

TRANSFORMACIONS TERRITORIALS, CANVI CLIMÀTIC I RISC D'INUNDACIÓ A LA CONCA DE LA RIERA L'ARGENTONA (1956-2050)

Oriol Bassa i Vila

Per citar o enllaçar aquest document:
Para citar o enlazar este documento:
Use this url to cite or link to this publication:

<http://hdl.handle.net/10803/669888>



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.ca>

Aquesta obra està subjecta a una llicència Creative Commons Reconeixement-
NoComercial
Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial licence



Universitat
de Girona

TESI DOCTORAL

TRANSFORMACIONS
TERRITORIALS, CANVI CLIMÀTIC
I RISC D'INUNDACIÓ A LA
CONCA DE LA RIERA
D'ARGENTONA (1956-2050)

ORIOL BASSA I VILA

Girona, 2020



**TRANSFORMACIONS TERRITORIALS, CANVI CLIMÀTIC I
RISC D'INUNDACIÓ A LA CONCA DE LA RIERA
D'ARGENTONA (1956-2050)**

TESI DOCTORAL

Oriol Bassa i Vila

2020



Tesi Doctoral

**TRANSFORMACIONS TERRITORIALS, CANVI CLIMÀTIC I
RISC D'INUNDACIÓ A LA CONCA DE LA RIERA
D'ARGENTONA (1956-2050)**

Oriol Bassa i Vila

2020

PROGRAMA DE DOCTORAT DE MEDI AMBIENT

Dirigida i tutoritzada per:

Dr. David Pavón Gamero

Dra. Anna Ribas Palom

Memòria presentada per optar al títol de Doctor per la Universitat de Girona

Certificat de direcció de tesis



El Dr. David Pavon Gamero i la Dra. Anna Ribas Palom de la Universitat de Girona,

DECLAREM:

Que el treball titulat "Transformacions territorials, canvi climàtic i risc d'inundació a la conca de la riera d'Argentona (1956-2050)", que presenta Oriol Bassa i Vila per a l'obtenció del títol de doctor, ha estat realitzat sota la nostra direcció.

I, perquè així consti i tingui els efectes oportuns, signem aquest document.

Dr. David Pavón Gamero

DAVID
PAVON
GAMERO

Firmado digitalmente
por DAVID PAVON
GAMERO
Fecha: 2020.04.15
16:29:55 +02'00'

Dra. Anna Ribas Palom

Anna Maria
Ribas
Palom

Firmado digitalmente
por Anna Maria Ribas
Palom
Fecha: 2020.04.09
10:25:14 +02'00'

Llista d'abreviatures

ACA	Agència Catalana de l'Aigua
ADIF	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias
AEMA	Agència Europea del Medi Ambient
AHWGDPEA	Ad Hoc Working Group on the Durban Platform for Enhanced Action
ARE	Àrea Residencial Estratègica
ARPSIs	Àreas amb risc potencial significatiu d'inundació
ATE	Agència Territorial Europea
CCS	Consortio de Compensación de Seguros
CE	Comunitat Europea
CEDEX	Centro de Estudios y Experimentación en Obras Públicas
COP	Conferència de les Parts sobre el canvi climàtic
CPFC	Centre de la Propietat Forestal de Catalunya
CREAF	Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals
CRED	Center for Research of Epidemiology of Disaster
DEFRA	Department for Environment, Food and Rural Affairs
DPH	Domini Públic Hidràulic
DOCE	Diari Oficial de la Comunitat Europea
DUPROCIM	Document únic de protecció civil municipal
EDAR	Estació depuradora d'aigües residuals
EM-DAT	The International Disaster Database
EPRI	Avaluació Preliminar del Risc d'Inundació
ET	Evapotranspiració
ETE	Estratègia Territorial Europea
FEMA	Federal Emergency Management Agency
GAMA	Grup d'Anàlisi de situacions meteorològiques adverses
GENCAT	Generalitat de Catalunya
IBI	Impost de Béns Immobles
ICGC	Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya
ICIO	Impost de Construccions, Instal·lacions i Obres
IDESCAT	Institut d'Estadística de Catalunya
IDF	Intensitat-Durada-Freqüència (corbes)
INE	Instituto Nacional de Estadística
INUNCAT	Pla especial d'emergències per inundacions de Catalunya
IPC	Índex de Preus al Consum
IPCC	Intergovernmental Panel of Climate Change
MCSC	Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya
MDE	Model Digital del Terreny
METEOMAR	Servei Meteorològic del Maresme (Consell Comarcal del Maresme)
MITECO	Ministerio para la Transición Ecológica (Gobierno de España)
M\$	Milions de dòlars americans
NAU	Nova Agenda Urbana

NC	Nombre de corba
ODS	Objectius de Desenvolupament Sostenible
OFDA/CRED	International Disaster DataBase
ONU	Organització de les Nacions Unides
P	Pluviometria
PAM	Pla d'Actuació Municipal
PATRICOVA	Pla d'acció territorial sobre prevenció de risc d'inundació a la Comunitat Valenciana
PDA	Plan Especial de Defensa frente a Avenidas de Tenerife
PDCLAM	Pla Director del Clavegueram de Mataró
PDUSC	Pla Director Urbanístic del Sistema Costaner
PEF	Planificació de l'Espai Fluvial
PEIN	Pla d'Espais d'Interès Natural
PITC	Pla d'Infraestructures del Transport de Catalunya
PMU	Pla de Millora Urbana
POUM	Pla d'Ordenació Urbannística Municipal
PROCICAT	Pla de Protecció Civil de Catalunya
PTVC	Pla del Transport de Viatgers de Catalunya
RDPH	Reglament del Domini Públic Hidràulic
REPUC	Registre de planejament urbanístic de Catalunya
RINAMED	Risques naturels en Méditerranée
SCS	Soil Conservation Service
SIG	Sistema d'Informació Geogràfica
SMC	Servei Meteorològic de Catalunya
SNC	Sòl urbà no consolidat
SNCZI	Sistema Nacional de Cartografia de Zones Inundables
SND	Sòl urbanitzable no definit
SNU	Sòl no urbanitzable
SRA	<i>The Society for Risk Analysis</i>
SUC	Sòl urbà consolidat
SUD	Sòl urbanitzable definit
SUDS	Sistemes urbans de drenatge sostenible
T	Període de retorn
TRI	Tram amb risc d'inundació
UdG	Universitat de Girona
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UNISDR	United Nations Office for Disaster Risk Reduction
USA	United States (of America)
USDA	United States (of America) Department of Agriculture
VAB	Valor afegit brut
WMO	World Meteorological Organization

Índex de figures

Figura 1. El triangle del risc	55
Figura 2. Episodis severos d'inundacions al món (1900-2019).....	75
Figura 3 Danys en bilions de dòlars USA causats per les inundacions al món (1960-2016).....	75
Figura 4. Nombre d'inundacions a Catalunya per any per al període 1900-2006....	79
Figura 5. Víctimes mortals a Catalunya a conseqüència de les inundacions per al període 1900-2006	80
Figura 6. Situació dels municipis de la conca de la riera d'Argentona en l'àmbit territorial del Maresme	82
Figura 7. Ortoimatge modificada per elevacions de 2 m. i ombres dels municipis de la conca de la riera d'Argentona	84
Figura 8. Estructura dels mòts (m)	88
Figura 9. Esquemes dels tres tipus de riera segons la classificació establerta per (Riba, 1997): esquerra: riera antiga (Arenys); centre: riera mixta (Cabrera); i dreta: riera residual com el torrent del Molí (Cabrera de Mar)	89
Figura 10. Valor Afegit Brut al Maresme per sectors econòmics. 2016 (en %)	92
Figura 11. Limits i pendents de la conca de la riera d'Argentona	94
Figura 12. Mapa geològic de la conca de la riera d'Argentona	95
Figura 13. Conca de la riera d'Argentona en 3D	97
Figura 14. La conca de la riera d'Argentona, tram inferior, des del Turó dels Cirers	97
Figura 15. Climograma de l'estació meteorològica de Dosrius (2007-2015)	99
Figura 16. Climograma de l'estació meteorològica de Cabriels (2007-2015)	100
Figura 17. Pluviometria anual de l'àmbit de la riera d'Argentona.	101
Figura 18. Efectes de la llevantada del 12 d'octubre de 2016 a la riera de Cabriels, al terme municipal de Vilassar de Mar.....	102
Figura 19. Mapa d'isòbares del dia 9 d'octubre de 1965.....	103
Figura 20. Evolució de la població de Dosrius (hab/any) (1950-2016)	105
Figura 21. Total d'afiliacions a la Seguretat Social del municipi de Dosrius (hab/sector). Desembre de 2016	106
Figura 22. Evolució de la població d'Òrrius (hab/any) (1950-2016)	107
Figura 23. Total d'afiliacions a la Seguretat Social del municipi d'Òrrius (hab/sector). Desembre 2016.....	107
Figura 24. Evolució de la població d'Argentona (hab/any) (1950-2016)	109
Figura 25. Total d'afiliacions a la Seguretat Social pel municipi d'Argentona (hab/sector). Desembre 2016	109
Figura 26. Evolució de la població de Mataró (hab/any) (1950-2016)	111
Figura 27. Total d'afiliacions a la Seguretat Social del municipi de Mataró (hab/sector). Desembre de 2016	111
Figura 28. Usos del sòl del Maresme al 1852 (esquerra), al 1956 (centre) i al 2016 (dreta)	115

Figura 29. Evolució de la superfície acumulada dels grans usos i cobertes del sòl a la conca de la riera d'Argentona (període 1956-2009).....	123
Figura 30. Argentona vista des del rocar de Cirés (la Feu). Al fons el turó d'en Cabanyes (29-12-1946)	124
Figura 31. Ortofoto de la conca de la riera d'Argentona (1956).....	125
Figura 32. Grans usos i cobertes del sòl (1956)	126
Figura 33. Superfície (ha) dels usos i cobertes del sòl (1956).....	127
Figura 34. Usos i cobertes de la conca de la riera d'Argentona, 1956.....	128
Figura 35. Ortofoto de la conca de la riera d'Argentona, 1992	130
Figura 36. Evolució dels grans usos i cobertes del sòl (anys 1956 i 1992)	131
Figura 37. Superfície (ha) ocupades pels usos i cobertes del sòl (1992).....	132
Figura 38. Usos i cobertes del sòl a la conca de la riera d'Argentona (1992).....	133
Figura 39. Evolució dels usos i cobertes del sòl (1956 i 1992)	135
Figura 40. Diagrama de fluxos entre els grans usos i cobertes del sòl entre 1956 i 1992 a la conca de la riera d'Argentona.....	136
Figura 41. Ortofoto de la conca de la riera d'Argentona (2009).....	137
Figura 42. Evolució dels grans usos i cobertes del sòl als anys 1956, 1993 i 2009	138
Figura 43. Imatges de la vall de la riera d'Argentona, 1946 a l'esquerra, 2006 a la dreta.....	139
Figura 44. Usos i cobertes del sòl a la conca de la riera d'Argentona (2009).....	140
Figura 45. Evolució dels usos i cobertes del sòl 1992-2009	141
Figura 46. Diagrama de fluxos entre els grans usos i cobertes del sòl entre 1993 i 2009 a la conca de la riera d'Argentona.....	142
Figura 47. Períodes de construcció de les diferents edificacions al tram final (Mataró, Cabrera de Mar) de la riera d'Argentona	143
Figura 48. Períodes de construcció de les edificacions residencials a la urbanització can Massuet-el Far (Dosrius).....	143
Figura 49. Escalfament de la superfície mundial.....	147
Figura 50. Idoneïtat topoclimàtica del pi pinyer als municipis de la conca de la riera d'Argentona, actual i projectada a l'escenari A2.....	149
Figura 51. Idoneïtat topoclimàtica de l'alzina als municipis de la conca de la riera d'Argentona, actual i projectada a l'escenari A2.....	150
Figura 52. Classificació urbanística del sòl actual als municipis de la conca de la riera d'Argentona	151
Figura 53. Evolució dels grans usos i cobertes del sòl (anys 1956, 1992, 2009 i 2050 -escenari A2-)	155
Figura 54. Mapa dels usos i cobertes del sòl a la conca de la riera d'Argentona pel 2050 (escenari A2)	156
Figura 55. Evolució dels usos i cobertes del sòl pel període 2009-2050 (escenari A2)	157
Figura 56. Diagrama de fluxos entre els grans usos i cobertes del sòl entre 2.009 i 2.050 (escenari A2) la conca de la riera d'Argentona.....	158

Figura 57. Evolució dels grans usos i cobertes del sòl 1956, 1993 i 2009, 2050 (escenari B1) i 2050 (escenari A2).....	161
Figura 58. Usos i cobertes del sòl pel 2050 a la conca de la riera d'Argentona (escenari B1)	162
Figura 59. Evolució dels usos i cobertes del sòl pel període 2009-2050 (escenari B1)	163
Figura 60. Diagrama de fluxos entre els grans usos i cobertes del sòl entre 2009 i 2050 (B1) la conca de la riera d'Argentona	164
Figura 61. Evolució dels usos i cobertes del territori. Dosrius, 1956, 1992, 2009	169
Figura 62. Distribució d'existències als boscos del Maresme per superfície en hectàrees (a l'esquerra) i per número de milers de peus (a la dreta).....	169
Figura 63. Pinedes de pi pinyer del veïnat de can Martí, Argentona, afectades per la sequera i la plaga del minador dels brots (<i>Tomicus destruens</i>)	170
Figura 64. Desembocadura de la riera d'Argentona. Termes municipals de Mataró i Cabrera de Mar (anys 1956, 1992 i 2009)	173
Figura 65. Imatges dels danys causats al tramvia de Mataró a Argentona al seu pas per la riera d'Argentona pel fort aiguat dels dies 9 i 10 d'octubre de 1965	183
Figura 66. Els aiguats del 8, 9 i 10 d'octubre de 1965. La Vanguardia.	184
Figura 67. Mapa d'isòbares i fronts corresponents al 9 d'octubre de 1965 (La Vanguardia).....	185
Figura 68. Corbes IDF de la conca de la riera d'Argentona	198
Figura 69. Hietograma calculat per a una precipitació diària amb un període de retorn de 50 anys a la conca de la riera d'Argentona	199
Figura 70. Hietograma calculat per a una precipitació diària amb un període de retorn de 100 anys a la conca de la riera d'Argentona.....	200
Figura 71. Hietograma calculat per a una precipitació diària amb un període de retorn de 500 anys a la conca de la riera d'Argentona.....	200
Figura 72. Variacions del llindar d'escorrentiu a la conca de la riera d'Argentona 1956-1992. (esquerre).....	215
Figura 73. Variacions del llindar d'escorrentiu a la conca de la riera d'Argentona 1992-2009 (dreta)	215
Figura 74. Variació del llindar d'escorrentiu (Po) de la conca de la riera d'Argentona (període 1956-1992).....	216
Figura 75. Variació del llindar d'escorrentiu (Po) de la conca de la riera d'Argentona (període 1992-2009).....	217
Figura 76. Variació del llindar d'escorrentiu (Po) de la conca de la riera d'Argentona (període 2009-2050 -escenari A2-).....	218
Figura 77. Variació del llindar d'escorrentiu (Po) de la conca de la riera d'Argentona (període 2009-2050 -escenari B1-).....	219
Figura 78. Relació de l'escorrentiu i l'infiltració segons el grau d'urbanització	220
Figura 79. Quantitat d'escorrentiu en funció del temps i de la quantitat de precipitació.	220
Figura 80. Hidrograma unitari del SCS	221
Figura 81. Hidrograma de disseny pel 2050 escenari A2 i pel període de retorn de 500 anys	226

Figura 82. Esquema simplificat de l'espai fluvial en el que s'inclouen les figures previstes en la normativa hidràulica.....	244
Figura 83. Esquema simplificat de l'espai fluvial en el que s'inclouen les figures previstes en matèria urbanística.....	247
Figura 84. Classificació del sòl del Pla Director Urbanístic del Sistema Costaner a la desembocadura de la riera d'Argentona.....	260
Figura 85. Obligació de l'aprovació del Pla d'Actuació Municipal per Inundacions segons el Pla INUNCAT.....	265
Figura 86. Planejament urbanístic dels municipis de la conca de la riera d'Argentona.....	266
Figura 87. Evolució del territori a l'àrea d'estudi. Riera d'Argentona a l'alçada del Veïnat del Cros i Zona Industrial del Cros (Argentona, Mataró, Cabrera de Mar). 1956 (a l'esquerra), 1994 (al centre) i 2015 (a la dreta).	274
Figura 88. Evolució dels habitants a la conca de la riera d'Argentona (1950-2019).....	275
Figura 89. Distribució mensual dels episodis d'inundació que han afectat al Maresme i Catalunya (1950-2019).....	276
Figura 90. Mapa de l'exposició del risc d'inundació de la part inferior de la conca de la riera d'Argentona (any 2009).....	289
Figura 91. Imatge aèrea dels centres comercials Carrefour, Aki i Brico-Depot a Cabrera de Mar.....	289
Figura 92. Mapa de l'exposició del risc d'inundació de la part inferior de la conca de la riera d'Argentona (any 2050 -escenari B1-).....	290
Figura 93. Mapa de l'exposició del risc d'inundació de la part inferior de la conca de la riera d'Argentona (any 2050 -escenari A2-).....	291
Figura 94. Esquema d'increments del nivell del mar degut al temporal (Long Straight Beach) Set-Up.....	297
Figura 95. Ràster de perillositat a la desembocadura de la conca de la riera d'Argentona per a 50, 100 i 500 anys de període de retorn (2009).....	307
Figura 96. Ràster de perillositat a la desembocadura de la conca de la riera d'Argentona per a 50, 100 i 500 anys de període de retorn (2050 A2).....	309
Figura 97. Àmbit afectat per perillositat molt alta i extrema per l'escenari 2050 A2 (marge dret de la desembocadura de la riera d'Argentona). S'expressa sobre l'ortofotomapa de l'any 2018.....	310
Figura 98. Ràster de perillositat a la desembocadura de la conca de la riera d'Argentona per a 50, 100 i 500 anys de període de retorn (2050 B1).....	311
Figura 99. Ràster de valoració de danys potencials en la zona inundable de la conca de la riera d'Argentona (2009).....	315
Figura 100. Ortofoto (2009) del marge dret de la riera d'Argentona.....	317
Figura 101. Ràster de valoració de danys potencials en la zona inundable de la conca de la riera d'Argentona (2050 -escenari B1-).....	318
Figura 102. Ràster de valoració de danys potencials en la zona inundable de la conca de la riera d'Argentona (2050 -escenari A2-).....	320
Figura 103. Resum dels costos associats als danys per pèrdues en estructura i contingut i vides humanes pels diferents períodes d'estudi (2009, 2050 (escenari B1) i 2050 (escenari A2)).....	322

Figura 104. Imatges LIDAR de la desembocadura de la riera d'Argentona.....	329
Figura 105. Via del ferrocarril Barcelona–Mataró a la desembocadura de la riera d'Argentona.	332
Figura 106. Zona de serveis del marge esquerre de la riera d'Argentona on estan situades la planta de tractament de residus sòlids urbans i l'estació depuradora d'aigües residuals.....	334
Figura 107. Impacte de les onades sobre la via del tren R1 Barcelona-Mataró. ...	342
Figura 108. Paviment permeable vegetal, sobre una estructura d'emmagatzematge d'aigües pluvials.....	350
Figura 109. Basses d'acumulació i infiltració (esquerra) i rasses d'infiltració.....	351
Figura 110. Tipus de paviments permeables.....	351
Figura 111. Sistemes urbans de drenatge sostenible (SUDS) per a la gestió de pluges, mitjanes i fortes i excepcionals.....	352
Figura 112. Hidrograma de disseny pel 2009 i pel període de retorn de 50 anys .	390
Figura 113. Hidrograma de disseny pel 2009 i pel període de retorn de 100 anys	390
Figura 114. Hidrograma de disseny pel 2009 i pel període de retorn de 500 anys	390
Figura 115. Hidrograma de disseny pel 2050, escenari A2, i pel període de retorn de 50 anys.....	391
Figura 116. Hidrograma de disseny pel 2050, escenari A2 i pel període de retorn de 100 anys	391
Figura 117. Hidrograma de disseny pel 2050, escenari A2 i pel període de retorn de 500 anys	391
Figura 118. Hidrograma de disseny pel 2050, escenari B1 i pel període de retorn de 50 anys.....	392
Figura 119. Hidrograma de disseny pel 2050, escenari B1 i pel període de retorn de 100 anys	392
Figura 120. Hidrograma de disseny pel 2050, escenari B1 i pel període de retorn de 500 anys	392

Índex de taules

Taula 1. Estructura formal de la tesi.....	44
Taula 2. Episodis més importants causats per inundacions i riscos associats (segles XIII-XIX)	71
Taula 3. Episodis més importants causats per inundacions i riscos associats al segle XX	71
Taula 4. Episodis més importants causats per inundacions i riscos associats al segle XXI	72
Taula 5. Els episodis d'inundacions més importants en el període 1970-2019 en relació als danys totals causats	74
Taula 6. Els episodis d'inundacions més importants en el període 1970-2019 en relació a les persones mortes	74
Taula 7. Incerteses associades a les mesures de gestió de les inundacions	77
Taula 8. Evolució de la població de fet al Maresme i a la conca de la riera d'Argentona (1995-2015)	90
Taula 9. Materials geològics de la conca de la riera d'Argentona i superfície que ocupen	96
Taula 10. Evolució de la població de Dosrius (1950-2016)	105
Taula 11. Evolució de la població d'Òrrius (1950-2016)	106
Taula 12. Evolució de la població d'Argentona (1950-2016)	108
Taula 13. Evolució de la població de Mataró (1950-2016)	110
Taula 14. Densitats poblacionals al Maresme pel període 1719-2015 (hab/km ²) .	114
Taula 15. Conversió dels usos i cobertes del sòl als usos per a l'aplicació de Témex	119
Taula 16. Evolució de la superfície (ha i %) per grans usos i cobertes del sòl, conca de la riera d'Argentona (període 1956-2009)	123
Taula 17. Superfícies dels grans usos i cobertes del sòl per l'any 1956	124
Taula 18. Superfície forestal per usos i cobertes del sòl a la conca de la riera d'Argentona (1956)	128
Taula 19. Superfícies dels grans usos i cobertes del sòl pel període 1956-1992 i 1956-2009, i percentatges de creixement 1956-1992 i 1956-2009.....	129
Taula 20. Superfície forestal per usos i cobertes del sòl a la conca de la riera d'Argentona (1992)	134
Taula 21. Superfícies dels grans usos i cobertes del sòl pel període 1992- 2009 en hectàrees, i percentatges de creixement 1992-2009	138
Taula 22. Superfície forestal per usos i cobertes del sòl a la conca de la riera d'Argentona (2009)	141
Taula 23. Evolució quantitativa dels usos i cobertes del sòl, conca de la riera d'Argentona (anys 1956, 1992 i 2009)	144
Taula 24. Conversió dels usos del 2009 al 2050, per a l'escenari A2.....	152
Taula 25. Conversió dels usos del 2009 al 2050, per a l'escenari B1.....	153
Taula 26. Superfícies dels grans usos i cobertes del sòl pel període 2009-2050 (A2), i percentatges de creixement 2009-2050 (A2) i 1956-2050 (A2)	154

Taula 27. Superfície forestal per usos i cobertes del sòl a la conca de la riera d'Argentona (any 2050 -escenari A2-)	157
Taula 28. Evolució quantitativa dels usos i cobertes del sòl, conca de la riera d'Argentona (anys 1956, 1992, 2009 i 2050 -escenari A2-)	159
Taula 29. Superfícies dels grans usos i cobertes del sòl pel període 2009-2050 (escenari B1), i percentatges de creixement 2009-2050 (escenari B1) i 1956-2050 (escenari B1)	160
Taula 30. Superfície forestal per usos i cobertes del sòl a la conca de la riera d'Argentona (any 2050 -escenari B1-)	163
Taula 31. Evolució quantitativa dels usos i cobertes del sòl, conca de la riera d'Argentona (anys 1956, 1992, 2009 i 2050 -escenari B1-)	165
Taula 32. Distribució dels grans usos i cobertes del sòl a la conca de la riera d'Argentona a l'any 1850	167
Taula 33. Inundacions més importants als municipis de la conca de la riera d'Argentona (1930-2017)	181
Taula 34. Condicions antecedents d'humitat del SCS	190
Taula 35. Codis de la cartografia geològica de l'ICGC, tant en format paper com digital, que corresponen al grup del sòl de tipus A segons la classificació de l'SCS	191
Taula 36. Codis de la cartografia geològica de l'ICC, tant en format paper com digital, que corresponen al grup del sòl de tipus D segons la classificació de l'SCS	192
Taula 37. Caracterització de la conca de la riera d'Argentona i valor del Temps de concentració (h) d'acord amb la fórmula de Témez (c)	193
Taula 38. Resum de la precipitació màxima diària associada als diferents períodes de retorn	194
Taula 39. Precipitació mitjana en 24 h per cada període de retorn	196
Taula 40. Conversió dels usos i cobertes del sòl d'aquest document als usos del sòl del SCS	201
Taula 41. Valors mitjans del CN del SCS	202
Taula 42. Càlcul del nombre de corba per cada un dels tipus d'humitat II i III	203
Taula 43. Criteris d'elecció de l'estat previ d'humitat	206
Taula 44. Nous Po obtinguts amb GIS	209
Taula 45. Càlcul de la Po de la conca de la riera d'Argentona per a l'any 1956	212
Taula 46. Càlcul de la Po de la conca de la riera d'Argentona per a l'any 1992	212
Taula 47. Càlcul de la Po de la conca de la riera d'Argentona per a l'any 2009	213
Taula 48. Càlcul de la Po per la conca de la riera d'Argentona per a l'any 2050 (escenari A2)	213
Taula 49. Càlcul de la Po per la conca de la riera d'Argentona per a l'any 2050 (escenari B1)	214
Taula 50. Paràmetres pel càlcul dels cabals d'avinguda	223
Taula 51. Dades obtingudes amb el programa HEC-HMS	226
Taula 52. Coeficients de rugositat de Manning segons les categories de vegetació	228
Taula 53. Normativa estatal referent a les inundacions	238

Taula 54. Normativa que afecta a les inundacions a Catalunya	243
Taula 55. Normativa referent a les competències municipals	261
Taula 56. Caracterització dels municipis segons el risc i l'obligatorietat o recomanació a elaborar el Pla d'Actuació Municipal (PAM) per inundacions i estat actual de planificació	265
Taula 57. Increment de la població en els municipis de la conca de la riera d'Argentona (1950-2019)	274
Taula 58. Episodis de precipitació d'elevada intensitat que han causat rierades al Maresme en els darrers 30 anys.	282
Taula 59. Distribució de les cobertes del sòl, usos del sòl i superfície inundable en els municipis de la conca de la riera d'Argentona (2015).	284
Taula 60. Valors assignats a la cota de cada element respecte a l'altura a la riera d'Argentona	286
Taula 61. Valors assignats a cada tram respecte a la seva distància a la riera d'Argentona	287
Taula 62. Valors assignats segons la seva inundabilitat màxima per cada període de retorn que l'afecta	287
Taula 63. Taula amb els valors assignats pels usos que poden resultar afectats..	288
Taula 64. Renda bruta disponible familiar per habitant als municipis de la conca de la riera d'Argentona, el Maresme i Catalunya (2011-2014)	295
Taula 65. Danys causats per l'aigua durant la inundació o calat en funció del nivell assolit a la inundació.....	299
Taula 66. Factor de gravetat pel càlcul de la perillositat.....	300
Taula 67. Factor en funció de la probabilitat d'ocurrència.....	300
Taula 68. Reclassificació del mapa d'usos de Catalunya amb les categories d'elements de punts singulars	301
Taula 69. Percentatge dels danys segons la perillositat aplicat a les edificacions destinades a habitatges.....	305
Taula 70. Classificació dels elements territorials en la matriu de punts singulars.	312
Taula 71. Percentatge dels danys segons la perillositat pels diferents usos de l'àrea d'estudi	313
Taula 72. Valoració i ponderació per pèrdues de vides humanes	314
Taula 73. Costos associats als danys per pèrdues en estructura i contingut i en vides humanes pel 2009	316
Taula 74. Costos associats als danys per pèrdues en estructura i contingut i en vides humanes pel 2050, -Escenari B1-	319
Taula 75. Costos associats als danys per pèrdues en estructura i contingut i en vides humanes pel 2050 -escenari A2-	321

"All models are wrong but some are useful"

George Edward P. Box (1919-2013)

Matemàtic britànic expert en estadística

Autor de "Bayesian Inference in Statistical Analysis"

A la Cristina, al Bernat, al Pau i a la Tura.

