D.L.; Otukol, S.; Stocks, B.J. (1987), "A logistic model for predicting daily people-caused forest fire occurrence in Ontario", *Canadian Journal of Forest Research*, 17, pp. 394-401.
- Martin, P.; Chuvieco, E.; Aguado, I. (1999), "Los incendios forestales en España", *Serie Geográfica. Incendios forestales*. Universidad de Alcalá, Servicio de Publicaciones, Departamento de Geografía, 7, pp. 23-36.
- Pons, X. (1996), "Estimación de la radiación solar a partir de modelos digitales de elevaciones. Propuestas metodológicas", *Actes VII Coloquio de Geografía*

- Cuantitativa, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección*, 17-19 Septiembre, Vitoria-Gasteiz, pp. 87-97.
- Pyne, S.J. (1984), *Introduction to wildland fire. Fire management in the United States*, John Wiley & Sons, Nova York.
- Rothermel, R.C. (1972), *A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels*, General Technical Report INT-115, Odeon, Utah, USDA Forest Service, Intermountain Research Station.
- Salas, J.; Chuvieco, E. (1990), "¿Dónde arderá el bosque? Previsión de incendios forestales mediante un SIG", *Actas I Congreso AESIGIT*, Madrid, AESIGIT, pp. 430-446.
- Trabau, L. (1992), *Les feux de forêts. Mécanismes comportement et environnement*. France Selection.
- Vega-Garcia, C.; Woodard, P.M.; Lee, B.S. (1993), "Geographic and temporal factors that seem to explain human-caused fire occurrence in Whitecourt Forest, Alberta", *GIS'93 Symposium*, Vancouver, British Columbia, February 1993.
- Vélez, R. (1991), "Los incendios forestales y la política forestal", *Revista de estudios agro-sociales*, 158, Oct-Dic. pp. 83-105.
- Vélez, R. (1997), "Recent history of forest fire in the Mediterranean area", a Balabanis, P. Eftichidis, G. Fantechi, R. (Eds.), *Environment and quality of life. Forest fire and management*, Proceedings of the European School of Climatology and Natural Hazards course held in Porto Carras, Halkidiki, Greece, 27 May to 4 June 1992, pp. 15-26.
- Viegas, D.X. (1997); *General features of forest fires*, a Balabanis, P.; Eftichidis, G.; Fantechi, R. (Eds.), *Environment and quality of life. Forest fire and management*, Proceedings of the European School of Climatology and Natural Hazards course held in Porto Carras, Halkidiki, Greece, 27 May to 4 June 1992, pp. 5-13.

<http://www.gencat.es/mediamb/lleis/espnat/espna016.htm>

http://www.gencat.es/mediamb/gis/cgis_b9.html

http://www.gencat.es/mediamb/gis/cgis_b1.html

8. L'ocurrència d'incendis en relació a l'índex de risc meteorològic d'incendis forestals.

8.1. L'estacionalitat dels incendis

Aquest capítol té com a objectiu analitzar la relació entre la incidència dels incendis a l'AMB i a la comarca del Bages i un índex meteorològic de risc d'incendi, el sistema canadenc de risc meteorològic d'incendis forestals (*Canadian Forest Fire Danger Rating Index* -CFFDRI). Malgrat que l'anàlisi de la causalitat ha demostrat que l'ocurrència d'incendis a la Mediterrània i concretament a Catalunya està lligada a l'activitat humana, la majoria són causats per negligències o intencionats i, a més hi ha diversos factors físics que intervenen en el fenomen. Factors com l'estat hídric dels combustibles o les condicions que imposen els diferents factors meteorològics, fan que els incendis tinguin una incidència més gran quan aquestes variables naturals són crítiques. És aquest fet que ha motivat dedicar un capítol a la relació de les variables meteorològiques amb l'ocurrència d'incendis. En termes comparatius, l'aplicació de l'índex canadenc per una estació de l'AMB i per una de la comarca del Bages, aportarà nous arguments a la determinació dels trets distintius dels dos àmbits.

Segons un estudi portat a terme per Piñol et al. (1998), l'increment del risc d'incendi és conseqüència directa de l'augment de les temperatures registrat a Catalunya de l'ordre de 0,1 graus per dècada i d'una disminució de la humitat relativa diària mínima que ha baixat el 0,8% cada 10 anys entre el 1910 i el 1994. Les dades registrades mostren, en canvi, que la quantitat de pluja no ha variat de manera important en aquest període encara que si ha augmentat la demanda evaporativa (plou igual però l'evaporació potencial és més alta).

No es pot afirmar de manera absoluta que l'augment d'incendis a Catalunya és degut només al canvi climàtic, ja que hi ha d'altres variables que hi influeixen (canvi d'usos del sòl, freqüentació humana) que també han canviat durant aquest període; de totes maneres el canvi en el clima és una de les causes a tenir en compte.

El desenvolupament de sistemes que avaluin el risc diari d'incendis forestals és essencial per a totes les polítiques de prevenció d'incendis forestals. L'índex meteorològic

de risc en l'estació d'incendis,¹ s'ha convertit en una eina de planificació molt útil en la definició de criteris per a la prevenció. Tot i que és de gran utilitat disposar d'un mapa de risc potencial d'incendis forestals per a la planificació global, actualment qualsevol política de prevenció té en compte les prediccions meteorològiques per a la planificació estacional de la prevenció.

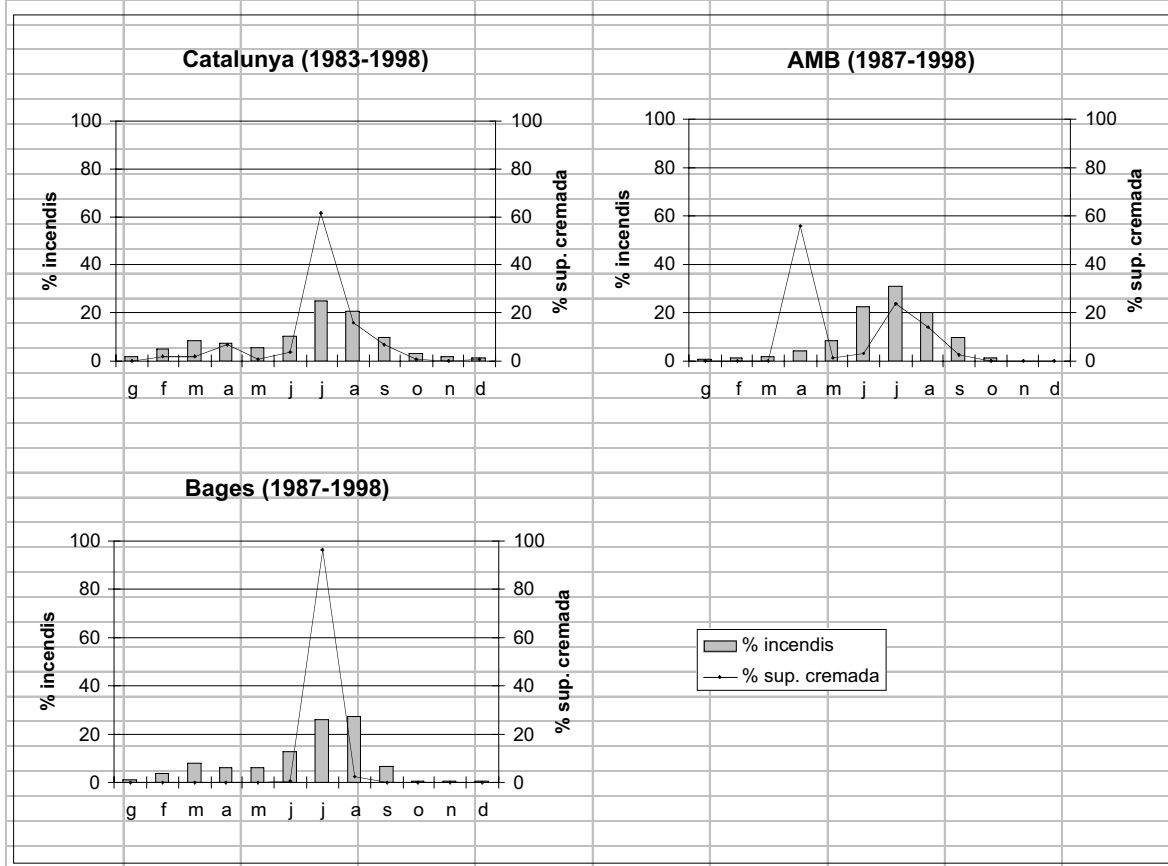
Des del punt de vista de la prevenció dels incendis forestals, la utilitat de predir l'oscil·lació del risc d'incendi en un període determinat a través de la variabilitat meteorològica, es troba en la possibilitat d'organitzar el servei de prevenció i vigilància així com optimitzar la localització i preparació dels mitjans necessaris per a l'extinció.

Una mostra de l'estacionalitat dels incendis a Catalunya durant el període 1983-1998 a l'AMB i la comarca del Bages durant el període 1987-1998 es pot veure al *Gràfic 8.1*, que mostra la distribució dels incendis i la superfície afectada per mesos. Com es pot veure, els mesos d'estiu concentren la majoria d'incendis i de superfície cremada; en el cas de Catalunya, només el juliol i agost concentren el 46% dels incendis i el 78% de la superfície forestal cremada i en el cas del Bages el 53% d'incendis i el 99% de superfície cremada. El cas de l'AMB és una mica especial, ja que, el que reflecteix realment la importància de les condicions meteorològiques, és la superfície afectada pels incendis i tenim el mes d'abril amb un 56% de la superfície forestal cremada. Cal recordar el cas de l'incendi del Garraf (abril de 1994) en què es va cremar el 55% de la superfície total pels 12 anys d'estudi. Si s'exclou aquest incendi, els percentatges varien significativament, passant d'un 35% els mesos de juliol i agost a un 83% per aquests mateixos mesos. Cal comentar el fet que durant tot l'any es produeixen incendis, però el major nombre d'incendis i els que suposen un impacte social, econòmic i ambiental més important per la superfície que afecten, són durant els mesos on les condicions meteorològiques són més crítiques.

En aquest capítol s'aportaran nous arguments per tornar a justificar la segona de les hipòtesis generals que ja s'ha formulat: la meteorologia afecta sobretot la superfície cremada, més que el nombre d'incendis.

¹ Pyne (1982) és refereix a l'estació d'incendis com a l'època de l'any en què es troben les condicions meteorològiques més favorables perquè tinguin lloc els incendis.

Gràfic 8.1. Distribució dels incendis i la superfície cremada per mesos a Catalunya.



8.2. Metodologia i base de dades

La metodologia emprada es pot resumir en els següents punts:

- capturar, validar i completar la base de dades sobre les estacions
- selecció de les estacions òptimes per a l'aplicació de l'índex
- aplicació de l'índex per a les estacions seleccionades
- categorització de l'índex
- relació de l'índex amb el nombre d'incendis i la superfície cremada
- interpretació i anàlisi dels resultats

El mètode utilitzat en el procés d'aplicació de l'índex meteorològic de risc, que permeti aportar informació de la importància de les condicions meteorològiques en els incendis, ha passat en primer lloc per una recerca força exhaustiva dels índexs existents; no es pretenia dedicar esforços en el disseny d'un índex propi ni en la validació dels ja

existents, ja que l'objectiu és utilitzar aquelles eines disponibles per a la tipificació dels incendis als dos àmbits d'estudi. Després d'un procés de recerca bibliogràfica s'ha pogut comprovar la gran quantitat d'índexs que hi ha i els estudis existents que tenen com a objectiu la validació dels índexs més generalitzats.² Per tant, s'ha arribat a la conclusió que l'índex que més s'ajustava a les nostres necessitats era el canadenc.

Les dades meteorològiques han estat, potser, les més conflictives a l'hora d'integrar-les en qualsevol model de risc d'incendi -ja que requereixen un nombre considerable d'estacions meteorològiques distribuïdes coherentment pel territori-. Tradicionalment, un dels procediments que s'ha utilitzat per a suplir la manca de dades meteorològiques ha estat utilitzar el factor topogràfic; l'altitud, l'orientació i el pendent, han servit en alguns casos (Congalton i Chuvieco, 1989; Salas i Chuvieco, 1992) per a justificar les dades que fan referència a l'escalfament del sòl -orientació i pendent- i les temperatures -altitud-.

La importància del factor meteorològic tant en la fase d'ignició com en la de propagació ha fet que es dediquessin molts esforços a millorar tots els procediments de captura de les dades. El tipus de dades que es necessiten són les que fan referència a la temperatura de l'aire a l'hora de la presa, la humitat relativa i la velocitat i direcció del vent. El que sens dubte és més important, és que la informació meteorològica és imprescindible per a calcular la humitat del combustible, paràmetre fonamental per a determinar tant la probabilitat d'ignició, la probabilitat de propagació com per analitzar el comportament del foc.

El ventall de dades que es disposava va permetre escollir una estació per a cadascun dels àmbits, optant per l'Observatori Fabra per l'AMB³ inaugurat el 1914 i gestionat per la *Real Academia de las Ciencias*, i l'estació del Canós per part de la comarca del Bages, que va entrar en funcionament a finals de 1988⁴ i és gestionat pel DARP. Aquestes són les dues estacions per les quals es disposa d'una sèrie històrica més llarga. Amb això es va aplicar l'índex per a cadascuna de les estacions, obtenint un

² En apartats següents es farà un recull d'alguns d'ells i es justificarà el per què finalment s'ha optat per l'índex canadenc.

³ La informació de l'Observatori Fabra, que originàriament es disposava en paper va ser facilitada per Antoni Gázquez de l'Observatori Fabra. Aquestes dades es van haver d'entrar manualment per passar-les a format digital. En el cas de l'estació de Canós, estació automàtica gestionada pel DARP, només es van haver de completar aquells dies que faltaven, en alguns casos promitjant els valors a partir d'altres estacions de la zona i en altres casos observant els dies previs i posteriors.

⁴ Aquesta estació no es troba localitzada a la comarca del Bages, però per proximitat i informació disponible és la que s'ha ajustat més bé.

valor diari de perill, amb la qual cosa es podia passar a relacionar-lo amb la informació sobre incendis (nombre d'incendis i superfície cremada) que disposava pels dos àmbits.

Les dades meteorològiques originals necessàries per a l'aplicació de l'índex són la pluviometria (suma diària de pluja), la temperatura màxima, la humitat relativa mínima, ràfega màxima de vent. En el cas de les estacions de l'Observatori Fabra i del Canós, s'ha tingut en compte la suma de pluja diària, la temperatura màxima, la humitat relativa mínima (en el cas de l'Observatori Fabra s'ha optat per la humitat relativa a les 13:00 hores ja que no es disposava la mínima) i la ràfega màxima de vent.

Un cop escollit l'índex, el pas següent era la captura i validació de les dades meteorològiques. Tot i que finalment s'ha optat per aplicar l'índex canadenc a una estació representativa de cada àmbit (l'Observatori Fabra en el cas de l'AMB i l'estació de Canós al Bages), l'objectiu que es perseguia inicialment era zonificar el risc meteorològic fruit de l'aplicació de l'índex per a totes aquelles estacions que es disposessin, però un cop analitzades les dades disponibles es va veure que la manca d'una sèrie històrica suficientment llarga que cobrés tot el període d'estudi i la baixa densitat de punts en general, interferia aquest objectiu, per la qual cosa es va optar, finalment, per fer un tractament únicament numèric de la incidència de les estacions, ja que amb això la tipificació dels incendis en tots dos àmbits quedava coberta. De totes maneres, per les estacions més pròximes als dos àmbits es va fer la captura de les dades a través de les estacions gestionades pel DARP i pel DMA (Departament de Medi Ambient), omplint tots aquells buits que quedaven.⁵ L'accés a les dades de les estacions que depenen del DARP va ser senzill, ja que, un cop es va fer la sol·licitud formal, l'accés a la informació ja era lliure i es podia actualitzar quan calgués.⁶ Pel que fa a les estacions que depenen del Departament de Medi Ambient, en aquell moment, calia fer una sol·licitud cada vegada que es necessiten dades, per tant, l'actualització no era gens àgil.⁷

⁵ Es va calcular el valor mitjà amb altres estacions i en el cas que no n'hi haguessin, es mirava els dies anteriors i posteriors, o fins i tot es mirava les mateixes dates pels anys anteriors o posteriors (A l'Annex 3 es pot veure les característiques de totes les estacions, en forma de taules -*Taula 8.1* i *Taula 8.2*- que es pretenien considerar en un principi per a cadascun dels àmbits d'estudi).

⁶ L'empresa Penta MSI és la que s'encarrega de gestionar aquestes dades.

⁷ Actualment és possible l'accés via Internet a totes les estacions automàtiques siguin del departament que siguin.

8.3. Els índexs meteorològics de risc d'incendi

Un índex de risc és un instrument de predicció que quantifica el risc d'incendi a partir d'una sèrie de factors (permanents o variables) que condicionen l'inici i propagació del foc. Els factors permanents no influeixen de forma decisiva en la variació diària de l'índex, són els factors variables els que mesurats o estimats periòdicament proporcionen l'oscil·lació de l'índex (Vélez, 1985).

Tot i la seva importància, els paràmetres meteorològics presenten generalment un grau de correlació dèbil quan es consideren individualment, però quan es consideren de manera conjunta els resultats són més satisfactoris; per tant, l'elaboració d'índexs meteorològics que combinen diferents variables són fonamentals en les tasques de predicció i prevenció d'incendis (Carrega, 1990). El que es pretén amb l'aplicació d'índexs de risc meteorològic és identificar aquelles condicions meteorològiques sota les quals és més fàcil que es produeixi un incendi, per tal de definir les condicions més severes pels incendis (Bovio et al. 1998). En les primeres investigacions de caràcter preventiu es va observar que el comportament del foc estava influenciat pels forts canvis que experimentava al llarg del dia el contingut d'humitat dels combustibles (Chandler et al. 1983).

Hi ha una llarga experiència en l'aplicació d'índexs meteorològics; el sistema de predicció de risc nord-americà és representatiu dels índexs més teòrics, ja que tenen una forta fonamentació matemàtica i física en l'anàlisi de la humitat del combustible. A partir d'experiments realitzats al laboratori es pretén mesurar la relació entre els diferents combustibles i els factors meteorològics sobre el comportament del foc (Deeming et al. 1977); sistemes com el canadenc encara que basats en fonaments físics es desenvolupa a partir d'anàlisis de nombrosos treballs de camp. Els índexs canadencs es van construir empíricament, relacionant de forma conjunta la meteorologia, la humitat del combustible i el comportament del foc amb dades enregistrades durant diferents estacions d'incendis en una sèrie de punts determinats (Van Wagner, 1974).

Altres índexs de risc com el francès o l'italià es basen en l'estimació de l'estat del balanç hídric que afecta el combustible. Aquests índexs el que avaluen és la reserva d'aigua del sòl. L'índex francès és també un índex mixt, s'estima el contingut d'humitat en dos tipus de combustible: la vegetació viva a partir de la reserva d'aigua del sòl i la morta, en funció de diferents variables meteorològiques (Sol, 1990). En l'índex italià IREPI,

s'utilitza la reserva d'aigua del sòl com a estimador del comportament diari de la vegetació viva, però en aquest cas l'índex final només afegeix informació sobre la ignició; les característiques de propagació s'obtenen a posteriori considerant el factor del vent (Bovio et al. 1984).

A l'Estat Espanyol, abans de disposar d'un sistema de predicció del risc propi, es va experimentar amb diferents mètodes utilitzats en diferents països. Des de 1987 hi ha disponible un índex de risc dissenyat per ICONA que avalua la probabilitat d'ignició inspirant-se en el mètode desenvolupat pel laboratori del foc de Missoula, Montana (ICONA, 1990). Aquest índex no té en compte l'estat de vegetació viva. L'índex estima el contingut d'humitat dels combustibles lleugers i morts situats a la superfície del bosc, a partir de la temperatura de l'aire, l'exposició, la topografia i l'hora i el mes en què es realitzen les medicions. Aquest índex no considera l'efecte de les condicions meteorològiques passades.

Darrerament hi ha hagut un gran interès en la validació d'índexs de risc ja desenvolupats. Dins del programa MINERVE I i II finançat per la DG XII *Environment and Climate Programme* (Bovio et al. 1994), es contrasten diversos índexs meteorològics, relacionant el valor de cada índex amb sèries històriques d'incendis d'alguns països de l'àrea mediterrània que formen part de la Unió Europea (Viegas et al. 1994). Els índexs considerats en aquest projecte són: l'índex americà, el NFDRS (Deeming et al. 1977); el canadenc *Canadian Forest Fire Danger Rating System*, CFFDRI (Van Wagner 1987); diversos de francesos, l'índex Orioux (1979), el mètode de Carrega (1990), l'índex numèric de Sol (1990); a Espanya el mètode d'ICONA (ICONA, 1988, 1993); l'índex portuguès (Gonçalves i Lourenço, 1990); l'índex IREPI d'Itàlia (Bovio et al. 1984). Altres exemples d'estudis comparatius índexs de risc es poden trobar a Viegas et al. (1994), els quals comparen el mètode Canadenc (CFFDRI), l'índex numèric de Sol, el mètode IREPI, el mètode portuguès i el mètode d'ICONA (conclouen què el mètode canadenc i el portuguès són els que donen millors resultats a l'estiu i el mètode d'ICONA pels mesos d'hivern); Piñol et al. (1998) comparen el mètode d'ICONA i el de Carrega (el mètode de Carrega dona més bona correlació entre l'índex i la superfície cremada que el d'ICONA).

8.4. Descripció del sistema canadenc de predicció del risc d'incendis forestals. El Canadian Forest Fire Danger Rating Index (CFFDRI)

8.4.1. Justificació de la selecció de l'índex canadenc

El *Canadian Forest Fire Danger Rating Index* (CFFDRI), és el resultat de 70 anys de recerca amb una inversió de molts recursos. El fet que s'hagi optat per aquest índex respon a la gran acceptació que ha tingut i als bons resultats obtinguts en moltes de les seves aplicacions i comparacions amb altres índexs. Per tant, l'adopció d'un índex de risc d'incendis ja desenvolupat i provat pot fer estalviar enormes quantitats de temps i diners a les administracions. Els diferents índexs que calcula el CFFDRI han estat integrats, juntament amb altres variables, en el model de regressió logística per a la predicció d'incendis diaris (Martell et al. 1987; Martell i Bevilacqua, 1989). El DARP utilitza en el càlcul del risc diari d'incendis forestals el model canadenc, aplicat a partir de les estacions meteorològiques que té distribuïdes per tot Catalunya;⁸ un altre exemple de la gran acceptació és la gran quantitat d'aplicacions presentades al *III International Conference on Forest Fire Research 14th Conference on Forest Fire Meteorology* a Luso el novembre de 1998 (Bovio et al. Dimitrakopoulos et al. Viegas et al. Flannigan et al.). Ja hi ha una gran quantitat de treballs que tenen com a objectiu validar índexs de risc; per tant, no és l'objectiu d'aquest treball d'investigació afegir-nos a la llista, sinó tenir en compte aquell índex amb més experiència i que ha demostrat ser fiable. Una altra avantatge d'aquest índex respecte altres, és els diferents índexs intermedis que ens ofereix la qual cosa permet complementar-nos alguns resultats obtinguts.

8.4.2. Marc teòric del CFFDRI

L'índex de risc meteorològic d'incendis forestals publicat l'any 1970 va ser el resultat d'anys d'esforç per diversos investigadors del Servei Forestal Canadenc. Aquest índex es basa en el contingut d'humitat de tres classes diferents de combustible forestal, més els efectes del foc i el comportament del foc. El sistema es basa en sis components: tres subíndexs principals que estan relacionats amb la humitat del combustible, dos subíndexs intermedis que estan relacionats amb la velocitat de propagació i el combustible consumit, i un índex final que estan relacionats amb la intensitat del foc com a índex de sortida d'energia per unitat de longitud del front del foc.

Des del 1969, les variables utilitzades en el CFFDRI han estat les següents:

- lectures diàries al migdia de pluja, humitat relativa, vent i temperatura
- diferents índexs de risc per diferents estacions de l'any
- contingut d'humitat del combustible fi estimat dia a dia
- índex de sequera calculat a partir dels dies de pluja previs
- en la darrera versió, correcció per l'efecte del vent en el comportament del foc
- índex de risc subsidiari per a tipus de combustible específics

Els anys 70, les agències de control d'incendis forestals van esdevenir més sofisticades i en conseqüència eren més exigents en el mateix sistema de predicció del risc d'incendi. Com a resposta es va desenvolupar l'índex canadenc de risc d'incendi meteorològic, partint dels fonaments de Muraro (1968). La finalitat d'aquest nou índex era el d'aprofitar al màxim el treball realitzat per a calcular l'índex existent, afegint nous components allà on era necessari. La versió original de l'índex canadenc de risc meteorològic es va publicar el 1970 (*Canadian Forestry Service*, 1970), i els subseqüents edicions de les taules dels índexs van aparèixer 1976, 1978 i 1984 (*Canadian Forestry Service*, 1976, 1978, 1984). Bàsicament s'ha mantingut l'estructura de l'índex amb algunes modificacions matemàtiques i la conversió de les unitats meteorològiques universals a mètriques. Per tant, hi ha una clara continuïtat dels inicis encapçalats per Wright quan va fundar el centre de Recerca Canadenc en incendis forestals el 1925 (Van Wagner, 1987).

El CFFDRI es basa en l'índex de risc meteorològic, *Fire Weather Index*, FWI. Aquest índex comprèn sis components estàndards: els tres primers són codis d'humitat del combustible que segueixen els canvis diaris en el contingut d'humitat de les tres classes de combustible forestal amb diferents índexs de sequera. Els darrers tres components són índexs de comportament del foc que representen la velocitat de propagació, quantitat de combustible consumit i intensitat del foc. El sistema depèn només de dades meteorològiques preses al migdia: temperatura, humitat relativa, velocitat del vent, pluviometria durant les darreres 24 hores. En termes generals, el

⁸ Es pot consultar el mapa de risc diari al Web del DARP
<http://www.gencat.es/darp/medi/incendis/medi00.htm>

sistema FWI és un conjunt d'equacions (Van Wagner i Pickett, 1985) que es poden processar via ordinador.⁹

Encara que el FWI es calcula amb lectures meteorològiques del migdia, el que representa realment és el risc d'incendi a la punta de la mitja tarda, especificada generalment a les 16:00 hores.

Per a cadascun del tres combustibles del FWI desenvolupa un subíndex que s'anomenen *codis d'humitat del combustible* i que es relacionen a continuació:

- ⇒ *Fine Fuel Moisture Content (FFMC)* – índex del contingut d'humitat del combustible fi – pes sec 0.25 kg/m^2 . El rang potencial del FFMC va de 0 a 101%. Aquest codi és un indicador de la facilitat d'ignició i d'inflamabilitat dels combustibles fins.
- ⇒ *Duff Moisture Code (DMC)* – índex de la mitjana del contingut d'humitat de la virosta. Representa el contingut d'humitat de la matèria lleugerament compactada (esponjada), amb un pes aproximat de 5 kg/m^2 quan està sec.
- ⇒ *Drough Code (DC)* –codi de sequera- índex que representa el contingut d'humitat de la capa de profunditat de matèria orgànica amb un pes de 25 kg/m^2 quan està sec. És un indicador de l'estacionalitat de la sequera dels combustibles forestals.