Agraïments

Quan vaig iniciar els estudis de grau superior, em vaig posar com a fita poder finalitzar l'enginyeria forestal, que compatibilitzava amb el meu treball com a tècnic de medi ambient a nivell comarcal i com a pare de família. Un camí fet amb el suport de moltes persones que m'han ajudat a arribar fins aquí.

Als meus pares, Joan i Pepi, que em van ajudar en tot el que estava al seu abast per poder estudiar una carrera tècnica i em van encoratjar quan semblava que no podia continuar.

A la meua companya, la Cristina, que va començar aquest viatge amb mi... i als meus fills, la Tura, en Pau i en Bernat, als qui he deixat de dedicar algunes hores de joc i entremaliadures per a poder portar a terme aquesta tesi.

Al Pere Ferré Doncel, ambientòleg, per col·laborar amb l'elaboració de la cartografia, i a la Carme Godia Ribes i la Cristina Prats, per ajudar-me en la correcció lingüística.

Als professors i professores de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària de la Universitat de Lleida i de l'Institut de Medi Ambient de la Universitat de Girona, que m'han permès poder desenvolupar els meus estudis i anar descobrint aquest món de les ciències forestals i de la sostenibilitat i tot el que això representa per a la meua vida privada i professional.

I especialment al Doctor David Pavón Gamero i a la Doctora Anna Ribas Palom del Departament de Geografia de la Universitat de Girona, per haver acollit sincerament a l'autor d'aquest projecte i oferir-me el seu temps i assessorament per a portar a terme aquesta tesi doctoral.

Índex general

Resum	2
Resumen	6
Abstract	10
BLOC I. INTRODUCCIÓ	38
1. Justificació i objectius	38
1.1. Justificació	38
1.2. Objectius de la tesi	39
1.2.1. Objectiu general	39
1.2.2. Objectius específics	39
1.2.3. Preguntes de recerca	40
BLOC 2. METODOLOGIA	42
2. Metodologia	42
2.1. Organització i estructura formal de la tesi	44
2.2. Delimitació de l'àrea d'estudi	47
2.3. Fonts d'informació	47
2.3.1. Fonts bibliogràfiques	47
2.3.2. Altres fonts d'informació	50
BLOC 3. MARC TEÒRIC I ÀREA D'ESTUDI	52
3. Marc teòric	52
3.1. El concepte de risc i la seva caracterització	52
3.1.1. Territoris de risc i espais de catàstrofe	56
3.2. L'estudi dels riscos naturals des de la Geografia	62
3.3. Les inundacions com a risc ambiental	70
4. Àrea d'estudi	82
4.1. Context comarcal de la conca	82
4.1.1. Característiques físiques	83
4.1.2. Societat i economia en el conjunt del Maresme	90
4.2. La conca de la riera d'Argentona	94
4.2.1. Geologia de la conca de la riera d'Argentona	94
4.2.2. El relleu i la geomorfologia de la conca de la riera d'Argentona	97
4.2.3. Climatologia	97
4.2.4. Marc socioeconòmic	104
BLOC 4. RESULTATS	112
5. Anàlisi dels canvis en els usos del sòl (1956-1992-2009 i escenaris de futur)	112

5.1. Antecedents	113
5.2. Evolució de la transformació del mosaic paisatgístic a partir de l'anàlisi dels usos i les cobertes del sòl. Conca de la riera d'Argentona, 1956-1992-2009.....	116
5.2.1. Recollida de dades.....	116
5.2.2. Tractament i interpretació de dades.....	117
5.2.3 Elaboració dels mapes d'usos i cobertes del sòl amb l'ús de SIG.	117
5.2.4 Tractament de les dades.	120
5.2.5. Tipologia per a la cartografia dels usos i cobertes del sòl.....	121
5.2.6. Usos i cobertes del sòl a la conca de la riera d'Argentona (1956-2009 i escenaris de futur). Resultats.....	122
5.2.7 Usos i cobertes del sòl pels escenaris de futur.	145
5.2.8. Evolució dels usos i les cobertes del sòl 1956-1992-2009-2050 (escenaris A2 i B1)	166
6. Canvis en els usos del sòl i resposta hidrològica i hidràulica (2009, 2050 (escenari A2) i 2050 (escenari B1)	176
6.1. Qüestions prèvies.....	176
6.2. Metodologia d'elaboració dels estudis hidrològic, hidràulic i de detall de les zones inundables.....	179
6.3. Estudi hidrològic.....	181
6.3.1. Anàlisi de la informació prèvia.	181
6.3.2. Modelització hidrològica	186
6.3.3. Càlcul del llinar d'escorrentiu.....	204
6.3.4. Hidrograma d'escorrentiu superficial.	220
6.3.5. Càlcul dels cabals d'avinguda.	222
6.4. Modelació hidràulica mitjançant Guad2D.....	227
7. Gestió de les inundacions a la conca de la riera d'Argentona.	230
7.1. El marc jurídic de les inundacions	230
7.1.1 Marc jurídic a nivell internacional.....	230
7.1.2. Marc jurídic a nivell europeu.	235
7.1.3 Marc jurídic espanyol.	237
7.1.4. Marc jurídic de Catalunya.	243
7.1.5. Marc jurídic a nivell local.....	261
7.2. Gestió dels riscos ambientals a la conca de la riera d'Argentona.....	264
7.2.1. Gestió en inundacions a l'àmbit de la conca de la riera d'Argentona.....	264
7.3. El planejament urbanístic com a mesura de gestió de les inundacions	265
7.3.1. Normativa urbanística de Dosrius en relació a les inundacions.	266
7.3.2. Normativa urbanística d'Argentona en relació a les inundacions.	267

7.3.3. Normativa urbanística d'Òrrius en relació a les inundacions.	268
7.3.4. Normativa urbanística de Mataró en relació a les inundacions.....	269
7.4. Factors determinants en les inundacions	272
7.4.1. Inundacions.	272
7.4.2. Espais inundables.	283
8. Exposició al risc de la conca de la riera d'Argentona	286
8.1. Procediment metodològic.....	286
8.1.1. L'alçada respecte a la riera d'Argentona.....	286
8.1.2. Proximitat a la riera d'Argentona.....	286
8.1.3. Inundabilitat segons el període de retorn.....	287
8.1.4. Tipologia d'usos afectats.....	288
8.2. Càlcul de l'exposició	288
9. Determinació de la vulnerabilitat econòmica per als anys d'estudi (2009 i escenaris de futur)	294
9.1. Resistència socioterritorial al risc d'inundació.....	294
9.2. Procediment metodològic.....	296
9.2.1. Determinació de les zones inundables.....	296
9.2.2. Determinació de la perillositat.....	298
9.2.3. Obtenció dels elements vulnerables a partir del mapa de cobertes del sòl.....	301
9.2.4. Assignació de valor unitari als elements vulnerables	302
9.2.5. Assignació de valor unitari del dany d'inundació segons el grau d'afecció	305
9.2.6. Quantificació dels danys potencials en la zona inundable.....	305
9.3. Resultats.....	306
9.3.1. Ràster de perillositat.	306
9.3.2. Valor unitari dels elements vulnerables (punts singulars).....	311
9.3.3. Valoració unitària dels danys d'inundació.	313
BLOC 5. DISCUSSIÓ	324
10. Discussió general	324
10.1. Les modificacions dels usos del sòl i el canvi climàtic en relació a les inundacions	324
10.2. Els principals factors que influeixen sobre les inundacions a la conca de la riera d'Argentona.....	327
10.3. La vulnerabilitat econòmica causada per les inundacions a la conca de la riera d'Argentona.....	329
BLOC 6. CONCLUSIONS.....	338
11. Conclusions i propostes.....	338
11.1. Consecució dels objectius plantejats	338
11.2. Propostes.....	345

11.2.1. Ordenar el territori.....	345
11.2.2. Millorar.....	348
11.2.3. Prevenir.	353
11.2.4. Educar i sensibilitzar.....	355
11.3. Futures línies de recerca	356
12. Bibliografia	358
Annexos	390
Annex 1. Hidrogrames de dissenys pels diferents anys i períodes de retorn objecte d'estudi	390
Cartografia	394
Mapa 1. Topogràfic de la conca de la riera d'Argentona	396
Mapa 2. Ortofoto de la conca de la riera d'Argentona	398
Mapa 2.1. Ortofoto de la conca de la riera d'Argentona (1956).....	399
Mapa 2.2. Ortofoto de la conca de la riera d'Argentona (2009).....	400
Mapa 3. Usos i cobertes del sòl.....	402
Mapa 3.1: Usos i cobertes del sòl (1956)	403
Mapa 3.2. Usos i cobertes del sòl (1992)	404
Mapa 3.3. Usos i cobertes del sòl 2009.....	405
Mapa 3.4. Usos i cobertes del sòl 2050 per l'escenari B1.....	406
Mapa 3.5. Usos i cobertes del sòl 2050 per l'escenari A2.....	407
Mapa 4. Llindar d'escorrentiu.	408
Mapa 4.1. Llindar d'escorrentiu (1956-1992)	409
Mapa 4.2. Llindar d'escorrentiu (1992-2009)	410
Mapa 4.3. Llindar d'escorrentiu (2009-escenari B1).....	411
Mapa 4.4. Llindar d'escorrentiu (2050-escenari A2).....	412
Mapa. 5. Zones inundables. Períodes de retorn 50, 100 i 500	414
Mapa 5.1. Zones inundables 2009. Períodes de retorn 50, 100 i 500	415
Mapa 5.2. Zones inundables 2050 per l'escenari B1. Períodes de retorn 50, 100 i 500.....	416
Mapa 5.3. Zones inundables 2050 per l'escenari A2. Períodes de retorn 50, 100 i 500.....	417
Mapa 6. Exposició del risc d'inundació	418
Mapa 6.1. Exposició al risc d'inundació 2009	419
Mapa 6.2. Exposició al risc d'inundació 2050, escenari A2.....	420
Mapa 6.3. Exposició al risc d'inundació 2050, escenari B1.....	421
Mapa 7. Perillositat.	422
Mapa 7.1. Perillositat 2009.	423
Mapa 7.2. Perillositat 2050 per a l'escenari B1.....	424
Mapa 7.3. Perillositat 2050 per a l'escenari A2.	425

Mapa 8. Danys.	426
Mapa 8.1. Danys estimats 2009.	427
Mapa 8.2. Danys estimats 2050 per l'escenari B1.	428
Mapa 8.3. Danys estimats 2050 per l'escenari A2.	429

Resum

La recerca d'aquesta tesi pretén avaluar els efectes de les transformacions territorials i del canvi climàtic al risc d'inundació, partint de l'any 1956 fins a l'actualitat, i estimant com seria l'àmbit geogràfic escollit el 2050 d'acord amb diferents escenaris d'adaptació o no al propi canvi climàtic.

Aquesta pretensió es concreta a través de l'objectiu general d'aquesta recerca: analitzar els efectes derivats dels canvis en els usos i les cobertes del sòl que ha experimentat la conca de la riera d'Argentona (El Maresme, Catalunya) des de 1956 fins al 2016 pel que fa al risc d'inundació, així com quina és la incidència que podria arribar a tenir, en aquest mateix sentit, el model de desenvolupament territorial futur, tot considerant diverses alternatives de creixement urbanístic, els impactes del canvi climàtic i l'aplicació de diferents mesures preventives i de mitigació.

L'àrea d'estudi es va definir per tractar-se d'un territori proper i conegut per a l'autor, tant a nivell personal com professional. Va ser fonamental la disponibilitat de les dades cartogràfiques i de la documentació referent a les inundacions més significatives que han afectat la zona des de 1956 fins a l'actualitat, dels estudis d'inundabilitat actuals conclusos i aprovats per l'administració pública, així com disposar de les definicions dels escenaris de futur i que ens han permès estimar la modelització de les dinàmiques espacials objecte d'anàlisi. Concretament es va seleccionar la conca hidrogràfica de la riera d'Argentona, que comprèn 7.357 hectàrees i 149.958 habitants (any 2018). Agrupa els termes municipals d'Argentona, Dosrius, Òrrius i parcialment, els de Mataró i Cabrera de Mar. Es caracteritza per tractar-se d'una àrea amb unes condicions similars a la resta de conques litorals mitjanes i grans de la comarca del Maresme i del conjunt del sistema costaner català amb la juxtaposició d'un seguit de rieres i rambles.

Per a determinar les transformacions territorials que s'han produït en aquesta conca hem analitzat, en primer lloc, els canvis en els usos del sòl des de 1956 fins a l'actualitat. Tot seguit s'ha estimat la seva evolució futura, considerant com a horitzó l'any 2050 i pels escenaris ambientals A2 i B1 els quals es contemplen al Grup Intergovernamental d'Experts sobre Canvi Climàtic (IPCC). A tal efecte s'ha utilitzat la cartografia de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC) i les eines d'anàlisi i modelització dels Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG). Les dades obtingudes ens han permès conèixer que, el 1956, aquesta conca encara era majoritàriament forestal, amb domini de boscos esclarissats, però amb un significatiu espai agrícola que ocupava un terç de la superfície, i un espai artificialitzat força marginal. Fruit del desenvolupament econòmic i social, la conca ha modificat substancialment aquesta distribució d'usos. Així, actualment, l'espai agrícola s'ha reduït fins a esdevenir, tan sols, el 10% de la superfície. En sentit

contrari, l'espai forestal s'ha incrementat fins assolir gairebé el 80% del total, però ara amb boscos espessos. Hi sobresurt en la dinàmica descrita l'augment del sòl artificialitzat fins assolir gairebé un 14%.

A partir de la situació actual, s'han incorporat nous condicionants per estimar com seria aquest territori al 2050, basant-nos especialment en la incidència del canvi climàtic i en l'ordenació del territori. Així, s'ha obtingut la distribució esperada dels nous usos i cobertes de la conca, on segons l'escenari que valorem, es tindrà un major o menor impacte sobre el territori que, en tot cas, es traduirà en unes condicions més compromeses que les actuals. D'una banda, l'escenari B1, el més moderat, descriu canvis ràpids de les estructures econòmiques orientades cap a una preponderància dels serveis i de la informació, acompanyats d'un ús menys intensiu dels materials, amb la introducció de les tecnologies netes i amb un aprofitament eficient dels recursos. En cas de considerar aquest escenari obtindrem una conca on, respecte a l'actualitat, no s'incrementaria significativament la superfície artificialitzada i es mantindrien els espais agrícoles i forestals. En canvi, l'escenari A2, traduït a l'escala local, comportaria un increment del sòl artificialitzat, la reducció i degradació dels espais agrícoles i la pèrdua de valors ambientals dels usos forestals. En ell s'incrementarien els boscos esclarissats en els vessants orientats al sud i de major pendent, amb la corresponent pèrdua d'una part important dels boscos de major valor ambiental.

Una vegada identificats els diferents canvis en els usos del sòl dels diferents períodes a estudiar, s'ha procedit a determinar les respostes hidrològica i hidràulica de la conca, per tal de conèixer com afectarà al risc de les inundacions. Uns canvis d'usos i cobertes que causaran transformacions rellevants en la formació d'escorrentiu i en l'acumulació o no d'aigües pluvials a les lleres en cas d'aiguats.

El planejament actual dels municipis de la conca de la riera d'Argentona no té en compte el risc de les inundacions. Aquesta manca de prevenció implica que, en el cas que es produïssin unes de caràcter catastròfic, el nivell de risc seria molt alt.

L'aplicació dels diferents paràmetres de les transformacions territorials d'acord amb els condicionants per cadascun dels períodes d'estudi a través dels Sistemes d'Informació Geogràfica i el càlcul posterior de l'exposició i la vulnerabilitat de les inundacions han permès identificar les zones inundables i el grau d'afectació. També valorar els danys de les estructures i dels continguts afectats per cadascun dels seus usos, d'acord amb els preus unitaris preestablerts per diferents administracions. Segons la metodologia experimental emprada, es partiria d'uns danys quantificats en 104 M€ de l'actualitat, els quals es doblarien fins als 202 M€ per l'escenari 2050 B1, i s'assolirien uns valors màxims de 268 M€ per a l'escenari 2050 A2.

Els resultats obtinguts posen en evidència els danys potencials causats per les transformacions territorials i amplificats per les dinàmiques associades al canvi climàtic. Així doncs, cal prendre mesures per minimitzar els risc i les pèrdues ocasionades per les inundacions. En aquest sentit, es proposa ordenar el territori amb l'objectiu de fer-lo més resilient i reduir la seva exposició i vulnerabilitat al risc d'inundacions. El planejament urbanístic s'ha d'adaptar al canvi climàtic i, en especial, al risc d'inundació. Paral·lelament, ens cal disposar de plans d'emergència locals i supramunicipals de conca que incloguin les mesures de prevenció i reducció del risc, i fixar sistemes d'alerta dels gestors d'emergència i de la pròpia ciutadania.

Més enllà de les qüestions normatives i tècniques, l'educació, la sensibilització i la formació en el risc són igual de fonamentals per reduir la vulnerabilitat de la societat front nous episodis. Amb elles estarem formant i sensibilitzant a la ciutadania en les dinàmiques naturals, en la precaució i l'adaptació, tot augmentant la capacitat de resposta i de recuperació no només de cada individu, sinó del conjunt de la comunitat.

Resumen

La investigación de esta tesis pretende evaluar los efectos de las transformaciones territoriales y del cambio climático al riesgo de inundación, partiendo del año 1956 hasta la actualidad, y estimando cómo sería el ámbito geográfico escogido, el 2050, de acuerdo con diferentes escenarios de adaptación o no al propio cambio climático.

Esta pretensión se concreta a través del objetivo general de esta investigación: analizar los efectos derivados de los cambios en los usos y las cubiertas del suelo que ha experimentado la cuenca de la riera de Argentona (El Maresme, Cataluña) desde 1956 hasta el 2016 en relación al riesgo de inundación, así como qué es la incidencia que podría llegar a tener, en este mismo sentido, el modelo de desarrollo territorial futuro, considerando varias alternativas de crecimiento urbanístico, los impactos del cambio climático y la aplicación de diferentes medidas preventivas y de mitigación.

El área de estudio se definió para tratarse de un territorio próximo y conocido para el autor, tanto a nivel personal como profesional. Fue fundamental la disponibilidad de los datos cartográficos y de la documentación en lo referente a las inundaciones más significativas que han afectado la zona desde 1956 hasta la actualidad, de los estudios de inundabilidad actuales concluidos y aprobados por la administración pública, así como disponer de las definiciones de los escenarios de futuro y que nos han permitido estimar la modelización de las dinámicas espaciales objeto de análisis. Concretamente se seleccionó la cuenca hidrográfica de la riera de Argentona, de 7.357 hectáreas y 149.958 habitantes (año 2018). Agrupa los términos municipales de Argentona, Dosrius, Òrrius y parcialmente, los de Mataró y Cabrera de Mar. Se caracteriza para tratarse de una área con unas condiciones similares al resto de cuencas litorales medianas y grandes de la comarca del Maresme y del conjunto del sistema costero catalán con la yuxtaposición de una serie de rieras y ramblas.

Para determinar las transformaciones territoriales que se han producido en esta cuenca hemos analizado, en primer lugar, los cambios en los usos del suelo desde 1956 hasta la actualidad. A continuación se ha estimado su evolución futura, considerando como horizonte en 2050 y por los escenarios ambientales A2 y B1 los cuales se contemplan al Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC). A tal efecto se ha utilizado la cartografía del Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña (ICGC) y las herramientas de análisis y modelización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Los datos obtenidos nos han permitido conocer que, el 1956, esta cuenca todavía era mayoritariamente forestal, con dominio de bosques ralos, pero con un significativo espacio agrícola que ocupaba un tercio de la superficie, y un espacio artificializado bastante marginal. Fruto

del desarrollo económico y social, la cuenca ha modificado sustancialmente esta distribución de usos. Así, actualmente, el espacio agrícola se ha reducido hasta acontecer, tan solo, el 10% de la superficie. En sentido contrario, el espacio forestal se ha incrementado hasta lograr casi el 80% del total, pero ahora con bosques espesos. Sobresale en la dinámica descrita el aumento del suelo artificializado hasta lograr casi un 14%.

A partir de la situación actual, se han incorporado nuevos condicionantes para estimar cómo sería este territorio al 2050, basándonos especialmente en la incidencia del cambio climático y en la ordenación del territorio. Así, se ha obtenido la distribución esperada de los nuevos usos y cubiertas de la cuenca, donde según el escenario que valoremos, se tendrá un mayor o menor impacto sobre el territorio que, en todo caso, se traducirá en unas condiciones más comprometidas que las actuales. Por un lado, el escenario B1, el más moderado, describe cambios rápidos de las estructuras económicas orientadas hacia una preponderancia de los servicios y de la información, acompañados de un uso menos intensivo de los materiales, con la introducción de las tecnologías limpias y con un aprovechamiento eficiente de los recursos. En caso de considerar este escenario obtendremos una cuenca donde, respecto a la actualidad, no se incrementaría significativamente la superficie artificializada y se mantendrían los espacios agrícolas y forestales. En cambio, el escenario A2, traducido en la escala local, comportaría un incremento del suelo artificializado, la reducción y degradación de los espacios agrícolas y la pérdida de valores ambientales de los usos forestales. En él se incrementarían los bosques ralos en las vertientes orientadas en el sur y de mayor pendiente, con la correspondiente pérdida de una parte importante de los bosques de mayor valor ambiental.

Una vez identificados los diferentes cambios en los usos del suelo de los diferentes periodos a estudiar, se ha procedido a determinar las respuestas hidrológica e hidráulica de la cuenca, para conocer como afectará al riesgo de las inundaciones. Unos cambios de usos y cubiertas que causarán transformaciones relevantes en la formación de escorrentía y en la acumulación o no de aguas pluviales a los cauces en caso de trombas de agua.

El planeamiento actual de los municipios de la cuenca de la riera de Argentona no tiene en cuenta el riesgo de las inundaciones. Esta carencia de prevención implica que, en el supuesto de que se produjeran unas de carácter catastrófico, el nivel de riesgo sería muy alto.

La aplicación de los diferentes parámetros de las transformaciones territoriales de acuerdo con los condicionantes por cada uno de los periodos de estudio a través de los Sistemas de Información Geográfica y el cálculo posterior de la exposición y la vulnerabilidad de las inundaciones han permitido identificar las zonas inundables y el grado de afectación. También

valorar los daños de las estructuras y de los contenidos afectados por cada uno de sus usos, de acuerdo con los precios unitarios preestablecidos por diferentes administraciones. Según la metodología experimental empleada, se partiría de unos daños cuantificados en 104 M€ de la actualidad, los cuales se doblarían hasta los 202 M€ por el escenario 2050 B1, y se lograrían unos valores máximos de 268 M€ para el escenario 2050 A2.

Los resultados obtenidos ponen en evidencia los daños potenciales causados por las transformaciones territoriales y amplificadas por las dinámicas asociadas al cambio climático. Así pues, hay que tomar medidas para minimizar los riesgos y las pérdidas ocasionadas por las inundaciones. En este sentido, se propone ordenar el territorio con el objetivo de hacerlo más resiliente y reducir su exposición y vulnerabilidad al riesgo de inundaciones. El planeamiento urbanístico se tiene que adaptar al cambio climático y, en especial, al riesgo de inundación. Paralelamente, necesitamos disponer de planes de emergencia locales y supramunicipales de cuenca que incluyan las medidas de prevención y reducción del riesgo, y fijar sistemas de alerta de los gestores de emergencia y de la propia ciudadanía.

Más allá de las cuestiones normativas y técnicas, la educación, la sensibilización y la formación en el riesgo son igual de fundamentales para reducir la vulnerabilidad de la sociedad frente a nuevos episodios. Con ellas estaremos formando y sensibilizando a la ciudadanía en las dinámicas naturales, en la precaución y la adaptación, aumentando la capacidad de respuesta y de recuperación no solo de cada individuo, sino del conjunto de la comunidad.

Abstract

The research of this thesis aims to evaluate, starting from the year 1956 to the present, the effects of the territorial transformations and climate change at the risk of flooding, estimating how the chosen geographical area would be in 2050 in accord to different scenes of adaptation or not to the climate change itself.

This ambition is specified through the general objective of this research: to analyse the effects derived from the changes in the uses and the soil cover, that the basin of Argentona's stream (Maresme, Catalonia) has experienced from 1956 to 2016, regarding the flood risk, as well as the incidence the future territorial development model could have, in the same way, considering various alternatives of urban growth, the impacts of the climate change and the application of different preventive and mitigation measures.

The area of study was defined for being a nearby and known territory to the author, both personally and professionally. It was essential for the thesis the availability of the cartographic datum and documentation referring to the most significant floods that have affected the area since 1956 to the present, of current flood studies concluded and approved by the public administration, as well as having the definitions of the future scenarios that have allowed us to estimate the modelling of space dynamics, which have been the object analysed. Specifically, the hydrographic basin of the Argentona stream was selected, which comprises 7,357 hectares and 149,958 inhabitants (year 2018). It groups the municipalities of Argentona, Dosrius, Òrrius and partially, those of Mataró and Cabrera de Mar. It is characterized by being an area with similar conditions to the rest of the medium and large littoral basins of the region of Maresme and the entire Catalan coastal system, with the juxtaposition of a series of streams and wadis.

To determine the territorial transformations that have occurred in this basin we have first analysed, the changes in land use from 1956 to the present. Straightaway, their future evolution has been estimated considering as an extent the year 2050 and for the environmental scenarios A2 and B1, which are contemplated in the Intergovernmental Group of Experts on Climate Change (IPCC). To this end, the cartography of the Cartographic and Geological Institute of Catalonia (CGC), as well as the analysis and moderation tools of the Geographical Information Systems (GIS) have been used. The data obtained has allowed us to know that in 1956, this basin was still mostly forested, with a dominance of deserted/cleared forests, but with a significant agricultural space that occupied a third of the surface, and a rather marginalized artificialized space. As a result of the economic and social development, the basin has substantially modified this distribution of uses.

Thus, at the present, the agricultural space has been reduced to be only the 10% of the surface area. In the opposite direction, the forest space has increased to almost 80% of the total, but now with dense/leafy forests. The increase of the artificialized soil to almost 14% has stood out in the dynamics described.

Starting from the current situation, new conditionals have been incorporated to estimate how this territory would be in 2050, especially basing ourselves on the incidence of the climatic change and the territorial management. Thus, it has been obtained the expected distribution of the new uses and covers of the basin, where according to the scenario we value, there will be a greater or lesser impact on the territory, which, in any case, will result in more committed conditions than the current ones. On the one hand, scenario B1, the most moderate, describes rapid changes in the economic structures oriented towards a preponderance of the services and information, accompanied by a less intensive use of materials, with the introduction of clean technologies and an efficient use of resources. In case of considering this scenario, we will obtain a basin where, compared to the present time, the artificialized surface would not increase significantly, and the agricultural and forestry spaces would be maintained. On the other hand, scenario A2, translated at the local scale, would entail an increase of the artificialized soil, the reduction and degradation of the agricultural areas and the loss of environmental values of forest uses. In it, the cleared forests on the slopes facing the/oriented to the south would increase, with the corresponding loss of an important part of the forests of greater environmental value.

Once the different changes in the land uses of different periods to be studied have been identified, the hydrological and hydraulic responses of the basin have been determined, in order to know how it will affect the risk of flooding. Changes in uses and covers which/that will cause significant transformations in the formation of runoff and in the accumulation or not of rainwater on the streams in the case of downpours.

The current approach of the municipalities of the basin of the Argentoná's stream does not consider the risk of flooding. This lack of prevention implies that, if some catastrophic floods occur, the level of risk would be very high.

The application of the different parameters of the territorial transformations according to the determining factors for each one of the study periods through the Geographic Information Systems and the subsequent calculation of the exposure and the vulnerability of the floods has allowed to identify the flooding areas and the degree of damage. Also, assess the damage of the structures and contents affected by each of its uses, in accordance with the pre-established unitary prices by the different administrations. According to the experimental methodology used, it would start from damages quantified at €104 M today, which would double up to €202 M for B1 scenario/stage of

2050 and would reach maximum values of €268 M for the scenario A2 of 2050.

The results obtained demonstrate the potential damages caused by the territorial transformations and amplified by the dynamics associated with the climate change. Therefore, it is necessary to take measures to minimize the risk and losses caused by floods. In this sense, it is proposed to organise the territory with the aim of making it more resilient and to reduce its exposure and vulnerability to the risk of floods. Urban planning must adapt to climate change and, especially, to the flood risk. At the same time, it is necessary to have local and municipal emergency plans for the basin, that include risk prevention and reduction measures, and establish warning systems for emergency managers and citizens themselves.

Beyond the normative and technical issues, education, awareness and training in risk are equally fundamental to reduce the society's vulnerability to new episodes. With them we will be training and sensitizing citizens in natural dynamics, in precaution and adaptation, increasing the response and recovery capacity not only of each individual, but of the community as a whole.

BLOC I. INTRODUCCIÓ

El primer bloc està format pel capítol 1, que tracta sobre la justificació de la tesi i els objectius.

1. Justificació i objectius

1.1. Justificació

L'interès per ampliar els coneixements entorn a la problemàtica de les inundacions i els incendis forestals em ve donat per la meua activitat personal i professional. Així, el fet de viure durant la meua infantesa en una casa de pagès llevant amb la riera de Pins, a Argentona, em va permetre incorporar a la meua experiència i coneixements adquirits com funcionava aquest sistema de drenatge i quins perills comportava. Posteriorment, quan diversos incendis forestals van afectar el Maresme a la dècada de 1980-1989, vaig implicar-me en la creació de les Agrupacions de Defensa Forestal, tant per millorar la prevenció, com per potenciar i ordenar la col·laboració del voluntariat i dels propis Ajuntaments en les tasques de defensa i prevenció d'incendis forestals. El 1989 vaig fundar l'entitat Natura Maresme, que s'ha destacat per la defensa del patrimoni natural i l'educació ambiental. Finalment, en la meua activitat professional com a tècnic de medi ambient a l'administració comarcal, m'he dedicat al planejament i direcció d'obra dels plans de manteniment de lleres al Maresme (2002-2009 i 2014-2015) i dels plans de prevenció d'incendis en urbanitzacions (2003 fins al 2020). Actualment treballo en l'àmbit de l'ecologia a l'Àrea Metropolitana de Barcelona.

Complementàriament, m'ha interessat l'estudi del paisatge i els usos del sòl del territori amb el que tinc més relació, el Maresme i el vessant de la Serralada Litoral del Vallès Oriental, així com els desastres causats per incendis forestals i inundacions, i especialment els efectes del canvi climàtic als boscos, les seves causes i la seva incidència sobre la societat i sobre els propis sistemes naturals.

Així, per una banda, tenim una comarca, el Maresme, identificada amb les rierades quan es produeix l'avinguda de la riera, violenta, sovint sobtada i de curta durada (Riba, 1997). Les rierades afecten periòdicament la major part de nuclis urbans situats vora mar, al final de les conques hidrogràfiques, especialment Arenys de Mar, Cabrera de Mar, Cabrils, Caldes d'Estrac, Calella, Canet de Mar, Malgrat de Mar, el Masnou, Mataró, Premià de Mar i Vilassar de Mar. Malgrat que el Pla Director de protecció contra avingudes al Maresme (Pla Director d'ara en davant) va ésser redactat per la Generalitat

de Catalunya amb data de novembre de 1992, amb una inversió de 105,82 M€, que incloïa 70 actuacions a realitzar entre el 1992 i el 2000, avui en dia, continuem tenint un elevat risc d'inundacions a la major part del territori.

Per l'altra banda, el desenvolupament urbanístic del darrer mig segle, amb el creixement de les anomenades *urbanitzacions* enmig de la natura, i el simultani abandonament de les activitats agrícoles situades a les zones de major pendent, i la seva posterior reforestació, sense aplicar cap tipus d'ordenació forestal, ha generat unes noves situacions de risc que ens ha obligat a actuar per a reduir-ho. La via per aconseguir-ho han estat els plans de prevenció locals, que en cap cas s'han integrat en plans de prevenció supraterritorials, i que, en la major part dels casos, només incorporen actuacions preventives parcials, de forma que podrien arribar a ser ineficaces en cas de situacions de risc importants.

Per tot això, es justifica la necessitat de desenvolupar un estudi que analitzi la problemàtica de les inundacions en un àmbit tan afectat com és el Maresme, i a una escala de detall suficient i representativa com és la conca hidrogràfica de la riera d'Argentona.

1.2. Objectius de la tesi

Els objectius que es pretenen assolir amb el desenvolupament d'aquesta tesi són:

1.2.1. Objectiu general.

Analitzar els efectes derivats dels canvis en els usos i les cobertes del sòl que s'han donat a la conca de la riera d'Argentona des de 1956 fins al 2016 pel que fa al risc d'inundació, així com quina és la incidència que podria arribar a tenir en aquest mateix sentit el model de desenvolupament territorial futur, considerant diverses alternatives de creixement urbanístic, els impactes del canvi climàtic i l'aplicació de diferents mesures preventives i de mitigació.

1.2.2. Objectius específics.

1. Identificar, classificar, cartografiar i caracteritzar els canvis en els usos i les cobertes del sòl en els anys 1956, 1992, 2009 i pels escenaris de futur 2050 (B1) i 2050 (A2).
2. Determinar i analitzar la resposta hidrològica i hidràulica de la conca de la riera d'Argentona per a cada un dels anys d'estudi indicats anteriorment.
3. Estudiar com s'han gestionat les inundacions a l'àrea d'estudi en relació als danys causats i d'acord a la normativa i planejament territorial i urbanístic aplicable en cada moment.

4. Calcular i analitzar el nivell d'exposició al risc d'inundació a partir dels diferents factors que intervenen en la seva configuració.
5. Determinar les zones inundables, el risc i la vulnerabilitat econòmica de l'àrea d'estudi per a l'any 2009 i pels escenaris de futur 2050 (B1) i 2050 (A2).
6. -Proposar estratègies i actuacions per tal de prevenir i mitigar el risc d'inundacions en el futur.

1.2.3. Preguntes de recerca.

Atenent el plantejament exposat anteriorment i per concretar l'objectiu general i els objectius específics d'aquesta investigació, definim 7 preguntes de recerca.

Pregunta de recerca 1. Com s'han modificat els usos i cobertes del sòl en el període 1956-2009, i com es preveu que es modifiquin pels escenaris de futur 2050 B1 i A2?

Aquesta pregunta de recerca s'associa a l'objectiu específic 1. Les seves respostes ens han de permetre conèixer com han evolucionat els usos i cobertes del sòl i com s'estima que ho puguin fer amb les noves condicions definides pel canvi climàtic i el planejament.

Pregunta de recerca 2. Quines mesures de prevenció del risc d'inundació s'han incorporat a la gestió i el planejament d'aquest territori?

Aquesta pregunta de recerca s'associa a l'objectiu específic 3. I ens ha de permetre conèixer la gestió present per minimitzar els danys futurs per inundacions.

Pregunta de recerca 3. Ha augmentat el risc d'inundació a l'àrea d'estudi respecte a períodes anteriors?. I quina serà la seva afectació futura?

Aquesta pregunta de recerca respon als objectius específics 1, 4 i 5. Pretenem identificar si s'ha incrementat o ha disminuït el risc d'inundació en relació a les transformacions territorials que s'han donat i als efectes derivats del canvi climàtic.

Pregunta de recerca 4. És suficient el nivell de riquesa que es genera als espais inundables per assumir els costos de l'aplicació de les mesures de gestió i prevenció necessàries per disminuir la vulnerabilitat al risc d'inundació?

Aquesta pregunta de recerca s'associa als objectius específics 5 i 6 i pretén valorar la riquesa generada als espais inundables i valorar els costos de la implantació de les mesures de gestió i prevenció necessàries per disminuir la vulnerabilitat al risc.

Pregunta de recerca 5. Com afecta a l'exposició i la vulnerabilitat al risc els impactes del canvi climàtic i el desenvolupament urbanístic previst en els planejaments municipals i supramunicipals per aquest territori?

D'acord amb els objectius específics 4 i 5, ens interessa conèixer l'exposició i la vulnerabilitat al risc d'inundació d'aquest territori en la situació actual, i especialment, amb el desenvolupament territorial i urbanístic que ja està planificat i aprovat.

Pregunta de recerca 6. Quines mesures de gestió es poden aplicar al territori per tal de disminuir la seva vulnerabilitat al risc?

Associem aquesta pregunta de recerca a l'objectiu específic 6, amb l'interès de disposar de mesures de gestió que ens permetin minimitzar l'impacte de les inundacions, per tal de poder-les incloure posteriorment en la pròpia planificació i gestió del territori per part de les administracions públiques.

BLOC 2. METODOLOGIA

El segon bloc está format únicament pel capítol 2, referent a la metodologia.

2. Metodologia

A continuació es presenta, de manera esquemàtica, la metodologia emprada en aquest treball. Posteriorment, en els capítols següents, es detallaran més exhaustivament els procediments formulats per a la recerca.

Aquesta tesi doctoral desenvolupa una metodologia mixta qualitativa i quantitativa. D'acord amb la tipologia de dades i anàlisis amb les que treballarem, podem investigar l'evolució dels riscos ambientals i la seva gestió, perquè ens permet portar a terme comparacions, mesures i transferències de resultats a través de l'anàlisi i l'observació (González, 1997).

El disseny de la investigació determina un cas d'estudi perquè es refereix a un objecte d'anàlisi definit, que té sentit dins el context i que es considera rellevant per a ser estudiat. Es tracta d'un cas d'estudi d'una conca hidrogràfica formada per cinc municipis del Maresme que presenten diferents nivells de transformació socioterritorial i on les inundacions representen una problemàtica, amb causes i impactes similars a d'altres municipis del litoral i prelitoral català, però amb diverses particularitats que els fan diferents entre ells.

Aquesta investigació correspon a un cas avaluatiu on es descriuen i expliquen les situacions, es formulen judicis de valor que constitueixin les bases per a prendre decisions encertades (Bisquerra, 2004). Aquest mètode és particularment actiu i, finalment, aplicable a diferents camps on es tracti de combinar efectivament la teoria i la pràctica (Andrés, 1980), facilitant una contribució potencial a la millora de la realitat social.

D'acord amb Muchielli (1970) i Asopa i Beye (2001), estudiarem el problema real i específic d'una forma activa, a través de les preguntes de recerca, per comprendre, conèixer i analitzar tot el context i les variables que intervenen en el cas, facilitant-nos el coneixement de la realitat de la gestió i prevenció de les inundacions al territori de la conca de la riera d'Argentona, la situació dels diferents períodes de referència i l'actual, així com els escenaris de futur i el valor de les polítiques que s'han de prendre sobre prevenció de riscos.

Pel que fa al disseny metodològic, es desenvolupa una investigació bibliogràfica i documental que ens permet definir el marc teòric de la tesi. I en relació a la recollida de dades (Del Rincón et al, 1995), s'ha desenvolupat la cartografia necessària per a conèixer els usos i cobertes del sòl per cada un dels períodes de referència.

Aquesta cartografia d'usos i cobertes del sòl ha estat la base en la qual s'han desenvolupat les cartografies posteriors, fent possible determinar les zones inundables per a cada un dels períodes de retorn establerts. També ha permès analitzar tots els paràmetres necessaris per a conèixer la vulnerabilitat i el risc de les inundacions, i elaborar els respectius mapes de perillositat i vulnerabilitat al risc.

Finalment, seguint els processos determinats per l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA, 2013), s'han valorat els costos econòmics per a les pèrdues de vides humanes i de patrimoni que podrien causar les inundacions per a cada període temporal estudiat.

2.1. Organització i estructura formal de la tesi

Aquesta tesi doctoral s'estructura en vuit apartats: objectius, preguntes de recerca, metodologia, marc teòric, resultats, discussió, conclusions i prospectives. A la Taula 1 es presenta l'estructura formal de la tesi.

Taula 1. Estructura formal de la tesi

BLOC	Capítol	Contingut
1	Introducció	
	Capítol 1	Justificació i objectius.
2	Metodologia	
	Capítol 2	Metodologia.
3	Marc teòric i àrea d'estudi	
	Capítol 3	Marc teòric: territoris-risc, vulnerabilitat a les pèrdues econòmiques, litoralització del risc, metropolització.
	Capítol 4	Àrea d'estudi. La conca de la riera d'Argentona. Els municipis.
4	Resultats	
	Capítol 5	Anàlisi dels canvis en els usos del sòl (1956, 1980, 2009, escenaris de futur A2 i B1). Canvis en els usos del sòl. Causes i resultats. Incidència de les inundacions). Escenaris de futur (segons canvi climàtic, planejament del territori i perspectives de gestió).
	Capítol 6	Canvis en els usos del sòl i resposta hidrològica i hidràulica (2009, 2050 escenari A2 i 2050 escenari B1). Canvis en els paràmetres de formació d'escorrentiu.
	Capítol 7	Gestió de les inundacions a la conca de la riera d'Argentona. Marc jurídic. Gestió de les inundacions. Planejament urbanístic.
	Capítol 8	Exposició al risc de la conca de la riera d'Argentona.
5	Capítol 9.	Determinació de la vulnerabilitat econòmica per a cada any d'estudi (2009 i 2050 escenaris de futur A2 i B1).
	Discussió	
6	Capítol 10	Discussió general.
	Conclusions	
	Capítol 11	Conclusions i propostes.
Bibliografia		
Annexos		
Cartografia		

La tesi s'estructura en nou apartats, els primers sis estructurats en blocs, i els tres següents com a apartats unitaris.

El bloc 1. Introducció, està format pel capítol 1, desenvolupat amb la justificació de l'objecte de la tesi i s'elaboren els objectius, definits per un objectiu general, sis objectius específics i 6 preguntes de recerca.

En bloc 2. Metodologia, està format pel capítol 2, en el qual es presenta la metodologia utilitzada pel desenvolupament de la tesi, la caracterització de l'àrea d'estudi i les fonts a utilitzar per formular el treball, assolir els objectius i respondre a les preguntes de recerca.

El bloc 3. Marc teòric i metodologia, està format pels capítols 3 i 4. Concretament el capítol 3 presenta el marc teòric, com a referent de la pròpia tesi, on es tracten aspectes associats al risc, com són els de la vulnerabilitat, la litoralització i la metropolització, entre d'altres. Prèviament es contextualitza el concepte de risc i les diferents classificacions tractant la seva complexitat i el seu principal condicionant: la incertesa.

El capítol 4 concreta l'àrea d'estudi on es desenvolupa la tesi, determinat per seu un territori proper i conegut per l'autor de la tesi, la disponibilitat d'informació cartogràfica dels diferents períodes a estudiar i de les dades relatives a les inundacions. Una àrea on s'haurien de donar les condicions territorials i ambientals que permetessin que els estudis i anàlisis d'aquesta tesi fossin replicables a la resta de la comarca del Maresme i a d'altres territoris de similars característiques.

A continuació, a l'apartat de resultats, es descriu la situació d'aquest territori en relació als usos i cobertes del sòl, concretament als anys 1950, 1990 i 2009, moments significatius que permeten visualitzar els canvis profunds que ha sofert aquest territori, i dels quals disposem de suficient informació cartogràfica i bibliogràfica adient per poder portar a terme aquest estudi. Avaluem per a cada moment els canvis ocorreguts en els usos del sòl i la incidència d'aquests canvis sobre les pròpies inundacions.

El bloc 4. Resultats, està format pels capítols 5, 6, 7, 8 i 9. En el capítol 5 es procedeix a l'anàlisi dels canvis en els usos del sòl pels diferents períodes d'acord amb les grans transformacions territorials i la disponibilitat de cartografia. Partim del 1956, gràcies a les fotografies del vol americà, fins a l'actualitat, usant en aquest cas la cartografia del 2009, que concreta les grans transformacions territorials dels darrers seixanta anys. Finalment determinarem dos escenaris futurs per analitzar com es pot transformar el territori, a través dels seus usos i cobertes, aplicant els condicionants econòmics i socials, i en especial l'impacte del canvi climàtic.

Per a portar a terme aquests treballs utilitzarem els sistemes d'informació geogràfica (SIG) per elaborar la cartografia de cada any d'estudi i determinar els usos i cobertes.

En el següent capítol, el 6, analitzarem com afecten aquests canvis en els usos del sòl a la hidrològica i hidràulica de la conca per a cada un dels anys objecte d'estudi. Els mètodes utilitzats per aquests processos han de

permetre la comparació amb estudis elaborats per altres autors, especialment l'Agència Catalana de l'Aigua.

En el capítol 7 s'estudia la gestió de les inundacions a la conca de la riera d'Argentona, partint de la normativa ambiental i territorial, fins al planejament urbanístic.

Al capítol 8 s'analitza l'exposició al risc d'inundació, definint primer les variables que condicionaran l'afectació d'aquests elements, i procedint posteriorment a executar els càlculs a través dels sistemes d'informació geogràfica (SIG).

Amb l'objectiu d'avaluar el risc i la vulnerabilitat econòmica a les inundacions sobre aquest territori, es proposen diversos escenaris de futur, tant pel que fa a les condicions determinades pel canvi climàtic, com pel desenvolupament del planejament territorial i la gestió a aplicar, per tal de conèixer els danys previsibles en un futur per les inundacions.

Seguidament, i continuant amb les eines dels sistemes d'informació cartogràfica, al capítol 9 es determina la vulnerabilitat econòmica dels usos i cobertes i les persones afectades per les inundacions, per la conca de la riera d'Argentona actual i pels escenaris de futur.

El Bloc 5, Discussió general, incorpora el capítol 10, en el qual es procedirà a la discussió general dels resultats obtinguts en els capítols anteriors.

El Bloc 6. es desenvolupa únicament en el capítol 11, referent a les conclusions i propostes, i per extrapolar, a altres espais que reuneixen condicions similars.

La tesi es complementa amb tres apartats més: la bibliografia, els annexos i la cartografia presentada en un format que permeti millorar l'observació dels anàlisis realitzats als diferents capítols.

2.2. Delimitació de l'àrea d'estudi

L'àrea d'estudi es va definir a la conca hidrogràfica de la riera d'Argentona, que comprèn 7.357 ha i 149.958 habitants (Idescat, 2018). Agrupa els termes municipals d'Argentona, Dosrius, Òrrius i parcialment, de Mataró i Cabrera de Mar, i constitueix un territori amb unes condicions similars a la resta de conques mitjanes i grans de la comarca del Maresme i del sistema costaner català amb la presència de rieres i rambles.

Una elecció marcada per ser un territori proper i conegut, tant a nivell personal com professional, sia a nivell de funcionament i caracterització dels diversos ecosistemes i de la xarxa hidrològica, com de la seva evolució en els darrers anys, especialment pel que fa a la modificació dels seus usos del sòl.

Va ser fonamental la disponibilitat de les dades cartogràfiques dels tres períodes a estudiar, i de la documentació referent a les inundacions més significatives que han afectat aquest territori des de 1956 fins a l'actualitat, dels estudis d'inundabilitat actuals realitzats i aprovats per l'administració pública, així com disposar de les definicions dels escenaris de futur i que ens permetran estimar la modelació de com serà aquest territori.

Paral·lelament es van analitzar tots els riscos naturals que afectaven aquest territori, i es va concretar, com es justificarà àmpliament en altres capítols d'aquest treball, que els riscos ambientals més importants a nivell de danys i recurrència en aquest territori són les inundacions.

2.3. Fonts d'informació

Per tal de realitzar aquesta tesi s'ha desenvolupat una intensa cerca en l'àmbit de les fonts bibliogràfiques, cartogràfiques i altres fonts d'informació.

2.3.1. Fonts bibliogràfiques

Per tal d'assolir els objectius de la pròpia tesi, s'han revisat moltes publicacions científiques sobre l'objecte d'estudi. La cerca s'ha fet, bàsicament, fent servir les següents adreces de cercadors:

- a. Google Scholar. És un cercador especialitzat de Google a l'àmbit del món acadèmic, concretament en la documentació científico-acadèmica. Permet l'accés a editorials, biblioteques, i la consulta de bases de dades bibliogràfiques, enllaç a revistes, llibres i articles científics, comunicacions, ponències a congressos, informes científico-tècnics, tesis, tesines i altres arxius científics.

<https://scholar.google.es/>

- b. Biblioteca digital de la UdG. Permet cercar a articles de revista, bases de dades, llibres electrònics i altres documents electrònics cercant en una única base de dades central.

<https://www.udg.edu/biblioteca/Bibliotecadigital/tabid/10349/language/ca-ES/Default.aspx>

- c. ISI web of Knowledge. Servei a la xarxa d'informació científica, a càrrec de l'Institute for Scientific Information (ISI). Permet l'accés al conjunt de bases de dades bibliogràfiques i altres recursos que abasten tots els camps de coneixement acadèmic.

<https://www.recursoscientificos.fecyt.es/>

- d. TDX. Tesis Doctorals en Xarxa. Dipòsit de les tesi, en format digital, llegides a les Universitats dels Països Catalans, Cantàbria i Múrcia. Facilita la consulta remota a través de la xarxa de tota la documentació de les tesis, així com cercar per autor/a, director/a, títol, matèria d'investigació, universitat, departament i any de defensa.
<http://www.tdx.cesca.es/>

- e. S'han consultat diferents bases de dades d'administracions locals i autonòmiques i fonamentalment de centres d'investigació, com el The International Disaster Data Base (Em-Dat), Center for Research of Epidemiology of Disaster- CRED de la School of Public Health de la Université Catholique de Louvain, Bèlgica.

https://www.emdat.be/emdat_db/

- f. Paral·lelament es va cercar tota la informació referent a projectes i estudis tècnics realitzats per les pròpies administracions amb competències sobre ordenació territorial i planejament, prevenció d'incendis i protecció civil. Concretament, pel que fa a planejament, una de les eines més útils ha estat el Registre del Planejament Urbanístic de Catalunya, depenent actualment del Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya, on es va consultar tota la normativa de planejament a nivell municipal i el propi Pla Territorial Metropolità de la Província de Barcelona, així com els plans especials a desenvolupar en un futur en aquest territori, com la línia orbital ferroviària:

<http://ptop.gencat.cat/rpucportal/inici/ca/index.html>

http://territori.gencat.cat/ca/01_departament/05_plans/01_planificacio_territorial/plans_territorials_nou/territorials_parcials/ptp_metropoli_ta_de_barcelona/

<http://ifercat.gencat.cat/index.php?contenido=22>

Fonts cartogràfiques

Els recursos cartogràfics s'han obtingut de les següents fonts:

- a. Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC) de la Generalitat de Catalunya.

D'aquesta font s'han obtingut les bases cartogràfiques dels mapes topogràfics i les ortofotos que han estat la base per al posterior desenvolupament dels treballs amb les eines dels Sistemes d'Informació Geogràfica.