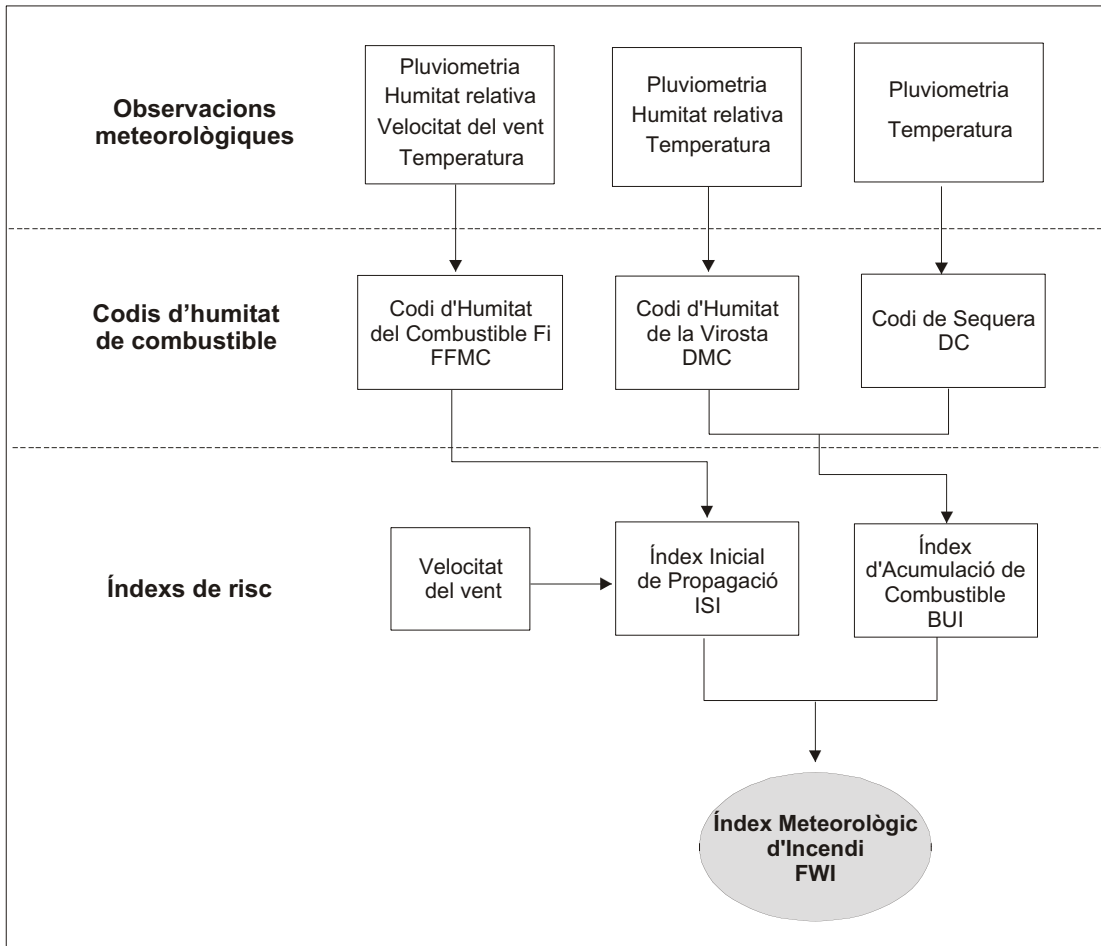
Aquests tres codis d'humitat més el vent, es relacionen entre ells per a calcular uns índexs intermedis que es combinen per a generar l'índex final, el FWI. Els índexs intermedis i el final es relacionen a continuació.

- ⇒ *Initial Spread Index (ISI)* – índex inicial de propagació – combinació del vent i FFMC que representa l'índex de propagació sense la influència de la variable de quantitat de combustible. La funció del vent en el ISI, és un senzill exponent que fa doblar el FWI per a cada increment de 19 km/h .
- ⇒ *Buildup Index (BUI)* – combinació de DMC i DC que representa el total de combustible disponible per la propagació del foc.

⁹ L'Annex 3 mostra el detall de les equacions d'aquest índex.

⇒ *Fire Weather Index (FWI)* – combinació del ISI i el BUI que representa la intensitat de la propagació del foc com a índex de sortida d'energia per unitat de longitud del front de la flama.

Figura 8.1. Bloc diagrama del sistema de predicció de l'índex meteorològic d'incendis forestals. El model canadenc CFFDRI



8.6. L'ocurrència d'incendis en relació a l'índex meteorològic de risc

8.5.1. Paràmetres a considerar a efectes comparatius

Tot i que el CFFDRI ofereix 6 índexs diferents, en l'anàlisi dels incendis en relació a les condicions meteorològiques i la comparació entre tots dos àmbits d'estudi, s'ha tingut en compte només el FWI, que suposa la integració de tots els altres índexs¹⁰. De totes

¹⁰ El procediment mitjançant el qual s'ha calculat l'índex canadenc ha estat a partir d'un executable programat per Josep Piñol, investigador del CREAF, i a partir de les formulacions publicades a Van Wagner (1974).

maneres, en algun cas especial s'han observat els valors del BUI (condicions extremes de sequera) o l'ISI (condicions extremes de vent), per poder explicar situacions complicades. A la *Taula 8.3* i la *Taula 8.4* es pot veure la forta correlació que hi ha entre cadascun dels índexs previs (codis d'humitat de combustible i els índex de risc) i el FWI per les dues estacions corresponents a cadascun dels àmbits d'estudi.

Taula 8.3. Correlació entre índexs de risc meteorològic a l'Observatori Fabra

		DC	FFMC	DMC	ISI	BUI	FWI
DC	Correlació de Pearson	1	.241**	.762**	.076**	.856**	.472**
FFMC	Correlació de Pearson		1	.347**	.316**	.341**	.470**
DMC	Correlació de Pearson			1	.183**	.982**	.629**
ISI	Correlació de Pearson				1	.163**	.797**
BUI	Correlació de Pearson					1	.617**
FWI	Correlació de Pearson						1

** la correlació és significativa al nivell 0,01 (bilateral)

* la correlació és significativa al nivell 0,05 (bilateral)

Taula 8.4. Correlació entre índexs de risc meteorològic a l'estació de Canós

		DC	FFMC	DMC	ISI	BUI	FWI
DC	Correlació de Pearson	1	.361**	.767**	.371**	.847**	.607**
FFMC	Correlació de Pearson		1	.459**	.459**	.489**	.610**
DMC	Correlació de Pearson			1	.469**	.984**	.722**
ISI	Correlació de Pearson				1	.486**	.884**
BUI	Correlació de Pearson					1	.756**
FWI	Correlació de Pearson						1

** la correlació és significativa al nivell 0,01 (bilateral)

8.5.2. Categorització del CFFDRI

Amb la finalitat d'interpretar els resultats i analitzar la incidència de les condicions meteorològiques sobre el nombre d'incendis i la superfície cremada, s'ha categoritzat l'índex en 6 classes de risc que són: molt baix, baix, moderat, alt, molt alt i extrem. Aquest és un dels aspectes crítics a tenir en compte abans de l'anàlisi dels resultats, ja que segons el criteri de subdivisió en classes de l'índex pot fer variar els resultats. Tenint en compte la distribució dels incendis i la superfície cremada per mesos de l'any (tal i com es

pot veure al *Gràfic 8.1*), s'ha considerat que un 25% de dies en les categories d'alt, molt alt i extrem és suficient. Per tant, en aquesta tesi es proposa la següent classificació: un 25% dels dies per a la categoria de risc molt baix, un 25% de dies per a la categoria de baix, un 25% de dies per la categoria de moderat; el 25% restant de dies es repartirà de manera que el risc molt alt sigui aproximadament la meitat del risc alt i l'extrem sigui aproximadament la meitat del risc molt alt, per tant el 15% de dies serà de risc alt, el 7% de dies serà de risc molt alt i el 3% de dies de risc extrem.

El que s'espera observar és que els valors més alts de l'índex corresponen al major nombre d'incendis i sobretot a una superfície cremada més elevada. Tenint en compte aquesta hipòtesi, la comparació dels dos àmbits d'estudi mitjançant la relació de l'índex meteorològic (FWI), el nombre d'incendis i la superfície cremada permetrà diferenciar un cop més el tipus d'incendis a l'AMB i a la comarca del Bages.

8.5.3. L'ocurrència d'incendis en relació a l'índex meteorològic de risc a l'AMB

El punt de partida de l'aplicació de l'índex meteorològic de risc d'incendi a l'AMB és l'Observatori Fabra. Aquesta estació es troba situada just al mig de l'AMB al sud del Parc Natural de Collserola, la qual cosa ens ha semblat òptima per a considerar-la com a exemple de la importància del factor meteorològic en els incendis de l'AMB.

Un cop calculat l'índex per les dades de l'Observatori Fabra, s'ha aplicat els percentatges descrits anteriorment al FWI, amb la qual cosa s'ha obtingut els rangs dels valors del FWI -que van de 0 com a valor mínim a 252 com a valor màxim- per establir les sis categories de risc, les quals queden resumides a la *Taula 8.5*. A partir d'aquí s'ha fet un càlcul de proporcions per trobar el nombre d'incendis per dies i la superfície cremada per dies.

Taula 8.5. Distribució dels incendis segons categories de risc –FWI. Observatori Fabra

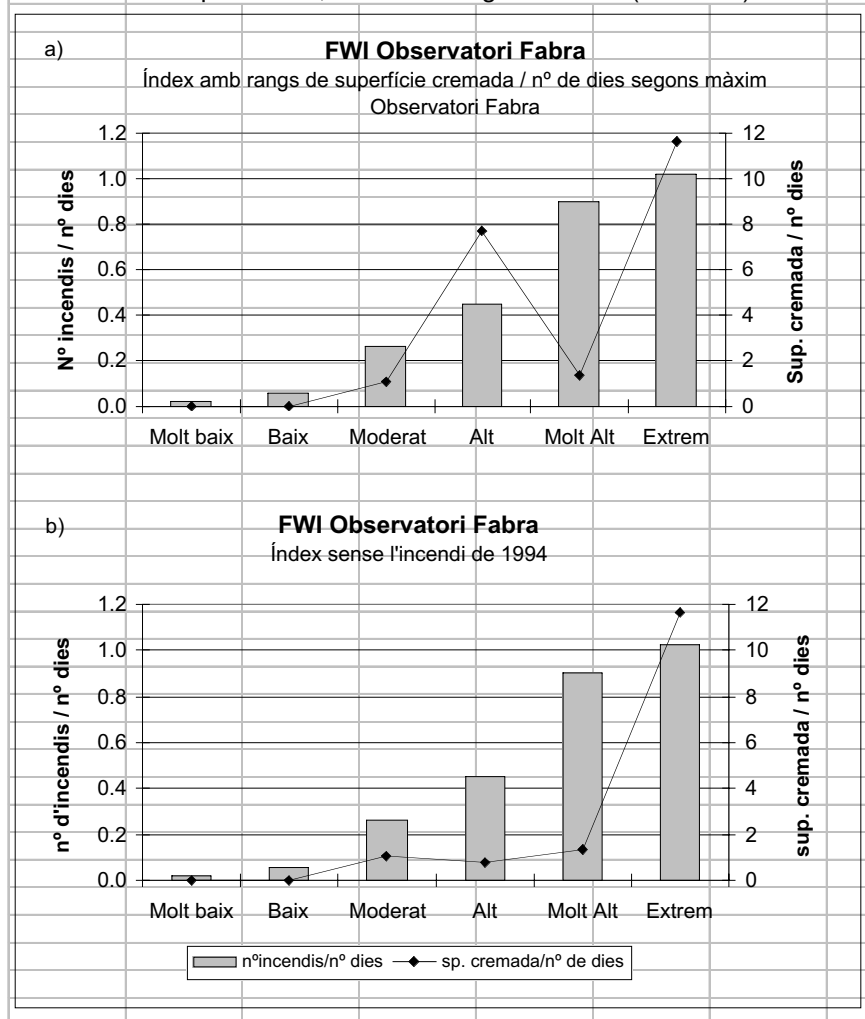
Classe	% dies	Rang FWI	nº dies	nº incendis	sup. cremada (ha)	nº incendis / nº dies	sup. cremada / nº de dies
Molt baix	25	0 -9	1156	25	11,35	0,022	0,010
Baix	25	10-20	1037	58	30,80	0,056	0,030
Moderat	25	21-38	1107	289	1206,37	0,261	1,090
Alt	15	39-62	657	296	5076,69	0,451	7,727
Molt Alt	7	63-94	297	268	400,15	0,902	1,347
Extrem	3	> 94	129	132	1499,69	1,023	11,625

Aquest mètode proporcional permet mostrar que tant pel que fa al nombre d'incendis com a superfície cremada, segueix una tendència ascendent, amb una concentració a les categories altes de risc alt (alt, molt alt i extrem), tal i com es pot veure a la *Figura 8.1*. Hi ha un aspecte a considerar i és aquesta punta de superfície que es dispara a la categoria d'alt; es tracta de l'incendi que hi va haver al Garraf l'abril de 1994, que va cremar una superfície de 4.510 ha¹¹ en un sol dia, quan les temperatures no eren extremes (aquell dia s'enregistrava com a temperatura màxima 18,2°), però la ràfega de vent màxima que es va registrar els dies que va durar l'incendi va ser força considerable (durant els dies d'incendi les ràfegues màximes de vent superaven els 40 km/h), per la qual cosa els valors de l'ISI per aquells mateixos dies se situen per sobre la mitjana. Altres incendis considerables a banda d'aquest i als quals s'ha fet referència en el capítol 5 són: el de Castellbisbal del 4 de juliol de 1994 (que va cremar 962 ha), cal tenir en compte que el més de juliol i agost del 1994 van ser molt calorosos; el de Badalona del 11 d'agost de 1994, amb 696 ha cremades, es va donar sota unes condicions de 31,6° de temperatura màxima, amb un vent màxim de 66 km/h i una humitat relativa del 54%; el de Montcada i Reixac del 14 de juliol del mateix any amb 388 ha cremades, amb 31,2°, amb un vent de 48 km/h i amb una humitat relativa del 43%. Al llarg del mes de juliol de 1994 a l'Observatori Fabra només es van recollir un total de 0,3 litres.

Es pot apuntar a partir dels gràfics de la *Figura 8.2*, que hi ha una relació entre les condicions meteorològiques i el nombre d'incendis i més clarament entre les condicions meteorològiques i la superfície cremada. S'han elaborat dos gràfics a partir de les dades de proporcions del nombre d'incendis/nº de dies per classe i superfície cremada/nº dies per classe; a la *Figura 8.2. a)* es pot veure la tendència per tots els incendis de l'AMB, i a la *Figura 8.2. b)* s'ha exclòs l'incendi del Garraf per veure la tendència sense aquest incendi tant particular.

¹¹ Cal de tenir en compte que aquesta superfície cremada l'abril de l'any 1994 correspon gairebé al 50% de la superfície total cremada durant els 12 anys d'estudi (1987-1998).

Gràfic 8.2. Nombre d'incendis i superfície cremada segons el número de dies per classe, en cada categoria de risc (O. Fabra)



8.5.4. L'ocurrència d'incendis en relació a l'índex meteorològic de risc al Bages

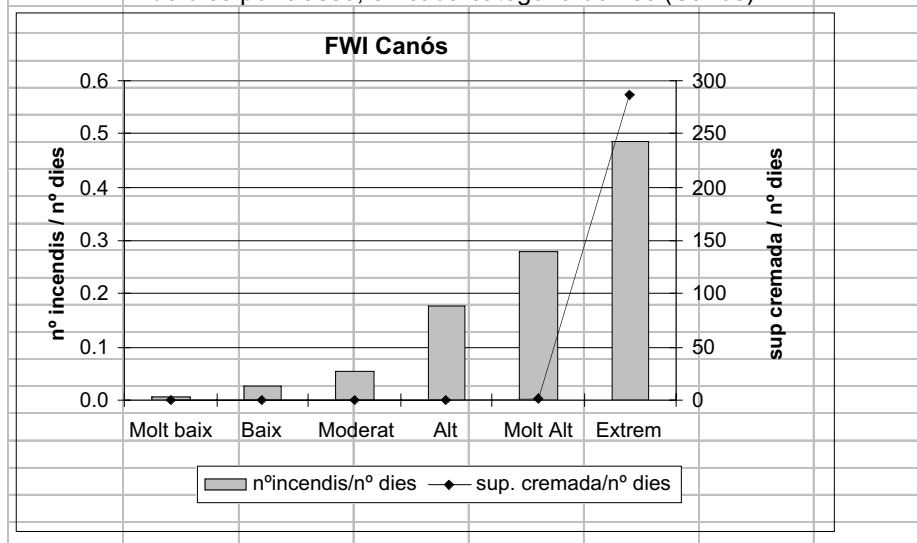
Com s'ha descrit a l'apartat 8.2 l'estació que ha servit per explicar la incidència de les condicions meteorològiques a la comarca del Bages és la de Canós. De la mateixa manera que per l'AMB, un cop calculat l'índex per les dades de l'estació de Canós, s'ha aplicat els percentatges que s'ha descrit anteriorment, al FWI, amb la qual cosa s'han obtingut els rangs dels valors del FWI -que van de 0 com a valor mínim a 340 com a valor màxim- per establir les sis categories de risc, les quals queden resumides a la Taula 8.6. A partir d'aquí s'ha fet un càlcul de proporcions per trobar el nombre d'incendis per dies i la superfície cremada per dies.

Taula 8.6. Distribució dels incendis segons categories de risc –FWI. Canós

Classe	% dies	Rang FWI	nº dies	nº incendis	sup. cremada (ha)	nº incendis / nº dies	sup. cremada /nº dies
Molt baix	25	0-7	940	7	4,89	0,007	0,005
Baix	25	8-28	932	25	13,33	0,027	0,014
Moderat	25	29-60	924	50	27,64	0,054	0,030
Alt	15	61-86	564	99	411,88	0,176	0,730
Molt Alt	7	87-116	252	70	530,43	0,278	2,105
Extrem	3	> 117	111	54	31850,01	0,486	286,937

Observant els valors ja es veu una clara tendència ascendent tant pel que fa al nombre d'incendis / nº de dies per classe de risc, com, i més clarament, pel que fa a la superfície cremada / per nº de dies per classe de risc. El Gràfic 8.3 mostra més clarament aquesta tendència ascendent. Es pot considerar que les condicions meteorològiques tenen una incidència directa sobre els incendis i més que sobre el nombre d'incendis, sobre la superfície cremada. Cal destacar alguns casos especials com són l'incendi de Sant Mateu de Bages (amb més de 13.000 ha cremades), el que ha cremat més hectàrees durant el període d'estudi, va tenir lloc el 4 de juliol de 1994, dia en què la temperatura màxima que es va enregistrar va ser de 37,8° amb una velocitat màxima de vent de 32 km/h i una humitat relativa del 7%. Però a part d'aquestes condicions el dia en què va tenir lloc l'incendi, els dies previs, les temperatures màximes no van baixar de 35° i la HR no va pujar del 20%; a més, durant tot aquell mes de juliol de 1994 van caure tan sols 0,2 litres d'aigua. Per tant hi havia un dèficit hídric considerable.

Gràfic 8.3. Nombre d'incendis i superfície cremada segons el número de dies per classe, en cada categoria de risc (Canós)



Cal destacar també dos incendis que van tenir lloc en dos dies consecutius, l'incendi d'Aguilar de Segarra del dia 18 de juliol de 1998 (amb 12.500 ha cremades) i el de Cardona del dia 19 (amb més de 5.000 ha cremades), les condicions meteorològiques d'aquells dies van ser extremes; feia més d'un mes que no plovia, les temperatures màximes dels dies previs no baixaven dels 30°, la humitat relativa no pujava del 18% i la mitjana de la velocitat del vent durant els dies d'incendi va ser de 40 km/h aproximadament (amb canvis constants en la seva direcció). A aquestes condicions s'hi va afegir la simultaneïtat d'incendis durant aquells dies.

Per tant el tipus d'aquests grans incendis segons les condicions meteorològiques respon a temperatures força extremes, humitat relativa molt baixa i una velocitat del vent considerable en mesos de pluja molt escassa i/o inexistent. De fet, tots aquests incendis es donaven a l'estiu i en anys de condicions meteorològiques crítiques, tant la velocitat del vent (ISI) com la sequera (BUI) ajuden a extreure l'índex de risc FWI.

De la mateixa manera que pel cas de l'AMB s'ha exclòs l'incendi del Garraf, en aquest cas s'ha exclòs l'incendi que va cremar més de tretze mil hectàrees a Sant Mateu de Bages el juliol de 1994, però la gràfica no ha quedat alterada; la superfície cremada segueix la mateixa tendència de línia ascendent en les categories de risc molt alt i extrem.

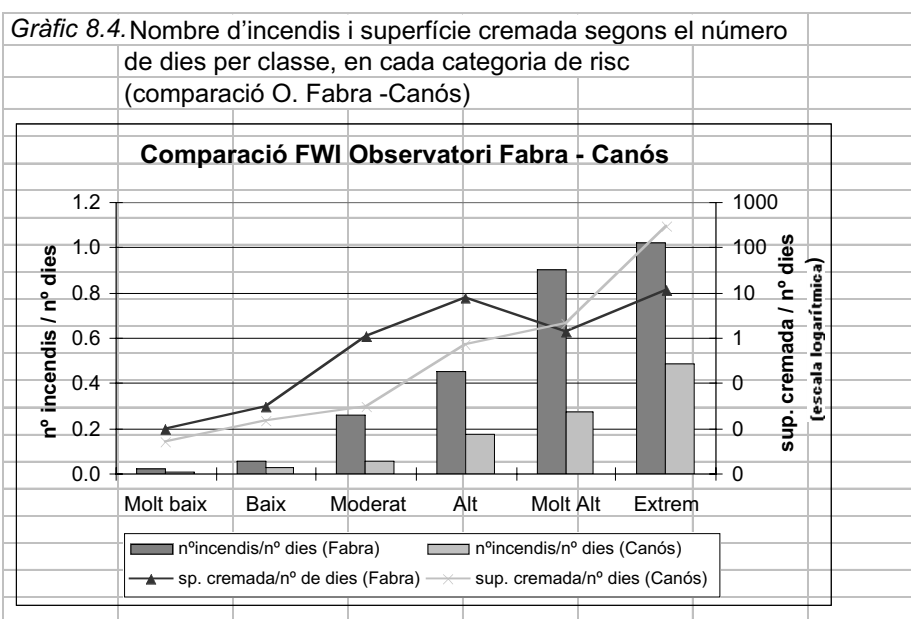
8.6. La importància de les condicions meteorològiques sobre els incendis

Al llarg d'aquest capítol s'ha volgut demostrar la incidència de les condicions meteorològiques en el nombre d'incendis i superfície cremada. Es pot apuntar que hi ha una clara relació entre l'Índex de risc meteorològic i els incendis i sobretot, més que amb el nombre d'incendis, amb la superfície afectada.

En la línia general en la que s'ha anat descrivint i diferenciant els incendis a l'AMB i al Bages en altres capítols, l'aplicació de l'índex de risc corrobora encara més el tipus diferent d'incendis en cadascun dels àmbits d'estudi; en tots dos casos i sobretot al Bages hi ha una incidència molt clara de les condicions meteorològiques sobre els incendis, però hi ha un altre factor que cal tenir en compte que és el territori on es localitzen aquests incendis; a l'AMB hi ha molts incendis i generalment petits, els pocs incendis que hi ha hagut de grans dimensions han estat per condicions meteorològiques adverses i perquè les condicions del territori ho han permès; al Bages els incendis són

més estacionals, hi ha molts menys incendis que cremen grans superfícies, afavorits per les condicions meteorològiques i la continuïtat de les masses forestals.

Tot i la tendència ascendent en tots dos casos, cal tenir en compte que els salts en les proporcions d'una classe a una altra, pel que fa a la superfície cremada, és més gran al Bages que a l'AMB. El Gràfic 8.4, en què es compara les tendències en totes dues estacions, mostra més clarament aquesta diferència; la relació entre el nombre d'incendis i la superfície cremada en relació a les diferents categories de risc és molt clara al Bages.



Els incendis a l'AMB tot i unes condicions meteorològiques adverses, no tenen tanta facilitat de ser importants com a la comarca del Bages, on en condicions extremes com les que es van donar el 1986, 1994 i el 1998, poden causar una gran tragèdia. Pel que fa a la planificació de la prevenció, és fonamental la predicció de les condicions meteorològiques. És cert que a l'AMB hi ha un increment en el nombre d'incendis en les categories de risc alt, però la superfície cremada no té una tendència tant clara com en el cas del Bages.

La hipòtesi que s'havia formulat de la importància de les condicions meteorològiques sobre la superfície cremada, queda també justificada. Si bé és cert que en èpoques de més calor hi ha més incendis, com demostra el gràfic, a l'AMB se li afegixen factors com el dens ús del territori i, al Bages, a les condicions meteorològiques adverses, se li afegixen factors més estructurals com la continuïtat de les masses de vegetació.

És evident que tenir en compte de forma aïllada les condicions meteorològiques sense tenir en consideració altres factors com la combustibilitat i la continuïtat de les masses de vegetació, les condicions humanes i les condicions del terreny, no permet afrontar el problema de la planificació territorial dels incendis de manera completa, però sí que ens dóna informació sobre l'estacionalitat dels incendis i els dies que cal extremar les mesures de prevenció. En aquest punt s'entra en la dificultat de zonificar el risc d'ignició i de propagació, al qual s'ha fet referència en el capítol de la modelització. La integració de les variables meteorològiques en un model de risc que incorpora variables representades espacialment, presenta els seus problemes. La interpolació de les variables meteorològiques és, ara per ara, un repte que cal assumir quan es vol treballar a gran escala. La baixa densitat d'estacions repartides als dos àmbits, amb una sèrie històrica considerable, no ho ha fet possible.