Dins de les eines de l'ICGC tenim el betaportal ICGC Innovació i prototipatge de productes i serveis en l'àmbit de la geoinformació. Podem comparar un territori en tres períodes diferents segons la seva corresponent ortofoto, de manera que podem observar, per exemple, la seva evolució quant a usos del sòl:

<http://betaportal.icgc.cat/canurb/cathistoric.html?lon=2.48973&lat=41.56598&zoom=6&num=3&mt0=ovaa10m&mt1=ovab5m&mt2=orto5m&mt3=topo5m>

I també podem convertir una ortofoto en 3D aprofitant la tecnologia WebGL que permet visualitzar i interactuar amb la cartografia en tres dimensions en el navegador, i entendre més fàcilment aquest espai.

<http://betaportal.icgc.cat/wordpress/generador-descenes-3d-de-catalunya/>

- b. Hipermapa. Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya.

L'Hipermapa forma part del Sistema d'Informació Geogràfica Corporatiu de la Generalitat (SIG Corporatiu), una eina transversal que permet integrar en una mateixa plataforma les dades territorials generades des de tots els departaments del Govern català.

Amb l'hipermapa hem obtingut la precipitació mitjana de l'àrea d'estudi.

<https://sig.gencat.cat/visors/hipermapa.html>

- c. Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF). L'Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya forma part (juntament amb

el Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya) del Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya (SIBosC) i constitueix una radiografia de l'estat dels boscos de Catalunya, on es determina l'evolució dels diferents usos del sòl, i en especial de les seves cobertes forestals.

<http://www.creaf.uab.cat/mmci/descarrega.htm>

- d. Aplicatiu Sitxell de la Diputació de Barcelona. Mapa de Cobertes del Sòl de 1956 de la província de Barcelona. Aquesta aplicació ha digitalitzat en pantalla les cobertes del sòl de l'any 1956 (metodologia CREAM pel Mapa de Cobertes de Catalunya), partint de la fotografia de 1956, una vegada realitzades les corresponents correccions tècniques.
- e. Aplicatiu Sitmun de la Diputació de Barcelona, en la seva versió d'accés al públic, amb potents visors de cartografia, catàleg de metadades i diferents eines de càlcul
- f. Centro de Descargas del Centro Nacional de Información Geográfica, Instituto Geológico Nacional, Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, Gobierno de España, comprén cartografia en diferents formats, i és especialment útil per la descàrrega de cartografia LIDAR.

<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/catalogo.do?Serie=LIDA2>

2.3.2. Altres fonts d'informació

S'ha cercat els articles de premsa a nivell local, comarcal i nacional referents a les inundacions que han afectat l'àrea del Maresme¹, i especialment als municipis de la conca de la riera d'Argentona. La principal font de premsa consultada ha estat el diari La Vanguardia.

S'han revisat els planejaments municipals i supramunicipals pel que fa a la normativa que afecta a la prevenció de riscos ambientals en general, i a la gestió dels sistemes hidrològics i forestals en particular.

¹ S'ha consultat les publicacions Crónica de Mataró: periódico comarcal independiente, Mataró : Ediciones Mataró, 1977-1989 i El Punt [Maresme]. Mataró: Edicions Periòdiques del Maresme, 1995-2003, Butlletí Municipal d'Argentona, Cap de Creus 1992-2019.

BLOC 3. MARC TEÒRIC I ÀREA D'ESTUDI

El tercer bloc està format pel capítol 2, que tracta sobre el marc teòric, i el capítol 4, on es descriu l'àrea d'estudi.

3. Marc teòric

3.1. El concepte de risc i la seva caracterització

Risc

La paraula risc té un origen incert, per una banda, per documents antics italians de l'època medieval, podríem considerar que prové de l'àrab, *rizq*, allò que depara de la providència, a través de l'italià *rischio*, però, altres fonts indiquen que aquest mot va néixer a França al segle XVII com a part de la teoria de les probabilitats (García, 2005). Per a Joan Coromines, "risc" té la mateixa etimologia que risc (penya alta), per al perill que sofrien els vaixells en transitar per aquests llocs. Ambdues paraules vindrien del llatí *resicare*: tallar, dividir i després perill.

Més enllà dels orígens del concepte de risc, la literatura científica en relació al concepte, l'anàlisi i la gestió del risc s'ha desenvolupat ràpidament des de la dècada de 1980.

Kaplan, en el seu discurs davant *The Society for Risk Analysis*² (SRA) l'any 1997, destacava els esforços que aquesta societat encarregada de desenvolupar el concepte de risc va portar a terme durant 4 anys, i que va concloure que el més convenient seria deixar que cada autor pogués definir el risc d'acord amb la seva línia d'investigació, sempre que quedés clarament exposat l'enfocament que se li donava (Funtowicz i Ravetz, 2000).

Un risc natural és la possibilitat que un territori i la societat que l'habita puguin veure's afectats per un fenomen natural de rang extraordinari (Olcina i Ayala, 2002).

El risc és consubstancial a les societats industrials o post-industrials. La societat del risc és un estadi de la societat moderna (Beck, 2000). El risc és

² The Society for Risk Analysis (SRA) es crea per proporcionar un fòrum obert a qualsevol persona interessada en l'anàlisi de riscos. Concretament, anima els investigadors de diferents disciplines a discutir diferents metodologies per analitzar els riscos i proposar solucions per a fer-hi front. ; promoure la comprensió i fomentar la col·laboració entre professionals i organitzacions per analitzar el risc i proporcionar solucions; difondre i promoure coneixements sobre riscos i les seves aplicacions en recerca i educació; i permetre el desenvolupament i la promoció de la carrera professional dels seus membres en l'anàlisi de riscos.

el resultat dels processos històrics de modernització on s'observa un increment de l'alarma social (Calvo, 2003).

Un desastre natural és normalment un succés que es desenvolupa en un període de temps limitat i en una zona geogràfica definida. Utilitzarem la paraula desastre quan la interacció entre les persones i un procés natural té un dany considerable a la propietat, ferits i pèrdues humanes. Una catàstrofe és un desastre massiu que necessita un temps considerable per la seva recuperació.

Una de les característiques significatives dels riscos naturals és la seva capacitat per produir catàstrofes. Les catàstrofes són unes situacions en que el dany causat a les persones, infraestructures o a la societat en general és suficient com perquè la recuperació i/o la rehabilitació requereix d'un procés llarg i complex. D'acord amb Goodwin i MacAdam (2017), els riscos que més possibilitats tenen de generar catàstrofes són les inundacions, els huracans, els tornados, les erupcions volcàniques i els grans incendis forestals.

La història és molt important per entendre els riscos periòdics (com successos repetitius) i ens facilita informació bàsica per a l'elaboració dels plans de reducció de riscos. Per iniciar l'estudi a la naturalesa d'un risc ens cal primer esbrinar quan ha succeït en el passat i les conseqüències que ha pogut produir. La predicció d'un risc natural serà més precisa si podem combinar la informació sobre el comportament històric amb el coneixement de les condicions actuals i successos recents, sense oblidar els canvis en l'ús del territori.

Per entendre els processos naturals dels riscos cal tenir presents cinc constatacions fonamentals:

- a) Els riscos són predictibles a partir d'una avaluació científica
- b) L'anàlisi de risc és un component significatiu en la comprensió dels efectes dels processos perillosos
- c) Existeixen vincles entre els riscos naturals i el medi físic
- d) Els successos perillosos que abans produïen desastres ara produeixen una catàstrofe.
- e) Les conseqüències dels riscos poden ser minimitzades.

En incrementar-se la població, els successos que provoquen desastres succeeixen amb més freqüència avui dia. *"Encara que et salvés d'ofegar-te, no et salvaries del perill d'ofegar-te"* (Benalmoucaffa, 1991).

El concepte de risc té tants significats com a disciplines científiques interessades en tractar-lo. Per això, no hi ha un concepte de risc integral, sinó tot el contrari, ha estat fragmentat d'acord amb la perspectiva o enfocament que li ha atorgat cada disciplina científica (Lara, 2013).

El risc, segons Hewitt (1997), és un procés i no s'ha de concebre com un fenomen aïllat en el temps i en l'espai.

El risc per Beck (2002), és un efecte de causes, concretament un producte de les conseqüències que genera l'aplicació de determinades actuacions sobre un mateix aspecte, essent l'enfocament modern de la previsió i control de les conseqüències futures de l'acció humana. En aquest sentit, Gil (2003) coincideix amb Beck que el risc és el resultat del procés històric de modernització, sumant al fet que no augmenta el nivell agregat de seguretat pública i benestar humà, sinó que, allò que realment augmenta és el saldo net d'inseguretat col·lectiva.

El risc natural és la possibilitat de que un territori i la societat que l'habita pugui ser afectat per un fenomen natural de rang extraordinari. La catàstrofe és l'efecte pertorbador que provoca un episodi natural extraordinari en un territori, i que normalment causa la pèrdua de vides humanes. Si les conseqüències d'aquest episodi natural assoleixen una magnitud tan considerable que aquest territori necessita ajuda externa aleshores parlem de desastre, concepte que es relaciona amb el deteriorament que pateix l'economia de la regió i al drama social provocat per la pèrdua de nombroses vides (Olcina i Gimenez, 2002).

Quan tractem la classificació del risc, no existeix una tipologia estàndard. Així, tenim classificacions que els agrupen en funció de la seva probabilitat d'ocurrència, d'altres en funció de la naturalesa del fenomen, de la importància dels danys que es poden produir o de la capacitat d'enfrontar-s'hi.

La classificació més habitual és la que determina els riscos en funció de l'origen dels fenòmens físics extrems, ordenant-los en riscos d'origen natural i d'origen antròpic. Posteriorment es va complementar aquesta classificació aïllant al risc sociopolític dels riscos tecnològics (Dauphiné, 2001).

D'altres classificacions amb variants a les agrupacions bàsiques són les proposades pel model de Metodologia d'Anàlisi de Disfuncions dins dels sistemes (MADS) o les d'Ayala i Olcina (2002).

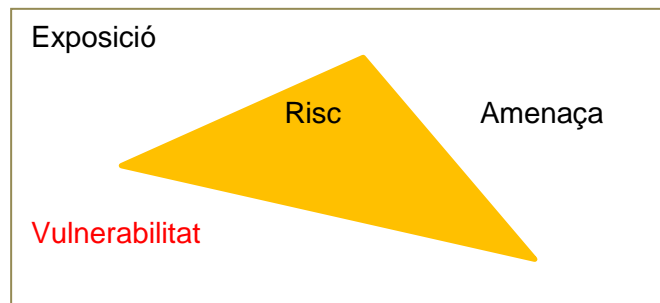
López i Lujan (2000) constaten tres perspectives sobre els enfocaments del risc, l'enfocament tècnic propi de l'activitat enginyeril, l'enfocament psicològic i finalment l'enfocament sociològic, abastant les visions tècniques o economicistes fins a les més psicològiques i sociològiques. Aquests autors consideren l'enfocament tècnic com el predominant fins avui.

Dins d'un tipus de realisme fatalista (risc objectiu) es pressuposa que el risc és una propietat objectiva de successos i activitats, amb probabilitats concretes que depenen de com sigui l'entorn o l'escenari on es desenvolupen.

Considerant aquest punt de vista, el risc té la seva quantificació de danys per les pèrdues esperades i es pot reduir a un valor numèric. En relació a les seves conseqüències, es caracteritza per un concepte unidimensional. Aquesta única dimensió, a més, es considera universal, essent significativa a qualsevol espai i temps. Mitjançant un càlcul de probabilitats de les magnituds dels danys es pot realitzar l'estimació numèrica sobre el temps i/o l'espai, susceptible de ser comparada amb criteris de valoració preestablerts, i que faciliten la presa de decisions. D'aquesta manera el risc és quantifica amb la fórmula $\text{Risc} = \text{Perillositat} \times \text{Vulnerabilitat}$.

Així, el risc es pot visualitzar com a l'àrea compresa dins d'un triangle, de tal forma que per reduir el risc s'ha de reduir l'amenaça, l'exposició i/o la vulnerabilitat (Figura 1)

Figura 1. El triangle del risc



Font: Crichton (1999).

A l'anàlisi de risc hem d'integrar tres components: la perillositat natural, l'exposició i la vulnerabilitat, que descriurem a continuació. Cadascun d'ells es relaciona amb els tres components de l'espai geogràfic: la naturalesa, l'ésser humà i el territori. Per perill s'entén el fenomen o procés de caràcter natural que pot originar danys a una comunitat, a les seves activitats o al propi medi ambient. L'exposició és el nombre d'elements sotmesos a l'acció d'un perill. Per últim, la vulnerabilitat és la pèrdua esperable d'un determinat bé exposat, pot tractar-se de vulnerabilitat humana, estructural, econòmica o ecològica, d'acord amb el tipus de risc a avaluar.

El bé vulnerable més preuat és la vida humana, per això el grau de risc és més elevat quan poden registrar-se pèrdues humanes amb resultat de mort. Finalment, l'exposició és la disposició sobre el territori d'un conjunt de béns a preservar que poden ser danyats per un perill natural.

El producte d'aquests tres factors que formen el risc es completa amb la severitat o grau d'intensitat d'un fenomen natural de rang extraordinari i la freqüència o interval de temps de desenvolupament d'un episodi natural extrem.

Els fenòmens meteorològics extrems i l'activitat humana generen diàriament situacions de risc i desastres humanitaris amb importants pèrdues humanes i materials.

Aquests processos són molt significatius en països subdesenvolupats, però també en països com el nostre, on, l'ordenació territorial portada a terme en els darrers anys, sense atendre suficientment les mesures de prevenció i minimització de riscos, ha permès l'ocupació d'espais inestables, com les zones inundables vora les rieres, o fins construir nuclis urbans en masses forestals contínues formades per espècies piròfiles. Així, avui tenim poblacions més exposades i més vulnerables als incendis forestals i a les inundacions.

Unes situacions de vulnerabilitat que s'incrementen per la crisi actual, en la mesura que es desatén i relaxa l'aplicació i seguiment de les normatives que haurien de reduir aquesta vulnerabilitat, i es modifica el propi planejament per permetre l'ocupació de noves superfícies que no garanteixen els paràmetres de seguretat establerts.

3.1.1. Territoris de risc i espais de catàstrofe.

Un territori de risc és un espai on hi ha la possibilitat que tingui lloc un fenomen físic extrem, i es delimita d'acord amb les característiques físiques de l'esdeveniment i de la informació que es disposi sobre la freqüència i les característiques d'episodis anteriors. Un espai de catàstrofe, en canvi, ve determinat per les característiques adoptades per un risc determinat al produir-se en un espai concret, que no ha de ser precisament una àrea de forma exclusiva, sinó que en molts casos pot ser una fracció concreta de la societat (Calvo, 2001).

En moltes zones de la superfície terrestre el risc ha augmentat en les darreres dècades i no perquè s'hagi incrementat la perillositat, sinó perquè s'ha incrementat el grau d'ocupació de territoris de risc. Per això les anàlisis de risc estan potenciant, avui dia, l'estudi de l'àmbit social. Ens interessa conèixer el volum de la població, les activitats econòmiques, les infraestructures i serveis d'un territori per poder valorar, en conjunt, el grau de risc davant dels episodis extrems (Olcina, 2009).

Perillositat

Definim el concepte de perillositat com la probabilitat que es produeixi un succés que sigui potencialment perjudicial per a la societat en un determinat moment i indret del territori (Pavón i Ribas, 2008). Pot afectar a un component o bé a la totalitat del territori exposat.

El grau de perillositat depèn de diversos factors, com ara la distribució geogràfica del succés (aleshores, quan major extensió d'àrea afectada, majors danys causarà); la freqüència amb que es repeteix el succés, o la magnitud o grau de perillositat quan el succés ha ocorregut en casos anteriors.

Exposició

La definició d'exposició fa referència al nombre d'elements (persones, béns o serveis...) sotmesos a l'acció d'un perill (Pavón i Ribas, 2008). Generalment, el nivell d'exposició humana és major en àrees d'alta densitat de població com serien els espais urbans mentre que en espais rurals el nivell d'exposició habitualment és menor.

Conèixer el nivell d'exposició d'una àrea és una dada fonamental per desenvolupar plans de prevenció o evacuació en casos d'esdeveniments físics extrems. A les àrees on el nivell d'exposició és elevat, és necessari que l'ordenació del territori plantegi mesures encaminades a reduir-lo, bàsicament a partir de l'aplicació de restriccions en els usos del sòl, limitant o impedit la seva ocupació.

Aquestes mesures restrictives en molts casos són impossibles d'aplicar, pel fet que molts dels espais de risc han estat ocupats històricament i estan avui dia intensament transformats.

Vulnerabilitat

Finalment, el tercer factor que configura el risc és la vulnerabilitat entesa com les característiques d'una persona, bé material o element del medi natural en relació a la seva capacitat de preveure, fer front, resistir i recuperar-se de l'impacte d'un fenomen físic extrem (Kasperson i al, 2001).

Per entendre el concepte de vulnerabilitat cal indicar que un desastre només i únicament es produeix quan existeix una interacció entre el risc i la situació determinada d'un grup de persones que al final en pateixen els efectes negatius, i que té a veure amb la intensitat de l'esdeveniment físic extrem i la capacitat de la societat de defensa. La vulnerabilitat es defineix com el desequilibri entre l'estructura social i el medi físic (Calvo, 2001).

La vulnerabilitat és la capacitat d'una persona o grup de persones per anticipar, sobreviure, resistir, i recuperar-se de l'impacte d'una amenaça natural (Blaikie et al, 2006).

La vulnerabilitat és la susceptibilitat dels elements situats en àmbits de perill per ser danyats totalment (destrucció/mort) o parcialment (deteriorament/danys) causat pel fenomen natural extern.

El grau de vulnerabilitat té una vinculació directa amb el desenvolupament socioeconòmic de l'àrea on es pot produir el desastre, de manera que en els indrets amb més possibilitats econòmiques es podran adoptar mesures de prevenció i adaptació més adients, de la mateixa manera que es podran recuperar dels danys causats amb més facilitat i rapidesa.

Es important no associar únicament la pobresa a la vulnerabilitat, ni veure la mateixa vulnerabilitat com una característica o propietat, sinó com una condició (Blaikie et al, 1996; Cardona, 2001 i Saurí, 2003).

Així podem tenir un territori que posseeixi un nivell de perillositat d'inundació molt elevat (es produeixen episodis d'inundacions de gran magnitud i amb una freqüència elevada) però que, en canvi, està gairebé deshabitat (baixa exposició), o que malgrat tot i estar molt poblat, les seves construccions i infraestructures estan adaptades al risc d'inundació (estructures adequadament calculades, habitatges elevats respecte al nivell d'inundació, etc.) que la fan poc vulnerables. Per altra banda, un altre territori molt poblat (elevada exposició) o sense els habitatges i infraestructures ni mesures preventives adaptades al risc, pot ser molt més vulnerable a les inundacions malgrat que el nivell de perillositat allí sigui menor (inundacions de menor freqüència i magnitud).

La vulnerabilitat és tan dinàmica perquè les societats també ho són. El grau de vulnerabilitat és canviant entre societats i inclús dins una mateixa societat o grup de persones pot tenir diferents índexs de vulnerabilitat d'acord amb l'amenaça. Així, no és possible, com a mínim a curt termini, generar models predictius adequats que ajudin a visualitzar la heterogeneïtat de la vulnerabilitat i de les societats, evitant convertir el desastre en una simple estimació de pèrdues humanes i econòmiques (Calvo, 2001).

No podem oblidar que existeix un dualisme entre vulnerabilitat i amenaça. Els desastres són el resultat de la relació entre els dos elements; no existeix risc si la vulnerabilitat és zero, encara que existeixi una amenaça, o si hi ha població vulnerable però no hi ha esdeveniment físic extrem (Blaikie i al, 1996).

Considerant Cardona (2001), el marc conceptual de la vulnerabilitat es va iniciar a partir de la pròpia experiència humana, com un factor de risc intern que significa la factibilitat de que una persona, grup social o un sistema exposat a ser afectat pel procés que representa una amenaça. No es pot ser vulnerable si no s'està amenaçat o exposat a una amenaça latent. Per això, tècnicament cerquem reduir aquesta vulnerabilitat amb mesures de prevenció-mitigació.

D'acord amb Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), la vulnerabilitat és el resultat de combinar l'exposició amb la susceptibilitat a les pertorbacions i restar-li la capacitat d'adaptació.

D'altres autors caracteritzen també la vulnerabilitat a partir de la resistència i la resiliència (Dauphiné, 2001; Ribas i Saurí, 2006; Dauphiné i Proviloto, 2007), per citar-ne alguns. La resistència es podria definir com la capacitat d'un individu, grup o societat per continuar funcionant amb normalitat després de patir l'impacte d'un risc natural. En canvi, la resiliència és la capacitat d'un individu, grup o societat de recuperar-se de l'impacte d'un risc natural que ha afectat el seu funcionament normal.

Les dues definicions es poden relacionar amb una actitud enfront del risc: la resistència faria referència a una qualitat passiva més associada a característiques pròpies de l'element exposat i, en canvi, la resiliència a una gestió dinàmica associada a accions, espontànies o premeditades, que milloren el nivell de vulnerabilitat. Aquesta actitud dinàmica, segons alguns autors, és crucial per combatre el risc, ja que ajuda als grups exposats a ser més conscients de la vulnerabilitat i pot afavorir una participació en la planificació del risc que condueixi a mesures culturalment, social, econòmica i política més d'acord amb les persones implicades (Masson, 2008).

La vulnerabilitat és concebuda com una sèrie de condicions que consten d'un "abans", un "durant" i un "després" (Hewwit, 1997; Ribas i Saurí, 2006). Per tot això ens podem aproximar a la vulnerabilitat a partir de diverses estratègies de gestió enfront als riscos ambientals que se situen en diferents moments temporals (Ribera, 2017):

1. Predir en quin moment es produiran les condicions prèvies a un potencial risc natural i a quin territori afectaran. Concretament, parlem de les xarxes d'observació i vigilància que ajuden a pronosticar els fenòmens i l'estudi, mitjançant la investigació, dels factors i processos dels riscos naturals per ajudar a la seva comprensió.
2. Prevenir amb l'objectiu de neutralitzar els riscos naturals quan les condicions per a la seva generació estan donades. Es tracta d'impedir el succés i els seus efectes previsibles.
3. Protegir un cop es produeix el risc natural per evitar al màxim possible l'exposició.
4. Mitigar, si, malgrat les mesures anteriors, s'ha arribat a ocasionar danys. Inicialment vol dir la gestió d'emergències post catàstrofe i, amb posterioritat, els ajuts econòmics financers, fiscals o compensacions derivades de les assegurances.

La vulnerabilitat és present en totes aquestes estratègies abans, durant i després que la inundació es produeixi.

Litoralització

A partir de la meitat del segle XX, tota la costa peninsular, i especialment l'àrea d'estudi, han assistit a un fenomen en relació a la localització de les àrees de risc: la concentració a les àrees litorals dels espais amb major risc. S'ha produït la litoralització del risc. La pèrdua de l'activitat socio-econòmica del sector primari, la més exposada als perills de la causa climàtica, ha desplaçat l'escenari de la vulnerabilitat del sòl agrícola al sòl urbà i industrial, i dins dels escenaris urbans, el desenvolupament de les activitats relacionades amb la indústria, l'oci i el turisme a l'àrea litoral, han convertit aquests espais en nivell de risc més elevat (Olcina, 2009).

Metropolització

D'acord amb Indovina (2007), la metropolització del territori és un procés tendent a la integració, reagrupament de diversos agents urbans i a la vegada de territoris d'urbanització difusa. La integració es desenvolupa de forma complexa, abastant l'activitat econòmica de l'espai, però també les relacions socials, la vida quotidiana, la cultura.

Indovina ens indica que en aquests nous mosaics territorials, les àrees metropolitanes tendeixen a estructurar-se en una jerarquia soft, més que no pas hard, de manera que els llaços del nucli amb la resta del territori s'organitzen d'una altra manera: els desplaçaments de la població ja no són monodireccionals (de la perifèria al centre), sinó que ara són pluridireccionals. En aquestes noves realitzats metropolitanes ja es fa difícil delimitar amb precisió els àmbits d'influència dels corresponents pols d'atracció, molt més difícil és encara resseguir les fronteres dels diferents usos del sòl i els paisatges corresponents. Sovint és, senzillament, impossible (Nogué, 2011).

L'enorme desenvolupament de la construcció, és una de les causes de l'increment de la vulnerabilitat i l'exposició als perills climàtics. En un futur es tracta de planificar l'edificació en aquells espais on sigui possible, considerant els condicionants ambientals, socials, econòmics, patrimonials, i evidentment, el propi risc de l'espai. Concretament, en les darreres dues dècades s'ha construït per sobre del que és racionalment sostenible i a més algunes d'aquestes edificacions s'han portat a terme en zones de risc, especialment en àrees exposades a les inundacions, però també en sectors exposats a les sequeres, temporals marítims i fins als incendis forestals (Olcina, 2009).

En el cas de Catalunya en les últimes dècades, la població s'ha concentrat a l'entorn de les grans ciutats i de l'àrea metropolitana, s'han ocupat marges

fluvials i espais inundables i àrees d'avingudes per infraestructures, zones industrials, espais d'oci (càmpings) o habitatges, com es constata en aquest tram del riu Besós, al municipi de Montcada i Reixac (Vallès Occidental), on la llera del riu ha vist reduïda el 70% de la seva amplada, i les planes inundables han estat ocupades per polígons industrials.

3.2. L'estudi dels riscos naturals des de la Geografia

L'estudi dels riscos naturals ha estat analitzat per nombrosos investigadors d'àrees científiques tan diverses com l'enginyeria, l'economia, l'antropologia, la sociologia, la psicologia o la geografia. Però el que podríem considerar, a priori, reflex del caràcter necessàriament interdisciplinari i integral que necessita l'anàlisi i la gestió dels riscos naturals, s'ha convertit, diverses vegades, en un enfrontament entre les diferents disciplines i subdisciplines d'estudi, moltes vegades amb enfocaments, punts de vista o objectius diferents i poques vegades amb aspectes comuns. Així mateix, moltes d'aquestes teories han estat formulades per al món desenvolupat, especialment Europa i els Estats Units, i poden no ser vàlides per la resta del món (Alexander, 1990).

L'autoexigència de la Geografia per afrontar l'estudi i la comprensió dels riscos naturals, li ha permès assumir la necessitat i el difícil repte d'integrar múltiples àmbits, agents, factors, escales, temporalitats, ja sigui la dimensió física i la humana, des de les seves diverses àrees de coneixement, i en molts casos, la contribució d'altres disciplines. L'aportació ha estat tan significativa que avui dia no es pot concebre una anàlisi del risc sense aquesta vessant integradora. Per tot això, en aquesta tesi doctoral, s'ha considerat la Geografia com la disciplina apropiada per abordar l'estudi dels riscos naturals.