8.7. Bibliografia

- Alexander, M.E.; Stocks, B.J.; Wotton, B.M.; Lanoville, R.A. "An exemple of multi-faceted wildland fire research: the international crown fire modelling experiment", *III International Conference on Forest Fire Research 14th Conference on Forest Fire Meteorology*, Vol I, pp. 83-112, Luso, 16/20 November.
- Bovio, G.; Camia, A. (1998), "An analysis of large forest fires danger conditions in Europe", *III International Conference on Forest Fire Research 14th Conference on Forest Fire Meteorology*, Vol I, pp. 975-994, Luso, 16/20 November.
- Bovio, G.; Camia, A. (1997), "Meteorologica Indices for Large Fires Danger Rating", a Chuvieco, E. (Ed.) *A review of remote sensing methods for the study of large wildland fires (Megafires project ENV-CT96-0256)*, Alcalá de Henares, August 1997, pp. 73-89
- Bovio, G.; Quaglino, A.; Nosenzo, A. (1984), "Individuazione di un indice de previsione per il pericolo di incendi boschivi" *Monti e Boschi*, 35, pp. 39-44.
- Bovio, G.; Sol, B.; Viegas, D.X. (1994), "Synthese des Travaux sur l'intercomparaison des indices de danger metheorologiqued'incendie", *Environmental Programme, Minerve I Project Final Report*, pp. 22-38.
- Carrega, P. (1990), "Climatology and index of forest fire hazard in mediterranean France", *I International Conference on Forest Fire Research*, Coimbra, B.05-1 B05-11.
- Chandler, C.; Cheney, P.; Thomas, P.; Trabaud, L.; Williams, D. (1983), *Fire in Forestry Vol I Forest Fire Behavior and effects*, New York, John Willey and Sons.
- Deeming, J.E.; Burgan, R.E.; Cohen, J.D. (1977), *The National Fire -Danger Rating System -1978*, Ogden, UT, USDA Forest Service.
- Dimitrakopoulos, A.P.; Bemmerkuk, A.M. (1998), "Evaluation of Canadian Forest Fire Danger Rating System (CFFDRS) and the Keetch -Bryan Index (KBDI) in the Mediterranean climate of Greece", *III International Conference on Forest Fire Research 14th Conference on Forest Fire Meteorology*, Vol I, pp. 995-1009, Luso, 16/20 November.
- Drouet, J.C. (1990), "Prévision des risques et modes de prpagation", *Revue technique du feu*, Juin 1990.
- Flannigan, M.; Wotton, M.; Carcaillet, C.; Richard, P.; Campbell, I.; Bergeron, Y. (1998), "Fire Wheather: past, present and future" *III International Conference on Forest Fire Research 14th Conference on Forest Fire Meteorology*, Vol I, pp. 113-128, Luso, 16/20 November.
- Fogarty, L.G.; Pearce, H.G.; Catchpole, W.R.; Alexander, M.E. (1998), "Adoption vs adaptation: lessons from applying the Canadian Forest Fire Danger Rating System in

- New Zeland", *III International Conference on Forest Fire Research 14th Conference on Forest Fire Meteorology*, Vol I, pp. 1011-1028, Luso, 16/20 November.
- Gonçalves, Z.J.; Lourenço, L. (1990), "Meteorological index of forest fire risk in the portuguese mainland territory. *Proceedings of the International Conference on Forest Fire Research*, Coimbra, B.07-1/14.
- ICONA (1988), *Experimentación de un nuevo sistema para la determinación del peligro de incendios derivados de los combustibles: Instrucciones de cálculo*, Instituto para la Consevación de la Naturaleza, Madrid, p. 16.
- ICONA (1993), *Manual de operaciones contra incendios forestales*, Madrid 5.1/65
- Martell, D.L.; Bevilacqua, E. (1989), "Modelling seasonal variation in daily people-caused forest fire occurrence", *Canadian Journal of Forest Research* vol. 19. pp. 1555-1563.
- Martell, D.L.; Otukol, S.; Stocks, B.J. (1987), "A logistic model for predicting daily people-caused forest fire occurrence in Ontario", *Canadian Journal of Forest Research*, 17, pp. 394-401.
- Orieux, A. (1979), "Conditions météorologiques et incendies de forêts en région méditerranéenne", *Note technique du Service Météorologique Métropolitain*, Section XXIV, 8, Mai 1979.
- Piñol, J.; Terrades, J.; Lloret, F. (1998), "Climate Warming, Wildfire Hazard, and Wildfire Occurrence in Coastal Eastern Spain", *Climatic Change*, 38, pp. 345-357.
- Pyne, S.J. (1984), *Introduction to wildland fire. Fire management in the United States*, John Wiley & Sons, Nova York.
- Van Wagner, C.E. (1974), *Structure of the Canadian Forest Fire Weather Index*, Canadian Department of Environment, Canadian Forestry Service, Ottawa.
- Van Wagner, C.E. (1987), *Development and structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System*, Canadian Forestry Service, Forestry technical Report 35, Ottawa.
- Van Wagner, C.E. (1985), "Drought, Timelag and Fire Danger Rating", *8th National Conference on Fire and Forest Meteorology*, Society of American Foresters, Detroit, Michigan, pp. 178-185.
- Van Wagner, C.E. and Pickett, T.L. (1987), *Equations and FORTRAN Program for the Canadian Forest Fire Weather Index System*, Canadian Forestry Service, Forestry technical Report 33, Ottawa.
- Vélez, R. (1985), "Aplicación de la predicción del peligro para la prevención de los incendios forestales", *Estudios sobre la prevención y efectos ecológicos de los incendios forestales*, Madrid, ICONA, pp. 15-19.
- Viegas, D.X.; Piñol, J.; Viegas, M.T.; Ogaya, R. (1998), "Moisture content of living forest fuels and their relationship with meteorological indices in the Iberian Peninsula", *III*

International Conference on Forest Fire Research 14th Conference on Forest Fire Meteorology, Vol I, pp. 1029-1046, Luso, 16/20 November.

<http://www.gencat.es/darp/medi/incendis/medi00.htm>

9. La importància de l'estructura del territori sobre els Grans Incendis Forestals (GIF)

9.1. Els Grans Incendis Forestals (GIF)

Els impactes socials, econòmics i ecològics que provoquen els Grans Incendis Forestals (GIF) fa necessari reflexionar sobre l'estructura i la planificació territorial. Són precisament aquests GIF els que cremen la major part del territori.¹ Aquest no és un fenomen nou; des de sempre, molt pocs incendis han cremat la major part de superfície (Pyne, 1984, Valdés, 1999). En els darrers anys, però, i aquest sí que és un fenomen nou a Catalunya, els incendis cremen molta més superfície. És la necessitat d'entendre aquests GIF el desencadenant de la recerca en el camp dels incendis. Quan es parla de GIF no es fa referència només a la quantitat de superfície que crema, sinó que es categoritzen en funció de les seves característiques. Pyne (1984) tipifica els incendis en funció de la interacció del vent i els efectes de convecció; Trabaud (1992) i Terrades et al. (1996) segons la velocitat de propagació o la intensitat del foc. Castellnou et al. (1999) descriuen el que consideren un GIF en els següents termes: "entenem per GIF aquell incendi que manifesta sostingudament intensitats i velocitats de propagació fora de l'abast dels mitjans d'extinció, deixant de banda el concepte de superfície cremada". Per tant, en aquesta definició es diferencia el que ja ha nascut com un GIF per les condicions en què es donen (llargues sequeres acumulades, grans acumulacions de combustibles, fenòmens meteorològics extrems i continuïtat del combustible), dels que han començat com un petit incendi i han crescut. En el cas que ens ocupa, s'ha considerat com a GIF aquells incendis superiors a les 100 ha, per tenir una referència quantitativa i per la impossibilitat de determinar el comportament del foc en cada incendi particular. En la cartografia dels GIF, el DARP (Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya) considera aquells superiors a les 500 ha. La Dirección General de Conservación de la Naturaleza, determina com a GIF, tots aquells superiors a les 500 ha (Martin et al. 1998). Però la diferència de l'extensió dels incendis i a la mateixa estructura del territori als dos àmbits d'estudi, ha fet rebaixar aquesta xifra a les 100 ha, ja

¹ Cal recordar que en el cas de l'AMB els incendis inferiors a 10 ha, que suposen el 96% del total d'incendis, van cremar aproximadament el 7% de la superfície total d'aquest àmbit durant els 12 anys que abasta el període d'estudi, mentre que els incendis superiors a les 100 ha van cremar el 81% de la superfície. Al Bages, el 95% dels incendis van cremar el 0,5% de la superfície total cremada durant el període d'estudi (són aquells incendis inferiors a les 10 ha), i el 2% dels incendis van cremar el 98% de la superfície (els incendis superiors a les 100 ha)..

que tot i que al Bages els incendis catastròfics són molt més extensos, a l'AMB un incendi d'aquestes dimensions és ja un incendi important.

Si bé és cert que evitar que es produeixi un incendi hauria de ser un dels objectius principals de tota política de prevenció (d'aquí als termes en què s'ha plantejat la cadena causal al capítol 3), cal ser conscients que no és possible preveure'ls o prevenir-los tots; per tant, cal treballar també en trobar les estratègies per evitar la propagació, per tal de reduir al màxim les conseqüències. La previsió i per tant la prevenció de la ignició implica unes actuacions orientades, sobretot, a controlar la causalitat. Difícilment s'aconseguirà evitar totes les ignicions, i són precisament algunes d'aquestes les que es converteixen en un GIF, segons les condicions meteorològiques o territorials on es desenvolupin.

D'entre els diferents elements que intervenen en la propagació, cal recordar la importància que juga la meteorologia, ja que en condicions meteorològiques extremes (humitat relativa baixa, ràfegues de vent altes, dèficit hídric, etc.) i amb elevades càrregues de combustible, pot ser molt difícil evitar l'avanç del foc. Un cop demostrada la influència de les condicions meteorològiques sobre els incendis, cal conèixer, per un costat, les condicions en què s'han propagat els incendis a l'AMB i al Bages durant el període d'estudi, i per l'altre, analitzar com l'estructura del territori és important per a la previsió i per una bona planificació de la prevenció. Analitzaré, doncs, les condicions del territori on aquests GIF han actuat i l'estructura general del territori a l'AMB i a la comarca del Bages, a partir de la delimitació de les grans masses de vegetació, la continuïtat de les quals afavoreixen l'avanç de foc. A partir d'aquesta anàlisi es pretén trobar els arguments necessaris per tal d'avaluar la hipòtesi, que la continuïtat de les masses de vegetació és un dels factors desencadenants dels incendis catastròfics. Tot i que examinar la continuïtat de les masses de vegetació és el principal objectiu d'aquest capítol, també es tractarà la distribució de les ignicions en les diferents masses de vegetació i dels espais PEIN (Pla d'Espais d'Interès Natural). En aquest sentit, la hipòtesi de treball de partida és que el nombre d'ignicions a les diferents masses de vegetació o als diferents espais PEIN, no depèn de la mida de la massa o de l'espai PEIN en qüestió.

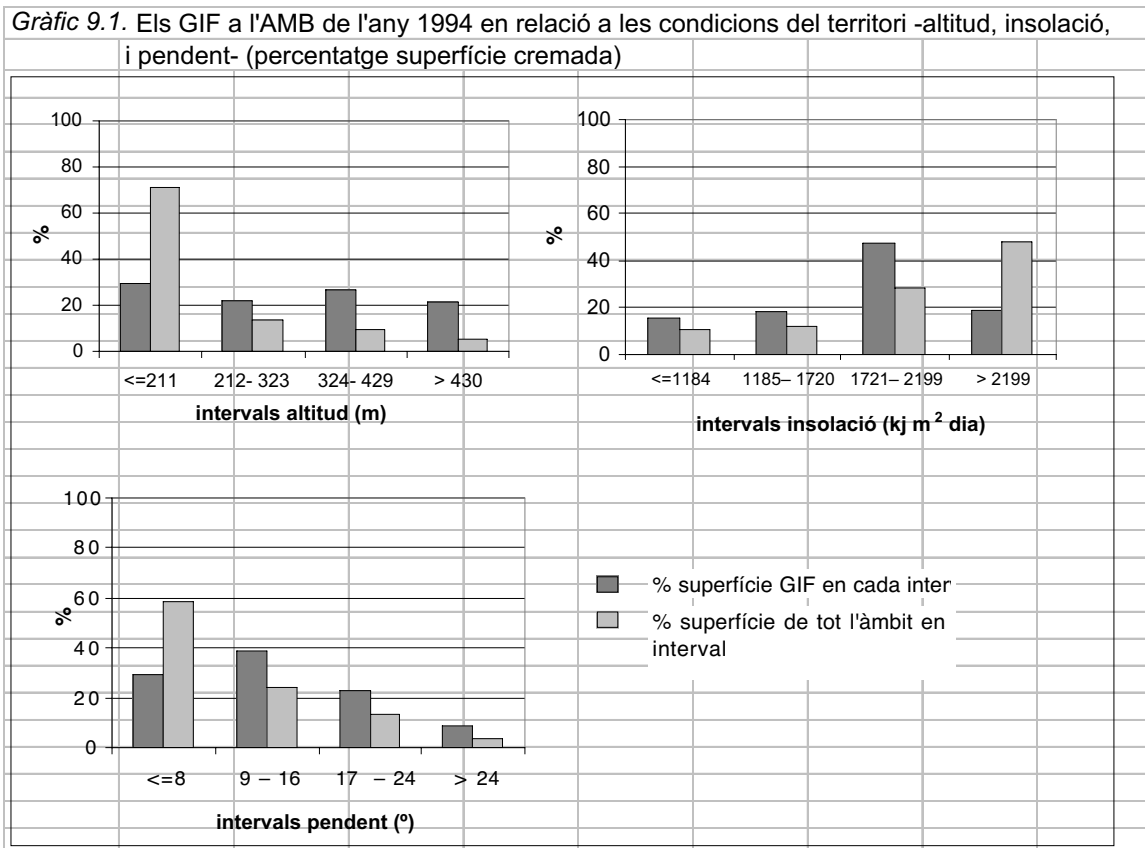
9.2. Les condicions físiques on es localitzen els GIF

Les condicions del territori on es desenvolupen aquests GIF, aporten un coneixement sobre les característiques espacials on es desenvolupen i ajuda a preveure i, per tant, a prevenir possibles comportaments perillosos. L'anàlisi del què ha passat i on ha passat,

serà també de gran utilitat per a la previsió, ja que permet organitzar i planificar millor la prevenció, entesa, no només des del punt de vista de l'extinció, sinó en el sentit de la intervenció en l'ordenació del territori.

9.2.1. Tipificació dels GIF a l'AMB

A l'AMB cal destacar només els incendis de l'any 1994 com a GIF. Aquests incendis suposen el 83% de la superfície total cremada durant el període 1987-1998. Els incendis de 1994 van afectar bona part dels municipis de Begues, Castellbisbal, Badalona, Montcada i Reixac i Sant Cugat del Vallès. El *Gràfic 9.1* mostra el perfil dels GIF que hi va haver l'any 1994 en funció a les condicions del territori,² i alhora compara el percentatge que van cremar aquell any en cada interval d'altitud, insolació i pendent, amb la disponibilitat de superfície de tot l'àmbit, en cadascun dels intervals.



² El procediment seguit per analitzar aquesta relació ha estat: superposar els perímetres dels cinc GIF de l'any 1994 de l'AMB, amb cadascuna de les capes d'informació (altitud, insolació, pendent i usos del sòl)

Pel que fa a l'altitud, la superfície cremada pels GIF del 1994 es distribueix força proporcionalment entre els diferents intervals d'alçada. De totes maneres, cal considerar la seva relació amb la disponibilitat de superfície de tot l'àmbit en cada interval. El *Gràfic 9.1*, mostra, doncs, que en el primer interval d'altitud hi ha molt poca proporció entre el percentatge de superfície dels GIF i el percentatge de superfície de tot l'àmbit en aquell interval d'altitud. Aquest fet s'explica, perquè els GIF no afecten zones d'interfase urbana-forestal, que són els indrets de menor alçada. Pel que fa a la insolació el percentatge de superfície cremada pels GIF, augmenta a mesura que incrementa la insolació, fins al darrer interval, que disminueix considerablement. La insolació no és tampoc una variable determinant. Sí que és cert que hi ha més percentatge de superfície cremada en el tercer interval en relació a la disponible, però és que es tracta de les zones on hi ha major continuïtat de vegetació. Pel que fa al pendent, els incendis tampoc se situen en pendents extrems, seguint la proporció de la disponibilitat de superfície en cada interval.

Quant als usos del sòl amb més superfície afectada són les bosquines i prats amb més del 70% de la superfície, i els boscos d'aciculifolis, amb més del 20%. La resta, poc més del 5%, es reparteix entre els conreus herbacis de secà, el bosc d'escleròfil·les i els llenyosos.

A partir de la informació territorial que es disposa, la qual ha servit ja per analitzar altres aspectes dels incendis, es pretén veure la relació existent entre variables com l'altitud, la insolació, el pendent i els usos del sòl, i la mida dels incendis³. S'ha integrat també una nova variable, l'índex de risc meteorològic (FWI), el càlcul de la qual s'ha detallat en el capítol 8. En tractar-se d'un índex que es calcula diàriament ha estat possible associar-lo al dia en què es produeix l'incendi.

Tractar aquesta relació implica dos mètodes d'anàlisi, ja que per un costat hi ha variables contínues, altitud, insolació, pendent i l'índex meteorològic, i, per l'altre, una variable categòrica, els usos del sòl. En el primer cas s'ha calculat el coeficient de regressió lineal i, en el segon cas, s'ha calculat el coeficient de contingència.

utilitzant el software ArcView. Posteriorment ha estat possible portar a terme l'explotació estadística que ha permès extreure els perfils.

³ Cal tenir en compte que aquesta anàlisi només és possible realitzar-la en el cas de l'AMB i pel període de 1990 a 1998, ja que és a partir de 1990 que es disposa de tots els perímetres d'incendis en format digital. Cal recordar que pels anys 1987, 1989 i 1989 tan sols es disposa dels punts d'ignició. En el cas del Bages només es disposa dels perímetres dels GIF, segons els criteris del DARP, és a dir, aquells incendis superiors a les

Per tal de trobar la relació existent de la mida dels incendis amb l'altitud, la insolació, el pendent i l'índex de risc meteorològic, s'ha calculat el coeficient de regressió lineal amb cadascuna d'aquestes variables independents i la variable dependent (mida de l'incendi). El que es planteja és, doncs, que la mida de cada incendi depèn de l'altitud, la insolació, el pendent i l'índex de risc meteorològic. L'expressió s'escriurà de la següent manera (seguint les formulacions d'Ebdon, 1982)

$$y = a + b_1e + b_2i + b_3p + b_4r \quad (9.1)$$

On,

y = valor predit de la variable dependent –superfície de cada incendi

e = altitud

i = insolació

p = pendent

r = índex meteorològic de risc d'incendi

a i b = coeficients de regressió

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} \quad (9.2)$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (9.3)$$

On,

x = valors de la variable independent

y = valors de la variable dependent

\bar{x} i \bar{y} = mitjanes respectives dels dos conjunts de valors

n = nombre de parells de medicions

El resultat demostra novament la complexitat del fenomen dels incendis forestals. La gran quantitat de factors que intervenen en el fet que un incendi sigui gran o petit, implica que les variables considerades en aquest cas siguin poc significatives i, fins i tot, en algun cas, no són significatives.⁴ En totes les proves realitzades s'ha tingut en compte

500 ha, per la qual cosa la relació entre mida de l'incendi i les condicions meteorològiques i territorials no és possible.

⁴ La metodologia aplicada per elaborar una taula amb un valor d'altitud, insolació, pendent i índex de risc meteorològic ha estat la següent: en el cas de les variables del terreny calia trobar un valor mitjà per a cadascun dels incendis per tal d'aplicar el coeficient de regressió lineal, per la qual cosa s'ha utilitzat un mòdul del programa ArcView, que permetia calcular per a cada perímetre d'incendis el valor mitjà de les

un nivell de significació de 0,05. Integrant en una anàlisi multivariant totes les variables, el valor de r^2 és molt baix, 0,065 (per tant aquestes variables només expliquen el 6,5% del model). El càlcul del coeficient de regressió lineal per a cadascuna de les variables, indica que la mida dels incendis s'incrementa lleugerament amb l'altitud ($r^2=0,023$ $p<0.05$), el pendent ($r^2=0,034$ $p<0.05$) i l'índex de risc meteorològic ($r^2=0,023$ $p<0.05$), tot i tenir uns valors molt baixos. En canvi, la relació amb la insolació no es significativa. La *Taula 9.1* i la *Taula 9.2*, mostren les estadístiques resultants del càlcul de la regressió lineal univariant i multivariant respectivament.

Els coeficients a i b calculats poden introduir-se a l'equació de regressió (9.1) de la següent manera:

- Regressió lineal univariant

$$y = 2,053 + (0,466e)$$

$$y = 3,634 + (-0,199i)$$

$$y = 2,483 + (0,437p)$$

$$y = 2,119 + (0,509r)$$

- Regressió lineal multivariant:

$$y = 1,197 + (0,292e) + (0,336p) + (0,484r)$$

Un altre factor a tenir en compte i que s'ha de tractar independentment, és la relació de la mida dels incendis amb els usos del sòl.⁵ El mètode de taules de contingència (*crosstabulation*), permet examinar freqüències d'observacions entre les diferents variables categòriques creuades.⁶ El coeficient de contingència és una mesura de la relació entre dues variables categòriques, basada en χ^2 . L'avantatge respecte el test de χ^2 ordinari és que és més fàcilment interpretable, ja que el rang de valors se situa entre 0 i 1. El coeficient C de contingència es calcula com (Norusis, 1983):

cel·les que afectaven aquest incendi. A la taula resultant se li ha associat l'índex de risc del dia de l'incendi. Un cop visualitzats els resultats mitjançant histogrames i gràfics de dispersió (*scatterplots*) que relacionaven cada variable independent (altitud, insolació, pendent i FWI) amb la variable dependent (superfície de l'incendi) s'ha vist que calia normalitzar les dades, per la qual cosa s'ha aplicat el logaritme a cadascuna de les variables.

⁵ En aquest cas, s'ha tingut en compte, de cada incendi, el valor d'ús de sòl més freqüent, valor que s'ha associat a la mida de l'incendi.

⁶ El fet que s'hagi de treballar amb dades de tipus categòriques, fa que s'hagi de recodificar la variable mida dels incendis. S'han establert cinc categories: < 1ha; >1-10 ha; >10-50 ha; >50 – 100 ha i >100 ha.

$$C = \sqrt{\frac{\chi^2}{\chi^2 + n}} \quad (9.4)$$

La *Taula 9.1*, mostra la distribució en percentatges dels usos del sòl més afectats segons la mida de l'incendi.

Taula 9.1. Taula de contingència, mida incendis –ús del sòl en percentatge.

Intervals (ha)	9	15	19	42	49	51	65	72
0 – 1	5,5	0,7	16,6	1,1	54,9	1,3	0,2	0,4
1 – 10	0,1	0,2	3,7		11,6			0,1
10 – 50			0,4		2,3			
50 - 100					0,2			
> 100			0,1		0,5			

(9 - Vegetació escassa ,15 - Bosc d'escleròfil·les, 19 - Bosc d'aciculifolis, 42 Conreus herbacis de secà, 49 - Bosquines i prats, 51 Conreus herbacis de regadiu, 65 – Vinya, 72 – Llenyosos)

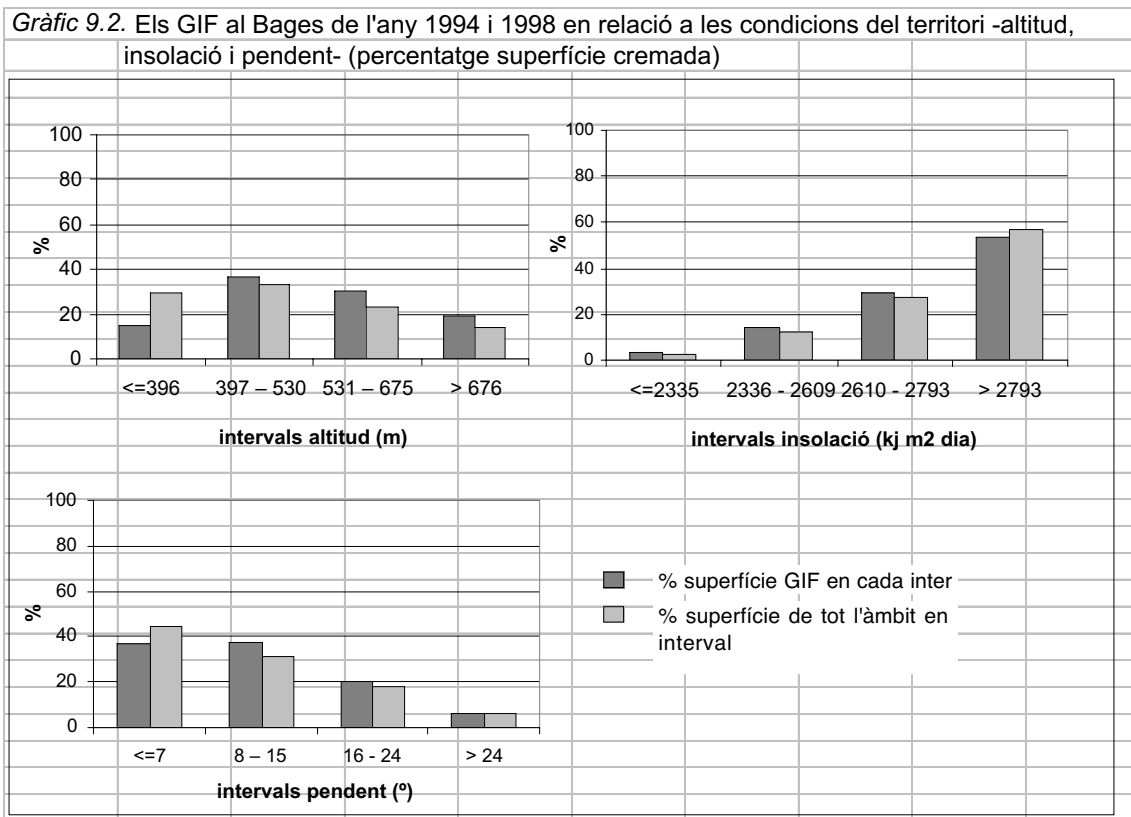
Tant en incendis petits com en grans incendis, l'ús de sòl més freqüent és el de bosquines i prats. De fet, cal tenir en compte que a l'AMB, gairebé un 40% dels indrets on es pot produir un incendi (eliminant zones urbanes, zones industrials i infraestructura viàries), és ocupada per bosquines i prats. No és d'estranyar que el coeficient de contingència (amb un valor de 0,147) no sigui significatiu. Dels cinc incendis que hi ha superiors a 100 ha, en quatre d'ells l'ús de sòl més freqüent són les bosquines i prats i un és el bosc d'aciculifolis. En els incendis inferiors a 1 ha, gairebé el 70% l'ús de sòl més freqüent són les bosquines i prats, seguit dels boscos de caducifolis i la vegetació escassa. En aquest cas no hi ha una relació entre la mida de l'incendi i un tipus d'ús de sòl determinat.

9.2.2. Tipificació dels GIF al Bages

La superfície afectada pels GIF al Bages és molt important si tenim en compte els incendis de 1994 i 1998, els anys més crítics dins del període d'estudi. Els set incendis de més de 100 ha van cremar el 98% de la superfície total durant el període 1987-98. Aquests són per ordre d'importància, el de Sant Mateu de Bages de l'any 1994, el

d'Aguilar de Segarra de 1998, el de Cardona del mateix any 1998, els de Castellbell i Calders de l'any 1994, el de Sallent de 1991.⁷

Com es pot veure al *Gràfic 9.2*, les tres variables considerades, l'altitud, la insolació i el pendent, segueixen una gran correspondència entre el percentatge de superfície afectada pels incendis del 1994 i del 1998, i el percentatge de superfície de l'àmbit en cada interval. No podem considerar que el Bages tingui unes condicions extremes pel que fa a les característiques del terreny. Per tant aquestes variables no són tan rellevants com podrien semblar.



Els usos del sòl més afectats pels GIF de l'any 1994 i 1998 són els boscos d'aciculifolis (58,7%), les bosquines i prats (20,3%) i els conreus herbacis de secà (18,9%).

⁷ Tot i que l'incendi de Sallent de l'any 1991 entra dins la categoria de GIF segons els criteris que s'han considerat inicialment, va cremar 140 ha, aquest any no s'ha considerat ja que no es disposa del perímetre d'aquest incendi. Cal recordar que en el cas del Bages només es disposa dels perímetres d'aquells incendis superiors a les 500 ha.

Les característiques dels GIF no s'allunyen gaire de la tipificació segons l'altitud, la insolació i el pendent realitzada per les ignicions. El que menys variació presenta és el pendent, que d'altra banda semblaria un factor important de cara a la propagació. De totes maneres, cap de les dues zones es caracteritzen per tenir grans superfícies amb pendents molt pronunciats. Pel que fa a l'altitud, el major percentatge de superfície cremada es troba a més altitud que les ignicions, el que significa, juntament amb el tipus d'ús on tenen lloc les ignicions (en molts casos en zones de bosquines i prats) la importància de l'accessibilitat. La insolació és la variable que permet diferenciar més totes dues zones, ja que el Bages és una zona molt més insolada que l'AMB. En el cas del Bages, el gràfic mostra una relació més clara entre la insolació i el percentatge de superfície cremada.

9.3. La incidència de la continuïtat de les masses de vegetació sobre els GIF

La continuïtat de les masses de vegetació és un dels aspectes més importants a tenir en compte en la prevenció, ja que afavoreixen els comportaments perillosos dels incendis. En aquest sentit pot ser de gran utilitat l'establiment d'àrees homogènies a l'interior dels dos àmbits que proporcionin major claredat en l'estudi de la perillositat. En aquest capítol se centrarà només en la proposta de la delimitació de masses de vegetació, deixant les bases per estudiar possibles elements que afavoreixin la discontinuïtat. Entrar en aquest punt no és tan senzill, ja que requereix considerar altres factors que interactuen en el medi i que, precisament la continuïtat de les masses de vegetació els suposa un recurs per a la supervivència.

La superfície potencial que pot arribar a consumir el foc és el problema més important dels incendis, ja que com s'ha comentat, més que el nombre d'incendis el que realment preocupa és la superfície cremada. Dins les possibles estratègies per tal d'intervenir en la cadena causal del risc, s'assenyalava la necessitat, en primer lloc, de prevenir l'esdeveniment inicial. Si això no ha estat possible cal, en segon lloc, actuar per prevenir les conseqüències o en tot cas, mitigar-les. Si s'ha arribat a aquesta darrera fase, una de les estratègies a plantejar és l'anàlisi de la continuïtat de les masses de vegetació i l'establiment de mesures preventives, amb la finalitat de reduir les conseqüències negatives. El que es proposa en aquest apartat és la delimitació de diverses masses de vegetació contínues en tots dos àmbits, com a base de la planificació de la prevenció. La proposta no s'orienta, en el sentit de plantejar línies de trencament de

les masses, perquè és un fenomen complex on intervenen diversos factors que cal considerar a l'hora d'establir possibles mesures, (com són els corredors biològics que tenen lloc en aquests àmbits), sinó delimitar zones perilloses en funció de la continuïtat de les masses de vegetació. Cal, doncs un estudi conjunt, per tal de valorar els possibles danys i recursos que poden afectar per un costat i per un altre, ja que el que és un factor de risc per un costat pot ser un recurs per un altre.⁸

9.3.1. Criteris en l'elaboració de les masses de vegetació

La continuïtat de les masses de vegetació és un dels grans reptes en la prevenció dels GIF. En termes d'incendis forestals, podríem definir una massa de vegetació contínua com aquella en què el foc pot avançar sense cap interrupció que faci reduir la intensitat del foc. Cal, doncs, analitzar aquestes superfícies com a base de la planificació de possibles trencaments i discontinuïtats que puguin aturar tant la propagació del foc, com permetre l'accés de les brigades d'extinció.

En diferents àmbits de la planificació dels incendis, s'ha parlat de la necessitat d'estructurar les masses de vegetació en forma de mosaic a fi i efecte d'evitar comportaments perillosos dels incendis. S'entendria com a mosaic la parcel·lació del territori, a fi i efecte que els diferents usos que s'hi localitzen puguin aturar el foc, sigui amb barreres naturals o artificials. Mitjançant pastures pel manteniment del sotabosc, reintroducció d'activitats agrícoles, neteja als marges de les carreteres i línies elèctriques, cremes prescrites, etc és possible reduir la intensitat i la velocitat de propagació del foc.

⁸ La proposta d'analitzar les diferents masses pel fet de suposar un element de risc potencial de cara a la propagació dels incendis forestals, és necessària per a l'establiment de polítiques preventives, que beneficiïn l'extinció i que comportin una discontinuïtat de les masses de vegetació, reduint els factors de risc. Però què passa amb els corredors biològics?, és a dir aquells espais que utilitzen els animals com a mitjà de subsistència i que ells mateixos han vertebrat amb la finalitat de poder desplaçar-se d'un costat a l'altre. No pretenc entrar a fons en el conflicte d'interessos entre risc i recurs, però sí apuntar un aspecte a tenir en compte a l'hora d'elaborar diferents propostes de planificació i ordenació territorial per la lluita contra els incendis forestals. L'interès en considerar la totalitat dels espais forestals en el paisatge i la seva interrelació es reclama des dels postulats de l'ecologia del paisatge, la disciplina que ha establert el cos teòric en què es basteix una aproximació funcional per al estudi dels espais naturals i urbanitzats, de forma conjunta al mosaic del territori (Forman et al., 1986). L'ecologia del paisatge s'aproxima a l'estudi del medi ambient des de posicionaments clarament espacials, de distribucions dels diversos ecosistemes en mosaics del territori. Per tant, si es fan propostes per solucionar els problemes dels incendis, cal que entrin en harmonia amb el conjunt d'activitats i interaccions que es donen en el territori, ja que solucionant un problema podem plantejar-ne altres. Així, doncs, en les propostes cal considerar els professionals dedicats a l'estudi d'aquestes interaccions.

La incidència en determinats territoris d'alguns incendis forestals provocats per pastors que pretenien la millora de la pastura per aprofitar els rebrots tendres, comportà una norma que prohibia la pastura durant els cinc anys posteriors a un incendi forestal. Aquesta norma resulta, en canvi, contraproduent perquè la pastura és un bon mitjà de reducció del sotabosc, limita el risc d'un nou incendi i també facilita el naixement de plançons d'aquelles espècies que necessiten més llum (com en el cas d'alguns tipus de pins). Per aturar aquest problema, però, són molt més eficaces mesures educatives dirigides especialment a la població afectada, com ha quedat demostrat al treball coordinat per Jaume Sureda a les illes Balears (1997).

Hi ha algunes vies, les millors línies estratègiques de trencament de les grans masses de vegetació, que no poden complir el seu paper, perquè la vegetació que les voreja és tan espessa que en cas d'incendi, permet el contacte entre els combustibles amb una gran facilitat. Caldria, doncs, que en les vies definides expressament en la planificació preventiva comarcal com a estratègiques, es disposés d'una zona de protecció i el manteniment regular del sotabosc estassat.

Pel que fa a les cremes prescrites, un dels exemples que cal destacar, tot i que no vol dir que sigui eficaç en un territori com el de Catalunya, és el de l'administració nord-americana on, en la seva política forestal, integra el que anomena "*Fire Management*", que podríem traduir per "gestió del foc", i que es basa en admetre l'existència del foc en determinades àrees. L'objectiu d'aquesta política seria mantenir les superfícies cremades per sota un límit que es donaria com admissible (Vélez, 1991). En aquest sentit hi ha l'exemple de l'estudi en què, posant com a model els incendis a Baixa Califòrnia, s'argumenta la necessitat d'introduir cremes prescrites amb la finalitat d'organitzar el territori en forma de mosaic, combinant espècies de diferents edats (Minnich, 1983; Minnich i Chou, 1997). Malgrat les semblances climàtiques amb aquesta zona, ni les grans extensions boscoses despoblades, ni els sistemes socials urbanitzats a les zones forestals –amb construccions de fusta-, tenen cap paral·lelisme amb Catalunya. Els grans incendis catalans no arriben ni molt menys, a l'efectuació dels incendis americans més importants. Per tant, no es poden ignorar aquestes diferències pel que fa a l'estructura dels boscos i diferències socioculturals. Quan als Estats Units es parla d'incorporar el foc a la gestió del bosc es pensa en permetre que determinats incendis controlats contribueixin a la regeneració dels ecosistemes forestals dels enormes parcs naturals.

Per això l'administració nord americana⁹ considera que les pràctiques del foc controlat són factibles i, per tant, són freqüentment molt utilitzades com un sistema de reduir el combustible i evitar posteriorment aquests grans incendis impossibles de controlar

Així i tot, als mateixos Estats Units, aquestes polítiques de prevenció tenen els seus detractors. Keeling et al. (1999) consideren que la major part dels incendis catastròfics són causats pels forts vents secs, i sota aquestes condicions, fins i tot les més modernes tècniques de supressió del foc, són inefectives. Són partidaris de centrar la prevenció en el control de la freqüència dels incendis en les zones d'interfase urbana-forestal, més que dedicar esforços en diversificar l'edat dels diferents combustibles, per tal de configurar un territori en forma de mosaic.

En els darrers anys es parla cada vegada més de la introducció d'aquestes tècniques al nostre país. La seva generalització, però, és molt difícil perquè la major part dels boscos s'han transformat en unes masses on els combustibles tenen una continuïtat vertical que impossibilita la crema del sotabosc sense afectar l'estrat arbori. Una vegada més els aspectes físics dels incendis forestals estan condicionats per les peculiaritats del nostre sistema socioeconòmic, i per tant caldria trobar solucions complexes que millorin el control dels focs catastròfics, conscients també que la solució definitiva és inexistent.

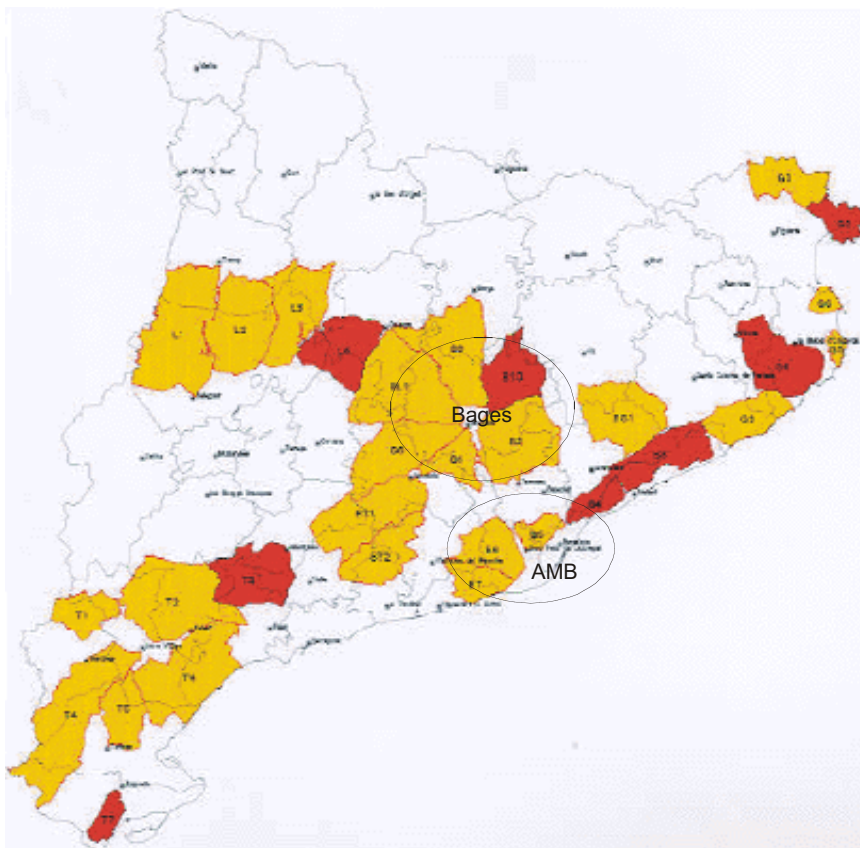
En base principalment als usos del sòl i al criteri seguit en la delimitació dels Perímetres de Protecció Prioritària (PPP) elaborats pel DARP (*Figura 9.1*), s'ha estructurat els dos àmbits d'estudi en masses de vegetació contínues les quals afavoreixen la propagació del foc. En el cas del Bages s'ha considerat també, tot i que amb algunes modificacions les propostes de masses presentades al *Premi Fundació Caixa de Manresa: Planificació territorial i organització de la lluita contra els incendis forestals* (Cerdan et al. 1999)

Els PPP van ser creats pel DARP, aprofitant el reglament de la UE, que promou la realització de Projectes Integrats de Protecció (PIP), i la seva adaptació a l'Estat espanyol. D'aquesta manera, el DARP ha establert des d'un punt de vista operatiu trenta zones d'alt risc d'incendis, que cobreixen el 40% de la superfície forestal de Catalunya. Aquests PPP inclouen les unitats geomorfològiques amb característiques forestals homogènies, on el risc d'incendi amenaça greument l'equilibri ecològic i la seguretat de

⁹ <http://www.fs.fed.us/land/wdfirex.htm>

persones i béns, o bé contribueix a accelerar el procés de desertificació dels espais rurals. Els límits d'aquestes unitats es corresponen amb les grans infraestructures de la xarxa viària de comunicacions, els corredors no forestals ocupats per conreus, els nuclis de població i la xarxa hidrogràfica. Alguns d'aquests perímetres coincideixen amb les àrees geogràfiques de Catalunya declarades d'alt risc d'incendi forestal, pel Pla de Protecció Civil d'Emergències per Incendis Forestals a Catalunya (INFOCAT). Per a cadascun dels trenta PPP, el DARP ha elaborat el corresponent Projecte Integrat de Protecció (PIP), amb l'objectiu de dotar cada unitat de la infraestructura necessària que permeti disminuir el nombre d'incendis forestals i compartimentar el territori per reduir la probabilitat que un foc es transformi en un gran incendi. Així doncs, és de vital importància mantenir i potenciar les discontinuïtats que separen les diferents unitats per tal de fer front a un incendi forestal de grans dimensions.

Figura 9.1. Els Perímetres de Protecció Prioritària.



Font: DARP (<http://www.gencat.es/darp/focverd2/cfocve00.htm>)

El procediment d'elaboració de les diferents masses contínues per l'AMB i el Bages ha estat el següent: s'han reclassificat els usos de sòl, assignant un valor per aquells usos que s'ha considerat afavoreixen l'avanç del foc i un altre valor pels que són línies o

espais de trencament. Per tant, per un costat el bosc d'escleròfil·les, el bosc d'aciculifolis, el bosc de caducifolis, vegetació escassa, conreus herbacis de secà,¹⁰ bosquines i prats, zones cremades i llenyosos són els que donarien continuïtat; i les infraestructures viàries, els nuclis urbans, urbanitzacions, zones industrials, conreus herbacis de regadiu, vegetació de zones humides, vinya i fruiters, serien espais de trencament. Un cop elaborat el mapa amb dues categories li s'han superposat, per un costat, les infraestructures viàries¹¹ (només les autopistes, les carreteres estatals i carreteres comarcals) i, per l'altre, la xarxa hidrogràfica (només els eixos principals) per poder establir més clarament les línies de trencament.¹² A partir d'aquí s'han dissolt tots aquells polígons que tenien el mateix valor en el camp masses i s'han eliminat tots els polígons inferiors a 100 ha ja que es considera que una massa contínua de menys de 100 ha permet accedir-hi per molts fronts, i per tant, arribar-hi amb facilitat i no crea risc de provocar un GIF.

Per a determinar l'homogeneïtat d'aquestes masses s'han analitzat les seves condicions físiques, en funció de les variables d'alçada, pendent i insolació i usos del sòl.

9.3.2. La continuïtat de les masses de vegetació a l'AMB

9.3.2.1. Tipologia de les diferents masses de vegetació

El *Mapa 9.1 a)* mostra el resultat de l'estructuració del territori en base a les delimitacions que ofereixen la xarxa hidrogràfica i la xarxa viària a l'AMB. Sovint aquestes comporten l'existència de barreres prou amples com per servir de línies de defensa naturals contra la propagació d'un incendi forestal, mentre que en altres espais, aquesta funció de barrera és més subtil i esdevenen línies excessivament permeables. Per un costat han servit com a línies de trencament els eixos dels rius Llobregat i Besòs i, per l'altre, l'autopista A-7, l'autopista A-18, la E-9 (túnels de Vallvidrera), l'autopista A-2 i la carretera comarcal C-243. El resultat de la reclassificació dels usos del sòl i del

¹⁰ Cal aclarir que en el cas dels conreus herbacis de secà, aquells polígons que estaven als marges de les masses, no s'han considerat integrats dins les masses de vegetació, en canvi, els que quedaven dins les masses s'han considerat que no aturaven el foc per les seves dimensions i per tant no trenquen la continuïtat. Hem seguit aquest criteri en base a la localització dels GIF, els quals un 13% de la seva superfície cremada pels GIF de 1994 i 1998, corresponia a aquest tipus d'ús de sòl.

¹¹ Cal tenir en compte que el que pot ser una barrera efectiva per un incendi d'intensitat baixa, pot no ser-ho per un incendi d'intensitat alta. S'han seguit uns criteris homogenis per tots dos àmbits d'estudi, però cal tenir en compte que és molt difícil fer previsions sobre la intensitat real que pot tenir un incendi.

¹² Les eines utilitzades en el procés de delimitació de les masses han estat Arc/Info i ArcView.

creuament amb les línies de trencament dóna lloc a nou masses de vegetació que s'han anomenat de la següent manera: Garraf (amb 10.964 ha), Pallejà (677 ha), Sant Andreu de la Barca (233 ha), Castellbisbal est (1.918 ha), Castellbisbal oest (897 ha), Collserola (10.330 ha), Sant Cugat-Cerdanyola (894 ha), Barberà (180 ha), Montcada-Barberà-Ripollet (876 ha) Montcada (160 ha) i Conreria (2.291 ha). Cal tenir en compte que d'aquestes, les que tenen realment risc són: la del Garraf, Castellbisbal (est i oest) i la Conreria ja que, a part de les dimensions que tenen dins l'AMB, poden propagar-se fora dels límits. A més cal destacar Collserola per la seva extensió, que es troba íntegrament dins l'àmbit d'estudi. De fet, són aquestes les que s'han vist afectades pels grans incendis de l'any 1994. Els PPP definits pel DARP que afecten aquestes masses són: Conreria-Sant Mateu-Céllecs, Serra de Collserola, muntanyes de l'Ordal i Massís del Garraf (a la *Figura 9.1*, es pot veure aquests PPP).

A l'hora de definir els perfils de les diferents masses de vegetació, es tindrà en compte les masses de vegetació més extenses, és a dir, la del Garraf, Castellbisbal est i Castellbisbal oest, Collserola i la Conreria, a partir de les quals es determinarà la seva homogeneïtat analitzant les condicions físiques, és a dir en funció de les variables d'alçada, pendent i insolació (*Gràfics 9.3, 9.4, 9.5*).¹³

No és d'estranyar que els espais PEIN que afecten l'AMB, es localitzin en la seva totalitat dins d'aquestes masses de vegetació contínues (*Mapa 9.1 b*);¹⁴ el Massís del Garraf suposa un 37% de la superfície de la massa de vegetació del Garraf, la Muntanya de l'Ordal representa un 2% de la mateixa superfície de la massa de vegetació del Garraf, l'espai Serra de Collserola afecta el 79% de la massa de Collserola i finalment, el 26% de l'espai Conreria Sant Mateu-Céllecs es troba dins de la massa Conreria.

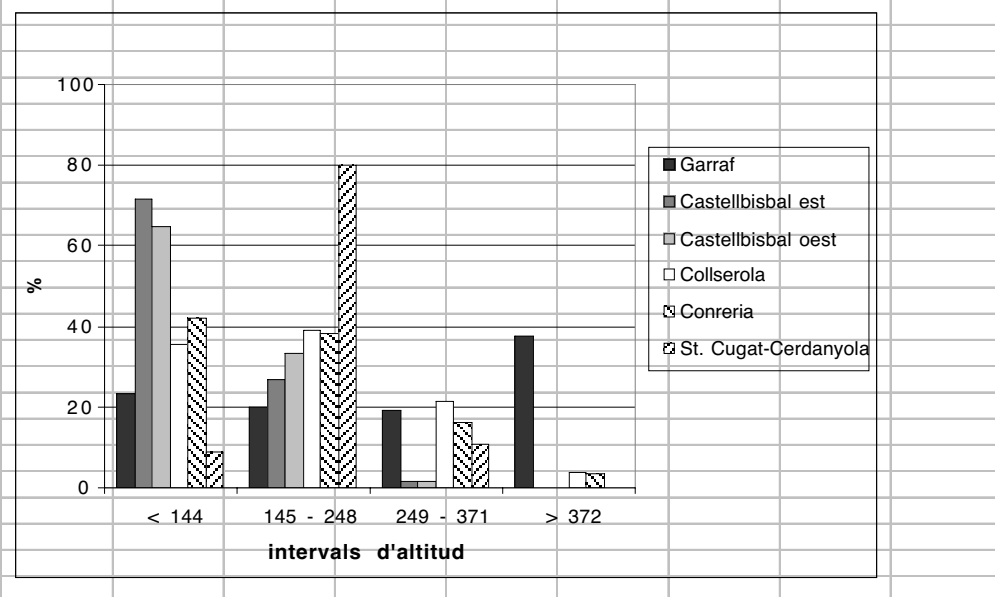
Si s'analitza globalment aquesta distribució de percentatges per a cadascuna de les variables i pels diferents intervals que mostren els *Gràfics 9.3, 9.4 i 9.5*, s'observen certes diferències entre les diferents masses quant a l'altitud, però una homogeneïtat més pronunciada quant a la insolació i al pendent. Cal tenir en compte que l'AMB no és una zona amb contrastos pronunciats. La massa del Garraf és la que presenta més

¹³ S'ha creuat cadascuna de les masses, reclassificant-les individualment, amb cada capa que representa una característica diferent del terreny (altitud, insolació, pendent i usos del sòl). Els diferents intervals s'han calculat a partir dels trencaments naturals entre diferents classes a partir de tota la capa d'informació. Aquest mètode de trencaments naturals ha estat el mètode seguit en altres anàlisis fetes en capítols precedents per relacionar diferents variables.

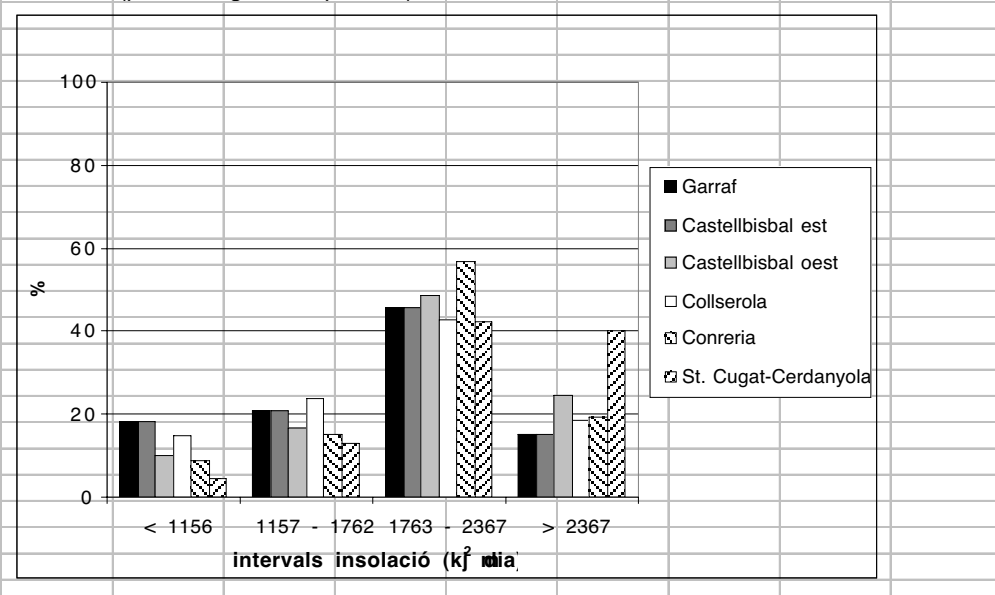
¹⁴ A excepció de la Serra de Collserola, la resta d'espais PEIN afecten superfícies fora l'AMB. Només s'han tingut en compte el que es troba dins l'àmbit d'estudi.

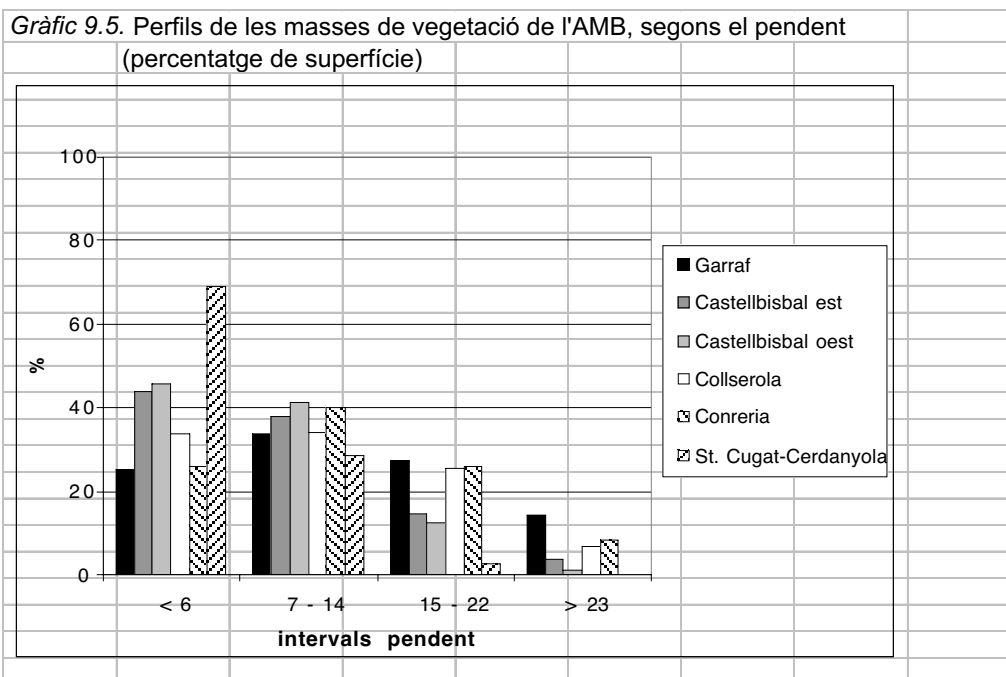
percentatge de superfície en l'interval de més alçada. Contràriament les dues masses de Castellbisbal són les que presenten més percentatge de superfície en zones més baixes. Pel que fa a la insolació cal tornar a destacar una certa homogeneïtat; les cinc masses tenen una distribució dels percentatges per a cadascun dels intervals força semblants i concentrats en l'interval d'insolació mitjanament alt. Finalment, pel que fa al pendent, les cinc masses analitzades, són força homogènies; potser la que presenta més diferències és novament la del Garraf caracteritzada ja per la major superfície a alçades superiors.

Gràfic 9.3. Perfils de les masses de vegetació de l'AMB, segons l'altitud (percentatge de superfície)



Gràfic 9.4. Perfils de les masses de vegetació de l'AMB, segons la insolació (percentatge de superfície)





Una altra variable a considerar i que en aquest cas pot ser molt més rellevant pels incendis és la continuïtat de determinats usos del sòl, altament inflamables, que configuren cadascuna d'aquestes masses de vegetació. Aquesta variable, juntament amb les condicions meteorològiques¹⁵ són les que poden determinar la perillositat de la propagació en un territori amb les característiques de l'AMB. El tipus d'ús de sòl predominant en totes les masses és, en primer lloc les bosquines i prats i en segon lloc el bosc d'aciculifolis. Per tant, quant a la distribució dels usos del sòl en cadascuna de les masses, és força homogeni (*Taula 9.2*).

Taula 9.2. Percentatge de cada tipus d'ús de sòl respecte el total de la massa forestal a l'AMB

Usos del sòl	Garraf	Castellbisbal est	Castellbisbal oest	Collserola	Conreria	St. Cugat
<i>Vegetació escassa</i>	2,8	11,4	2,65	5,4	7,5	8,9
<i>Bosc d'escleròfil·les</i>	0,4	3,1	1,12	11,1	0,0	0,4
<i>Bosc d'aciculifolis</i>	32,9	27,3	27,42	44,7	18,7	36,2
<i>Conreus herbacis de secà</i>	2,6	5,1	2,39	6,7	6,3	17,8
<i>Bosquines i prats</i>	57,0	47,8	57,50	30,1	65,0	36,4
<i>Vinya</i>	0,3	2,2	2,06	0,4	0,4	0,0
<i>Llenyosos</i>	3,8	2,8	4,78	1,0	0,0	0,3
<i>Altres</i>	0,2	0,3	2,08	0,6	2,1	0,0

¹⁵ S'ha dedicat el capítol 8 a l'anàlisi de les condicions meteorològiques, les quals no s'ha integrat en aquest capítol, ja que la manca de dades per diferents estacions meteorològiques impossibilitava la seva representació espacial.

9.3.2.2. La incidència dels incendis sobre les masses de vegetació

És interessant observar la distribució espacial dels incendis en el context de la delimitació d'aquestes masses. Com mostra el *Mapa 9.2 a)* és precisament a les zones d'interfase entre aquestes masses de vegetació contínues on s'observen el major nombre d'incendis. El capítol de l'anàlisi de la distribució espacial dels incendis ja reflectia aquesta gran concentració, que en introduir nous aspectes en l'anàlisi, es va omplint d'arguments; són zones amb una densa xarxa viària que afavoreixen la mobilitat i per tant l'accessibilitat.