La Geografia, definida com la ciència que descriu i explica les relacions entre la societat i el medi, considera l'estudi dels riscos naturals com un dels camps d'experimentació més adequats on desenvolupar el seu interès per la problemàtica mediambiental, pel fet que les catàstrofes naturals representen un aspecte extrem de les relacions de la societat amb el medi. És per això que els riscos naturals s'han convertit en una de les àrees d'estudi pels geògrafs i geògrafes des de l'inici de la Geografia fins avui.

Cada escola geogràfica ha prioritzat unes línies de recerca sobre les altres, adoptant diferents enfocaments teòrics i metodològics i ha tingut uns investigadors i grups de recerca de primer nivell que han condicionat el tractament que la geografia ha donat, en cada moment de la seva història, per a la recerca dels riscos naturals.

La suma d'aquests factors s'ha simplificat en una dualitat: la Geografia Física o la Geografia Humana, com a gran diferència en l'aportació de les diverses escoles de geografia mundial. Així, hi ha unes escoles que tradicionalment han estudiat, des del vessant de la Geografia Física, els mecanismes físics dels fenòmens de la natura. Paral·lelament, d'altres escoles han estudiat l'impacte dels fenòmens geofísics extrems en relació a l'exposició i la vulnerabilitat des de la Geografia Humana. Destaquem en aquest sentit les escoles geogràfiques anglosaxona i francesa. Així tenim que l'escola nord-americana ha estudiat els riscos naturals des de la Geografia Humana, com

a conseqüència del paper habitualment secundari de la Geografia Física nord-americana i la tradició interdisciplinària del paradigma dominant, que recorre a altres disciplines (Hidrologia, Meteorologia, etc.) per satisfer els aspectes físics de la Geografia de Riscos (Saurí, 1988).

A l'escola francesa ha estat la Geografia Física l'encarregada del seu estudi, des del moment en què es trenca el vincle amb la Geografia Humana amb allò que els era comú, l'anàlisi de les condicions ambientals (Johnston i Claval, 1986 i Ribas, 1988).

Considerant qualsevol dels enfocaments teòrics i metodològics i les línies d'investigació prioritàries en el tema dels riscos naturals que s'han desenvolupat al llarg de la història de les diferents escoles geogràfiques, hom pot entreveure un procés d'internalització del risc dins de les estructures històriques, econòmiques, polítiques i socials en les relacions entre la societat i el medi. Així, l'estudi del risc des d'una perspectiva geogràfica comença a deixar d'analitzar-se com un fenomen natural aleatori extern per a tractar-se com un producte de la interacció humana amb el seu entorn ambiental (Ribas, 1988).

Ens centrarem a continuació en el tractament d'un dels riscos naturals més estudiats per la Geografia en la seva condició de risc extern i que més afecta a vides humanes i danys materials; el risc d'inundació, el qual aplicarem posteriorment en el nostre treball de recerca a la conca de la riera d'Argentona.

El risc d'inundació a la Geografia anglosaxona

Fins a l'inici del segle XX, els estudis entorn als riscos naturals es limiten a les descripcions que en fan els viatgers i testimonis presencials de la incidència de catàstrofes naturals en diferents indrets del planeta. Malgrat els estudis científics sobre les causes físiques dels desastres naturals progressen ràpidament, les qüestions socials relacionades amb aquests successos no desperten l'interès dels investigadors.

L'enfonsament del transatlàntic Titànic, durant el seu viatge inaugural entre Southampton (Gran Bretanya) i Nova York (Estats Units), la nit del 14 al 15 d'abril de 1912, causat pel xoc amb un iceberg, va causar la mort de més de 1.515 persones (d'un total de 2.224). Com a conseqüència de les circumstàncies que envoltaren la tragèdia i de l'atenció pública mundial provocada pel naufragi, el sinistre del Titànic es va convertir en una situació que va despertar la presa de consciència de la societat pels riscos tecnològics a nivell de seguretat i defensa civil. Fou a partir d'aquest accident, que es convocà el 1913 a Londres la 1a Convenció sobre Seguretat de la vida en el Mar, que va acordar l'any 1914 el primer Conveni Internacional per la

Protecció de la Vida Humana en el Mar (SOLAS³), per tal d'adoptar diferents mesures per evitar la sèrie d'errors que havien motivat i agreujat aquesta catàstrofe.

Una nova manifestació d'un risc tecnològic la tornem a tenir al 1917, amb un nou accident: la col·lisió i explosió d'un vaixell carregat de municions a Nova Escòcia. A partir de llavors és quan s'impulsa l'estudi dels aspectes humans i socials en la recerca dels riscos naturals. Apareixen aleshores els primers treballs elaborats per diferents sociòlegs sobre els factors socials i psicològics que influeixen en les mesures d'emergència post-desastre i l'organització de la defensa civil davant els riscos tecnològics que posteriorment s'ampliaran també cap als riscos naturals (O'Riordan, 1986).

Gràcies als treballs pioners de dos geògrafs nordamericans de la Universitat de Chicago, Harlan Barrows (1877-1960) i al seu deixeble Gilbert F. White⁴ (1911-2006), es comença a investigar el risc d'avinguda. Per analitzar la seva aportació, considerem primer la definició de la Geografia com a Ecologia Humana, concretament, com la ciència que estudia les interrelacions existents entre el medi ambient i les societats (Barrows, 1923). En aquest període es comencen a considerar les inundacions i els riscos naturals, en general, com una qüestió d'interacció entre el medi ambient i la societat, i deixa per altres disciplines (Geologia, Hidrologia, Meteorologia) l'estudi dels aspectes físics.

Un altre aspecte de l'Ecologia Humana, fruit de la situació històrica on es desenvolupa inicialment, és el treball aplicat. Concretament, les dècades de 1920 i 1930, venen condicionades pels greus danys ocasionats per les inundacions als Estats Units (Nova Anglaterra, Nova York, Colorado, Texas). Així, es definirà la política estatal de control de les inundacions de l'administració Roosevelt (1933-1945): el reconeixement que les inundacions són un problema estatal al qual s'ha de fer front amb la planificació i execució de grans obres hidràuliques, l'ús de les conques fluvials com a escala geogràfica per a l'ordenació i gestió hidrològica i la contemplació conjunta dels diferents objectius en la planificació hidràulica (inundacions, abastament d'aigua, irrigació, energia hidràulica, navegació). Legislativament s'aproven les Flood Control Acts de 1936 i 1938⁵ (Platt, 1986), per tal de promoure actuacions per a la prevenció d'inundacions.

³ Acrònim de la denominació anglesa del conveni "*Safety of Life at Sea*"

⁴ Concretament en la seva obra White (1945). *Human Adjustment to Floods*. Department of Geography Research Paper no. 29. Chicago: The University of Chicago.

⁵ Les Flood Control Acts de 1936 i 1938 van ser unes lleis del Congrés dels Estats Units destinades a la millora de la gestió i control de les inundacions, de les quals se'n derivaren

Finalment, l'Ecologia Humana ens aporta la vocació interdisciplinària, especialment amb altres ciències socials, com l'economia, la sociologia o la psicologia, cabdals per a l'anàlisi i gestió integral del risc d'inundació.

Harlan Barrows, i especialment Gilbert F. White, qüestionaran la concepció de l'ambiciós programa federal de prevenció i control d'avingudes iniciat amb la Flood Control Act de 1936, per la qual les inundacions eren considerades fenòmens físics de manifestació aleatòria, externs a la dinàmica social, i que la seva minimització es basava en la modificació dels paràmetres físics a través de les obres hidràuliques. Així, diversos geògrafs, com White (1942 i 1945), qüestionaran l'èmfasi posat en les solucions estrictament d'enginyeria i plantejaran la possibilitat de solucions alternatives.

Serà l'any 1958 quan Gilbert F. White i el seu equip de la Universitat de Chicago, presentaran el document *Changes in Urban Ocupance of Flood Plains*, i demostraran que malgrat l'ambiciós programa federal de minimització de danys per inundacions, les pèrdues produïdes per les inundacions havien augmentat en lloc de disminuir (White et al, 1958). A més, es critica que les obres d'infraestructura hidràulica siguin l'únic element a tenir present en la gestió del risc d'inundació, i es qüestiona sobre les possibles formes d'adaptació de les societats del risc i com es podria incorporar a la planificació pública futura. Així, podem resumir els objectius d'aquesta incipient línia d'investigació en:

- a) Estimar l'extensió de l'ocupació humana a les àrees subjectes als fenòmens externs.
- b) Determinar les possibles mesures d'adaptació dels diferents grups socials als fenòmens externs.
- c) Estudiar com percep el risc la població.
- d) Examinar el procés d'elecció de les mesures de mitigació.
- e) Estimar l'efecte de les polítiques públiques davant d'aquestes respostes.

Els geògrafs de l'Escola de Chicago arriben a la conclusió que és precisament la percepció del risc, conjuntament amb la modificació dels règims fluvials i sobretot l'ocupació dels espais inundables, els que expliquen l'increment de les pèrdues en els episodis catastròfics als Estats Units durant les dècades de 1940 i 1950. El comportament irracional davant del risc és degut a una percepció deficient d'aquest, bé per l'existència d'uns coneixements

diferents actuacions d'enginyeria civil com la construcció de preses, dics i altres mesures de control de les inundacions a través del Cos d'Enginyers de l'Exèrcit dels Estats Units i altres agències federals.

incomplets o erronis, o bé per factors psicològics i/o socioculturals. Es desenvolupen nombrosos treballs que combinen els mètodes geogràfics tradicionals d'estudi del medi físic amb enquestes als habitants de les àrees potencialment afectades. En tots els casos es constata que les decisions es prenen per la percepció de la gent (Ribas, 1988).

Així, considerant la Geografia com a Ecologia Humana, partint de la percepció deficient del risc d'avinguda que tenen els habitants de les àrees inundables, es proposa la modificació del comportament humà i social davant les avingudes amb actuacions com ara la regulació dels usos del sòl en aquests espais inundables, l'adequació de les construccions i infraestructures a les avingudes d'aigua o bé la contractació d'assegurances (Green et al, 1990).

L'aportació més significativa de l'Ecologia Humana es sintetitza en la comprensió del risc d'avinguda no com un fenomen natural, aleatori i extern, sinó com un producte de la interacció humana amb el seu medi ambient, i que els geògrafs i geògrafes anglosaxons, ja inscrivien fa 60 anys les inundacions en un marc d'estudi social.

Com a contrapartida a l'Ecologia Humana apareixerà un nou enfocament geogràfic alternatiu, anomenat Economia Política (Saurí, 1988). Un dels preceptes més significatius de l'Economia Política pel que fa als estudis ambientals és la constatació que els desastres augmenten com més es deterioren les condicions socio-econòmiques i del medi físic dels països desenvolupats, resultant més afectades les classes més pobres (Jordan i Sabatini, 1988). Això substitueix un dels pilars de l'Ecologia Humana, el de l'adaptació, pel de la vulnerabilitat, és a dir, el grau en què les diferents persones, activitats i béns es troben exposades al risc. Els riscos es defineixen ara com la interconnexió existent entre un episodi de risc extrem i la vulnerabilitat de la població humana.

Un altre dels preceptes de l'Economia Política és el rebuig de la mitigació dels desastres a través de solucions parcials (ajuts post-catàstrofe, mesures tecnològiques...), perquè aprofundeixen les condicions de subdesenvolupament, ignoren els mecanismes tradicionals de resposta al risc i incrementen la marginació (Waddell, 1983).

En resum, a més de contemplar les dimensions humanes i socials de les inundacions, amb l'Economia Política aquests fenòmens s'inscriuran plenament en un marc social que comprèn les estructures històriques, econòmiques, polítiques i socials en les quals es desenvolupen les relacions entre la societat i el medi. El risc d'inundació, com tota la resta de riscos socials, es troba inscrit d'una manera plena dins un territori social (Ribas, 1988).

Posteriorment s'han desenvolupat enfocaments que complementen les aportacions de l'Ecologia Humana i l'Economia Política. És el cas de l'enfocament de l'Ecologia Política (Martínez Alier, 2004) en relació a l'estudi dels conflictes ecològics distributius. Aquest enfocament es troba particularment influenciat per l'Economia Ecològica, un corrent que tracta el conflicte entre l'economia i el medi ambient i pren en consideració a la natura, no només en termes monetaris, sinó i especialment en termes físics i socials, definits com els patrons socials, espacials i temporals d'accés als beneficis que es poden obtenir dels recursos naturals i als serveis que proporciona l'ambient com un sistema de suport a la vida.

Al seu torn, Leff (2004) considera que l'Ecologia Política emergeix d'una nova perspectiva del saber (ambiental), constituint una nova racionalitat i dins de la politització del coneixement per assolir una reapropiació social de la natura, desconstruint a la racionalitat positivista. Aquesta racionalitat ambiental es forma en un diàleg de coneixements, una ètica de l'alteritat i una política del ser i de la diferència que es fan servir en la construcció de societats sostenibles.

L'Economia Ecològica questiona la sostenibilitat de l'economia a partir de l'estudi dels impactes ambientals que ocasiona i els seus requeriments de matèria i energia, incorporant a la vegada l'anàlisi del creixement poblacional (Martínez, 2009).

A les últimes dècades, l'Economia Ecològica treballa temàtiques com el càlcul dels fluxos d'energia a partir de l'anàlisi del metabolisme social, l'estratègia de col·locar valors econòmics als serveis i a les pèrdues ambientals, la construcció d'indicadors físics del deteriorament ambiental i índex de sostenibilitat. Paral·lelament treballa en l'anàlisi de la relació entre els drets de la propietat i el maneig de recursos (reflexió sobre béns comuns) i s'elaboren models d'interrelacions entre l'economia i l'ambient (López, García i Antentas, 2016).

L'Economia Ecològica treballa actualment per canviar el model de desenvolupament, proposant mesures socials per canvi (Carpintero i Bellver, 2014), que en relació a aquest treball, es proposa l'ordenació dels usos del territori sobre la base de les característiques del sòl, el clima i recursos disponibles, o bé reconvertir el sector de la construcció desincentivant la construcció de nous habitatges i infraestructures, i gestionant adequadament el patrimoni immobiliari existent. Una altra de les mesures del canvi són les polítiques i plans integrats de gestió de l'aigua i l'energia i els materials orientats per la gestió de la demanda i la reducció del consum, així com substituir els combustibles fòssils i l'energia nuclear per les energies renovables.

Com indica Daly (2014), els grans desafiaments de l'Economia Ecològica són:

- la irreversibilitat zero, concretament, aconseguir que les intervencions acumulatives i els danys irreversibles siguin nuls,
- la recollida sostenible, per tal que la taxa de recollida de recursos renovables sigui igual a la de regeneració natural d'aquests recursos,
- l'aprofitament sostenible on la taxa d'extracció sigui igual a la taxa de creació de substituïts no renovables,
- l'emissió sostenible, per tal d'assolir l'emissió zero de residus no biodegradables i una taxa de generació de residus igual a la capacitat d'assimilació de l'ecosistema,
- la selecció sostenible de tecnologia, o sigui, afavorir el desenvolupament de tecnologies amb capacitat per augmentar la productivitat de recursos, en lloc d'augmentar la capacitat d'extracció, i
- el principi de precaució, pel qual el desenvolupament d'una actitud vigilant i previnguda, davant de qualsevol intervenció que pugui causar dany ambiental.

El risc d'inundació a la Geografia francesa

La Geografia francesa ha seguit, en canvi, camins diferents a la Geografia anglosaxona.

Les primeres referències als riscos naturals que ens apareixen a la Geografia francesa són simples descripcions d'esdeveniments catastròfics, de vegades provinents de geògrafs de l'escola vidaliana (Gallois, 1911 i Allix, 1921), d'altres són els propis tècnics dels serveis hidràulics que escriuen articles a les revistes geogràfiques de l'episodi catastròfic (Milot, 1913). Es tracta, aquests primers anys, d'una tasca de descripció dels successos i no pas una investigació dels mateixos.

Al setembre de 1924 l'episodi d'inundacions conegut com el Diluvi d'Orange, inundà totalment aquesta ciutat francesa. És en aquest moment, quan l'eminent hidròleg i geògraf Maurice Pardé⁶ (1893-1973) crea una nova branca de la Geografia Física, la Hidrogeografia, que dominarà durant molt de temps l'estudi dels cursos fluvials i en especial de les inundacions.

Pardé considera que les avingudes són fenòmens exclusivament físics de manifestació aleatòria, dels quals cal estudiar intensament les causes i

⁶ Maurice Pardé fou professor a la universitat i a l'escola d'hidràulica de Grenoble. És considerat com un dels grans especialistes en Hidrologia. Va estudiar en particular els règims del Roine, del Mississipi, la Garona i rius de l'Europa oriental, així com les crescudes fluvials i les inundacions a diverses parts del món. Entre les seves nombroses obres cal destacar: *Fleuves et rivières* (1933), *Hydrologie fluviale* (1943) i *Sur la puissance des crues en diverses parties du monde* (1961) (www.encyclopedia.cat, 2019).

característiques del fenomen hidrològic, des de les condicions meteorològiques causants de les precipitacions extraordinàries, com les característiques fluvials de les avingudes (cabals màxims, velocitat del corrent, modificacions en el llit fluvial, etc.)

Pardé (1948) també considera l'existència d'una concepció geogràfica del treball que desenvolupa, atenent l'estudi de les modalitats d'escolament líquid i sòlid en estreta relació amb els caràcters geofísics de les conques, i no només des del punt de vista matemàtic.

Finalment, Pardé porta a terme un apropament entre una Hidrologia naturalista, la del geògraf, i una Hidrologia matemàtica o aplicada, la dels enginyers, millorant els coneixements de les causes i característiques dels fenòmens hidrològics per tal de facilitar informació als responsables de dissenyar les obres hidràuliques per fer front a futures avingudes catastròfiques, però sense proposar encara accions de prevenció i alerta.

En aquest període, doncs, l'aportació de la Geografia francesa a l'estudi de les inundacions ve marcada pel treball en els aspectes hidrològics, considerant les inundacions com a fenòmens estrictament naturals, en què calia estudiar les característiques físiques per facilitar als enginyers dissenyar les obres hidràuliques capaces de fer front a les avingudes catastròfiques.

A mitjan segle XX pren el relleu un altre geògraf, Jean Tricart⁷ (1920-2003) i el seu equip, que s'esmercen a estudiar els aspectes geomorfològics de les avingudes. Lluny d'estudiar els aspectes humans i socials del risc com havien fet els geògrafs nordamericans en aquest període, l'escola de Tricart se centra en l'estudi dels trets geomorfològics que fan possible el plantejament d'actuacions encaminades a l'ordenació física dels cursos fluvials de la forma més adequada per fer front a futures crescudes.

Tricart i la seva escola abandonen l'àmbit universitari on treballava Pardé per aplicar els seus estudis acadèmics cap al treball aplicat a l'ordenació territorial.

A la dècada dels 70, a l'estudi acadèmic de les inundacions ens apareix un important problema social i econòmic: l'increment de la vulnerabilitat de la població front al risc i la necessitat de reduir el seu impacte (Faugeres, 1990). En aquest període es produeix un canvi que obliga a la Geografia Física a

⁷ Jean Tricart va ser un geomorfòleg francès. Va ser assistent d'André Cholley, el seu director de tesi doctoral a La Sorbona. Posteriorment va ser professor a la Universitat Louis Pasteur d'Estrasburg, on va fundar el Centre de Geografia Aplicada el 1956. Durant els anys 70 va ser un dels especialistes més influents dins de la renovació de la Geografia Física francesa. Va fundar i dirigir la *Revue de Géomorphologie Dynamique*.

estudiar, a més dels components naturals, els components humans i socials. Aquest canvi es concreta quan Michel Fournier, l'any 1982, en un interessant article publicat a *Hérodote* considera que tota Geografia dels riscos no pot ser més que una Geografia Humana.

En els darrers anys, destaquem els estudis sobre el diagnòstic i gestió de les inundacions del geògraf de la Universitat de Montpel·lier 3 Freddy Vinet (2010). Vinet parteix dels mètodes tradicionals de protecció contra les inundacions (la predicció, l'alerta i la prevenció), i proposa un enfocament dirigit a la prevenció, reclamant una valoració socioeconòmica dirigida a una reducció real de la vulnerabilitat de les societats. Per Vinet, administrar el risc és acceptar conviure amb el risc.

Un altre autor, Bourguignon (2014), a la seva tesi "*Événements et territoires -le coût des inondations en France. Analyses spatio-temporelles des dommages assurés*" determina la necessitat de disposar de dades fiables dels episodis d'inundacions i dels danys causats per a poder racionalitzar les decisions polítiques. Per la seva banda, Boada i Saurí (2002), en la formulació de la investigació del canvi global, dins el programa LUCC (Land Use/Land Cover Change), consideren com elements significatius pel canvi global les forces tan a l'esfera biofísica, com a l'esfera social.

Concretament, indiquen que les transformacions ambientals són també i simultàniament transformacions socials, i a l'inrevés.

3.3. Les inundacions com a risc ambiental

Les inundacions són avui dia els desastres naturals més freqüents que afecten els éssers humans, els seus béns materials, el seu patrimoni i al seus recursos ambientals (Taules 2, 3 i 4).

Com a exemples recents d'aquests episodis amb gran incidència des del punt de vista de l'espai afectat, tenim el tsunami de l'oceà Índic (2004), l'huracà Katrina als Estats Units (2005), el cicló Nragis a Myanmar (2008), el tifó Ketsana a Filipines i Vietnam (2009) i els tsunamis de Xile (2010) i Japó (2011) i les inundacions per crescudes de rius a la Xina (2011, 2016), Pakistan (2011, 2012, 2013), Tailàndia (2012), Cambodja (2011), Zimbabwe (2014), Índia (2013, 2014 2015), Brasil (2011), Corea del Sud (2016), Afganistan (2014, 2015), Nigèria (2012) i Nepal (2014) (Taula 2).

Taula 2. Episodis més importants causats per inundacions i riscos associats (segles XIII-XIX)

Any	Lloc	Catàstrofe	Nombre de morts
1281	Ijsselmeer (Holanda)	Marea viva	80.000
1362	Mar del Nord (Alemanya)	Marea viva	100.000
1281	Ijsselmeer (Holanda)	Marea viva	100.000
1731	Calcuta (Índia)	Cicló	300.000
1876	Bakarganj (Índia)	Cicló	215.000
1852	Henan (Xina)	Inundacions	100.000
1887	Henan (Xina)	Inundacions	900.000
1881	Haiphong (Vietnam)	Tifó	300.000
1882	Mumbai (Índia)	Cicló	100.000

Font: EM-DAT (2019).

Com podem observar a la Taula 3, en el segle XX a causa de les inundacions van morir 3,2 milions de persones, el que significa més de la mitat de tots els morts per desastres naturals en el món durant aquest període.

Taula 3. Episodis més importants causats per inundacions i riscos associats al segle XX

Any	Lloc	Catàstrofe	Nombre de morts
1900	Galveston (USA)	Huracà	6.000
1911	Iang-Tsé (Xina)	Inundacions	100.000
1931	Iang-Tsé (Xina)	Inundacions	140.000
1939	Riu Groc (Xina)	Inundacions	200.000
1942	Bangladesh	Cicló	61.000
1953	Holanda i Regne Unit	Marea huracanada	1.932
1954	Donting (Xina)	Inundacions	40.000
1959	Honshu (Japó)	Tifó Vera	5.100
1970	Bangladesh	Cicló i marea huracanada	300.000
1970	Chimbote (Perú)	Sisme i esllavissada	67.000
1976	Guatemala	Sisme	22.084
1988	USA, Carib i Amèrica Central	Huracà Gilbert	355
1990	Europa occidental	Temporal d'hivern	230
1991	Bangladesh	Cicló Gorky i marea	139.000
1998	Iang-Tsé, Songhua (Xina)	Inundacions	3.650
1998	Amèrica Central	Huracà Mitch	9.200

Font: EM-DAT (2019).

I en el segle XXI els episodis per inundacions han continuat sent els més significatius, com es constata a la Taula 4:

Taula 4. Episodis més importants causats per inundacions i riscos associats al segle XXI

Any	Lloc	Catàstrofe	Nombre de morts
2002	Nepal	Despreniment terra	472
2003	Filipines	Despreniment terra	255
2003	Xina	Inundació	430
2004	Indonèsia	Tsunami	165.708
2005	USA	Cicló tropical	1.833
2006	Filipines	Despreniment terres	1.126
2006	Xina	Cicló tropical	820
2007	Xina	Inundació	535
2008	Myanmar	Cicló tropical	138.366
2009	Pakistan	Inundacions	1.700
2010	Xina	Despreniment terra	1.765
2010	Pakistan	Inundació	1.985
2010	Xina	Inundació	1.691
2010	Xile	Tsunami	562
2010	Uganda	Esllavissades	388
2010	Índia	Inundacions	396
2010	Indonèsia	Tsunami	530
2010	Índia	Inundacions	203
2011	Colòmbia	Inundacions fluvials	273
2011	Japó	Terratrèmol, Tsunami	19.846
2011	Pakistan	Inundacions	509
2011	Tailàndia	Inundacions	813
2011	Índia	Inundacions	450
2011	Estats Units	Tempestes	354
2012	Nigèria	Inundacions	363
2012	Nigèria	Inundacions	480
2013	Cambodja	Inundacions fluvials	200
2013	Pakistan	Inundacions	234
2013	Índia	Inundacions	6.054
2014	Afganistan	Inundacions	431
2015	Afganistan	Esllavissaments	254
2015	Guatemala	Esllavissaments	350
2015	Índia	Inundacions	293
2015	Índia	Inundacions	315
2016	Haití	Tempestes	546
2016	Sri Lanka	Inundacions	206
2018	Japó	Inundacions	179
2019	India	Inundacions	270

Font: EM-DAT (2019).

Els costos econòmics causats per les inundacions i altres desastres associats s'incrementen cada any, conjuntament amb les pèrdues culturals i naturals no quantificables (UNISDR, 2009), a causa del desenvolupament urbà mal gestionat i planificat, la degradació ambiental, la pobresa, la desigualtat, la vulnerabilitat dels medis rurals i la feble governabilitat d'aquest risc (UNISDR, 2015).

S'incrementen també les pèrdues de poca gravetat però alta freqüència, que generalment no s'avalua en les estadístiques generals, i que són assumides per llars i comunitats de baixos ingressos, petites empreses i governs locals i regionals que en molts casos incrementen la pobresa (UNISDR, 2015).

La situació de pobresa obliga les famílies de baixos ingressos a ocupar terres de poc valor que poden estar exposades a inundacions, esllavissades de terra i altres perills (Wamsler, 2014). En molts casos, els assentaments informals es realitzen amb habitatges altament vulnerables i un dèficit d'infraestructures per reduir el risc, com ara la inexistència de drenatges (Mitlin i Satterhwaite, 2013).