Taula 9.3. Afectació dels incendis en les diferents masses de vegetació de l'AMB

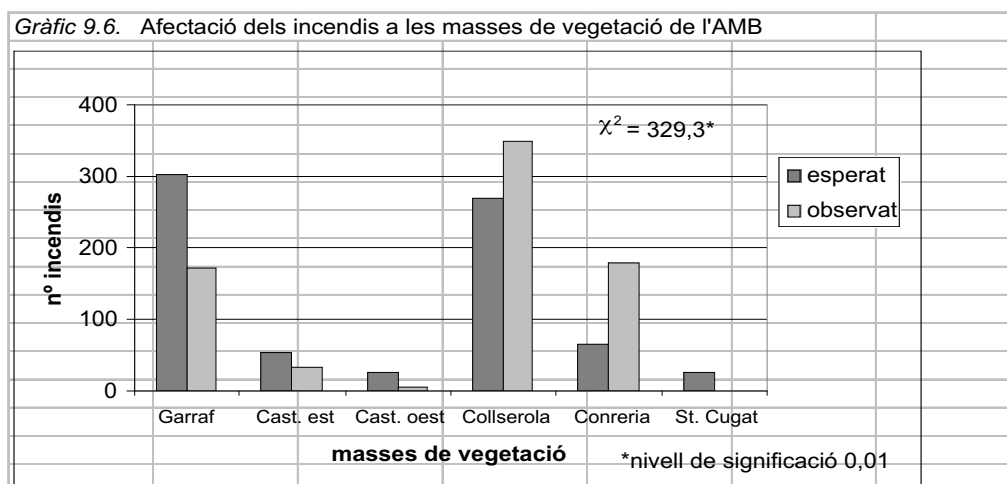
Nom massa de vegetació	sup. massa (ha)	% incendis	% sup. cremada (GIF) respecte total cremat	% sup. cremada (GIF) respecte sup. total massa
<i>Garraf</i>	10.748	16,2	53,1	20,9
<i>Castellbisbal est</i>	1.918	3,1	9,7	21,4
<i>Castellbisbal oest</i>	897	0,3	13,0	61,4
<i>Collserola</i>	9.584	32,8	3,3	1,5
<i>Conreria</i>	2.291	16,6	20,9	38,7
<i>St. Cugat</i>	894	0,1		
<i>Altres masses</i>	1956	3,5		
<i>Fora masses</i>	30.342	27,2		

La *Taula 9.3*, és un resum de la localització dels incendis en funció de les masses de vegetació delimitades. Dels 1068 incendis que tenen lloc durant el període 1987-1998 a l'AMB, 770 es localitzen en alguna d'aquestes diferents masses de vegetació. La massa de Collserola és, amb diferència, la massa de vegetació més afectada quant a nombre d'incendis, ja que concentra el 32,8% dels incendis, sobretot a les zones pròximes als eixos del Besòs i del Llobregat i als eixos viaris més transitats. Però, en canvi, aquesta és la massa que té menys percentatge de superfície cremada, tant respecte al total cremat, com pel que fa al percentatge respecte la superfície de la massa. La massa de vegetació del Garraf, tot i ser la que concentra més de la meitat de superfície cremada respecte el total cremat, no és la que té més percentatge de superfície cremada, ja que aquesta és la massa més extensa.¹⁶ Les masses de vegetació més petites, com les de Castellbisbal est i sobretot Castellbisbal oest, tenen un percentatge elevat de superfície cremada respecte la superfície total de la massa, precisament perquè són masses petites afectades per un incendi que va cremar en total més de 1.000 ha. Aquestes, a més, són les masses que concentren el menor percentatge d'incendis. Finalment, la Conreria que

¹⁶ De totes maneres, cal recordar que l'incendi que va afectar aquesta massa l'abril de l'any 94 es va estendre pel costat del Garraf que queda fora l'àmbit d'estudi.

concentra el 16,6% dels incendis, també té un percentatge elevat de superfície cremada (el 38,7%).

Com a mesura estadística per analitzar la bondat d'ajustament, s'ha utilitzat el test de χ^2 , amb el que s'obté, com s'ha exposat al capítol 7, una mesura que permet observar si les diferències entre la distribució de freqüències esperades i la distribució de freqüències observades són o no significatives. El Gràfic 9.6 mostra la distribució de freqüències d'incendis observades en cada massa de vegetació, en relació a la distribució de freqüències esperades tenint en compte la quantitat de superfície de cadascuna de les masses. Com es pot comprovar, el valor calculat de χ^2 és de 329,3, molt superior al valor crític de χ^2 que amb cinc graus de llibertat i un nivell de significació de 0,01 és de 15,09 (la Taula 9.4 de l'Annex 4 mostra el detall del càlcul de χ^2). Aquests resultats vénen a demostrar que hi ha masses de vegetació amb més probabilitat que hi hagi incendis que altres. Les masses de vegetació de Collserola i de la Conreria es veuen afectades per més incendis dels que caldria esperar per la superfície que tenen aquestes mateixes masses. La zona d'influència de l'eix del Besòs, es caracteritza per la gran concentració d'ignicions, i és precisament aquest eix el que llinda amb aquestes dues masses de vegetació. Contràriament, les masses de Castellbisbal est, Castellbisbal oest, Sant Cugat i sobretot la del Garraf, tenen menys incendis dels que caldria esperar per la superfície de la massa de vegetació disponible.



Si s'observa la distribució dels GIF en base a la delimitació d'aquestes grans masses (Mapa 9.2 b)), es pot veure com l'incendi de Castellbisbal del juliol de 1994 va superar una de les línies de trencament (carretera C-243), afectant les dues masses

(Castellbisbal est i oest). En canvi, l'incendi de Sant Cugat del mateix any, el foc no va passar la barrera de la E-9, que parteix només parcialment la massa de Collserola. No es pot treure conclusions sobre l'estat i l'eficàcia de cadascuna de les línies de trencament si no es té en compte quins van ser els mitjans d'extinció en tots dos àmbits i les condicions en què es van donar aquests dos incendis, ja que, tot i que van ser al mateix mes del mateix any, eren dies diferents. Com es pot comprovar, de la mateixa manera que havia apuntat en el capítol que tractava les característiques generals dels incendis (capítol 5), no hi ha una relació entre el nombre d'incendis i la superfície cremada en les diferents masses de vegetació. Si seguissin una proporció, la massa de Collserola hauria de ser la més cremada, però en canvi, tot i ser la massa amb més incendis i la segona amb superfície, és la menys afectada pels GIF. Castellbisbal oest és la més afectada en proporció a la superfície de la massa i al nombre d'incendis, seguida per Castellbisbal est. Ja se sap que un nombre petit d'incendis cremen la majoria d'incendis, per tant cal tenir-ho en compte.

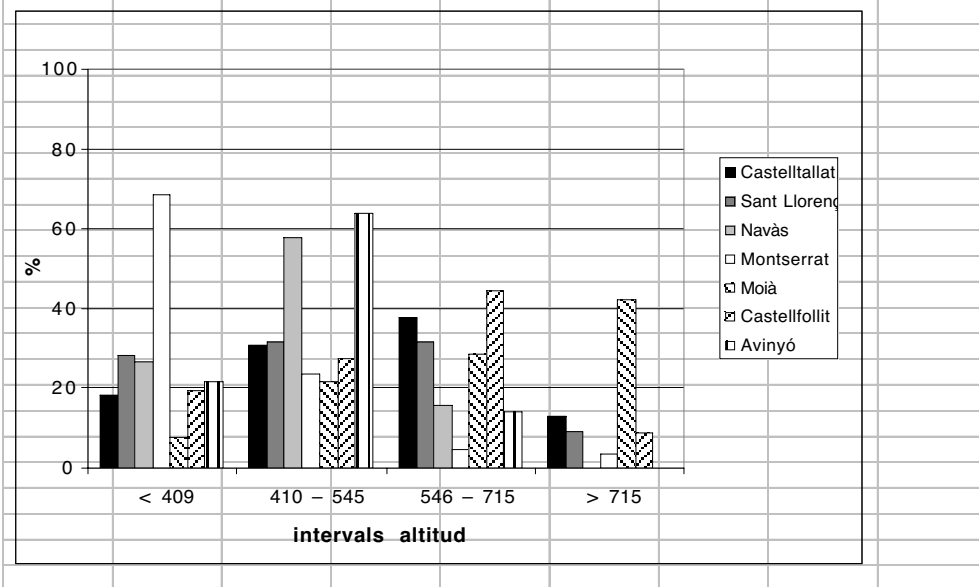
9.3.3. La continuïtat de les masses de vegetació a la comarca del Bages

9.3.3.1. Tipologia de les diferents masses de vegetació

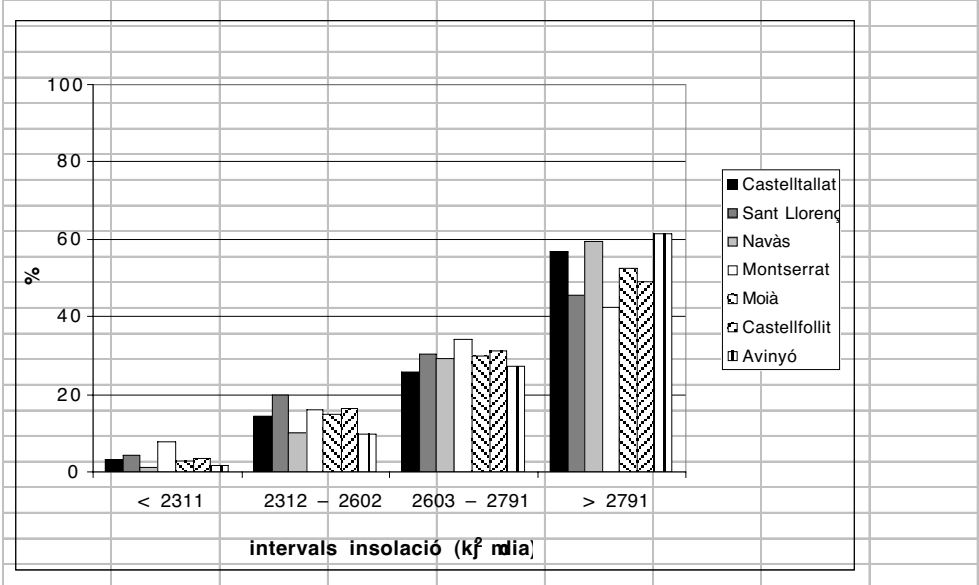
El *Mapa 9.3 a)* és el resultat de la fragmentació de les masses de vegetació del Bages a partir de les delimitacions que ofereixen les xarxes hidrogràfiques i viària. Fruit de l'anàlisi especificat en l'apartat en què es descriu el procediment (apartat 9.2.1), s'ha de parlar de set masses de vegetació a la comarca que s'han anomenat de la següent manera: Avinyó (amb 14.579 ha), Castellfollit (12.634 ha), Castelltallat (22.093 ha), Moià (13.344 ha), Montserrat (8.346 ha) Navàs (amb 16.345 ha), i Sant Llorenç (17.948 ha). Cal tenir en compte que aquesta superfície és la que afecta a la comarca, però aquestes masses de vegetació són molt més extenses ja que no tenen límits administratius. A part d'aquestes masses amb dimensions considerables, cal considerar petites masses que fan de pont entre les grans masses de vegetació. La *Figura 9.1*, mostra amb un cercle la delimitació dels PPP que afecten la comarca del Bages i que a grans trets coincideix força amb les masses delimitades (aquests PPP són: Montserrat, Sant Llorenç de Munt-Gallifa, Moianès i Pinós-el Miracle-Castelltallat-Cardona)

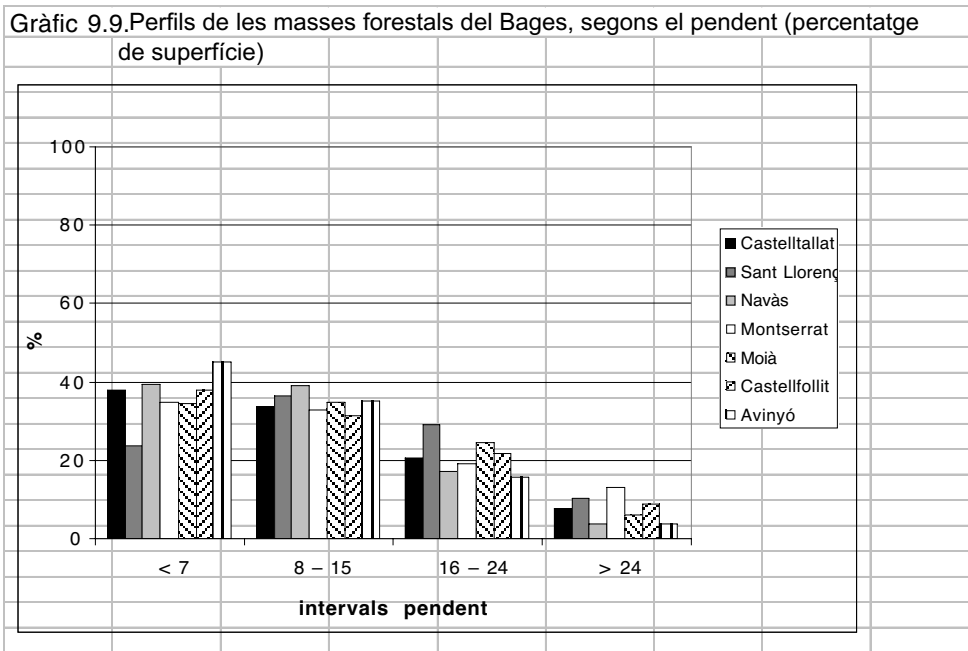
Al Mapa 9.3 a), es pot veure la gran continuïtat de les masses de vegetació que hi ha a la comarca del Bages, fet que afavoreix enormement la propagació dels incendis, d'aquí a la magnitud d'alguns d'ells. El Mapa 9.3 b) mostra l'afectació dels espais PEIN sobre les masses; la serra de Castelltallat suposa només el 22.5%, el 18,1% de la massa de Montserrat forma part de l'espai PEIN del Massís de Montserrat; el 22,1% de la massa de Sant Llorenç és ocupada per l'espai protegit de Sant Llorenç de Munt; finalment, l'espai PEIN del Moianès ocupa l'11% de la massa de Moià.

Gràfic 9.7. Perfils de les masses de vegetació del Bages, segons l'altitud (percentatge de superfície)



Gràfic 9.8. Perfils de les masses forestals del Bages, segons la insolació (percentatge de superfície)





Els Gràfics 9.7, 9.8 i 9.9, mostren els perfils de les diferents masses delimitades en funció de l'altitud, la insolació i el pendent respectivament. La distribució de les alçades és la variable que més diferencia les masses considerades, de la mateixa manera que a l'AMB, mentre que el pendent i la insolació es mantenen força homogenis. La massa forestal de Moià és la que presenta més percentatge de superfície en l'interval d'altitud més alt, mentre que la que Montserrat és la que s'observa un percentatge més elevat en l'interval d'altitud més baix. La massa més homogènia pel que fa a l'altitud és la de Castellfollit. La resta tenen una distribució força homogènia entre els 400 i 700 m. Pel que fa a la insolació, cal destacar l'elevada insolació per part de totes elles, molt superior a les masses de l'AMB. Finalment el pendent és la variable que mostra més homogeneïtat. Tot generalitzant, la mitjana de pendent de les diferents masses és superior al pendent de les masses de l'AMB.

La Taula 9.5 mostra la distribució en percentatges dels diferents usos del sòl que afecten cadascuna de les masses. Com es pot comprovar els usos de sòl predominants en totes les masses són el bosc d'aciculifolis en primer lloc, les bosquines i prats en segon lloc i els conreus herbacis de secà en tercer lloc (la massa de Montserrat té un percentatge més elevat d'escleròfil·les que de conreus herbacis de secà). Aquests tipus d'ús de sòl, en condicions meteorològiques extremes, són fàcilment inflamables i molt favorables a la propagació.

Taula 9.5. Percentatge de cada tipus d'ús de sòl respecte el total de la massa forestal al Bages

Usos del sòl	Castelltallat	Sant Llorenç	Navàs	Montserrat	Moià	Castellfollit	Avinyó
<i>Bosc de caducifolis</i>	1,4	0,4	0,5	0,1	12,4	0,5	0,2
<i>Bosc d'escleròfil·les</i>	0,0	10,8	0,0	0,7	4,9	0,3	0,1
<i>Bosc d'aciculifolis</i>	49,6	40,0	62,0	25,8	45,1	15,3	58,9
<i>Conreus herbacis de secà</i>	23,8	4,1	15,1	8,8	17,1	16,0	19,8
<i>Bosquines i prats</i>	24,3	43,6	21,5	62,0	20,2	67,3	20,9
<i>Altres</i>	0,9	1,1	0,9	2,6	0,3	0,6	0,1

9.3.3.2. La incidència dels incendis sobre les masses de vegetació

Pel que fa als incendis, aquests es distribueixen de manera molt més dispersa al llarg de les masses, concentrant el 73% dels incendis; la resta es localitzen majoritàriament a la plana del Bages (*Mapa 9.4 a*). D'un total de 332 incendis que hi ha a l'àmbit durant el període 1987-1998, 244 es donen dins d'alguna d'aquestes masses de vegetació, de manera que, les masses amb més incendis, tal com mostra la *Taula 9.4*, corresponen a les de Castelltallat (amb 48 incendis) i Sant Llorenç (amb 44 incendis), seguides per Avinyó (41 incendis), Navàs (30 incendis), i Montserrat, Moià i Castellfollit amb 29, 27 i 23 incendis respectivament. Entre les masses de Castelltallat i de Navàs cremen gairebé el 100% de la superfície cremada pels GIF dels anys 1994 i 1998, i són de fet aquestes masses les que cremen més percentatge de la seva superfície.

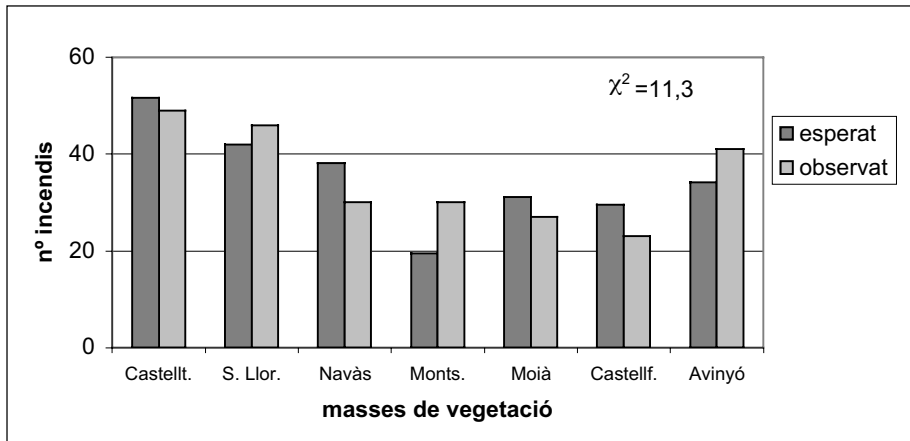
Pel que fa a l'afectació dels GIF sobre les masses de vegetació (*Taula 9.8*), cal destacar l'incendi del juliol de 1994 de Sant Mateu de Bages va començar a la massa de Castelltallat i va travessar el riu afectant bona part de la massa de Navàs; l'incendi que va començar a Collbató i que va cremar part de Monistrol de Montserrat afectant les masses que queden entre les de Sant Llorenç i Montserrat i que va afectar una part de la massa de Montserrat, en aquest cas, tampoc va respectar el riu Llobregat ni la carretera comarcal C-1411 com a línies de trencament; i finalment, fent referència a l'incendi d'Aguilar de Segarra del juliol de 1998, aquest va afectar bona part de la massa de Castelltallat (*Mapa 9.4 b*). Castelltallat, la massa forestal amb més incendis i també la més extensa, ha estat la més devastada pels GIF del 1994 i 1998. Navàs ha estat l'altra massa més afectada pels GIF.

Taula 9.6. Afectació GIF en funció de les masses de vegetació al Bages

Nom massa de vegetació	sup. massa (ha)	% incendis	% sup. cremada (GIF) respecte total cremat	% sup. cremada (GIF) respecte sup. total massa
Castelltallat	22.093	14.8	49.6	42.9
Sant Llorenç	17.948	13.9	3.0	3.2
Navàs	16.345	9.0	45.1	52.6
Montserrat	8.346	9.0	2.3	5.3
Moià	13.344	8.1		
Castellfollit	12.634	6.9		
Avinyó	14.579	12.3		
Fora massa	24.228	25.9		

El Gràfic 9.10 mostra la distribució de freqüències d'incendis observades en cada massa de vegetació, en relació a la distribució de freqüències esperades tenint en compte la quantitat de superfície de cadascuna de les masses. Com es pot comprovar, el valor calculat de χ^2 (d'11,3), és inferior al valor crític de χ^2 que amb sis graus de llibertat i un nivell de significació de 0,01, és de 16,81 (La Taula 9.7 de l'Annex 4) es pot veure el detall del càlcul de χ^2). Per tant, aquests resultats demostren que els incendis es distribueixen de manera regular per les diferents masses de vegetació. Aquest fet s'explica per la major aleatorietat dels incendis.

Gràfic 9.10. Afectació dels incendis a les masses de vegetació del Bages.



9.4. La incidència dels incendis sobre els espais PEIN (Pla d'Espais d'Interès Natural)

Els espais PEIN van ser creats amb l'objectiu principal de preservar la biodiversitat, però amb altres finalitats que també esdevenen importants com

l'experimentació de mètodes d'aprofitament dels recursos naturals, la protecció estricta de determinats elements naturals o paisatges singulars, l'educació i sensibilització ambientals, la recerca, etc. Per tant, són espais que pel seu interès natural mereixen una atenció especial.¹⁷ En aquest sentit, i pel que fa als incendis, s'han establert polítiques de prevenció dels incendis en aquests espais, a banda de les lleis de prevenció d'incendis dictades a nivell municipal, comarcal o autonòmic. Pel fet de disposar d'un Decret (378/1986)¹⁸ sobre la prevenció d'incendis en els espais naturals de protecció especial, caldria esperar que l'afectació dels incendis sigui diferent en aquestes zones que en les que no estan protegides. Entre els aspectes que el Pla ha de contemplar cal destacar: la localització i especificació de les masses de vegetació en l'espai, localització i descripció dels vials d'accés als boscos, zonificació de l'espai protegit per índex de perillositat, punts d'aigua, infraestructura i personal de què es disposa, i organització d'actuacions preventives i d'acció immediata.

Tot i que la relació entre els incendis forestals i les àrees protegides no ha estat ben estudiada, alguns autors consideren com un factor de risc important la declaració de zones protegides. Les motivacions més freqüentment anomenades són les limitacions d'alguns usos tradicionals com l'agricultura, les activitats ramaderes, etc. (Vélez Muñoz, R. 1991; Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1995; Jiménez et al. 1998).

Els espais PEIN utilitzats en l'anàlisi de l'afectació dels incendis sobre aquests espais prové de la base disponible a la web del Departament de Medi Ambient¹⁹ de la Generalitat de Catalunya, a escala 1:250.000, actualitzada per l'any 1998.

9.4.1. L'afectació dels incendis als espais PEIN de l'AMB

De les més de 58.000 ha de superfície de l'AMB, més de 13.000 ha formen part dels cinc espais PEIN (*Mapa 9.5 a*) que afecten l'àmbit d'estudi (Conreria-Sant-Mateu-Céllecs, Collserola, Delta del Llobregat, muntanyes de l'Ordal i Garraf), les quals suposen el 23% de la superfície total de l'àmbit. Com es recordarà, la superfície forestal de l'AMB

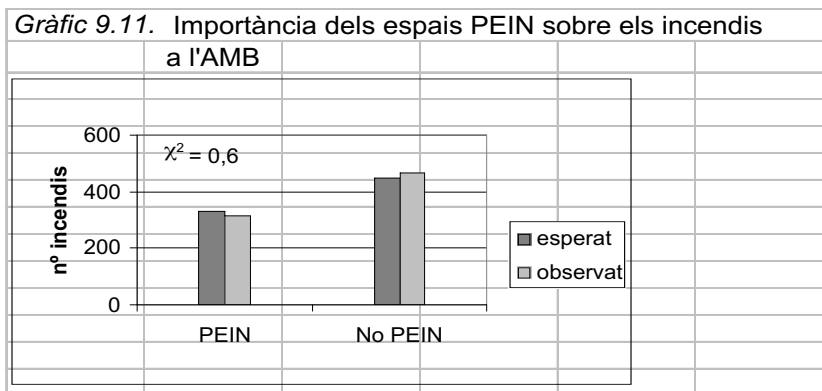
¹⁷ Per obtenir més informació sobre els diferents espais PEIN delimitats a Catalunya es pot consultar la pàgina:<http://www.gencat.es/mediamb/pn/cpein.htm#index>

¹⁸ <http://www.gencat.es/mediamb/lleis/espnat/espna016.htm>

¹⁹ http://www.gencat.es/mediamb/gis/cgis_b1.html

suposa el 44% del total de l'AMB, per tant la meitat d'aquesta superfície és espai protegit.²⁰

Al *Mapa 9.5. b)* es pot veure la distribució dels incendis sobre els espais PEIN de l'AMB. Durant el període 1987-98. Dels 1068 incendis comptabilitzats, 312 es localitzaven dins d'algun espai PEIN, amb una superfície cremada de 3.797 ha. Per explicar si els espais protegits es veuen menys afectats pels incendis, s'ha aplicat el test de significació de χ^2 . El valor calculat de χ^2 , de 0,6, és inferior al valor crític de χ^2 , que amb un nivell de significació de 0,01 és de 6,64. Aquests resultats demostren que els incendis es distribueixen seguint una proporció entre les zones protegides i les no protegides, en funció de la quantitat de superfície disponible en cada cas. El *Gràfic 9.11*, mostra la relació entre la distribució de freqüències esperades i la distribució de freqüències observades en espais protegits i la resta de l'àmbit (l'annex 4 *Taula 9.8* mostra el detall del càlcul de χ^2).

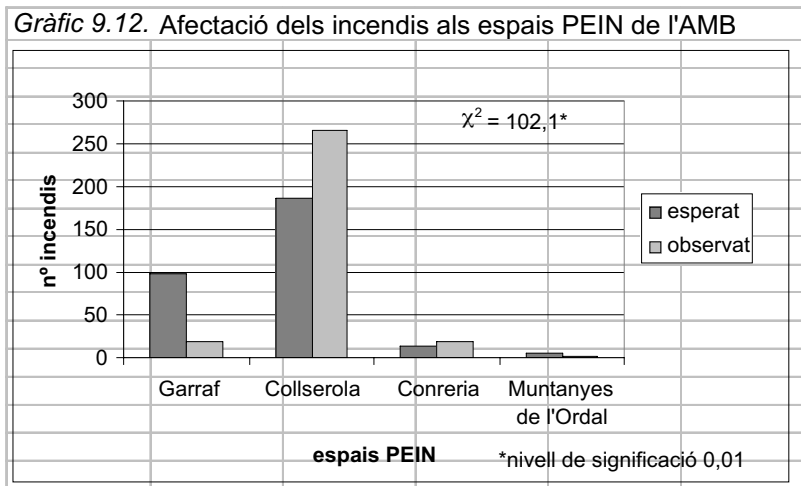


L'espai PEIN més afectats pels incendis pel que fa a la superfície cremada va ser part de la Serra del Garraf que afecta l'AMB, amb 2.363 ha cremades (l'incendi de l'abril de 1994 suposa ja el 95% d'aquesta superfície), seguit per l'espai PEIN Conreria-Sant Mateu-Céllecs amb 880 ha, Collserola amb 531 ha i les muntanyes de l'Ordal amb 22 ha.

El *Gràfic 9.12* mostra la distribució dels incendis observats en cada espai PEIN i la distribució de freqüències esperades (en funció de la disponibilitat de superfície de cada espai PEIN). El valor calculat de χ^2 (de 102,1) és superior al valor crític de χ^2 que, amb un nivell de significació de 0,01, és d'11,34 (la *Taula 9.9* de l'Annex 4 mostra el detall del

²⁰ S'hauria d'excloure d'aquí l'espai PEIN del Delta del Llobregat perquè és un espai que per les característiques de la comunitat vegetal que el configura, no es pot considerar inflamable. De fet, aquest espai ja queda fora de les masses de vegetació.

càlcul de χ^2). Es pot entreveure, doncs, que hi ha una clara relació entre el nombre d'incendis i els espais PEIN. Tenint en compte el total de superfície dels espais PEIN de Collserola i la Conreria, caldria esperar un menor nombre d'incendis. Ja s'ha vist que és precisament a banda i banda de l'eix del Besòs, que fa de frontera entre aquests espais, el que concentra la major part dels incendis. Posant l'exemple de Collserola, el fet que concentri el 85% dels incendis es deu a la forta pressió humana que pateix un parc com el de Collserola que fa que el nombre d'incendis sigui molt elevat.



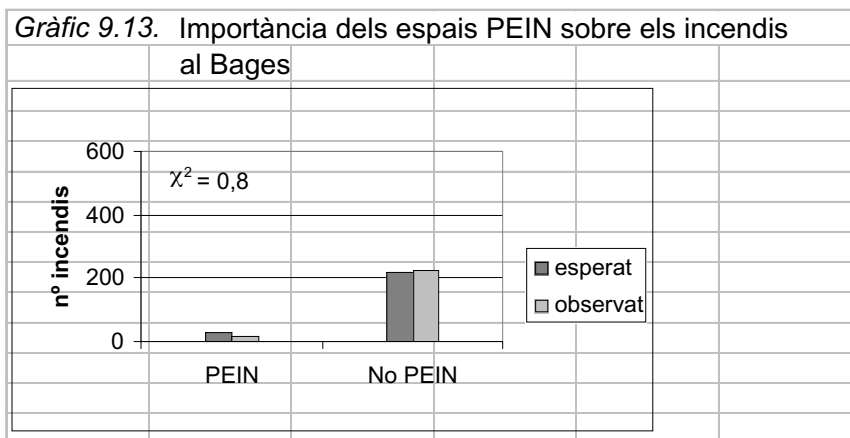
Dels quatre GIF que s'han considerat de l'AMB que van tenir lloc el 1994, el del Garraf, el de Castellbisbal, el de Badalona i el de Sant Cugat, tres van afectar algun espai PEIN: el del Garraf amb 2.363 ha (suposa més de la meitat de l'espai protegit que afecta la zona d'estudi); l'incendi de Badalona amb quasi 450 ha (el 50% de l'incendi dins l'àmbit d'estudi) afecta l'espai de la Conreria-Sant Mateu-Céllecs; i el de Sant Cugat amb 142 ha cremades, les quals eren íntegrament dins l'espai Serra de Collserola (*Mapa 9.5 b*)).

9.4.2. L'afectació dels incendis als espais PEIN del Bages.

A la comarca del Bages, amb una superfície de poc més de 129.000 ha, només el 9% respecte la superfície total (gairebé 12.000 ha) forma part d'algun espai PEIN (Serra de Castelltallat, muntanyes de Sal, Moianès, Sant Llorenç de Munt i Montserrat) (*Mapa 9.6 a*)). Cal tenir en compte que a la comarca del Bages el 70% de la superfície és forestal, la qual cosa significa que només una vuitena part d'aquesta superfície forestal forma part d'algun espai PEIN.

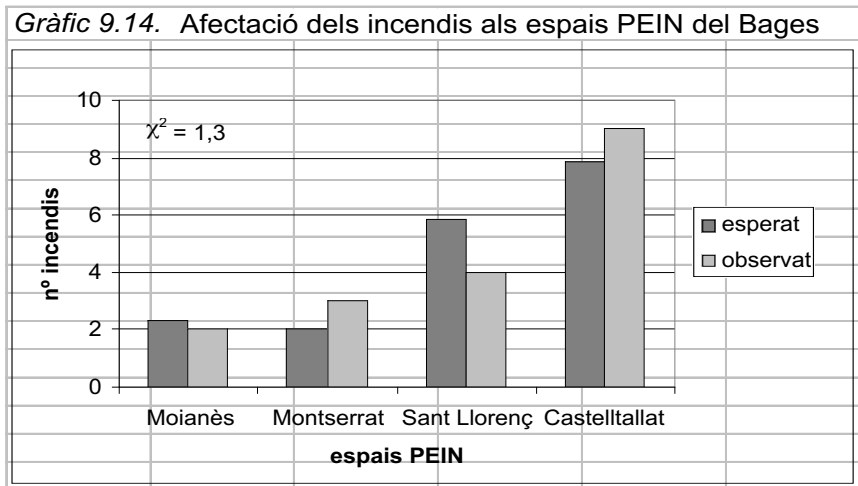
Tal i com es pot veure al *Mapa 9.6. a)*, el nombre d'incendis que afecten algun espai PEIN és poc considerable; és significatiu ressaltar que només hi ha 18 incendis d'un total de 332, durant el període 1987-1998, que hagin començat en una zona protegida. Ara bé, l'afectació d'aquests incendis és important sobretot per l'espai de la Serra de Castelltallat, que amb els incendis de Sant Mateu de Bages del juliol de 1994 i el d'Aguilar de Segarra del juliol de 1998 va quedar quasi totalment calcinada, l'any 1994 la meitat est i, l'any 1998, la meitat oest. D'alguna manera o altra, seria lògic pensar que el fet que siguin espais protegits comporta una reducció del nombre d'incendis i de superfície afectada ja que s'hi haurien de dedicar més esforços en la prevenció i la vigilància, però si bé és cert que no hi ha massa incendis que han començat en aquests indrets, els efectes d'alguns d'ells han estat devastadors en espais com la Serra de Castelltallat i l'incendi del Massís de Montserrat que va tenir lloc l'estiu de 1985.²¹ Cal tenir en compte que el fet que comentaven alguns autors (com s'ha vist a l'apartat 9.4), que la reducció d'alguns usos tradicionals en els espais protegits, suposa un increment del risc, en el cas del Bages s'estan dedicant molts esforços en reintroduir activitats com la pastura de ramats pel manteniment d'alguns espais i la promoció de l'activitat agrícola.

El *Gràfic 9.13* mostra la distribució de freqüències d'incendis esperades en relació a la distribució de freqüències observades, tant pel que fa en zones PEIN com a la resta de l'àmbit. S'observa com el nombre d'incendis en zones protegides i no protegides es correspon a la superfície ocupada per aquestes dues categories, i així ho demostra el càlcul de χ^2 que amb un valor de 0,8 és inferior al valor crític (6,64 $\alpha=0,01$). A l'Annex 4, *Taula 9.10*, es pot veure el detall del càlcul de χ^2 .



²¹ Es fa referència a aquest incendi, tot i no entrar dins el període d'estudi, per la importància que va tenir, tant pel que fa a la superfície cremada, com pel lloc emblemàtic on es produí. Hi ha algunes publicacions que

El Gràfic 9.13 mostra la distribució dels incendis observats en cada espai PEIN i la distribució de freqüències esperades (en funció de la disponibilitat de superfície de cada espai PEIN). Com a mesura estadística per analitzar la bondat d'ajustament, s'ha utilitzat novament el test de χ^2 , amb el que s'obté una mesura que permet observar si les diferències entre la distribució de freqüències esperades i la distribució de freqüències observades són o no significatives. El valor calculat de χ^2 (d'1,3) és molt inferior al valor crític de χ^2 que, amb un nivell de significació de 0,01, és d'11,34 (la Taula 9.11 de l'Annex 4 mostra el detall del càlcul de χ^2). Aquests resultats demostren que els pocs incendis que hi ha als espais PEIN es corresponen amb la superfície disponible.



Tenint en compte només els GIF, l'incendi de Sant Mateu de Bages del juliol de 1994 va afectar el 46% de la superfície total de l'espai PEIN de la Serra de Castelltallat (amb 2.240 ha). Aquell mateix any, cal destacar l'incendi de 3.104 ha, que va començar a Collbató (municipi del Baix Llobregat) però va afectar prop de 400 ha del Municipi de Monistrol de Montserrat, de les quals 165 ha van cremar dins l'espai PEIN de Montserrat.²² La resta d'incendis d'aquest any no afecten cap espai PEIN. Pel que fa als GIF de l'any 1998, cal destacar l'incendi de juliol d'Aguilar de Segarra que va afectar 1.446 ha de la part oest de la Serra de Castelltallat, és a dir el 30% de l'espai protegit. Amb la qual cosa, si s'afegeix l'incendi de 1994, el 76% d'aquest espai va ser afectat pel foc només amb aquests dos anys (*Mapa 9.6 b*).

es fan ressó d'aques incenidi (Panareda i Nuet, 1986; Estradé, 1986; Nuet i Panareda, 1988; Nuet i Panareda, 1989).

²² Cal tenir en compte que faig referència a la part dels espais que afecten l'àmbit d'estudi. Aquest incendi va cremar més superfície de l'espai de Montserrat que no hem inclòs per manca de dades, ja que ens van facilitar els perímetres dels incendis de les zones que afecten exclusivament la comarca del Bages.

9.5. Els desequilibris en l'estructura i planificació territorial a l'AMB i al Bages

Les condicions del territori, representades per l'altitud, la insolació i el pendent, on es donen els GIF a l'AMB i al Bages, no expliquen el comportament de la propagació. Cap dels dos àmbits es caracteritza per tenir unes condicions territorials extremes, per tant, cal buscar el problema de la propagació en altres variables. S'ha comentat reiteradament la complexitat del problema dels incendis, que dificulta enormement tractar i analitzar tots els aspectes que intervenen en la intensitat d'un incendi. De totes maneres, en el problema dels incendis, sobretot al Bages, cal posar èmfasi en el risc que suposen la continuïtat de les masses de vegetació, combinades amb les condicions meteorològiques adverses.

L'anàlisi de l'estructura del territori i la relació dels GIF amb la continuïtat de les masses de vegetació, ha tornat a posar en relleu les diferències entre l'AMB i el Bages. Ha quedat demostrat que l'AMB és un territori molt més fragmentat que el Bages, tot i disposar de masses de vegetació amb superfície suficient perquè s'hi desenvolupin GIF. L'ús intens del territori és el que justifica el fet que els incendis es localitzin als llims de determinades masses de vegetació, com la de Collserola i la Conreria, i així ho corroboren els resultats de l'aplicació del test de bondat d'ajustament de χ^2 , que avaluen la incidència de les ignicions sobre les diferents masses de vegetació. El fet de tenir localitzats els llocs amb més freqüència d'incendis, facilita organitzar la vigilància amb més efectivitat.

El territori del Bages es veu estructurat per grans masses de vegetació contínues, masses que, pel tipus d'ús de sòl que les configuren i en condicions meteorològiques extremes, es converteixen en un polvorí difícilment controlable. En aquest cas, la distribució dels incendis en les diferents masses està en relació a la mida de la massa de vegetació corresponent, la qual cosa es justifica per la major aleatorietat dels incendis. És precisament aquesta aleatorietat la que dificulta el seu control.

Hauria estat molt interessant poder comparar la relació entre la mida dels incendis i variables del terreny com l'altitud, la insolació, el pendent i els usos del sòl, així com

l'índex meteorològic del risc d'incendi. La manca de dades en format digital, relativa als perímetres dels incendis per part del Bages, ha impossibilitat aquesta comparació, que podria haver aportat nous arguments a la diferenciació. De totes maneres, aquesta relació establerta en el cas de l'AMB, ha permès confirmar la complexitat del fenomen dels incendis i la gran quantitat de variables que intervenen.

Analitzant els diferents perfils que configuren les masses de vegetació en tots dos àmbits, cal comentar que l'AMB té masses amb probabilitats de tenir incendis grans, tot i ser un territori més fragmentat que el Bages. Per què, doncs, Collserola, la massa forestal que concentra més ignicions, és de les que té menys superfície forestal cremada? Hi ha un factor molt important a considerar a l'hora de treure conclusions sobre perquè el Bages és un territori més castigat pels GIF que l'AMB. Tot i que no és possible tractar en aquest capítol les diferents polítiques portades a terme en cada àmbit, perquè s'allunya dels objectius de la tesi, cal tenir en compte l'eficàcia del dispositiu de prevenció i extinció d'incendis de l'AMB. Com s'ha demostrat territorialment, l'AMB no té unes característiques tan perilloses per la proliferació dels GIF com la comarca del Bages. De totes maneres, té algunes masses que, per la seva extensió, és possible el desenvolupament de GIF. Una de les raons per la qual no hi ha tants GIF hauria de ser l'eficàcia en la intervenció.

Tant a l'AMB com al Bages s'observa com el nombre d'incendis en zones protegides i no protegides es correspon a la superfície ocupada per aquestes dues categories, la qual cosa significa que, el fet que hi hagi alguns espais protegits no implica que aquests tinguin menys incendis.

La diferent gestió territorial de l'AMB i la comarca del Bages, implica una política de prevenció d'incendis diferent. El Patronat Metropolità de Collserola (actualment Consorci del Parc de Collserola) està proveït d'un ampli dispositiu de prevenció d'incendis forestals amb competències a tota l'AMB²³. Evidentment, aquest factor ha d'influir en l'afectació dels incendis, ja que a més d'aquest dispositiu, participa de tots els altres plans municipals, comarcals i supracomarcals. El Bages en canvi, està integrat en les diferents escales de planejament de Catalunya. La pregunta és: una hectàrea de bosc té més valor a l'AMB que a la resta de Catalunya?. Les tendències de la població i la concentració a la

²³ A l'adreça http://pmpc.amb.es/cat/descip/C16_marc2.htm es pot consultar el dispositiu de prevenció del Patronat Metropolità de Collserola.

Regió Metropolitana ha portat que el bosc es converteixi en un recurs d'oci per a la majoria de les persones de l'entorn metropolità, convertint-se en una espècie de parcs urbans. És per això que s'han dedicat més esforços en el disseny d'un potent dispositiu de prevenció. Hauríem de fer una extensa reflexió sobre la gestió dels boscos en zones com la comarca del Bages, amb un ús de territori diferent al de l'AMB. Nuet i Panareda (1988) fent una reflexió del què va passar a l'incendi de Montserrat l'any 1986, es pregunten "què volem que siguin els nostres boscos. Quines funcions han de tenir i com prioritzar-les. Què volem que sigui cada vessant, cada vall i cada muntanya del nostre país"; acaben amb la conclusió que aquest plantejament ha de ser global, considerant tot el territori d'un país, i des de perspectives científiques i tècniques diferents.

En aquest sentit, i com a punt de partida, la delimitació de les diferents masses de vegetació han de servir com a unitats bàsiques de planificació per poder fer previsions i establir mesures preventives de cara a la reducció del risc d'incendi. Caldria treballar conjuntament amb els diferents organismes i professionals afectats, per tal de pensar en diferents estratègies preventives. Aquestes estratègies no s'han d'orientar només de cara a actuacions immediates en situacions d'emergència reals, sinó que han de permetre pensar en mesures a llarg termini, les quals passen per una millora en l'ordenació i planificació del territori.

9.6. Bibliografia

- Castellnou, M.; Rovira, J.; Alcaraz, J.; Rodríguez, F.; Espadas, J.; Queralt, D.; Rius, J. (1999), "El Projecte GRAF, Una nova eina per als boscos", *Silvicultura*, 25, Segon Trimestre 1999.
- Cerdan, R.; Badia, A.; Ferrero, I.; Llurdés, J.C.; Sánchez, F.; Saurí, D. (1999), Planificació territorial i organització de la lluita contra els incendis forestals al Bages. Anàlisi, ponderació i programació de procediments i actuacions de prevenció i de previsió per la defensa del territori del Bages contra els incendis forestals, amb els agents implicats, *Premi Fundació Caixa Manresa* (Inèdit).
- Estradé, M. (1986), "Cansem-nos-hi, però no ens cansem", *Serra d'Or*, 327, pp. 43-46.
- Forman, R.T.T.; Godran, M. (1986), *Landcape ecology*, Willey, Nova York.
- Jiménez, E.A.; Martínez, J.D.S.; García, E.M.; Mérida, R.P. (1998), "Forest fires in protected open areas in the province of Jaen (Andalucia, Spain)", *III International Conference on Forest Fire Research. 14th Conference and Forest Meteorology*, Vol. 1, Luso, pp. 223-238.
- Keeley, J.E.; Fotheringham, C.J.; Morais, M. (1999), "Reexamining Fire Suppression Impacts on Brushland Fire Regimes", *Science*, 284, pp. 1829-1832.
- Martin, M.; Chuvieco, E.; Aguado I. (1998), "Los incendios Forestales en España", *Serie Geográfica*, 7, pp. 23-36.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1995), Motivaciones de los incendios forestales intencionados, Informe mecanografiado.
- Minnich, R.A. (1983), "Fire mosaics in southern California and northern Baja California", *Science*, 219, pp. 1287-1294.
- Minnich, R.A.; Chou. Y.H. (1997), "Wildland fire patch dynamics in the chaparral of southern California and northern Baja California", *Intenational Journal of Wildland Fire*, 7, pp. 221-248.
- Norusis, M.J. (1983), *Introductory Statistics Guide*, McGraw-Hill, Nova York.
- Nuet, J; Panareda J.M. (1988), "Montserrat un any després de l'incendi", *Serra d'Or*, 342, pp. 43-49.
- Nuet, J; Panareda J.M. (1989), "Com es regeneren els boscos de Montserrat després de l'incendi de 1986", *Serra d'Or*, 350, pp. 23-26.
- Panareda, J.M. Nuet, J. (1986), "Què fem amb els boscos cremats?", *Serra d'Or*, 324, pp. 11-18.
- Pyne, S.J. (1984), *Introduction to wildland fire. Fire management in the United States*, John Wiley & Sons, Nova York.

- Sureda, J. (coord.) (1997), *Els incendis forestals a les Balears. Anàlisi de les actituds i proposta de programes de comunicació i educació*, Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca
- Terrades, J.; Piñol, J. (1996), "Els Grans Incendis: Condicions meteorològiques per al seu desenvolupament", a Terrades, J. (coord.) *Ecologia del foc*, Proa, Barcelona, pp. 63-74.
- Trabaud, L. (1992), *Les feux de forêts. Mécanismes, comportement et environnement*, France Selection, Aubervilliers.
- Valdés, (1999), "La presencia histórica de los incendios forestales en el centro y este peninsular. Fuentes, metodología y resultados" a Areque, E. (coord). *Incendios Históricos. Una aproximación multidisciplinar*, Universidad Internacional de Andalucía.
- Vélez, R. (1991), "Los incendios forestales y la política forestal", *Revista de estudios Agro-Sociales*, 158, Octubre-Diciembre, pp. 83-105

http://pmpc.amb.es/cat/descip/C16_marc2.htm

<http://www.gencat.es/darp/focverd2/cfocvem1.htm>

<http://www.gencat.es/darp/focverd2/cfocvem2.htm>

10. Conclusions finals

De manera sistemàtica, a Catalunya, els incendis forestals no comencen a comptabilitzar-se fins a finals de la dècada dels seixanta. És a partir d'aquí que disposem de certa informació quantitativa, que permet fixar l'inici de les estadístiques sobre incendis al nostre país. Aquest no és un període suficientment llarg amb el qual sigui possible veure una certa periodicitat o establir tendències dels incendis, i més tenint en compte que no és fins el 1987 que podem localitzar espacialment els incendis, base sobre la qual s'ha centrat aquesta tesi doctoral. Amb dotze anys de dades, no es pot reproduir la història dels incendis a l'Àrea Metropolitana de Barcelona i a la comarca del Bages, però sí que s'ha pogut veure, a grans trets, l'afectació que tenen. Per tant, ha estat possible identificar la problemàtica que afecta a cadascun dels àmbits.

No podem evitar tots els incendis, però coneixent la seva incidència i com es desenvolupen podem preveure i, per tant, prevenir comportaments perillosos. Històricament hi ha hagut incendis, actualment n'hi continua havent i en un futur n'hi haurà, però, no es pot esperar passivament justificant-nos en la impotència, davant d'un fenomen que sembla que ens supera. Cal actuar i assumir les noves condicions dels boscos, caracteritzats, per un costat, pel seu ús com a espai d'oci, i per l'altre, per les extenses masses de vegetació sense gestionar, les quals no beneficien el control dels grans incendis, ara per ara, el problema real dels incendis a la Mediterrània.

La recerca feta sobre els diferents camps oberts en la investigació dels incendis forestals, ha permès conèixer i aplicar diferents models i tècniques, que han facilitat el coneixement de l'afectació dels incendis a l'AMB i al Bages durant el període 1987-1998. Quan es vol explicar un fenomen tan complex i dinàmic com els incendis forestals, s'intenta investigar, analitzar i interpretar tots els agents que hi intervenen i fan el territori vulnerable, tant a les ignicions com a la propagació del foc. Ha estat impossible tractar totes les variables que interactuen en l'inici i la propagació dels incendis, però s'han identificat els principals trets que els diferencien en tots dos àmbits, així com el tipus de problemes que els afecten.

L'objectiu d'aquesta tesi doctoral ha estat diferenciar la problemàtica dels incendis per tal d'orientar algunes de les polítiques adaptades a les característiques pròpies de cada àmbit. No es pot, però, deixar de banda aquells trets que els acosten i que, de fet, són característiques generals de tots aquells països afectats pels incendis forestals.

L'abandonament dels usos tradicionals dels boscos, que ha afavorit l'increment desmesurat i descontrolat del combustible, juntament amb la major freqüentació d'aquests espais per part de les persones -únicament per gaudir dels seus valors paisatgístics-, ha comportat un increment del risc, tant d'ignició com de propagació. El principal risc dels ecosistemes és el marcat increment de la freqüència d'ignicions. Pocs incendis són els causants de la major part de la superfície cremada; per tant, que hi hagi un elevat nombre d'ignicions no seria tan important, si aquestes es poguessin detectar a temps i així evitar que es propaguessin. Si bé és cert que tots els incendis no poden evitar-se, les precaucions i l'aplicació de mesures correctores i pal·liatives de risc, poden reduir al mínim la seva freqüència i intensitat, i evitar que un incendi de poca importància esdevingui un GIF. Si bé podem actuar sobre determinades conductes humanes i sobre el territori, és molt difícil intervenir sobre les condicions meteorològiques, que juntament amb la continuïtat de les masses de vegetació, són la clau del problema dels GIF. El clima mediterrani és ideal pel foc i el bosc sense gestionar és un combustible perfecte.

Aquests, doncs, són aspectes generals dels incendis que afecten tant l'AMB com el Bages. Però, quina és la incidència que han tingut els incendis en els dos àmbits d'estudi durant el període 1987-1998? Quins són aquells aspectes que més els afecten i els fan diferents? Aquestes i altres qüestions són les que centraran les reflexions que segueixen a continuació.

10.1. Contrast d'hipòtesis i observacions

Com a aspecte previ a comentar abans del contrast de les hipòtesis cal destacar la gran importància que han tingut els Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG) en tots els processos de manipulació de dades d'aquest treball d'investigació. Han estat de gran utilitat en la localització de les ignicions i en l'anàlisi de les relacions de proximitat per deduir possibles patrons. Han permès caracteritzar els incendis en funció de les condicions humanes (establint relacions de proximitat entre els diferents focus i la distància a la xarxa viària i les zones urbanitzades) i les condicions del territori (intersectant les ignicions amb l'altitud, la insolació, el pendent i els usos del sòl). Han agilitat el procés d'elaboració de les diferents masses de vegetació que configuraven els dos àmbits d'estudi possibilitant la seva tipificació i han permès quantificar l'afectació dels incendis en cadascuna d'elles. Tots aquests processos han enriquit les respostes que s'obtenien, de forma temàtica i espacial, fruit de la interrogació constant al sistema.

Finalment, han facilitat enormement la presentació dels resultats. Els SIG, doncs, han estat una eina de suport molt valuosa per extreure informació sobre les peculiars relacions entre els incendis i la societat, el medi i el territori. Aquesta informació és la que ha donat lloc a extreure conclusions sobre els problemes que afecten l'AMB i el Bages quant als incendis forestals.

A continuació es resumeixen les conclusions arribades fruit del contrast de les hipòtesis específiques plantejades en el capítol introductori. Les hipòtesis generals han necessitat el desenvolupament de les hipòtesis específiques per tal de ser contrastades i validades.

Els següents punts exposen les conclusions arribades fruit del contrast de les hipòtesis generals:

1. El risc zero no existeix. Tant l'AMB com el Bages tenen trets específics que els fan vulnerables als incendis. Per diferents motius i amb conseqüències diferents, tots dos àmbits estan exposats al risc. Per un costat l'AMB és vulnerable a les ignicions i el Bages és vulnerable a la propagació.
2. Les característiques del territori i les interaccions que hi tenen lloc expliquen el tipus d'afectació dels incendis. La densa xarxa viària principal i les zones urbanitzades a l'AMB, front als pocs eixos viaris principals al Bages i una major dispersió del poblament, marquen la localització dels incendis als dos àmbits. L'increment de la superfície forestal en detriment dels conreus afavoreix la continuïtat de les masses de vegetació i, per tant, incrementa el risc de propagació.
3. L'activitat de les persones, ja sigui de forma directa o indirecta, té una clara relació, tant pel que fa al lloc on es produeixen com en les conseqüències que tenen. La freqüència d'incendis i la densitat de població estan correlacionades clarament en el cas de l'AMB. En el cas del Bages, el canvi d'usos que ha provocat un increment de les masses de vegetació sense gestionar, són el causant dels incendis catastròfics.
4. Es pot considerar que el punt concret on es localitzen els incendis determina el nombre mentre que les condicions meteorològiques i l'estructura del territori determina la superfície cremada. Aquests dos aspectes són els que caracteritzen els incendis a l'AMB i al Bages. L'elevat nombre d'ignicions que tenen lloc a l'AMB, es

localitzen en espais molt concrets, on es donen unes condicions molt favorables a la proliferació d'ignicions. Tot i que l'AMB té masses de vegetació suficientment contínues per desenvolupar GIF, les característiques socials i territorials del Bages, el fan molt més vulnerable a la propagació en condicions meteorològiques extremes.

Pel que fa al contrast de les hipòtesis específiques els següents apartats resumeixen les conclusions arribades a partir de l'anàlisi desenvolupada en els diferents capítols de la tesi:

5. L'AMB es caracteritza per una clara concentració dels incendis, contrastada a partir del mètode aplicat d'Anàlisi de Quadrats (AQ). Al Bages, tot i que el test de bondat d'ajustament indica una certa concentració dels incendis, comparant els valors d'AQ de l'AMB i el Bages, es pot definir com a característica general en aquest segon cas, la major aleatorietat de la distribució espacial dels incendis. A partir dels resultats de l'AQ queda demostrat que l'AMB té uns espais amb més probabilitat d'ignició que altres.
6. Si bé s'esperava que els incendis amb les mateixes característiques, quant a superfície afectada, tendissin a agrupar-se, utilitzant el coeficient de correlació de Moran, ha quedat demostrat que no hi ha una relació de contagi. S'esperava que hi hagués una correspondència entre els incendis petits i la seva proximitat, i entre els grans incendis i la seva proximitat. De fet, a l'AMB no hi ha zones amb petits incendis i zones amb grans incendis, sinó que en general són petits i amb algun de dispers més gran. Al Bages, la major aleatorietat dels incendis, explica també que no hi hagi aquesta relació de contagi entre incendis petits i incendis grans.
7. Les condicions humanes a l'AMB justifiquen clarament la gran concentració dels incendis a aquest àmbit. La distància dels punts d'ignició a la xarxa viària i a les zones urbanitzades de l'AMB, converteixen el factor humà com a determinant de la localització dels incendis en aquest àmbit, com ha quedat demostrat a partir de l'aplicació del test de significació de χ^2 . Fins i tot la incidència de les condicions del territori queden supeditades a aquest fet.

La major aleatorietat dels incendis al Bages queda també reflectida amb els valors calculats de χ^2 , que demostren que el nombre d'incendis no depèn de les condicions humanes i del territori. De fet, si bé en el cas de la distància a les zones urbanitzades i la incidència de l'altitud, pel valor de χ^2 resultant, s'intueix una certa relació entre els

incendis i les zones urbanitzades, aquesta relació no és tan clara com a l'AMB. Cal tenir en compte, que les zones on es detecta una major concentració d'incendis són alhora les que concentren la major part de nuclis de població del Bages amb més densitat i en zones d'interfase entre els àmbits urbans i forestals.

8. Hi ha una clara estacionalitat tant del nombre d'incendis com de la superfície cremada, concentrada en els mesos d'estiu. Aquesta estacionalitat és més perceptible al Bages que a l'AMB. De fet l'AMB pateix la distorsió de l'incendi del Garraf de l'abril de 1994, que fa incrementar la superfície cremada durant l'estació primaveral.