Paral·lelament, el desenvolupament especulatiu, que ens pot abocar a la pavimentació d'àrees verdes en zones urbanes de ràpid creixement i subsidència a causa de l'extracció excessiva d'aigües subterrànies, pot incrementar a freqüència i gravetat de les inundacions urbanes (UNISDR, 2013).

Al segle XX han mort gairebé 3'2 milions de persones a causa de les inundacions, concretament més de la meitat de pèrdues humanes causades pels desastres naturals a tot el món. Els costos econòmics que generen a l'economia global són incalculables, i cal sumar-hi els costos dels danys sobre el patrimoni cultural i ambiental (UNISDR, 2009).

Per exemple, al Pakistan, les inundacions de l'agost de 2010 van causar 1.700 morts i danys a estructures valorats en 9'7 milions de dòlars (UNISDR, 2011), i a l'agost del 2011, a Tailàndia, les inundacions van causar 813 morts i 4.000 milions de dòlars en danys. El desbordament del riu Irawadi a Myanmar va afectar, segons l'ONU, a 2,4 milions de persones i va causar més de 146.000 morts i desapareguts.

A l'Iran, els aiguats de març i abril de 2019 van ocasionar inundacions repentines i generalitzades, desbordant 140 rius i causant 400 despreniments de terra. Van morir més de 70 persones i van resultar afectades 78 carreteres i 84 ponts.

Taula 5. Els episodis d'inundacions més importants en el període 1970-2019 en relació als danys totals causats

Estat	Episodi	Any	Danys totals (en 1000 US\$)
Tailàndia	Inundacions	2011	40.000.000
Xina	Inundacions	1998	30.000.000
Xina	Inundacions	2010	18.000.000
Índia	Inundacions	2014	16.000.000
Corea del Sud	Inundacions	1995	15.000.000
Alemanya	Inundacions	2013	12.900.000
Xina	Inundacions	1996	12.600.000
Estats Units	Inundacions	1993	12.000.000
Iran	Inundacions	2019	11.000.000
Alemanya	Inundacions	2002	11.600.000
Estats Units	Inundacions	2008	10.000.000

Font: EM-DAT (2019).

Les inundacions són el desastre ambiental que afecta a més països, però paral·lelament s'ha incrementat el nombre d'inundacions, de 1.368 en el període 1996-2005 a 1.672 en el període 2006-2015. Entre els països que mostren una clara reducció en les morts per inundacions entre les dues dècades tenim Algèria, Bangla Desh, Haití, Iran, Mèxic, Nepal i Somàlia. Però, en canvi, hi ha un augment significatiu a l'Índia, el Brasil, Indonèsia i Corea del Nord. Al Pakistan, més de 5.100 persones van morir en les inundacions de 2006 a 2015, enfront de 2.470 el 1996 (UNISDR, 2016).

Taula 6. Els episodis d'inundacions més importants en el període 1970-2019 en relació a les persones mortes

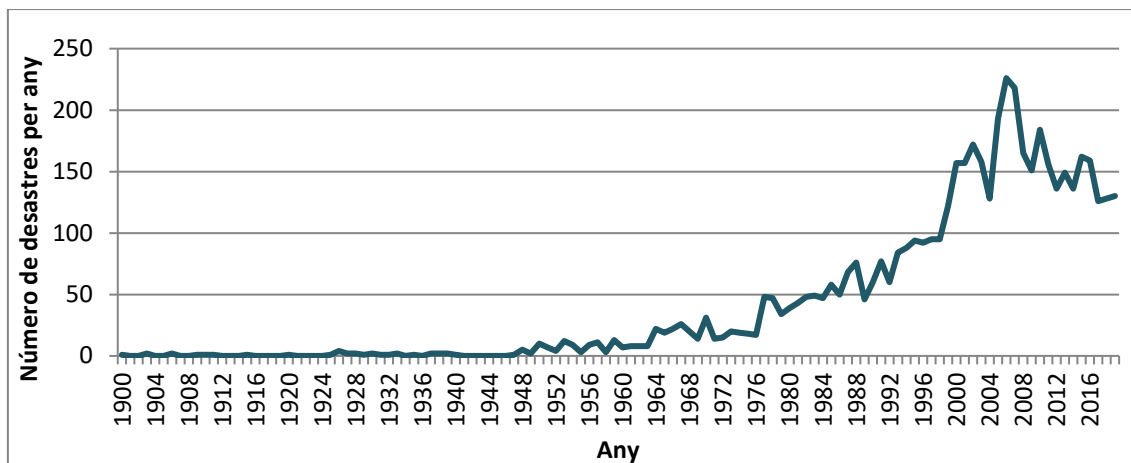
País	Episodi	Any	Nombre de mort
Veneçuela	Inundacions	1999	30.000
Bangladesh	Inundacions	1974	28.700
Xina	Inundacions	1980	6.200
Índia	Inundacions	2013	6.054
Filipines	Inundacions	2013	8.100
Índia	Inundacions	1978	3.800
Xina	Inundacions	1998	3.656
Xina	Inundacions	1996	2.775
Haití	Inundacions	2004	2.665
Bangladesh	Inundacions	1988	2.379
Somàlia	Inundacions	1997	2.311

Font: EM-DAT (2019).

La proporció del PIB exposat a inundacions i ciclons tropicals va augmentar d'un 4,13% el 1970 a un 4,47% el 2010, i en termes absoluts, el seu valor es va triplicar en més d'1'9 bilions de dòlars (UNISDR, 2011).

La tendència del nombre d'episodis severos d'inundacions no ha parat de créixer des de 1900, i especialment des de 1948 fins avui, com s'observa a la Figura 2.

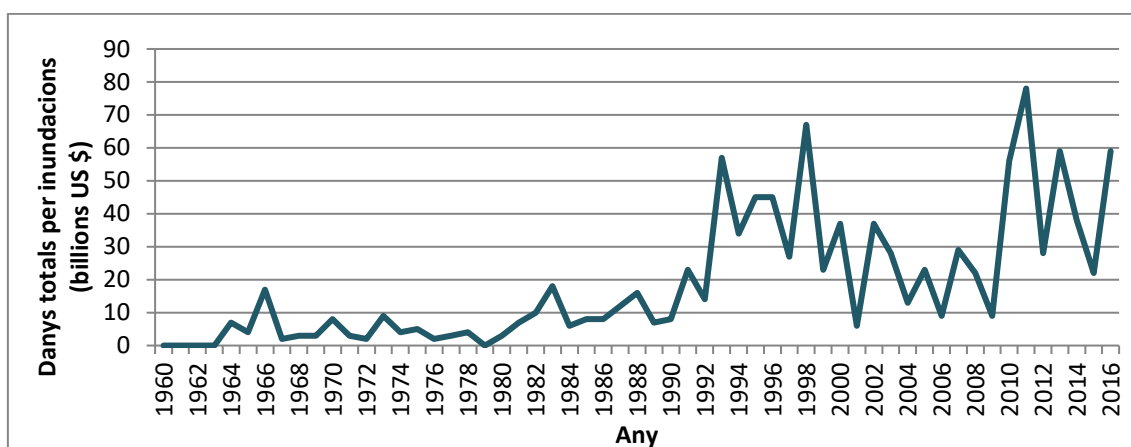
Figura 2. Episodis severos d'inundacions al món (1900-2019)



Font: EM-DAT (2019).

Pel que fa als danys causats per les inundacions, d'acord amb la Figura 3, també han augmentat en el període 1960-2016, partint d'1 miler de M\$ el 1962, fins arribar a assolir el màxim de 78 milers de M\$ el 2011.

Figura 3 Danys en bilions de dòlars USA causats per les inundacions al món (1960-2016)



Font: EM-DAT (2019).

Aquests indicadors ens identifiquen un problema greu i d'extrema urgència, i la situació es pot incrementar i aguditzar si considerem els estudis i les previsions referents als futurs impactes del canvi climàtic, que preveuen l'augment de la freqüència i la gravetat d'aquests fenòmens (Price, Chen i

Macay, 2009). Davant d'aquesta situació, assolir una gestió més eficient i efectiva del risc és una necessitat per a la societat actual.

Però no podem deixar de banda que la gestió del risc ens obliga a incorporar la incertesa en el procés. Predir la vulnerabilitat futura és molt difícil a causa de la comprensió incompleta dels sistemes naturals i els sistemes socials (Zevenbergen et al, 2010). Així, tenim diferències significatives entre els conceptes d'exactitud, error i incertesa que en l'àmbit de les inundacions ens afecten en la seva gestió.

Definim l'exactitud com la precisió amb que es realitzen la mesura o el càlcul. Podem millorar l'exactitud amb l'ús de millor tecnologia. Els errors són càlculs equivocats o mesures amb diferències quantificables. Un resultat òptim seria estimar la incertesa a través d'un rang esperat. Malauradament la realitat ens indica que aquest objectiu no és possible, ja que no disposem de cap procediment que ens permeti generar la certesa absoluta per predir el desenvolupament i els efectes que causarà la inundació; i així poder desenvolupar i implementar mesures infal·libles.

Les mesures de protecció contra les inundacions es basen en el coneixement acumulat entorn els fenòmens catastròfics passats. Hem de considerar, però, que una protecció absoluta davant el risc d'inundació és un pensament inassolible i insostenible (Shanze, 2006). La implementació de les mesures de gestió porten associats nous problemes producte de les diverses incerteses potencials que les afecten (Samuels, Branley i Evans, 2010), de forma que no podem assolir el control del risc, únicament podem maximitzar la seva gestió, tot disminuint el nivell d'incertesa.

Així, la construcció d'una obra hidràulica porta associada, entre d'altres, la incertesa sobre el procés global d'urbanització, que a la vegada ens podria causar noves incerteses, com la baixa capacitat de defensa contra les inundacions per la construcció per sota dels estàndards de qualitat, o bé una sobreestimació de la capacitat de defensa i, en aquests casos, la no implantació d'altres mesures de gestió complementàries.

Finalment, aquesta obra hidràulica es pot haver projectat pensant en els propers 50 anys, no incorporant una planificació a més llarg termini, on la variable del canvi climàtic es transforma en una incertesa més (Lara, 2012). També la implantació de mesures inadequades o excessives de manteniment de la xarxa hidrogràfica pot disminuir la capacitat d'emmagatzematge i infiltració i la velocitat de transport, augmentant el risc d'inundació.

Com s'ha indicat anteriorment, un element bàsic que ens potencia el nivell d'incertesa associat a les inundacions és el canvi climàtic. Concretament, els resultats que s'obtenen dels darrers estudis sobre els efectes potencials del

canvi climàtic en obliga a revisar les estratègies de gestió de les inundacions a mig-llarg termini.

El canvi climàtic planteja un desafiament conceptual als responsables de la gestió hidrològica i posa en dubte la hipòtesi que la normalitat del passat és el mirall pel futur (WMO, 2009). Pel que fa a les inundacions, la major part d'aquests estudis sobre el canvi climàtic confirmen l'augment dels perills climàtics, com ara les pluges torrencials, les onades de calor i les sequeres. (Olcina, 2009; INM i OECC, 2007). En aquest sentit, d'acord amb Lara (2012) i Samuel, Branley i Evans (2010), les mesures de gestió de les inundacions presenten incerteses associades (Taula 7).

Taula 7. Incerteses associades a les mesures de gestió de les inundacions

Mesura de gestió	Incertesa associada
Obres hidràuliques de defensa	Infra (o sobre-) valoració de la capacitat de les obres de defensa segons els càlculs del període de retorn de les avingudes.
	Efecte escalada: increment de l'ocupació humana dels espais inundables.
	Canvi climàtic.
Predicció en temps real	Infra (o sobre-) estimació del temps necessari de resposta davant de cada episodi.
	Extensió exacta de l'afectació de cada episodi d'inundació.
Manteniment de la xarxa hidrogràfica	Nivell d'implantació real dels plans d'emergència. Insuficients (o excessives) actuacions de manteniment.
	Capacitat d'emmagatzematge, drenatge i infiltració insuficients.
Zonificació dels usos del sòl en espais inundables	Grau de coneixement del risc per part de la població.
	Nivell de fiabilitat i certesa de la informació geogràfica.
	Ocupació inadequada dels espais inundables.

Font: Lara (2012) a partir de Samuels, Bramley i Evans (2010).

D'acord amb el Cinquè Informe de l'IPCC (2014) es considera molt probable que a finals d'aquest segle la precipitació mitjana disminueixi en moltes regions seques de la latitud mitjana i subtropicals, mentre que és probable que en moltes regions humides de la latitud mitjana la precipitació augmenti.

A la vegada, és molt probable que cap a final de segle siguin més intenses i freqüents els fenòmens de precipitació extrema en la majoria de territoris de latitud mitjana i en les regions subtropicals, conforme s'incrementi la

temperatura mitjana global de la superfície. S'estima que aquests escenaris es produeixin cap a l'any 2080.

A la regió mediterrània es preveuen menys precipitacions, amb sequeres més llargues i freqüents, el que es tradueix en una reducció de la disponibilitat del recurs hídric a tota la Mediterrània. Cada grau d'escalfament produirà un descens dels recursos hídrics d'almenys un 20% considerant un augment addicional de la població del 7%.

A causa de l'augment del nivell del mar projectat per al segle actual i posteriors, els sistemes costaners i les zones baixes experimentaran, cada vegada més, impactes adversos com ara enfonsaments, inundacions i erosió costanera. L'augment del nivell del mar representa un dels principals riscos del canvi climàtic a les zones urbanes costaneres.

Les estimacions de pujada del nivell del mar a la Mediterrània de mitjana són com a mínim entre 28 i 98 cm per a l'any 2100.

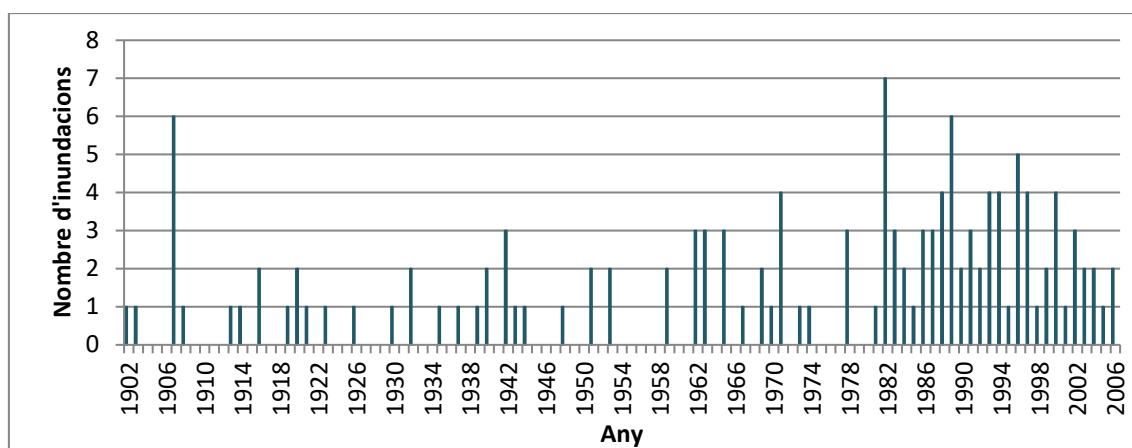
Les ciutats i regions urbanes influeixen en el seu microclima local. El canvi climàtic interactua amb aquestes condicions microclimàtiques de múltiples maneres, exacerbant en alguns casos el nivell de risc, per exemple, pel que fa a l'efecte "illa de calor urbana" i a les inundacions locals.

Inundacions a Catalunya

Segons les dades del projecte Rinamed de l'any 2002 (Escuer, 2008), les inundacions més importants a Catalunya són les dels anys 1863, amb 33 morts; 1874, amb 600 morts i 700 habitatges destruïts; 1907, amb 29 morts i 110 habitatges destruïts; 1940, amb 90 morts i 380 cases afectades; 1962, amb 815 morts; 1971, amb 35 morts i 450 fàbriques afectades; 1982, amb 6 morts, i el 1994, amb 10 morts.

D'acord amb tots els episodis d'inundacions ocorreguts durant el període 1900-2006, s'observa un increment significatiu d'episodis al final del període (Figura 4).

Figura 4. Nombre d'inundacions a Catalunya per any per al període 1900-2006

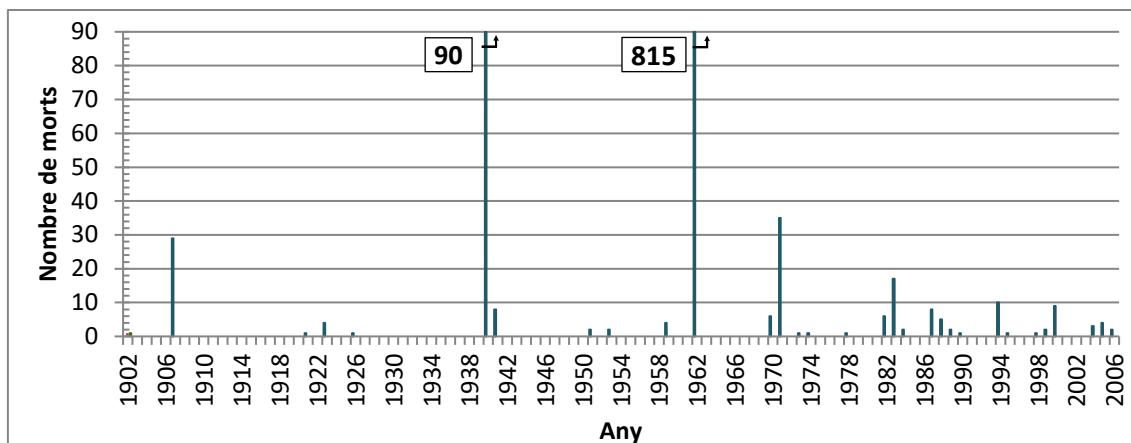


Font: Escuer (2008).

Aquest augment prové especialment pel fet que es disposa de més informació en els darrers anys, i també al descens del llindar de sensibilitat per una ocupació més gran dels espais (llocs on abans una crescuda ordinària no afectava res perquè no hi havia cap objecte vulnerable, ara sí que n'hi tenen i, per tant, queden afectats) (Escuer, 2008).

El nombre de morts és un degoteig continu en el temps. A continuació es presenten les dades entre 1900 i 2006 (Figura 5):

Figura 5. Víctimes mortals a Catalunya a conseqüència de les inundacions per al període 1900-2006



Font: Escuer (2008).

Actualment, l'experiència ens mostra que les víctimes mortals no es produeixen tant en els cursos principals sinó més en cursos secundaris lligats a torrents, rieres i barrancs. Són llits que passen gran part de l'any secs, i aquest fet propicia la manca de percepció de perill.

En relació als danys econòmics, les inundacions són el fenomen natural de major impacte econòmic a Catalunya. Les úniques estadístiques existents es refereixen a les pèrdues assegurades realitzades pel Consorci de Compensació de Seguros. Segons dades d'aquest Consorci, les indemnitzacions amb imports actualitzats a 31 de desembre de 2004 atenyen els 1.320 milions d'euros per al període 1987-2002, fet que significa una despesa mínima anual de 89 milions d'euros anuals. Entre el 2009 i el 2014 el Consorci de Compensació d'Assegurances va haver de pagar 82 milions d'euros per indemnitzacions de tempestes i inundacions a Catalunya. I si considerem els mesos de juliol i agost, els danys per inundacions es van valorar en 7.630.318 €. S'ha de tenir en compte que es parla de despeses mínimes, ja que l'asseguradora no cobreix el 100 % dels danys i, òbviament, tampoc no cobreix els béns no assegurats. Per aquest motiu és important tenir present que aquesta quantificació té una precisió molt relativa.

En les últimes dècades s'ha produït un increment dels danys generats per les inundacions. Aquesta tendència ve condicionada per un increment de l'exposició, que podria anar acompanyada d'un increment del risc causat pels processos d'escalfament global del planeta i dels efectes vinculats al canvi climàtic.

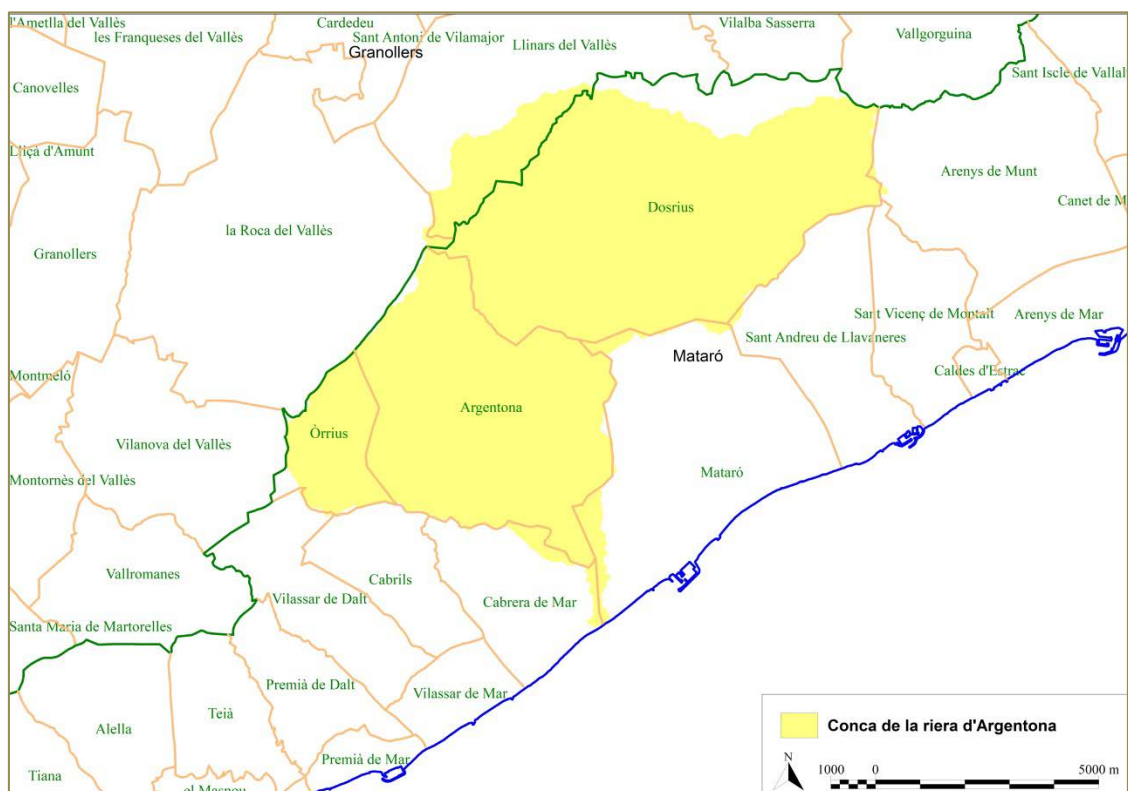
4. Àrea d'estudi

Aquest capítol té per objectiu presentar l'àrea específica d'estudi que s'ha considerat per realitzar el treball d'aquesta tesi doctoral. Ho dividirem en dues parts. En la primera, emmarcarem els municipis de la conca en el seu context més proper, la comarca del Maresme. En la segona part, presentarem els cinc municipis que formen la conca de la riera d'Argentona, explicant els aspectes geogràfics i socials més significatius. En acabar, es presentarà una justificació global referent a l'elecció dels municipis escollits en aquesta investigació.

4.1. Context comarcal de la conca

L'àrea d'estudi de referència és al centre de la comarca del Maresme (Figura 6). Es tracta d'un territori costaner, estret, entre els vessants de marina de la Serralada Litoral i el Mar Mediterrani, de la Tordera al nord-est (NE) fins al Turó de Montgat al sud-oest (SW), a les proximitats de Barcelona. Té una extensió de 398 km².

Figura 6. Situació dels municipis de la conca de la riera d'Argentona en l'àmbit territorial del Maresme



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'ICGC (2019).

El nom de la comarca prové, segons alguns autors, de la presència important de maresmes i aiguamolls, dels quals avui només en queden restes a Malgrat

de Mar, Palafolls i Tordera. Però altres autors consideren que el topònim "Maresme" prové del terme medieval "Marítima", nom que rebien tots aquests territoris ja des del segle IX. Tots els documents de l'època estan encapçalats per la seva situació "*In comitato Barchinonense, in Marítima*". Així, Maresme vindria de Marítima, que vol dir territoris pròxims al mar, i no tindria res a veure amb els aiguamolls (Olesti, 1992).

Pel que fa a la consolidació de l'àmbit territorial del Maresme com a comarca, com a unitat territorial, es concretarà primer durant la Segona República, amb el Decret del 23 de desembre del 1936 de la Generalitat de Catalunya, que s'interromprà el 1939 en acabar la Guerra Civil. El 1987 es recuperen les comarques, que es consolidaran definitivament amb l'Estatut d'Autonomia de Catalunya del 2006. Actualment la comarca està formada administrativament per 30 municipis.

Per desenvolupar aquest estudi, hem seleccionat dins la comarca del Maresme, primer de tot, un territori que emmarqui les diferents característiques i tipologies dels municipis maresmencs, tant pel que fa a la població, a l'economia, als usos del territori i a la situació respecte al mar i a la Serralada Litoral, i que, a més, formessin una unitat a nivell hidrogràfic, la conca.

4.1.1. Característiques físiques.

4.1.1.1. La Geologia.

Els materials dominants en aquest territori són les roques plutòniques i filonianes que formen el batòlit de la Serralada Litoral. Les roques plutòniques són del tipus granítiques i granodiorítiques, de gra mitjà, amb una estructura hipidiomorfa, composta bàsicament per feldespats potàssics, quars, plagioclases i miques biotites. Les roques filonianes formen els típics dics que travessen la Serralada Litoral. Estan formades generalment per quars, aplites i pegmatites, pòrfids granítics i monzogranítics.

Tenen molta importància als fons de les valls i les planes, les acumulacions de sorres i llims, d'origen al·luvial, i també d'altres acumulacions als peus dels vessants, d'origen col·luvial.