Les condicions meteorològiques són un factor de gran importància en el desenvolupament dels incendis. Existeix una relació entre el nombre d'incendis i la superfície cremada i els dies en què l'índex de risc meteorològic és més elevat. Aquesta relació és més clara en el cas del Bages que en el cas de l'AMB, tot i que en tots dos àmbits la tendència és ascendent (els dies de més risc hi ha, en general, més incendis i més superfície cremada).

9. La continuïtat de les masses de vegetació és el desencadenant dels incendis catastròfics. En aquest sentit, a la comarca del Bages, la major aleatorietat dels incendis i les característiques del territori que la configura, fan que tingui les condicions òptimes per al desenvolupament dels GIF. L'AMB té una estructura territorial més fragmentada; de totes maneres, en aquelles masses de vegetació més perilloses, el fet que els incendis es distribueixin de manera més agrupada, fa possible orientar les mesures preventives de manera més efectiva.

10. Tot i que l'AMB és un territori molt fragmentat, també hi ha masses que podrien desenvolupar GIF. De fet la clau del petit nombre de GIF es troba també, en el potent dispositiu de prevenció i extinció que disposa el Consorci del Parc de Collserola.

10.2. Aportacions i reflexions

Aprofundir en el coneixement de la incidència dels incendis a l'AMB i a la comarca del Bages, fa possible explicar com els incendis han afectat cadascun dels dos àmbits d'estudi, i permet plantejar algunes de les actuacions en les diferents fases de la cadena causal del risc. Partint de l'afirmació que el *risc zero no existeix*, hipòtesi general i base del plantejament teòric del concepte de risc, s'ha de treballar sobre les tres estratègies de

gestió del risc: prevenir l'esdeveniment inicial (causa de les ignicions), evitar l'esdeveniment secundari (que la ignició tingui èxit i es propagui) i mitigar les conseqüències.

Ha estat possible establir dos models de comportament que impliquen actuacions diferents: els incendis periurbans a l'AMB, i els incendis rurals a la comarca del Bages. La utilització de diferents mètodes i tècniques de tractament de dades ha fet possible identificar els principals problemes que els afecten, i ha permès aportar els arguments bàsics per respondre a la pregunta plantejada inicialment: per què són diferents els incendis als dos àmbits d'estudi? Per resoldre aquest interrogant, es planteja la reflexió, considerant, per un costat, aspectes més generals dels dos àmbits d'estudi, tant pel que fa a qüestions socioterritorials com a les característiques dels incendis. Per l'altre, s'ha considerat els resultats de l'aplicació dels diferents models i eines d'anàlisi espacial, que han donat una visió més específica de l'ocurrència dels incendis.

La *Taula 10.1* ofereix un resum de les característiques generals dels dos àmbits d'estudi. Aquestes xifres són la base per apreciar alguns dels desequilibris socials i territorials que hi ha i, expliquen, en part, perquè de la distribució espacial dels incendis i l'afectació territorial. Aporten algunes de les respostes que es complementaran amb les reflexions sorgides fruit de la investigació, el tractament, l'anàlisi i la interpretació d'alguns dels factors que intervenen en l'inici i la propagació dels incendis.

Taula 10.1. Característiques generals dels dos àmbits d'estudi

Àmbit	Respecte Catalunya			Respecte l'àmbit			
	% sup. àmbit	% població	% sup. forestal	% sup. forestal	% zona urbanitzada	dens. x. viària (km/km ²)	dens. població (hab/km ²)
AMB	1,8	47,5	1,4	44,3	33,0	72,1	4.446,7
Bages	4,2	2,5	5,1	71,1	3,1	50,6	164,6

Es pot considerar que l'AMB es caracteritza per un dens ús del territori. Només amb el 1,8% de superfície respecte el total de Catalunya, concentra quasi el 50% de la població total amb una elevada densitat de població i de xarxa viària. El Bages, en canvi, suposa el 4,2% de la superfície respecte el total de Catalunya amb el 2,5% de la població total i amb un percentatge molt elevat de superfície forestal respecte el total comarcal. Si bé és cert que el Bages disposa d'una densitat de xarxa viària considerable, aquesta és majoritàriament de segon nivell, és a dir, carreteres secundàries i sobretot pistes i camins; per tant, són vials poc freqüentats. Aquestes característiques confirmen, doncs, el diferent ús del territori als dos àmbits d'estudi.

Quant a les característiques generals dels incendis, la *Taula 10.2* és prou significativa. A l'AMB hi ha molts més incendis, però en conjunt cremen menys superfície que al Bages, amb un nombre força inferior d'incendis. Com es pot comprovar, en la tendència quant al percentatge d'incendis i superfície cremada de l'AMB i el Bages respecte Catalunya, s'inverteixen les xifres. L'AMB té un percentatge d'ignicions força elevat respecte al conjunt de Catalunya, en comparació al percentatge de superfície cremada. Contràriament, el Bages té un percentatge de superfície cremada força superior al de l'AMB i, en canvi, un percentatge inferior d'ignicions. Quines són, doncs, les condicions que justifiquen les xifres de la *Taula 10.2*?

Taula 10.2. Característiques generals dels incendis als dos àmbits d'estudi.

Àmbit	Àmbit		Respecte Catalunya	
	nombre d'incendis	superfície cremada (ha)	% incendis	% superfície cremada
AMB	1.068	5.786,44	13,0	4,4
Bages	332	16.713,42	4,0	12,9

Es poden definir dos problemes diferents dels incendis. El problema de l'AMB és l'elevat nombre d'ignicions i la seva concentració en determinats punts conflictius. El Bages, en canvi, es caracteritza per la gran quantitat de superfície forestal cremada. L'AMB ha de resoldre l'alta probabilitat d'ignició i el Bages l'alta probabilitat de propagació. En tots dos casos la incidència de les persones, ja sigui de forma directa o indirecta, és clara. El gran nombre d'ignicions a l'AMB es deu a l'accessibilitat de les zones d'interfase urbana-forestal (o potser s'hauria de dir interfase urbà-parc urbà) i a la major freqüentació dels espais forestals. L'abandonament de les activitats tradicionals als boscos i els canvis d'usos del sòl han afavorit la continuïtat de les masses de vegetació, fent-les molt més vulnerables a la propagació dels GIF. Tot i que aquesta és una característica general del territori català, el Bages se'n ressent especialment. No és possible protegir tot el territori, però sí que és possible intervenir per evitar aquesta continuïtat de les masses de vegetació, causant dels impactes més devastadors.

La definició del patró de distribució espacial que afecta l'AMB i al Bages ha estat el punt de partida i la base sobre la qual s'ha explicat quines són les condicions que defineixen aquesta distribució. El risc d'ignició i de propagació, és el que defineix l'esquema del tractament de la relació entre l'ocurrència d'incendis i les diferents variables considerades afecten l'inici i desenvolupament d'un incendi. Per un costat, la relació de les condicions humanes i les condicions del territori, amb l'ocurrència dels

incendis, justifiquen la seva localització en determinades àrees. Per l'altre, les condicions meteorològiques i els índexs calculats per tal de tenir en compte aquesta variable, permeten centrar els dies on la probabilitat d'ignició i de propagació és més alta. Finalment, l'estructura del territori determina la perillositat de propagació.

La densitat de població i la fàcil accessibilitat que beneficia la mobilitat dins l'entorn metropolità, justifica clarament l'elevat nombre d'ignicions concentrat en determinats indrets de l'AMB. El dens ús del territori, que afavoreix aquest increment en la freqüència d'incendis, s'ha vist validat a través de la relació establerta entre l'ocurrència d'incendis i la distància a la xarxa viària i a les zones urbanitzades. Seguint aquest mateix procediment, i reforçant aquesta característica de l'AMB, que la freqüència i la distribució dels incendis estan relacionats amb aquest ús tan intens del territori, s'ha demostrat com algunes masses de vegetació tenen més probabilitats de ser afectades que altres. És, doncs, important, ser conscients de la vulnerabilitat (entesa com a exposició al risc) de l'AMB davant la freqüència d'incendis. El principal problema del Bages, és la gran quantitat de superfície cremada, bàsicament per la continuïtat de les masses de vegetació, que en condicions meteorològiques extremes fa impossible aturar l'avanç del foc. Per tant, cal destacar aquesta vulnerabilitat del Bages front a la intensitat que tenen o poden tenir els seus incendis.

Afirmar que el problema de l'AMB són les ignicions, no vol dir que no hi hagi risc de propagació. L'AMB també es veu afectada per masses de vegetació contínues considerables, però el fet de conèixer la localització de les ignicions i conseqüentment la vigilància establerta, afavoreixen la seva detecció i, per tant, el seu control a temps. Cal diferenciar la doble funcionalitat del bosc a l'AMB i al Bages. El 50% de la superfície forestal de l'AMB forma part d'algun espai PEIN. Al Bages, només el 13% de la superfície forestal està protegida. No es pot pretendre protegir tots els espais forestals. Hauria de ser possible decidir on hi ha d'haver bosc, i on no n'hi ha d'haver i, per tant, tenir capacitat de prendre decisions sobre la planificació i ordenació del territori. Tal i com afirma Pyne (1997), la gestió del foc passa per la gestió del territori; aquest no és un objectiu que es pugui aconseguir en poc temps, sinó que ha de ser fruit, com consideren Nuet i Panareda (1994), d'una política continuada d'adequació del país que es vagi concretant en cada una de les actuacions que es facin en el territori. Per això cal, que en l'ordenació del territori es consideri la possibilitat de l'incendi i es prevegin les mesures perquè no es presenti o, si es presenta, en minimitzi al màxim les conseqüències. Per tant, en la mitigació de les conseqüències cal no només dedicar esforços en l'extinció, amb tot el

que suposa (anàlisi de la distribució i dotació de recursos i de les dificultats d'extinció), sinó que també cal una bona planificació i ordenació del territori. No només hi ha d'haver una planificació dels recursos i equipaments d'extinció (que té uns efectes a curt termini), sinó que cal pensar en la manera com s'ha de configurar un territori en forma de mosaic, que fragmenti aquesta continuïtat de les masses de vegetació, tot i que els resultats no són perceptibles a curt termini.

Aquest punt, centrat en l'estudi de com s'ha d'intervenir en el territori per tal de reduir els impactes dels incendis, és un factor crític. Keeley et al. (1999) considerarien que més que l'estructura del territori, el que és realment important són les condicions meteorològiques, ja que la major part d'incendis catastròfics són conduïts pels forts vents i, sota aquestes condicions, els incendis cremen gairebé totes les classes de combustibles. Per tant, consideren que la clau és controlar les ignicions en àrees estratègiques. Tot i estar d'acord amb aquest fet, i aquesta seria la política a optar en el cas de l'AMB, les característiques dels boscos dels EUA no s'assemblen en extensió a la dels boscos de Catalunya; per tant, en el cas del Bages, la major aleatorietat dels incendis implica, a més del control de les ignicions, en la mesura del que sigui possible, actuar sobre el territori.

El que realment afecta els GIF és la barreja de condicions meteorològiques extremes amb l'estructura del territori. Aquesta afirmació és vàlida tant per l'AMB com pel Bages. Ja que és impossible controlar els factors meteorològics, la previsió i la prevenció han de passar pel coneixement de les zones amb més probabilitat d'ignició i per la intervenció en aquells espais on aquestes ignicions poden resultar més perilloses.

Els problemes que han d'afrontar l'AMB i la comarca del Bages i que justifiquen la periurbanitat en el primer cas i els trets més rurals en el segon, es poden resumir en tres punts:

- l'ús que es fa del territori és diferent. L'AMB es caracteritza per un dens ús del territori que ha vertebrat l'espai i que afavoreix la proliferació de les ignicions en espais força localitzats. El Bages no té la mobilitat tan densa ni la fragmentació de l'AMB, i per tant és més difícil controlar les ignicions,
- l'estructura del territori és diferent: l'AMB es caracteritza per una gran fragmentació i el Bages per una major continuïtat de les masses forestals,

- les actuacions de prevenció realitzades en tots dos àmbits són diferents. L'AMB disposa d'un potent dispositiu de prevenció, específic per l'àrea d'actuació del Patronat Metropolità a més de la seva participació en els plans de prevenció que afecten a tot el territori català. El Bages, en canvi, participa del sistema de prevenció general aplicat per tot el territori català.

L'AMB sembla que té prou ben solucionada la prevenció de la propagació, ja que tot i la perillositat d'algunes de les masses de vegetació que la configuren, les estadístiques d'incendis dels darrers anys, demostren l'eficàcia en el control de les ignicions, ja que es tenen ben localitzades. De totes maneres ha de lluitar encara per a reduir l'elevat nombre d'ignicions que afecten les zones d'interfase urbana-forestal. El Bages s'afronta a un problema molt més complex i que és general als boscos de la Mediterrània: l'increment de superfície forestal sense gestionar. No es pot lluitar directament contra les característiques del clima mediterrani, però sí que podem intervenir en el territori per mitigar les greus conseqüències socials (pèrdues de vides humanes i de valors paisatgístics), econòmiques (fusta perduda, béns mobles i immobles destruïts, explotació lúdica del paisatge) i ambientals (biomassa destruïda, fauna desapareguda, erosió dels sòls) (Folch, 1996). És en aquest sentit que s'ha de continuar investigant i lluitant, posant èmfasi en la col·laboració pluridisciplinària que consideri tots els agents implicats en el territori. Hi ha d'haver un plantejament global, tal com s'apuntava al capítol 9 a partir de les reflexions de Nuet i Panareda (1998), que consideri tot el territori i des de perspectives científiques i tècniques diferents.

10.3. Propostes i línies futures de recerca

Les aportacions d'aquesta tesi doctoral, no pretenen donar solucions màgiques o definitives al problema dels incendis, sinó aportar els arguments distintius que permetin a les diferents persones i institucions implicades, juntament amb el suport dels professionals especialitzats, lluitar de manera més efectiva contra els incendis forestals. De totes maneres, i identificant els diferents problemes que afecten l'AMB i el Bages amb la cadena causal del risc, es pot fer les següents propostes:

- evitar l'esdeveniment inicial: evitar que es declari un incendi. El coneixement de la causalitat i les zones amb més freqüència d'incendis, aporta els arguments necessaris per tal d'orientar la prevenció de les ignicions. Excessiva freqüentació

humana en determinats indrets, mal estat de les línies elèctriques, marges bruts, etc.

- evitar l'esdeveniment resultant: evitar que les ignicions tinguin èxit i evitar la propagació del foc. La clau, en aquest cas, és la vigilància i detecció a temps de les ignicions. Un foc forestal detectat a temps sempre és més fàcil d'apagar.
- mitigar les conseqüències: dedicar esforços en l'ordenació i la planificació territorial.

La distinció entre aquestes diferents fases és important, perquè permet sistematitzar aquelles mesures destinades a evitar la ignició i aquelles mesures destinades a evitar un esdeveniment de gran magnitud, una vegada s'ha produït la ignició. Seguint aquest plantejament és interessant diferenciar entre el que és la reducció del risc i la reducció de la vulnerabilitat, tal i com s'ha exposat al capítol tres. La reducció del risc implica totes aquelles accions orientades a actuar sobre l'agent causant del risc i aquelles orientades a modificar el comportament humà en relació a aquest risc d'incendi (campanyes informatives de sensibilització, prohibició d'usos, mesures de vigilància, etc.). La reducció de la vulnerabilitat passaria per la gestió del territori per tal d'intervenir en aquells aspectes que incideixen en l'exposició al risc. Per tant, l'esforç principal s'ha de centrar en una política de gestió global de les grans masses de vegetació, integrant el risc d'incendi en la gestió del recurs bosc.

En tot treball geogràfic, i més en l'anàlisi d'un fenomen que no respecta límits administratius artificials, ineludiblement apareix el tema de les fronteres. Ja s'ha justificat la tria d'aquest dos àmbits d'estudi i la delimitació d'espais purament administratius, que entren en conflicte amb el fenomen dels incendis. Un incendi no respecta límits creats artificialment. Treballar a escala local implica haver d'assumir algunes restriccions i, en aquest cas, ha estat la disponibilitat de dades espacials i alfanumèriques detallades en format digital.

Seria interessant acabar amb unes reflexions que ha suggerit l'elaboració d'aquest treball i que relacionen alguns dels aspectes que s'han tractat directament, amb altres possibles línies de recerca. S'ha analitzat individualment les variables que exposen al risc tant a l'AMB com al Bages, però en cap moment s'ha pretès elaborar un mapa de risc en els dos àmbits. S'han identificat aquells aspectes que fan el territori vulnerable als incendis, però no s'han integrat en un model conjunt que permeti ponderar les diferents variables implicades. Aquesta és, doncs, una línia d'investigació a continuar, seguint com

a base, en la selecció de les variables i la importància que tenen unes respecte les altres, la metodologia seguida al llarg d'aquest treball d'investigació.

El capítol 9 ha encetat una línia de recerca molt interessant: l'anàlisi de les masses de vegetació en relació al risc de propagació. Aquest capítol ha plantejat alguns interrogants que el converteixen en una font de propostes de recerca: hi ha masses de vegetació més vulnerables que altres? Quina és l'efectivitat dels diferents elements de trencament de la continuïtat? Estan ben distribuïts els equipaments i recursos d'extinció en funció de la perillositat de les masses? La resolució d'aquests interrogants implica utilitzar les masses de vegetació com a unitat bàsica de planificació.

Les eines de simulació espacial del comportament del foc, fan possible anticipar comportaments perillosos a partir de la simulació, utilitzant diferents escenaris. El treball dirigit per Cerdan (Cerdan et al. 1999), va ser l'inici de la utilització d'eines de simulació espacial a les diferents masses de vegetació delimitades al Bages. Aquesta visió, juntament amb l'aplicació de diferents models, com els de regressió logística i d'anàlisi multicriteri, i les eines de tractament d'informació espacial, utilització dels SIG en general i l'ampliació del programa *Farsite* en particular, és una via oberta que orienta la recerca més immediata, juntament amb la possibilitat d'integrar noves variables en l'anàlisi.

En determinades ocasions ha sorgit un tema conflictiu, el qual, deliberadament, no s'ha tractat en profunditat: l'anàlisi de l'efectivitat de la política de prevenció d'incendis forestals. És un punt polèmic pel conflicte d'interessos que hi ha en joc, però és de gran rellevància, perquè permet argumentar els desequilibris en la prevenció dels dos àmbits. És important perquè, com s'ha apuntat, pot ser la clau del baix nombre de GIF de l'AMB, en comparació a l'elevat nombre d'ignicions. Entrar en aquest punt implicaria disposar de molta informació específica de cadascun dels incendis com ara el temps d'arribada dels diferents equips d'extinció o els mitjans d'extinció utilitzats, l'anàlisi dels respectius punts de vigilància (mòbils i fixes), així com valorar l'efectivitat de la distribució d'equipaments i infraestructures per a l'extinció. Avaluar l'eficàcia de la prevenció dels incendis en cada àmbit, implica un treball molt extens de captura de dades, així com el seu tractament i anàlisi. És per això que, tot i haver apuntat el tema no s'ha pogut abastar en tota la seva magnitud.

10.4. Bibliografia

- Cerdan, R.; Badia, A.; Ferrero, I.; Llurdés, J.C.; Sánchez, F.; Saurí, D. (1999), Planificació territorial i organització de la lluita contra els incendis forestals al Bages. Anàlisi, ponderació i programació de procediments i actuacions de prevenció i de previsió per la defensa del territori del Bages contra els incendis forestals, amb els agents implicats, *Premi Fundació Caixa Manresa* (Inèdit).
- Folch, R. (1996), "Sociologia dels incendis forestals", a Terrades, J. (Coord.) *Ecologia del foc*, Proa, Barcelona, pp. 255-261.
- Keeley, J.E.; Fotheringham, C.J.; Morais, M. (1999), "Reexamining Fire Suppression Impacts on Brushland Fire Regimes", *Science*, 284, pp. 1829-1832.
- Nuet, J.; Panareda, J.M. (1994), "Els incendis forestals de l'estiu de 1994. Relexions i propostes", *Muntanya*, 98(794), Barcelona, pp. 201.207.
- Pyne, S. (1997) *World Fire. The culture of Fire on Earth*, University of Washington Press, Seattle and London.

11. Bibliografía general

- Albini, F.A. (1976), *Computer-based Models of wildland Fire Behavior: A Users Manual*, Ogden, Utah, USDA Forest Service, Intermountain Research Station.
- Alcázar, J.; Vega-García, C.; Grauet, M.; Pelmán, J.; Fernández, A. (1998) "Human risk and fire danger estimation through multicriteria evaluation methods for forest fire prevention in Barcelona, Spain", *III International Conference on Forest Fire Research 14th Conference on Forest Fire Meteorology*, Vol I, pp. 2379-2387, Luso, 16/20 November.
- Alexander, M.E.; Stocks, B.J.; Wotton, B.M.; Lanoville, R.A. "An example of multi-faceted wildland fire research: the international crown fire modelling experiment", *III International Conference on Forest Fire Research 14th Conference on Forest Fire Meteorology*, Vol I, pp. 83-112, Luso, 16/20 November.
- Andrews, P.L. (1983) "A system for predicting the behavior of forest and range fires", *Proceedings of the Conference on Computer simulation in Emergency Planning*, San Diego, California.
- Andrews, P.L. (1986), *BEHAVE: Fire behavior prediction and fuel modeling system -Burn subsystem*, part 1, USDA, Forest Service.
- Andrews, P.L.; Chase, C.H. (1989), *BEHAVE: fire behavior prediction and fuel modeling system. BURN subsystem, Part 1*, General Technical Report INT-194, Ogden, Utah, USDA Forest Service, Intermountain Research Station
- Andrews, P.L.; Bradshaw, L.S. (1990), *RXWINDOW: defining windows of acceptable burning conditions based on desired fire behavior*, General Technical Report INT-273, Ogden, Utah, USDA Forest Service, Intermountain Research Station.
- Badia, A. (1998), "Modelització i tecnologies de la informació per al suport a la lluita contra els incendis forestals", *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 32, pp. 143-159.
- Badia, A. (1998), "Distribución espaciotemporal de los incendios en el Area Metropolitana de Barcelona", *VIII Coloquio de Métodos Cuantitativos, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección*, Asociación de Geógrafos Españoles, 17-19 de setembre de 1998, Departament de Geografia, UAB, Bellaterra.
- Baulies, X.; Joaniquet, M.; Tardà, A. (1995), "Evaluation of forest fires effects using CASI data" in *Remote Sensing and GIS applications to forest fire management. Proceedings of the EARSeL International Workshop*, Ed. Chuvieco, E. Universidad de Alcalá de Henares.
- Benson, M.L.; Briggs, I. (1978), "Mapping the extent and intensity of major forest fires in Australia using digital analysis of Landsat imagery", in *Proceedings of the*

- International Symposium on Remote Sensing for Observation and inventory of Earth Resources*, pp. 1965-1980.
- Blackie, P. Camon, T. Davis, I. Wisher, B. (1994), *Natural hazards, people's vulnerability and disasters*, Londres, Routledge.
- Bovio, G.; Camia, A. (1997), "Land Zoning Based on Fire History", *International Journal of Wildland Fire* 7(3), pp. 249-258.
- Bovio, G.; Camia, A. (1998), "An analysis of large forest fires danger conditions in Europe", *III International Conference on Forest Fire Research 14th Conference on Forest Fire Meteorology*, Vol I, pp. 975-994, Luso, 16/20 November.
- Bovio, G.; Camia, A. (1997), "Meteorologica Indices for Large Fires Danger Rating", a Chuvieco, E. (Ed.) *A review of remote sensing methods for the study of large wildland fires (Megafires project ENV-CT96-0256)*, Alcalá de Henares, August 1997, pp. 73-89.
- Bovio, G.; Quaglino, A.; Nosenzo, A. (1984), "Individuazione di un indice de previsione per il pericolo di incendi boschivi" *Monti e Boschi*, 35, pp. 39-44.
- Bovio, G.; Sol, B.; Viegas, D.X. (1994), "Synthese des Travaux sur l'intercomparaison des indices de danger metheorologiqued'incendie", *Environmental Programme, Minerve I Project Final Report*, pp. 22-38.
- Buckley, D.J.; Lee, B.S. (1993), "Forestry Canada applies GIS technology to forest fire management", *GIS '93 Symposium*, Vancouver, British columbia, pp. 109-113.
- Burgan, R.E. (1989), "1978 National Fire Danger Rating System Revisions", presentat a *10th Conference on Fire and Forest metereology*, April 17-21, Ottawa, Canada.
- Burgan, R.E.; Rothermel, R.C. (1986), *BEHAVE: Fire behavior prediction and fuel modeling system -fuel subsystem*, Gen. Tech. Rep. Int-167, USDA, Forest Service.
- Burgan R.E.; Shasby, M.B. (1984), "Mapping broad-area fire potential from digital fuel, terrain, and weather data", *Journal of Forestry*, Vol. 82, pp. 228-231.
- Burton, I. Kates, R. While, G. (1978), *The environment as hazard*, New York, Ed. Oxford University Press.
- Calvo García-Tornel, F. (1984), "Geografía de los riesgos", *Revista Geocrítica*, 37, Universitat de Barcelona.
- Cànoves, G; Garcia-Ramon, M.D. (1995), "Mujeres y turismo rural en Cataluña: ¿La nueva panacea de la agricultura?", *El Campo. La mujer rural*, Servicio de estudios BBV. pp. 221-238.
- Capel, H. (1973), "Percepción del medio y comportamiento geográfico", *Revista de Geografía*, 7(1-2), pp. 58-150.