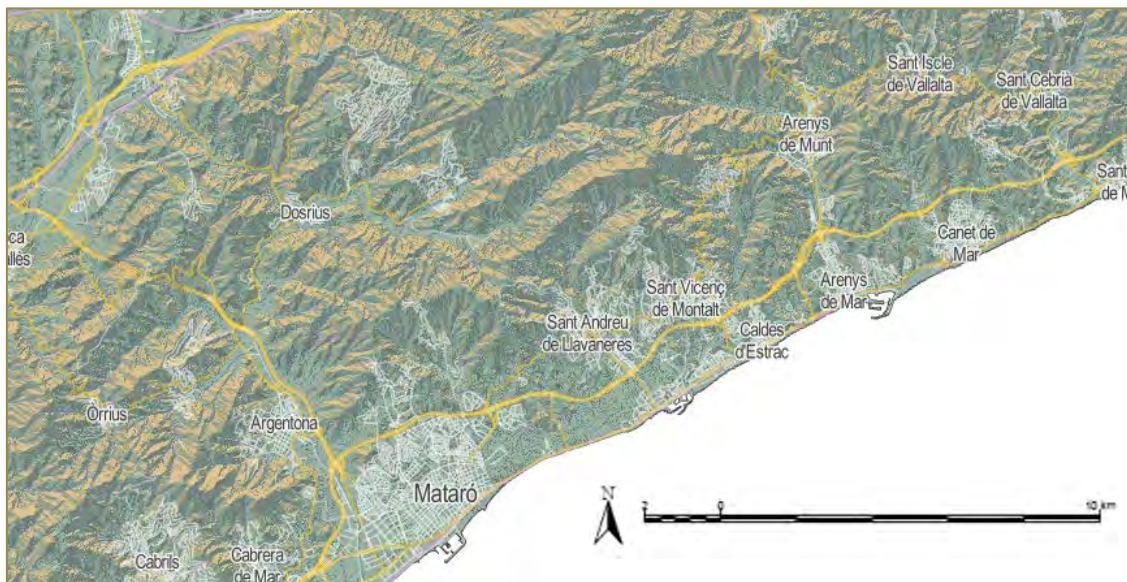
4.1.1.2. El relleu i la geomorfologia.

La comarca del Maresme és una franja de territori estreta, situada entre la Serralada Litoral (N) i els rius Besós (SW) i Tordera (NE), i el Mediterrani (S).

Des d'un punt de vista geomorfològic, d'acord amb la Figura 7, el Maresme està format per dues unitats: la Serralada Litoral, que constitueix l'eix i zona culminant de la comarca, i la Plana Litoral, que correspon a una estreta

plataforma de terreny, formada al peu de la Serralada, que s'estén des del turó de Montgat fins al riu Tordera.

Figura 7. Ortoimatge modificada per elevacions de 2 m. i ombres dels municipis de la conca de la riera d'Argentona



Font: BetaPortal ICGC (2019).

La Serralada Litoral està constituïda bàsicament per materials paleozoics: granítics i metamòrfics. Els materials granítics pertanyen a l'extens batòlit que ocupa la major part de la serralada i que petrològicament estan constituïts per granodiorites, monzogranits, tonalites i leucogranits, travessats per multitud de dics de composició similar (Enrique, 1985).

Els materials metamòrfics, encaixants de la intrusió granítica i restringits majoritàriament a la serra del Montnegre, al nord de la comarca, estan afectats tant pel metamorfisme regional de l'orogènia hercínica com pel metamorfisme de contacte originat per aquesta intrusió. Estan formats per pissarres, calcàries, lidites, gresos i conglomerats, amb una edat que va des del Cambroordovicià al Carbonífer.

La Plana Litoral, en canvi, està formada per sediments quaternaris d'origen continental originats per l'erosió dels materials que formen la Serralada Litoral, per tant la seva gènesi, geometria i dinàmica deposicional està especialment lligada al batòlit granític, proporcionant la seva gran homogeneïtat.

El Maresme forma part d'un gran bloc aixecat (Font i Gutiérrez, 2014) limitat per dues falles de caràcter distensiu de direcció NE-SW: la falla del Vallès que correspondria a la vora o límit nord del bloc i que posa en contacte els materials miocènics de la depressió del Vallès amb els paleozoics de la

Serralada Litoral; i una altra falla al sud que marca la línia de costa. Existeix un altre sistema de falles perpendicular a l'anterior (és a dir de direcció NW-SE) que divideix el relleu de la Serralada Litoral en una sèrie de subunitats estructurals, que de sud a nord, es distribueixen en els següents massissos i blocs: Sant Mateu (499 m), Céllecs (536 m), Montalt (598 m), el Corredor (657 m) i el Montnegre (759 m). Aquest sistema de falles és aprofitat posteriorment per a la implantació d'una densa xarxa de rieres i torrents, que drenen els materials de la Serralada Litoral i desemboquen al mar.

Partint des de la Serralada Litoral al mar es poden diferenciar tres unitats geomorfològiques:

1. La Serralada formada bàsicament per materials granítics i metamòrfics, travessats per multitud de dics de tipus porfíric i aplític, de direccions NE-SW, aproximadament paral·leles a l'actual disposició de la Serralada.

Els materials granítics afectats a l'acció dels agents erosius es converteixen en el sauló (granit alterat), que al final del seu procés de meteorització dona sorres riques amb biotites, quars i feldspats que formen el granit. El sauló s'acumula a les fondalades i contraforts de la Serralada formant un mantell que cobreix la major part de la zona, donant lloc a un relleu de formes suaus i ondulades format per turons i pujols. Aquestes formes del relleu tan suaus s'han generat per la facilitat d'excavació d'aquests materials tan tous per part de les aigües de la precipitació i d'escolament superficial.

Al Montnegre, en canvi, afloren els materials metamòrfics, més durs i resistents: pissarres i esquists metamòrfics, i materials detrítics, que destaquen sobre la resta de materials, constituïts sobretot per granit.

2. La plana litoral és l'espai que comença on acaben sobtadament els relleus de la Serralada, constituïda per una plataforma horitzontal d'uns 500 m. d'amplada mitjana i que s'estén de SW al NE, només interrompuda entre Caldes d'Estrac i Calella.

Aquesta plana està constituïda per materials detrítics d'edat quaternària: graves, sorres i argiles, sedimentats al llarg de la història geològica pels torrents i rieres que drenaven la Serralada, i que responen a un model de ventalls al·luvials interdigitats amb variacions de mida de gra dels sediments tant en sentit vertical com lateral (TAGSA, 1985).

3. Valls de rieres i torrents, formades per materials al·luvials actuals, dipòsits de peudemont i sediments actuals de les rieres. El trànsit lateral i vertical entre aquests dos tipus de dipòsits és poc marcat, però

gradual. La diferència entre ells és que els sediments fluvials són més arrodonits i retreballats pel transport de les rieres, que els sediments col·luvials.

La potència d'aquesta unitat pot arribar a ser superior als 5 m. en alguna de les rieres més importants, com a la riera de Sant Pol o de Vallalta (Roca, Casas i Viladevall, 1978).

4.1.1.3. La xarxa hidrogràfica del litoral del Maresme.

Pel que fa a la xarxa hidrogràfica del Maresme es poden determinar dues vessants marcadament diferenciats respecte als seus cursos fluvials: els cursos del vessant vallesà que drenen a la conca de la Tordera i els cursos litorals que van a parar al mar Mediterrani.

Els cursos del vessant vallesà presenten conques de mida mitjana, pendents moderats, poc urbanitzats i tenen vegetació de ribera ben desenvolupada. Les avingudes generalment no són catastròfiques.

En canvi, els cursos litorals, que drenen els relleus de la Serralada Litoral i les planes i arriben directament al mar, tenen pocs quilòmetres de recorregut, pendents importants, conques de mida petita i majoritàriament molt urbanitzades, les avingudes en aquestes rieres són sobtades i amb efectes, de vegades catastròfics.

4.1.1.3.1. Distribució de les rieres.

Dels 45 km lineals de costa que hi ha entre la riera de Montalegre (Montgat) fins a la Tordera (Malgrat) trobem un centenar de cursos de rieres i torrents amb superfície superior a 0,15 km².

L'extensió total de les conques d'aquestes rieres i torrents és d'aproximadament 315 km². Les conques més extenses són: la riera d'Argentona amb 77,86 km², la riera de Vallalta o de Sant Pol amb 38,76 km², la riera de Pineda amb 16,89 km² i la riera d'Arenys amb 12,94 km².

4.1.1.3.2. Morfologia de les rieres.

Hi ha dos factors que condicionen la morfologia de les rieres: la litologia i les fractures (Font i Gutiérrez, 2014). Al Maresme, les xarxes de drenatge d'aquestes rieres tenen una clara tendència cap a formes i traçats determinats per les fractures, en concret el grup de fractures NW-SE perpendicular a la direcció estructural predominant del Maresme: NE-SW.

Concretament, les rieres i torrents del Maresme presenten cursos molt rectilinis, especialment en el seus trams finals. Per altra banda, les capçaleres

d'aquestes rieres estan constituïdes per un gran nombre de torrents, i amb una distribució de tipus dendrítica.

Com a resultat d'aquesta configuració, la majoria de conques presenten una morfologia en forma de pera o d'embut, les rieres de conques més reduïdes (<2 km²) tenen forma de fus, i s'estrenyen cap a la desembocadura. Les grans rieres, probablement d'edat més antiga, presenten trams paral·lels a la direcció de la Serralada Litoral, que donen lloc a formes més arronyonades. En canvi, en sentit longitudinal (des de la capçalera fins a la desembocadura), a les rieres del Maresme es poden diferenciar tres parts, que es correspondrien aproximadament amb les parts en què se sol dividir un típic curs torrencial: una conca de recepció, un canal de desguàs i un con de dejecció o ventall al·luvial.

Un sistema fluvial ideal consta de tres zones ben diferenciades que, simplificant molt, són: una conca de drenatge, una zona de transferència i una zona de sedimentació (Schumm, 1997).

En el cas del Maresme, la conca de recepció i de concentració de l'aigua pertany a la capçalera de la riera i és excavada en els materials granítics o metamòrfics de la Serralada Litoral. Aquesta zona es caracteritza per un elevat nombre de cursos estrets i encaixats, on dominen els processos erosius. En aquests trams es produeix una ràpida concentració de les aigües de pluja.

El canal de desguàs o zona de transferència es tracta d'un canal únic situat sobre la plana litoral, de caràcter generalment molt rectilini i excavat o bé sobreelevat respecte al substrat fluviodeltaic quaternari i que gràcies als processos de difluència, aquests els cursos fluvials es poden comportar com a zones de sedimentació (Riba, 1997).

La zona terminal o ventall al·luvial és la veritable zona de sedimentació, i en el cas de les rieres que desguassen directament al mar hauria de ser un delta (o també un fandelta), que al Maresme hauria de tenir un desenvolupament incipient, gairebé sempre inexistent a causa dels corrents de deriva litoral, d'una alimentació de sediments deficient, dels temporals de llevant i probablement dels processos de subsidència. En aquest sentit, només el Besós i la Tordera presenten uns deltes unilobats poc desenvolupats, o bé mínimament incipients, com la riera de Vallalta i la riera d'Argentona.

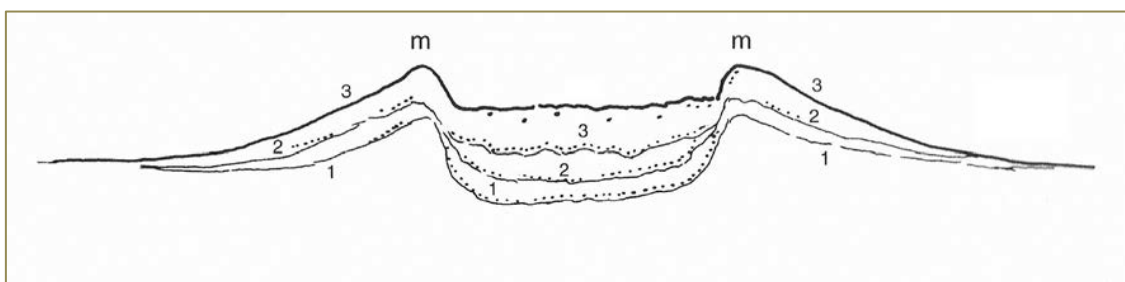
Tenim encara dos trets més que diferencien les rieres del Maresme de la resta de cursos fluvials, que són la càrrega sedimentària que transporten i els dipòsits que es generen.

El primer tret, és la quantitat de sorres i material sedimentari que transporten. On domina un substrat granític, el material sedimentari que

dipositen les rieres són sorres gruixudes amb alguns còdols i blocs disseminats. On afloren els materials paleozoics i triàsics, com a Calella, Pineda, Santa Susanna o Malgrat, es troben materials més fins barrejats amb els més grollers i molt heterogenis.

El segon tret característic és la presència dels dics naturals (levées en francès; en anglès natura levees) i que a la comarca denominen "mòts" (Riba, 1997). Es creen de forma paral·lela al llit fluvial i el limiten d'una forma ben clara. Es generen de forma natural per l'acumulació del material sorrenc que transporta la riera, per les diferents rierades (1, 2 i 3 a la Figura 8) creant un dipòsit sedimentari prismàtic, allargat, de secció triangular, a banda i banda de la llera, com uns cavallons (Figura 8), essent la part més alta longitudinal la "m" de la Figura 8. La formació dels mòts va lligada a la sobrelevació del llit de la riera respecte a les planes que la limiten. Aquests mòts ja descrits per Ribera Faig al 1945, han estat descrits i analitzats àmpliament per Riba (1997).

Figura 8. Estructura dels mòts (m)



Font: Font i Gutiérrez (2014).

Els mòts protegeixen de les crescudes ordinàries els terrenys circumdants, generalment agrícoles, però a les rierades catastròfiques sovint es trenquen per sobreiximent i les aigües envaeixen i arrasen aquestes zones considerades protegides. Per aquesta raó, els mòts han estat sempre protegits i recrescuts per l'home al Maresme.

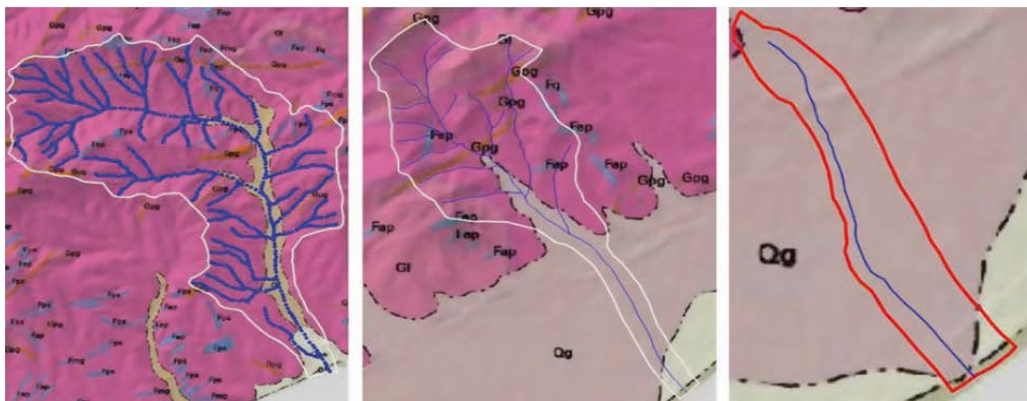
4.1.1.3.3 Classificació de les rieres del Maresme.

Les rieres del Maresme comparteixen diferents característiques comunes: gairebé totes drenen cap al mar, neixen a la Serralada Litoral, tenen un règim hidrològic intermitent i conques de dimensions similars, però d'acord amb la seva geologia i morfologia, no són gaire homogènies. Les podem agrupar en tres grans tipus (Figura 9) (Riba, 1997):

1. Rieres de primer tipus o rieres antigues. Transcorren en tot el seu recorregut sobre unitats geològiques paleozoiques i granítiques, com ara la riera d'Arenys, la de Vallalta o la riera d'Argentona.

2. Rieres de segon tipus o rieres mixtes. Presenten dos trams perfectament diferenciats: el primer és format per la capçalera excavada en els terrenys antics ja esmentats (i també més moderns); i el segon tram pertany al curs inferior o zona de transferència, que transcorre per sobre de terrenys quaternaris, el qual formen un glacis de sedimentació, com ara la riera de Cabrera.
3. Rieres de tercer tipus o rieres residuals. Només drenen alguns sectors dels terrenys quaternaris corresponents al glacis del piemont costaner. Es tracta de rieres de poca longitud i conca molt reduïda, perdent el caràcter torrencial i fent una funció de drenatge local. Són els tàlvegs intercalats entre dues rieres del segon tipus, o bé poden pertànyer al segment sense ús d'una riera que ha defluit.

Figura 9. Esquemes dels tres tipus de riera segons la classificació establerta per (Riba, 1997): esquerra: riera antiga (Arenys); centre: riera mixta (Cabrera); i dreta: riera residual com el torrent del Molí (Cabrera de Mar)



Font: Font i Gutiérrez (2014).

Les rieres del primer tipus tenen conques més extenses que les altres (per exemple, la riera d'Argentona, 77,86 km², la de Vallalta, 38,76 km², o la d'Arenys, 12,94 km²), drenant grans extensions de la Serralada Litoral, amb una xarxa important de torrents i rieres menors de tipus dentrític. La seva forma és d'embut o de pera, de manera que l'amplada s'estreny progressivament de cara al mar, deixant espai per les rieres de segon i tercer tipus.

Les rieres mixtes o de segon tipus són menys extenses (per exemple, la riera de Llanereres, 8,24 km², la de Cabrera, 2,60 km² o la de Sant Vicenç, 1,17 km²). La forma de la conca és similar a una raqueta de tennis; ampla, excavada, ovalada i dendrítica a capçalera, la qual s'estreny en assolir els terrenys moderns i generalment esdevé sobreelevada a partir d'inflexió determinat pel seu curs, limitada per les crestes dels seus propis dics o mòts.

En molts casos, la conca queda reduïda bàsicament al seu llit, i no pot rebre cap tributari, excepte quan l'home ho modifica.

Els pendents longitudinals de les rieres són normalment molt forts, com els d'Alella i Canet de Mar, que assoleixen el 6,5%. Als trams rectilinis, sobre al·luvions moderns, els pendents són també considerables com el que tenim a la riera de Cabrera del poble a la platja, del 3,54%. En canvi, el pendent que tenim a la riera d'Argentona, del pont de la carretera C1415 al mar, és molt més suau, de l'1'69%.

4.1.2 Societat i economia en el conjunt del Maresme.

En els darrers cents anys la població catalana, i la barcelonina n'és un clar exemple, ha experimentat una tendència a la concentració dels seus habitants en els municipis de la franja litoral d'acord amb la major potencialitat econòmica i a les millors condicions que han ofert aquests municipis.

Els municipis del litoral s'han convertit en un pol d'atracció de població i d'activitat productiva molt més dinàmic pel seu intens desenvolupament urbanístic i de comunicacions. El model de creixement experimentat els darrers 50 anys ha comportat, per la majoria dels municipis, significatives transformacions a nivell demogràfic i econòmic amb les conseqüents transformacions territorials i ambientals. Així, com s'observa a la Taula 8, des de 1950 fins al 2015, els municipis que integren la riera d'Argentona, excepte Òrrius, han multiplicat per quatre la seva població, increment similar al que ha experimentat la comarca.

Taula 8. Evolució de la població de fet al Maresme i a la conca de la riera d'Argentona (1995-2015)

	1950	1960	1970	1981	1991	2000	2010	2015
Argentona	2.889	3.522	4.058	6.515	7.819	9.482	11.718	11.978
Cabrera de Mar	1.262	1.487	1.705	1.695	2.909	3.716	4.504	4.522
Dosrius	921	914	767	738	1.211	2.846	5.010	5.215
Òrrius	245	259	218	259	368	420	654	688
Mataró	31.642	41.128	73.129	96.467	101.479	104.659	122.905	124.867
Total conca riera Argentona	36.959	47.310	79.877	105.674	113.786	121.123	144.791	147.270
Maresme	104.163	125.660	190.949	252.952	293.838	345.423	430.997	439.512

Font: elaboració pròpia a partir de Idescat i Centre d'Estudis Demogràfics (2019).

La comarca, i especialment l'àrea d'estudi, van endegar el seu desenvolupament econòmic a l'època moderna a través de l'agricultura a finals del segle XIX i primers del XX, per arribar finalment a la indústria i als serveis.

Així, l'any 1848, s'inaugurà la primera línia de ferrocarril de la Península Ibèrica, de Barcelona a Mataró (Nubiola, 2016), i l'any 1878 ja arriba a la frontera. El 1868 s'exportaven taronges, i l'any 1876, per via marítima, patates a França. L'any 1890 la fil·loxera va eliminar 11.000 ha de vinya a tota la comarca (Badosa, 2013). Només es replantà a l'àrea de Teià, Alella i Tiana i a les cotes més altes de les poblacions del sud de la comarca. L'arrencada de la vinya obligà a cercar altres cultius i es posaren en marxa les transformacions de secà a regadiu amb explanacions, anivellaments i la construcció de pous. És el pas de la vinya a la sínia, que durarà la primera meitat del segle XX. Concretament, les 5.500 ha de regadiu existents aleshores es dedicaren íntegrament al cultiu de la patata per a l'exportació a Anglaterra, començant l'exportació l'any 1906 per ferrocarril, i que va continuar també per via marítima. La varietat conreada era la Royal Kidney i la llavor venia d'Anglaterra. En una sola campanya es van arribar a exportar més de 60.000 tones de patates del Maresme. En aquesta època l'agricultura de la comarca va assolir el seu màxim esplendor. L'exportació de la patata, després d'anys de dificultats, per competència i preus baixos, s'acabà el 1978.

L'aparició de la corrent elèctrica va permetre fer pous i accedir a nous recursos d'aigua i augmentar la superfície de regadiu en els terrenys de major qualitat, a les planes (Badosa, 2013). En canvi, es van anar abandonant a partir de la dècada dels 1930 els conreus situats en terrenys de menor qualitat i menys rendibles, amb major pendent, més allunyats dels nuclis urbans i amb orientació nord.

4.1.2.1 Teixit econòmic.

Actualment l'activitat econòmica de la comarca es genera bàsicament a partir dels serveis, la indústria, la construcció i l'agricultura, que té encara una presència puntual en el seu conjunt.

El sector serveis representa una font de valor afegit per a la resta d'activitats econòmiques com a subministrador de serveis avançats per a una població que, en general, té millor qualitat de vida i major poder adquisitiu.

Cal fer esment al fet que, el Baix Maresme i l'entorn de Mataró s'han convertit, en els darrers anys, en ciutats dormitori de la Barcelona metropolitana. A més d'això, el sector serveis s'orienta cap al turisme, que ha vist intensificat el seu pes en les dues últimes dècades, especialment a l'Alt Maresme i al llarg de tota la façana litoral de la comarca (costa del Maresme). Així, poblacions com Pineda de Mar, Arenys de Mar, Sant Pol de Mar, Santa Susanna, Canet de Mar, Calella o Malgrat de Mar s'han transformat en nuclis d'atracció de visitants.

El sector industrial basa la seva activitat en la fabricació tèxtil i de gènere de punt, la metal·lúrgia, la construcció de maquinària, els productes químics i els productes alimentaris.

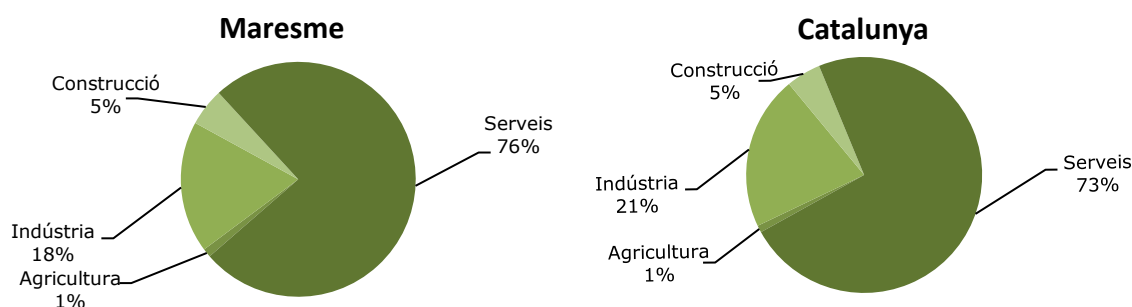
En canvi, el sector de la construcció s'ha centrat principalment en l'àmbit residencial tant per als residents com per a habitatge de segona residència i turístic.

L'agricultura té la seva activitat principalment en l'horta i la flor. Si bé la importància econòmica sobre el conjunt és mínima, la seva presència al territori encara és notable. Si prenem com a punt de partida els censos agraris de 1999 i 2009, tenim que la població del sector primari s'ha reduït en aquest període un 36,52%, concretament de 3.182 persones (1.235 pertanyents a l'explotació familiar i 1.947 persones assalariades a 2.020 persones (720 i 1.291 respectivament). D'acord amb Idescat (2019) la superfície agrícola llaurada també decreix fins a un 14,52%. De 3.712 ha del cens de 1999 (de les quals 1.115 ha de regadiu i 2.597 ha de secà), s'anirà a les 3.173 ha del 2009, (de les quals 1.117 ha de regadiu i 2.056 ha de secà).

Si consideren el patró productiu del Maresme i es compara amb el del conjunt de Catalunya observem elements comuns; però per altra banda, es comprova que el pes de la indústria a la comarca és una mica més de quatre punts inferior, i que aquesta diferència és absorbida per l'agricultura i la construcció, sectors que al Maresme tenen una incidència de dos punts percentuals per sobre de la de Catalunya.

Seguidament es presenta i analitza de forma detallada el Valor Afegit Brut (VAB) per sectors econòmics (Figura 10).

Figura 10. Valor Afegit Brut al Maresme per sectors econòmics. 2016 (en %)



Font: Consell Comarcal del Maresme. Informe del VAB al Maresme (2016)

El pes del sector agropecuari és mínim, ja que aporta únicament el 1% del valor afegit brut total de l'economia i és, respecte al VAB total, superior al de Catalunya.

Tot i així, aquest sector a la comarca representa el 4,90% del VAB del sector agrícola català amb 93.700.000 d'euros el 2016.

El sector de la construcció, amb 423 milions d'euros, el Maresme és superior en poc més de 0'3 punts percentuals al VAB al conjunt català. Encara que la reducció d'aquest sector ha estat evident en els anys posteriors al 2007, la comarca manté certa puixança i potencial de generació de riquesa i ocupació. Aquest fet està motivat fonamentalment pel manteniment d'activitats relacionades amb l'oci i el temps lliure de tipus periòdic, i amb la necessitat d'oferta de segona residència per cobrir aquestes activitats.

Pel que fa al sector de la indústria, s'evidencia una menor presència d'activitat industrial a la matriu productiva del Maresme respecte a Catalunya. El VAB del sector industrial a la comarca arriba als 1.478,8 milions d'euros, el que representa el 18,2% del total, davant del 21,1% que té Catalunya.