- Carrega, P. (1990), "Climatology and index of forest fire hazard in mediterranean France", *I International Conference on Forest Fire Research*, Coimbra, B.05-1 B05-11.
- Carvacho, L. (1998), "Evolución de la estimación de grandes incendios forestales en la cuenca Mediterránea europea por redes neuronales y regresión logística", *Serie Geográfica. Incendios*, 7, Universidad de Alcalá, Servicios de publicaciones, Departamento de Geografía, pp. 73-85.
- Castellnou, M. Rovira, J. Alcaraz, J. Rodríguez, F. Espadas, J. Queralt, D. Rius, J. (1999), "El projecte GRAF, una nova eina per als boscos" *Silvicultura*, 25, Segon Trimestre de 1999, 1-4.
- Cerdan, R.; Badia, A.; Ferrero, I.; Llurdés, J.C.; Sánchez, F.; Saurí, D. (1999), Planificació territorial i organització de la lluita contra els incendis forestals al Bages. Anàlisi, ponderació i programació de procediments i actuacions de prevenció i de previsió per la defensa del territori del Bages contra els incendis forestals, amb els agents implicats, *Premi Fundació Caixa Manresa* (Inèdit).
- Chandler, C.; Cheney, P.; Thomas, P.; Trabaud, L.; Williams, D. (1983), *Fire in Forestry Vol I Forest Fire Behavior and effects*, New York, John Willey and Sons.
- Chou, Y.H.; Minnich, R.A.; Salazar, L.A. Power J.D. Dezzari, R. J. (1990), Spatial Autocorrelation of Wildfire Distribution in the Idyllwild Quadrangle, San Jacinto Mountain, California", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 56(11) 1507-1513.
- Chou, Y.H. (1992), "Spatial Autocorrelation and Weighting Functions in the distribution of Wildland Fires", *International Journal of Wildland Fire*, 2(4), 169-176.
- Chuvieco, E.; Congalton, R.G. (1989), "Application of Remote Sensing and Geographical Information Systems to Forest Fire Hazard Mapping", *Remote Sensing of Environment*, pp. 147-159.
- Chuvieco, E.; Salas, J. (1996), "Mapping the spatial distribution of forest fire danger using GIS", *International Journal of geographical Information System*, vol. 10(3), pp. 333-345.
- Chuvieco, E.; Salas, J.; Barredo, J.I.; Carvacho, L.; Karteris, M.; Koutsias, N. (1998), "Global patterns of large fires occurrence in the European Mediterranean Basin: A GIS analysis", *III International Conference on Forest Fire Research. 14th Conference on Fire and Forest Meteorology* vol II, pp. 2447-2462, Luso, 16/20 November 1998.
- Chuvieco, E. Salas, F.J. Martínez, J. Martín, M.P. (1999), "Geografía e incendios forestales", *Serie geográfica. Incendios Forestales*, Universidad de Alcalá, Servicio de publicaciones, Departamento de Geografía, pp. 11-17

- Clarke, K.C.; Brass, J.A.; Riggan, P.J. (1994), "A Cellular Automaton Model of Wildfire Propagation and Extinction", *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, vol 60(11), November 1994, pp. 1355-1367.
- Cliff, A.D.; Ord, J.K. (1981), *Spatial Processes. Models and Applications*, Pion, Norwich.
- Cunningham, A.A.; Martell, D.L. (1973), "A Stochastic Model for the Occurrence of Man-caused Forest Fires", *Canadian Journal of Forest Research*, 3, pp. 282-287.
- Cunningham, A.A.; Martell, D.L. (1976), "The use of subjective probability assessments to predict forest fire occurrence", *Canadian Journal of Forest Research*, 6, pp.348-356.
- Deeming, J.E. et al. (1972), *National Fire-Danger Rating System*, US Forest Service, Research Paper RM-84
- Deeming, J.E. et al. (1974), *National Fire-Fire Danger Rating System*, US Forest Service, Research Paper RM-84 revised.
- Deeming, J.E. et al. (1978), *The National Fire-Fire Danger Rating System*, US Forest Service, Gen. Tech. Rep. INT.39.
- Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca (1990), *La gestió del bosc a Catalunya. Barcelona*, Generalitat de Catalunya, DARP.
- Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca (1994), *Revista Tecnologia Forestal*, núm.4, octubre de 1994. Generalitat de Catalunya, DARP, Direcció General de Medi Natural.
- Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca (1996), *Estadístiques agràries i pesqueres*, Barcelona, Generalitat de Catalunya, DARP.
- Díaz-Delgado, R.; Salvador, R.; Valeriano, J.; Pons, X. (1998), "Detección de superficies forestales quemadas en Cataluña mediante imágenes de satélite durante el periodo 1975-93", *VIII Coloquio del Grupo de Métodos Cuantitativos, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. Tecnologías para el siglo XXI. Ponencias y comunicaciones*, Asociación de Geógrafos españoles, 17-19 de Septiembre 1998, Departament de Geografia, Universitat Autònoma de Barcelona, pp. 371-376.
- Dimitrakopoulos, A.P.; Bemmerkuk, A.M. (1998), "Evaluation of Canadian Forest Fire Danger Rating System (CFFDRS) and the Keetch –Bryan Index (KBDI) in the Mediterranean climate of Greece", *III International Conference on Forest Fire Research 14th Conference on Forest Fire Meteorology*, Vol I, pp. 995-1009, Luso, 16/20 November.
- Direcció General de Planificació i Acció Territorial (1995), *Pla Territorial General de Catalunya*, Llei d'aprovacions i resum, Barcelona, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya.

- Direcció General de Turisme (1996), *Guia de residències casa de Catalunya, 1997*, Barcelona, Departament de Comerç Consum i Turisme, Generalitat de Catalunya.
- Drouet, J.C. (1990) "Prévision des risques et modes de propagation", *Revue technique du feu*, Juin 1990.
- De Fusco, L.; Martellacci, C.; Peroni, P.; Bagni, M. (1992), "A prototype system for forest fire prevention and control", *Proceedings of the central symposium of the International Space Year Conference*, Munich.
- Eastman, J.R. (1997), *Idrisi Manual on line*, Clark University.
- Ebdon, D. (1982), *Estadística para geógrafos*, Colección Ciencias Geográficas. Oikos-Tau, Barcelona.
- ESRI, (1997), *ArcView Manual on line*,
- Estradé, M. (1986), "Cansem-nos-hi, però no ens cansem", *Serra d'Or*, 327, pp. 43-46.
- Finney, M.A. (1998), *FARSITE: Fire Area Simulator –Model development and evaluation*, USDA Forest Service Research Paper RMRS-RP-4 47 p.
- Finney, M.A.; Andrews, P.L. (1998), "Application and Status of the FARSITE Fire Area Simulator", *III International Conference on Forest Fire Research. 14th Conference on Fire and Forest Meteorology* Vol I pp. 755-760, Luso, 16/20 November 1998.
- Fisher, M.M.; Nijkamp, P. (1994), "Geographical information systems and spatial analysis", *The annals of Regional Science*, 26, pp. 3-17.
- Flannigan, M.; Wotton, M.; Carcaillet, C.; Richard, P.; Campbell, I.; Bergeron, Y. (1998), "Fire Weather: past, present and future" *III International Conference on Forest Fire Research 14th Conference on Forest Fire Meteorology*, Vol I, pp. 113-128, Luso, 16/20 November.
- Flannigan, M.D.; Wotton, B.M. (1991), "Lightning-ignited forest fires in northwestern Ontario", *Canadian Journal of Forest Research*, Vol. 21, pp. 277-287.
- Flannigan, M.; Wotton, M.; Carcaillet, C.; Richard, P.; Campbell, I.; Bergeron, Y. (1998), "Fire Weather: past, present and future" *III International Conference on Forest Fire Research 14th Conference on Forest Fire Meteorology*, Vol I, pp. 113-128, Luso, 16/20 November.
- Fogarty, L.G.; Pearce, H.G.; Catchpole, W.R.; Alexander, M.E. (1998), "Adoption vs adaptation: lessons from applying the Canadian Forest Fire Danger Rating System in New Zeland", *III International Conference on Forest Fire Research 14th Conference on Forest Fire Meteorology*, Vol I, pp. 1011-1028, Luso, 16/20 November.
- Folch, R. (1996), "Sociologia dels incendis forestals", a Terrades, J. (Coord.) *Ecologia del foc*, Proa, Barcelona, pp. 255-261.
- Forman, R.T.T.; Godran, M. (1986), *Landcape ecology*, Willey, Nova York.

- Galiñanes, A.V.; Salgado, J.; Paz Andrade, M.I.; Legido Soto, J.L.; Melikhova, E.M. (1998), "An approach to forest fire zoning in Galicia (Spain)", *III International Conference on Forest Fire Research, 14th Conference on Fire and Forest Meteorology*, Vol I, pp. 1263-1270, Luso.
- Galtie, J.F.; Hubschman, J.; Trabaud, L.; (1994), "Using remote sensing and geographical information system for monitoring wildland fire hazards in an exposed area of the mediterranean eastern Pyrenees", *Proceedings of the International workshop Satellite Technology and GIS for mediterranean forest mapping and fire management*, Tessaloniki, Nov. 4-6, 1993, Pp. 139-149.
- Gluck, M.J.; Rempel, R.S. (1995), "The effect on measurements of post disturbance vegetation in Northwestern Ontario", *International Workshop Remote Sensing and GIS applications to forest fire management*, Universidad de Alcalá de Henares, Sept. 7-9, 1995, pp. 45-48.
- Gonçalves, Z.J.; Lourenço, L. (1990), "Meteorological index of forest fire risk in the portuguese mainland territory. *Proceedings of the International Conference on Forest Fire Research*, Coimbra, B.07-1/14.
- Gracia, I.; Mérida, J.C. (1992), "Aplicaciones de técnicas GPS al problema de los incendios forestales", Presentat al curs *Lucha contra los incendios forestales*, Centro Internacional de Altos Estudios Agronómicos Mediterraneos (C.I.H.E.A.M), organitzat per l'Institut Agronómico Mediterráneo de Zaragoza (I.A.M.Z.) i l'Institut Nacional para la Conservación de la Naturaleza (I.C.O.N.A.), 11-29 de maig.
- Graupera, F.R. (1991), *Incendis Forestals a Catalunya Lluita Integral*, Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca (DARP), Generalitat de Catalunya.
- Grossmann, W.D. (1993), "Challenges from ecology to application and design of Geographical Information System", Paper presentat a les jornades sobre *The synergistic use of Remote sensing, Geographical Information Systems and Dynamic models for resource management*, Saragossa 11-15 d'abril de 1994.
- Hewitt, K. (1997), *Regroups of risk*, Londres, Longman.
- Hohenemser, Ch. Kats, R. Kaspersen, J.X. (eds.) (1985), *Perilous progress. Managing the hazards of technology*, Boulder (Colorado), Westview Press.
- ICC (1990), *Mapa de risc d'incendi forestal. Catalunya 1:250.000*, Institut Cartogràfic de Catalunya, Generalitat de Catalunya, Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca, Direcció General de Medi Natural; Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Institut Cartogràfic de Catalunya.
- ICC (1992), *Mapa d'incendis forestals de Catalunya (1986-1990). 1.500.000*, Institut Cartogràfic de Catalunya Generalitat de Catalunya, Departament d'Agricultura

- Ramadaria i Pesca, Direcció General de Medi Natural; Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Institut Cartogràfic de Catalunya.
- ICONA, (1982), *Manual de predicción del peligro de incendios forestales*, Instituto Nacional para la conservación de la naturaleza, Sección de Incendios Forestales, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- ICONA, (1982), *Técnicas para defensa contra incendios forestales*, Monografía 24, Instituto Nacional para la conservación de la naturaleza, Sección de Incendios Forestales, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- ICONA (1988), *Experimentación de un nuevo sistema para la determinación del peligro de incendios derivados de los combustibles: Instrucciones de cálculo*, Instituto para la Consevación de la Naturaleza, Madrid, p. 16.
- ICONA (1993), *Manual de operaciones contra incendios forestales*, Madrid 5.1/65
- IDEA, (1995), "El sistema català de lluita contra els incendis forestals", *Els incendis forestals*, Col.lecció Dossiers Agraris, Barcelona, Institució Catalana d'Estudis Agraris.
- Jakubauskas, M.E.; Lulla, K.P.; Mausel, P.W. (1990), "Assessment of vegetation change in a fire altered forest landscape", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 56(3), March 1990, pp. 371-377.
- Jiménez, E.A.; Martínez, J.D.S.; García, E.M.; Mérida, R.P. (1998), "Forest fires in protected open areas in the province of Jaen (Andalucia, Spain)", *III International Conference on Forest Fire Research. 14th Conference and Forest Meteorology*, Vol. 1, Luso, pp. 223-238.
- Johnson E.A.; Van Wagner, C.E. (1985), "The theory and use of two fire history models", *Canadian Journal of Forest Research*. vol. 15. pp. 214-220.
- Karteris, M.A. (1995), "Burned land mapping and post-fire effects", *Proceedings of International Workshop Remote Sensing and GIS applications to forest fire management*, Universidad de Alcalá de Henares, Sept. 7-9, 1995, pp. 35-44.
- Karteris, M.A.; Kritikos, G. (1992), "Assessmentof forest fire damages in Holy Mount Athos", *Proceedings of Workshop Remote Sensing for forestry applications*, Copenhagen, Folving/Eartnat Svendsen (ed.) JRC, Institute for Remote Sensing Applications, ISPRA, Italy, pp. 197-210.
- Keeley, J.E.; Fotheringham, C.J.; Morais, M. (1999), "Reexamining Fire Suppression Impacts on Brushland Fire Regimes", *Science*, 284, pp. 1829-1832.
- Kuntz, S.; Karteris, M. (1994), "Fire risk modelling based on satellite remote sensing and GIS", *Proceedings of the International Workshop - Satellite Technology and GIS for Mediterranean Forest Mapping and Fire Management*, pp. 165-177.

- Langhart, R.; Bachmann, A.; Allgöwer, B. (1992), "Temporal and spatial patterns of wildfire occurrence (Canton of Grison, Switzerland)", *III international Conference on Forest Fire Research, 14th Conference on Fire and Forest Meteorology*, Vol II, pp. 2279-2292, Luso, 16/20 November 1998.
- Laurini, R.; Thompson, D. (1992), *Fundamentals of Spatial Information Systems*, Academic Press, Londres.
- Ledoux, B. (1995), *Les catastrophes naturelles en France*. Paris, Payot.
- Lee, B.S. (1990), "An overview of IFMIS: the Intelligent Fire Management Information System", *International Conference on Forest Fire Research*, Nov. 19-22, 1990, Coimbra, Portugal.
- Legendre, P.; Fortin, M.J. (1989), "Spatial pattern and ecological analysis", *Vegetation*, 80, pp. 107-138.
- López Soria, S.; González Alonso, F.; Cuevas, J.M. (1991), "Aplicación de las imágenes digitales procedentes de los satélites meteorológicos circumpolares en la detección del riesgo de incendios forestales", *Ecología*, Nº 5, pp. 3-12.
- Malingreau, J.P. (1991), "Remote Sensing for tropical forest monitoring: an overview", *Remote Sensing and Geographical Information System for Resource Management in developing countries*, pp. 253-278.
- Malingreau, J.P.; Tucker, L.J.; Laporte, N. (1989), "AVHRR for monitoring global tropical deforestation", *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 10(4-5), pp. 855-867.
- Mancomunitat de Municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona (MMAMB), (1990), *Parc de Collserola. Plan especial de Ordenación y de Protección del medio Natural. Realizaciones 1983-198*, Àrea Metropolitana de Barcelona, Mancomunitat de Municipis, Patronat Metropolità Parc de Collserola.
- Mancomunitat de Municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona (MMAMB), 1995, *Dinàmiques metropolitanes a l'Àrea i la Regió de Barcelona*, Àrea Metropolitana de Barcelona, Mancomunitat de Municipis.
- Martell, D.L.; Bevilacqua, E. (1989), "Modelling seasonal variation in daily people-caused forest fire occurrence", *Canadian Journal of Forest Research* vol. 19. pp. 1555-1563.
- Martell, D.L.; Otukol, S.; Stocks, B.J. (1987), "A logistic model for predicting daily people-caused forest fire occurrence in Ontario", *Canadian Journal of Forest Research*, 17, pp. 394-401.
- Martin, P.; Chuvieco, E.; Aguado, I. (1999), "Los incendios forestales en España", *Serie Geográfica. Incendios forestales*. Universidad de Alcalá, Servicio de Publicaciones, Departamento de Geografía, 7, pp. 23-36.

- Martinez-Millán, J. et al. (1991), *CARDIN, un sistema para la simulación de la propagación de incendios forestales*, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de Madrid, Investigación Agraria. Sistemas y recursos Forestales, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, vol. 0.
- Mendizábal, E. (1993), "Una proposta de model espacial per a la interpretació territorial de Catalunya", *Treball de la Societat Catalana de Geografia*, 36, pp. 101-118.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1995), Motivaciones de los incendios forestales intencionados, Informe mecanografiado.
- Minnich, R.A. (1983), "Fire mosaics in southern California and northern Baja California", *Science*, 219, pp. 1287-1294.
- Minnich, R.A.; Chou. Y.H. (1997), "Wildland fire patch dynamics in the chaparral of southern California and northern Baja California", *International Journal of Wildland Fire*, 7, pp. 221-248.
- Muirhead, K.; Cracknell, A.P. (1985), "Straw burning over Great Britain detected by AVHRR", *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 6(5), pp. 827-833.
- Norusis, M.J. (1983), *Introductory Statistics Guide*, McGraw-Hill, Nova York.
- Nuet, J; Panareda J.M. (1988), "Montserrat un any després de l'incendi", *Serra d'Or*, 342, pp. 43-49.
- Nuet, J; Panareda J.M. (1989), "Com es regeneren els boscos de Montserrat després de l'incendi de 1986", *Serra d'Or*, 350, pp. 23-26.
- Nuet, J.; Panareda, J.M. (1994), "Els incendis forestals de l'estiu de 1994. Relexions i propostes", *Muntanya*, 98(794), *Barcelona*, pp. 201.207.
- NCGIA, (1991), *Core curriculum*, Santa Barbara, Universitat de Califòrnia.
- Nunes, J.; Cerdan, R.; Sánchez, F.; Badia, A.; Ferrero, I. (1996), "Desenvolupament d'un sistema d'informació geogràfica per a la lluita contra els incendis forestals", *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 28, pp. 55-78.
- Oliver, J. (dir) (1994), *Anuari econòmic Catalunya Comarcal. Estimació del PIB comarcal 1990-1993, (Estudis comarcals: Baix Llobregat, Barcelonès, Maresme, Vallès Occidental, Vallès Oriental)*, Barcelona: Caixa de Catalunya.
- Oliver, J. (dir) (1996), *Anuari econòmic Catalunya Comarcal. Estimació del PIB comarcal 1995, Estudis comarcals: Alt Empordà, Baix Empordà, Garrotxa, Gironès, Pla de l'Estany, Ripollès i la Selva*.Barcelona, Caixa de Catalunya.
- Oliver, J. (dir) (1997), *Anuari econòmic Catalunya Comarcal. Estimació del PIB comarcal 1995, (Estudis comarcals: Anoia, Bages, Conca de Barberà, Osona, Segarra i Urgell)*, Barcelona: Caixa de Catalunya.

- Oliver, J. (dir) (1998), *Anuari econòmic Comarcal. Estimació del PIB comarcal 1997, (Estudis comarcals: Garrigues, Noguera, Pla d'Urgell, Segrià)*, Barcelona: Caixa de Catalunya.
- Oliveras, J. Giménez, J.A. (1992), *El Bages, Transició industrial i centralitat territorial*, Barcelona, Caixa de Catalunya.
- Orieux, A. (1979), "Conditions météorologiques et incendies de forêts en région méditerranéenne", *Note technique du Service Météorologique Métropolitain*, Section XXIV, 8, Mai 1979.
- Palmieri, S.; Cozzi, R. (1983), "Il ruolo della meteorologia nella prevenzione e controllo degli incendi boschivi", *Rivista di Meteorologia Aeronautica*, XLIII, 4.
- Palmieri, S.; Inghilesi, R.; Siani, A.; Martellacci, C. (1992), "Un indice meteorologico di rischio per incendi boschivi", *Bolletino Geofisico*, Anno XV, 5, pp. 49-62.
- Panareda, J.M. Nuet, J. (1986), "Què fem amb els boscos cremats?", *Serra d'Or*, 324, pp. 11-18.
- Papió, C. (1994), *Ecologia del foc i regeneració en garrigues i pinedes mediterrànies*, Premi Artur Bofill i Poch 1991, Institut d'Estudis Catalans, Arxius de les seccions de ciències, CVIII secció de ciències biològiques, Barcelona.
- Peix, J. et al. (1999), *Foc Verd II. Programa de gestió del risc d'incendi forestal*, Barcelona, Departament d'Agricultura, Ramadaria i Pesca, Generalitat de Catalunya.
- Piñol, J. Terrades, J. Lloret, F. (1998), "Climate Warming, Wildfire Hazard, and Wildfire Occurrence in Coastal Eastern Spain", *Climatic Change*, 38, pp. 345-357.
- Pons, X. (1996), "Estimación de la radiación solar a partir de modelos digitales de elevaciones. Propuestas metodológicas", *Actes VII Coloquio de Geografía Cuantitativa, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección*, 17-19 Septiembre, Vitoria-Gasteiz, pp. 87-97.
- Pons, X.; Vayreda, J.; Ibañez, J.J.; Gracia, C.A. (1995), "A Technique to obtain maps for estimating fire danger" *Proceedings of International Workshop Remote Sensing and GIS applications to Forest Fire Management*, Universidad de Alcalá de Henares, September 7-9, 1995, pp. 160-163.
- Pyne, S.J. (1984), *Introduction to wildland fire. Fire management in the United States*, John Wiley & Sons, Nova York.
- Pyne, S. (1997) *World Fire. The culture of Fire on Earth*, University of Washington Press, Seattle and London.

- Richards, J.A.; Milne, A.K. (1983), "Mapping fire burns and vegetation regeneration using principal component analysis", *International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, pp. 5.1-5.6.
- Riggan, P.J.; Brass, J.A.; Lockwood, R.N. (1993), "Assessing fire emissions from tropical savanna and forests of central Brasil", *Photogrammetric Engineering & remote Sensing*, Vol. 59(6), pp. 1009-1015.
- Rothermel, R.C. (1972), *A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels*, General Technical Report INT-115, Odeon, Utah, USDA Forest Service, Intermountain Research Station.
- Rubio, X. (1999); *L'evolució de la població del Bages, 1950-1996. Del gran creixement a l'estancament, un estudi de demografia territorial*, Manresa, Centre d'Estudis Bagencs.
- Sader, S.A.; Stone, T.A.; Joyce, A.T. (1990), "Remote Sensing of tropical forest: An overview of research and applications using non-photographic sensors", *Photogrammetric Engineering of Remote Sensing*, 4, pp. 1343-1351
- Salas, J.; Chuvieco, E. (1990), "¿Dónde arderá el bosque? Previsión de incendios forestales mediante un SIG", *Actas I Congreso AESIGIT*, Madrid, AESIGIT, pp. 430-446.
- Salvador, R. (2000); "An assessment of spatial variability of basal area in a terrain covered by Mediterranean woodlands"; *Agriculture, Ecosystems an Environment*, 81, pp. 17-28.
- Salvador, R.; Valeriano, J.; Pons X.; Díaz-Delgado, R. (2000), "A semi-automatic methodology to detect fire scars in shrubs an evergreen forest with Landsat MSS time series", *International Journal of Remote Sensing*, 21(4), pp 655-671.
- Shasby, M.B.; Burgan, R.R.; Johnson, G.R. (1981), "Broad area forest fuels and topography mapping using digital Landsat and terrain", *Machine Processing of Remotely Sensed Data Symposium*.
- Shaw, G.; Wheeler, D. *Statistical techniques in gepgraphical Analysis*, Wiley & Sons, Nova York.
- Sokal, R.R.; Oden, N.L. (1969), "Spatial autocorrelation in biology", *Biological Journal of the Linnean Society*, 10, pp 199-228.
- Sol, B. (1989), *Risque numerique metereologique d'incendies de forêt en zone mediterraneenne*, Note de travail SMIR/SE, 1.
- Sureda, J. (coord.) (1997), *Els incendis forestals a les Balears. Anàlisi de les actituds i proposta de programes de comunicació i educació*, Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca

- Taylor, P.J. (1977), *Quantitative methods in geography. An introduction to Spatial Analysis*, Houghton Mifflin, Boston.
- Terrades, J. (coord.) (1996), *Ecologia del foc*, Proa, Barcelona.
- Terrades, J.; Piñol, J. (1996), "Els Grans Incendis: Condicions meteorològiques per al seu desenvolupament", a Terrades, J. (coord.) *Ecologia del foc*, Proa, Barcelona, pp. 63-74.
- Thomas R.W.; Hugget, R.J. (1980), *Modelling in geography*, London (UK), Harper & Row, Londres.
- Thomas, R.W. (1979), "An introduction to quadrat analysis", *Concepts and techniques in modern geography*, Quantitative Methods, Institute of British Geographers, London.
- Thomas, R.W. (1985), "Point pattern analysis" in Wrigley, N. and Bennett, R.J. (eds) *Quantitative Geography*, Routledge & Kegan Paul, Londres.
- Tobler, W.R. (1970), "A computer movie simulating urban growth in the Detroit Region ", *Economic Geography*, 46, pp. 234-240.
- Trabaud, L. (1989), *Les Feux de Forêts: Mécanismes, comportement et environnement*, France-Selection, Aubervilliers.
- Unwin, D. (1981), *Introductory Spatial Analysis*, Methuen, Londres.
- Valdés, (1999), "La presencia histórica de los incendios forestales en el centro y este peninsular. Fuentes, metodología y resultados" a Areque, E. (coord). *Incendios Históricos. Una aproximación multidisciplinar*, Universidad Internacional de Andalucía.
- Van Wagner C.E. (1974), *Structure of the Canadian Forest Fire Weather Index*, Ottawa, Canadian Department of Environment, Canadian Forestry Service.
- Wagner, C.E. (1987), *Development and structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System*, Canadian Forestry Service, Forestry technical Report 35, Ottawa.
- Van Wagner, C.E. (1985), "Drought, Timelag and Fire Danger Rating", 8th *National Conference on Fire and Forest Meteorology*, Society of American Foresters, Detroit, Michigan, pp. 178-185.
- Van Wagner, C.E. and Pickett, T.L. (1987), *Equations and FORTRAN Program for the Canadian Forest Fire Weather Index System*, Canadian Forestry Service, Forestry technical Report 33, Ottawa.
- Vasconcelos, M.J.P, (1995), "Integration of remote sensing and geographic information systems for fire risk management", proceedings of *International Workshop Remote Sensing and GIS applications to Forest Fire Management*, Universidad de Alcalá de Henares, September 7-9, 1995, pp. 129-147.

- Vega-Garcia, C.; Woodard, P.M.; Lee, B.S. (1993), "Geographic and temporal factors that seem to explain human-caused fire occurrence in Whitecourt Forest, Alberta", *GIS'93 Symposium*, Vancouver, British Columbia, February 1993.
- Vélez, R. (1985), "Aplicación de la predicción del peligro para la prevención de los incendios forestales", *Estudios sobre la prevención y efectos ecológicos de los incendios forestales*, Madrid, ICONA, pp. 15-19.
- Vélez, R. (1988), "Predecir para prevenir. Aplicación de la predicción del peligro de incendios forestales", *Seminario ECE/FAO/OIT sobre predicción de incendios forestales*. València, 1986.
- Vélez, R. (1991), "Los incendios forestales y la política forestal", *Revista de estudios agro-sociales*, 158, Oct-Dic. pp. 83-105.
- Vélez, R. (1997), "Recent history of forest fire in the Mediterranean area", a Balabanis, P. Eftichidis, G. Fantechi, R. (Eds.), *Environment and quality of life. Forest fire and management*, Proceedings of the European School of Climatology and Natural Hazards course held in Porto Carras, Halkidiki, Greece, 27 May to 4 June 1992, pp. 15-26.
- Viegas, D.X. (1997); *General features of forest fires*, a Balabanis, P.; Eftichidis, G.; Fantechi, R. (Eds.), *Environment and quality of life. Forest fire and management*, Proceedings of the European School of Climatology and Natural Hazards course held in Porto Carras, Halkidiki, Greece, 27 May to 4 June 1992, pp. 5-13.
- Viegas, D.X.; Piñol, J.; Viegas, M.T.; Ogaya, R. (1998), "Moisture content of living forest fuels and their relationship with meteorological indices in the Iberian Peninsula", *III International Conference on Forest Fire Research 14th Conference on Forest Fire Meteorology*, Vol I, pp. 1029-1046, Luso, 16/20 November.
- Vilà i Valentí, J. (1981), "La comarca del Bages. Condiciones físicas i realitat comarcal", *XXVI Assemblea Intercomarcal d'Estudiosos de Catalunya*, Manresa, 17 i 18 d'octubre.
- Werth, L.F.; Mckinley, R.A.; Chine, E.P. (1985), "The use of wildland fire fuel maps produced with NOAA AVRR scanner data", *Pecora Memorial Symposium*, pp. 326-331.
- Wybo, J.L.; Guarniéri, F. (1994), "FMIS: Fire Management Information System", Proceedings on 2ond International Conference on Forest Fire Research, vol. 1,A.03, pp. 95-104, Coimbra,
- Yagüe, A. (1994), "Satélites y prevención de incendios forestales", *Mapping*, Madrid, pp. 92-93.

Pàgines web consultades

<http://www.montana.com/sem.index.html>

<http://www.fs.fed.us/land/wdfirex.htm>

<http://www.diba.es/anellaverda/text1.html>

<http://www.diba.es/anellaverda/europa.html>

<http://www.idescat.es>

<http://www.gencat.es/darp/focverd2>

<http://www.gencat.es/darp/focverd2/cfocve00.htm>

<http://www.gencat.es/darp/medi/incendis/canvis00.htm>

<http://www.gencat.es/mediamb/lleis/espnat/espna057.htm>

http://www.gencat.es/mediamb/gis/cgis_b9.html

<http://www.gencat.es/mediamb/lleis/espnat/espna016.htm>

http://www.gencat.es/mediamb/gis/cgis_b1.html

<http://www.gencat.es/darp/medi/incendis/medi00.htm>

http://pmpc.amb.es/cat/descip/C16_marc2.htm

<http://www.gencat.es/darp/focverd2/cfocvem1.htm>

<http://www.gencat.es/darp/focverd2/cfocvem2.htm>