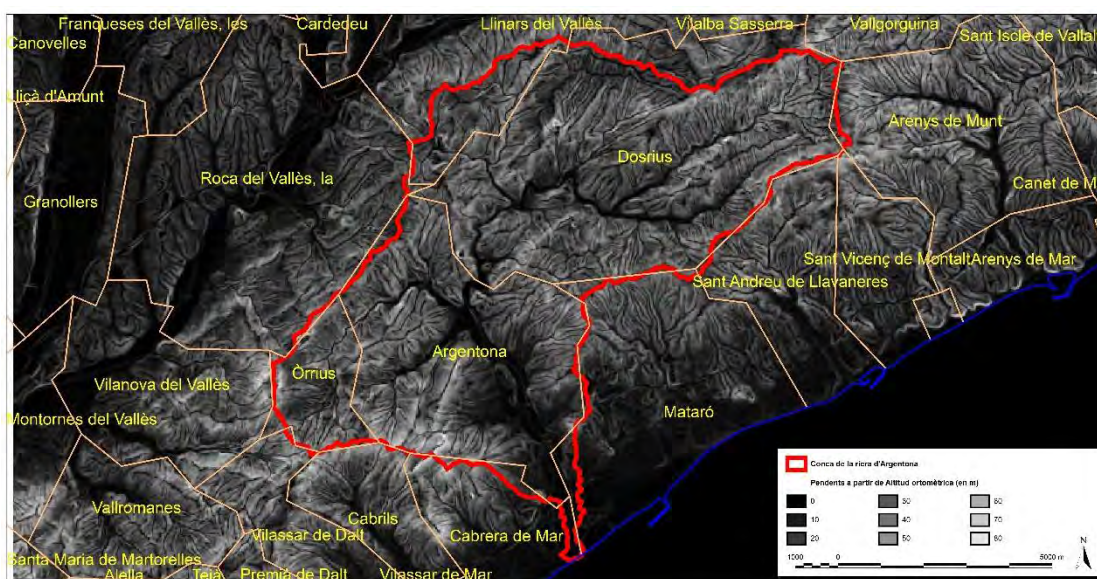
En canvi, el sector dominant al Maresme i a Catalunya és el de serveis, amb un volum econòmic de més de 6.143,7 milions d'€ al Maresme, que representa el 76% del total, respecte al 73% a tot Catalunya.

Posteriorment procedirem a analitzar el teixit econòmic del conjunt de la conca de la riera d'Argentona i de cada un dels municipis de la conca de la riera d'Argentona.

4.2. La conca de la riera d'Argentona

La conca de la riera d'Argentona ve definida per la pròpia riera que li dóna nom, que neix a la Serralada del Corredor. La xarxa de drenatge que nodreix la riera comprèn a capçalera, dins el terme de Dosrius, la riera de Canyamars, la riera de Rimbles i el torrent d'en Guinart, i més a l'est, el torrent del Far i el torrent del Coll s'uneixen per formar la riera de Rials, que drena a la riera d'Argentona dins el nucli urbà de Dosrius.

Figura 11. Limits i pendents de la conca de la riera d'Argentona



Font: Mapa Topogràfic. Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (2019).

Seguidament, encara a Dosrius, tenim el torrent de Manyans. En arribar a Argentona, aviat li drena la riera de Pins, que al seu torn s'ha format per les rieres de Riudemeia i Pins i el torrent de l'Espinal.

La plana argentonina continua fins al Mar, incorporant la riera de Clarà, el torrent de Cirers i la riera de Madà, i per l'esquerra, a primer terme, els torrents de la Castells, Cabanyes i la Reïmina, i finalment la riera de Traià.

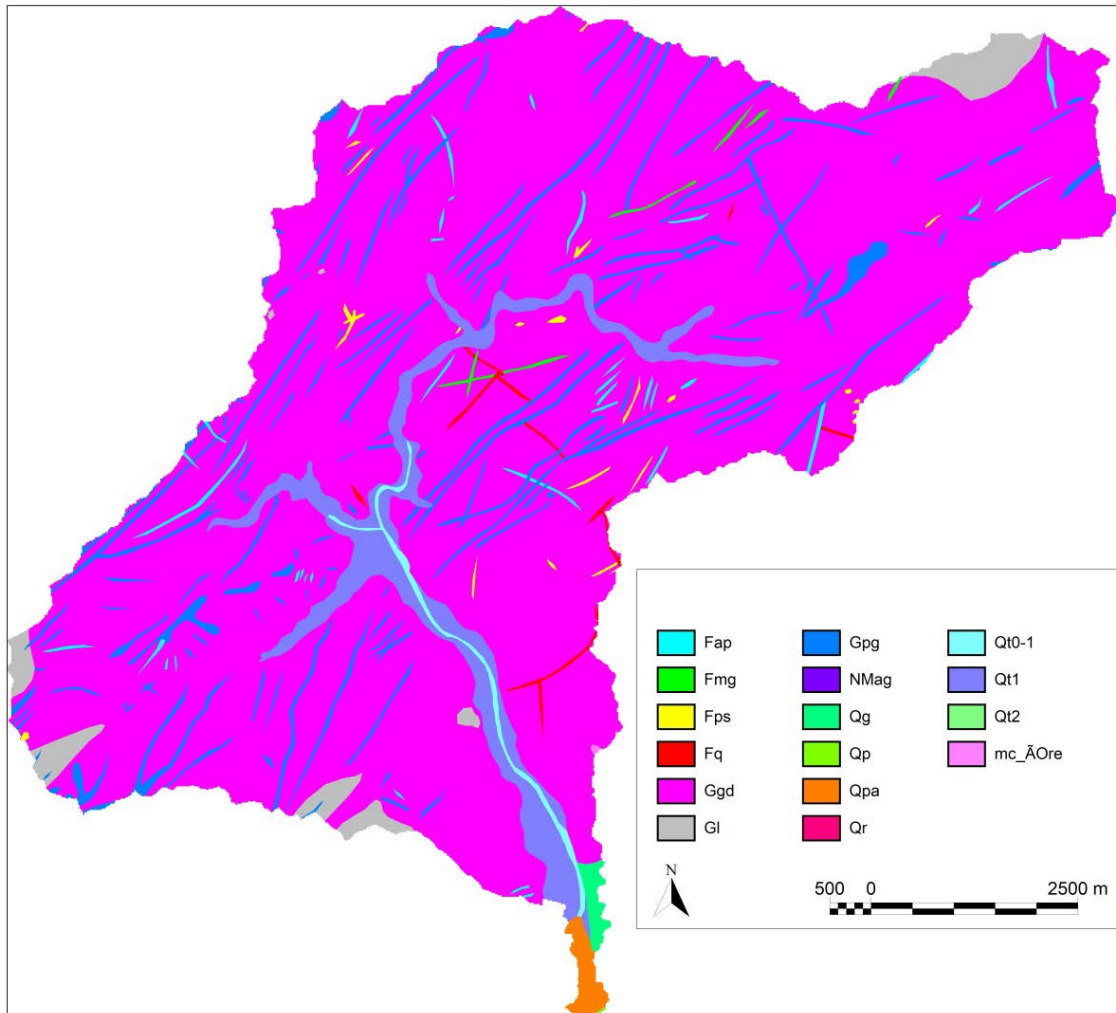
4.2.1. Geologia de la conca de la riera d'Argentona.

La geologia de la conca de la riera d'Argentona és un exemple dels materials dominants a tota la comarca del Maresme, amb la presència significativa de les roques plutòniques i filonianes que formen el batòlit de la Serralada Litoral.

Les roques plutòniques són del tipus granítiques i granodiorítiques, de gra mitjà, amb una estructura hipidiomorfa, composta bàsicament per feldespatos potàssics, quars, plagioclases i miques biotites.

Les roques filonianes formen els típics dics que travessen la Serralada Litoral, compostes generalment per quars, aplites i pegmatites, pòrfids granítics i monzogranítics.

Figura 12. Mapa geològic de la conca de la riera d'Argentona



Font: elaboració pròpia a partir del Mapa Geològic ICGC.

A les valls i les planes trobem acumulacions de sorres i llims, d'origen al·luvial, i altres acumulacions als peus dels vessants, d'origen col·luvial (Taula 9).

Taula 9. Materials geològics de la conca de la riera d'Argentona i superfície que ocupen

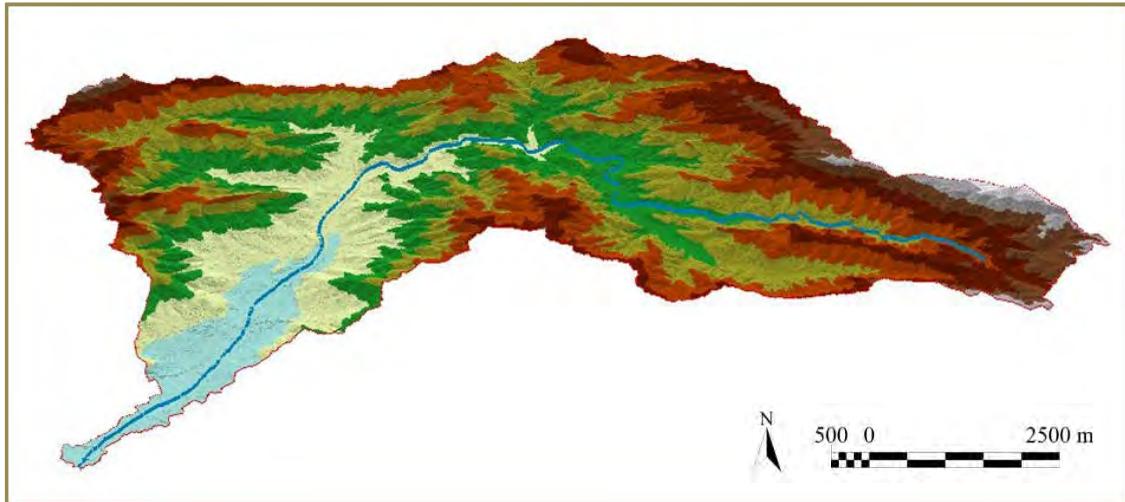
Codi	Detall de causes	Superfície (ha)
Fap	Dics d'aprites, pegmatites, leucogranits porfírics i pòrfirs leucogranífics	50,14
Fmg	Filons de roques bàsiques de composició monzonogàbrica a gàbrica	14,09
Fps	Filons de roques de composició de sienítica a monzonodiorítica	18,15
Fq	Filons de quars	22,08
Ggd	Granits i granodiorites	6.199,80
Gl	Leucogranits	151,19
Gpg	Pòrfirs àcids	435,69
Qg	Peu de mont (enderrocs de pendent i fàcies pròximes de ventalls al·luvials)	21,07
Qp	Sediments de platja	0,39
Qpa	Plana al·luvial. Graves, sorres i lutites	31,55
Qt0-1	Llit actual, plana d'inundació ordinària i terrassa més baixa (0-2m)	36,51
Qt1	Terrassa fluvial. Graves, sorres i lutites	374,77
mc_ÇOre	Esquits i gneis. Materials de la unitat ÇOre afectats per metamorfisme de contacte	0,94

Font: elaboració pròpia a partir del Mapa geològic de l'ICGC (2019).

4.2.2. El relleu i la geomorfologia de la conca de la riera d'Argentona.

La conca de la riera d'Argentona té la seva capçalera a la Serralada Litoral, a la Serra del Corredor, i desemboca al Mediterrani.

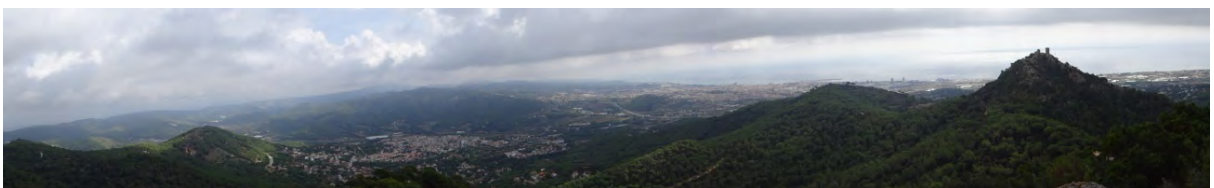
Figura 13. Conca de la riera d'Argentona en 3D



Font: elaboració pròpia amb Arc-Gis a partir de l'ICGC (2019).

Està definida pels contraforts de la Serralada Litoral, concretament per la Serra de Polsaruda i el Montalt (596 m.) a l'est (E), la Serra del Corredor (El Corredor, 657 m.) al nord-est (NE), la Serra d'Ameia al nord, Céllecs (Turó de Céllecs, 535 m.) al nord-oest (NW) i Matabres (404 m.), Cirers (469 m.) i Burriac (392 m) i el Turó dels Oriols (323 m) a l'est (W).

Figura 14. La conca de la riera d'Argentona, tram inferior, des del Turó dels Cirers



Autoria: Oriol Bassa i Vila (2019). Tram inferior de la conca de la riera d'Argentona, termes municipals d'Argentona i Mataró.

4.2.3. Climatologia.

El clima de la zona és de tipus mediterrani litoral caracteritzat per temperatures hivernals suaus, un període àrid a l'estiu i la concentració de les pluges a la tardor. La proximitat al mar Mediterrani determinarà una sèrie de peculiaritats climàtiques com són, entre d'altres, l'efecte esmorteïdor de

les oscil·lacions tèrmiques, el règim de brises marines-terrestres i l'aportació de masses d'aire humides que poden provocar pluges o boires. Les pluges tenen, molt sovint, un caràcter torrencial, fet que provoca les típiques rierades tan habituals a la comarca.

Considerant la classificació climàtica de Köpen-Geiger (Kottek et al, 2006) el clima de l'àrea d'estudi és temperat, coincidint l'estació càlida a l'època seca. Els hiverns no són freds i les precipitacions es concentren a tardor, i en menor mesura, a la primavera.

La classificació climàtica, segons el mètode de Thorntwaite, basat en l'evapotranspiració i la precipitació, ens dona com a classificació global un clima subhúmit, variant seca, mesotèrmic de caràcter marítim.

La pluviositat anual se situa al voltant dels 600 mm. anuals, originada principalment pels vents humits de llevant. Els mesos amb màximes pluviometries són els de tardor (setembre, octubre i novembre), seguits dels de primavera (especialment al maig). Els períodes amb pluviometries mínimes són a l'hivern (febrer) i, especialment, a l'estiu (juliol i agost).

La ET₀ màxima (evapotranspiració de referència) coincideix amb el mínim pluviomètric (juliol) causant un dèficit hídric acusat. El període de dèficit hídric s'inicia al mes d'abril i finalitza al setembre.

La humitat ambiental elevada causada per la proximitat al mar, té uns mínims a l'hivern (del 25 al 40%) i màxims a la tardor, coincidint amb les màximes pluviomètriques. En aquesta època supera el 75% i pot assolir el 95%. A l'estiu també es donen valors elevats que poden arribar al 80%. La mitjana anual d'humitat relativa és del 76%.

Les precipitacions són generalment irregulars, amb notables diferències entre l'època de l'any i la pròpia àrea on es prenguin les mesures, com s'observen als climogrames de l'estació de Dosrius i de Cabrils (Figures 15 i 16).

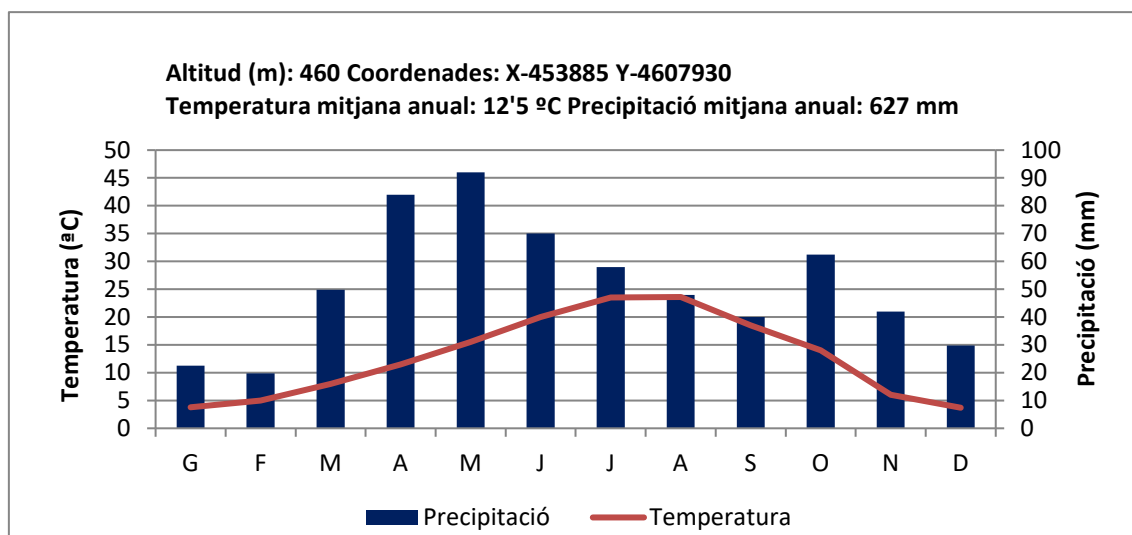
Així, a l'estació de Dosrius, situada al massís del Corredor a 460 m. d'alçada, a capçalera de la conca de la riera d'Argentona, presenta una precipitació mitjana anual de 627 mm., amb puntes als mesos de maig i abril, de 80 a 92 mm.

L'estació de Cabrils, situada a la plana Litoral, a la mateixa àrea de Cabrera de Mar, a 81 m. d'alçada, presenta una pluviometria de 550 mm., sensiblement menor que l'anterior, a capçalera de conca.

Si ho comparem amb tota la comarca, les diferències són encara més importants quan comparem el Montnegre, amb gairebé 700 mm. anuals, i El Masnou, amb 525 mm. anuals.

En els climogrames (Figures 15 i 16) s'observen que els estiu són secs, especialment a la Plana Litoral, amb dèficits hídrics importants, mentre que a finals d'estiu i principi de tardor tenim episodis de pluges importants, la major part de les quals són causades per les situacions meteorològiques anomenades de gota freda, sense deixar de banda altres situacions meteorològiques, com les precipitacions frontals, les convectives i les orogràfiques.

Figura 15. Climograma de l'estació meteorològica de Dosrius (2007-2015)



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de Meteomar (2019).

La temperatura és un altre dels factors climàtics per entendre els fenòmens meteorològics extrems que es desenvolupen a l'àrea d'estudi. En el litoral català el mar Mediterrani desenvolupa un paper fonamental com a termoregulador de les temperatures, aconseguint estius més calorosos i hiverns no tan freds.

La presència de la Serralada litoral al nord-oest del municipi permet reduir els rigors de l'hivern al protegir-lo dels vents freds de component nord.

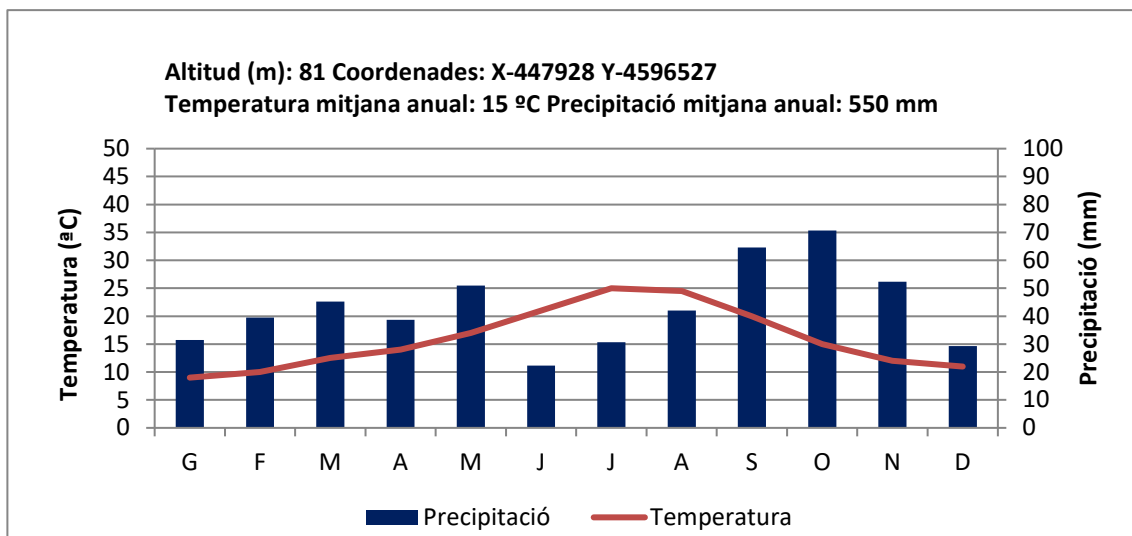
El règim termomètric, pel que fa a l'anàlisi de les temperatures mitjanes anuals, ens dona uns valors entre els 15'5 i els 16'5 °C.

Els mesos més freds són els de desembre i gener, i tot seguit les temperatures augmenten gradualment fins al mes de juliol, per disminuir fins arribar a les temperatures més baixes al desembre.

Les temperatures mínimes mitjanes també són altes, especialment a la Plana Litoral, limitant els dies de gelada de 0 a 2 a l'any. A Dosrius són significativament superiors, de 0 a 10 dies a l'any. Els hiverns són suaus, amb temperatures mitjanes mensuals dels mesos més freds (de desembre a

febrer) són superiors als 9°C, i els estius són calents i secs amb temperatures mitjanes pròximes als 25°C. La mitjana anual de la temperatura és de 14 a 15°C. Les marinades (brises marines) d'estiu provoquen un efecte esmorteïdor sobre les temperatures de manera que les màximes estivals no són tan elevades com al Vallès o a la Catalunya continental. Les mínimes d'estiu són elevades, de manera que el contrast dia-nit és poc acusat i el grau d'humitat relativa a les nits (xafegor) incrementa la sensació de calor.

Figura 16. Climograma de l'estació meteorològica de Cabriels (2007-2015)

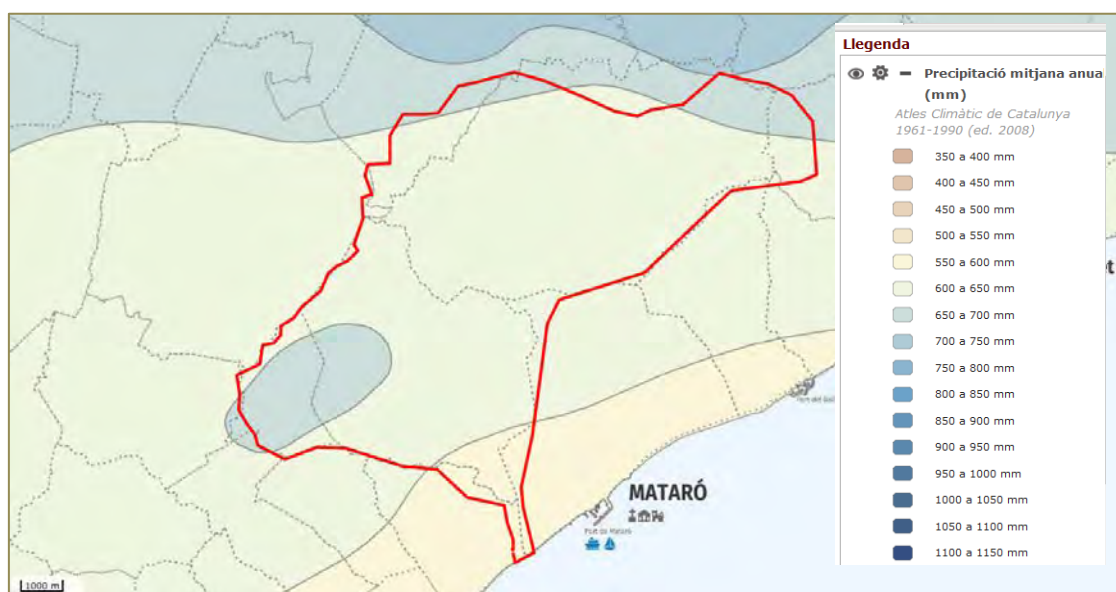


Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de Meteomar (2019).

Pel que fa a l'evapotranspiració potencial hom pot observar que la reserva de l'aigua del sòl s'esgota durant quatre mesos consecutius, de juliol a setembre, i que la reserva és màxima durant tres o quatre mesos seguits, de gener a abril/maig, segons l'estació estudiada.

En el règim eòlic observem que els vents dominants són de component W (Ponent), NW (Mestral) i E (Llevant).

Figura 17. Pluviometria anual de l'àmbit de la riera d'Argentona.



Font: Elaboració pròpia a partir de l'Hipermapa. Departament de Territori i Sostenibilitat (2020).

Origen de les pluges torrencials

Les situacions causants d'inundacions al Maresme són: les tempestes d'origen frontal, les tempestes estiuenques i les llevantades.

- **Les tempestes d'origen frontal**

Són originades pel contacte entre masses d'aire de diferent temperatura, donant lloc a pluges de petita intensitat però de gran extensió. Normalment es produeixen a l'hivern. Les rierades del 1983 al Masnou, Alella i Arenys de Munt, van ser originades per pluges de 32,1 mm a Alella i de 32,5 mm a Arenys de Munt, en diferents períodes de temps. Malgrat tot, en alguns episodis la intensitat de la precipitació és molt elevada, com va succeir el 8 de setembre de 2018, on per una precipitació de 51 mm, es van registrar intensitats de 3 litres per minut (Meteomar, 2018) o, el 10 d'octubre de 2016, a Cabrils, va caure una intensitat de 5,6 litres per minut i 82 litres en 30 minuts (SMC, 2019).

- **Les tempestes estiuenques**

Són originades per moviments convectius d'aire calent carregat d'humitat que ascendeix per les serralades litorals. En l'ascensió d'aquests corrents humits es refreden i es tradueixen en precipitacions de curta durada, però intenses i molt localitzades. De vegades succeeix que entre dues conques contigües hi ha valors pluviomètrics molt diferents. Són les que tenim generalment entre juliol i agost. Un

exemple és la precipitació del 6 d'agost de 1990 a Premià de Mar, que va provocar un mort i nombrosos danys materials, on es van acumular 60 mm. en aquest municipi, però únicament 45 mm. a Teià i 30 mm. al Masnou.

- **Les llevantades**

Són les tempestes causants de les avingudes més importants en els grans rius del principat. Es generen quan a la tardor, el diferent comportament tèrmic del continent i de la mar, encara calenta, crea una cèl·lula connectiva entre la costa i les Illes Balears. La situació de llevantada s'origina per l'establiment d'un anticicló situat sobre el golf de Biscaia i una borrasca sobre el Mar Baleàric, fet que causa forts vents de component E i NE.

Figura 18. Efectes de la llevantada del 12 d'octubre de 2016 a la riera de Cabriels, al terme municipal de Vilassar de Mar



Font: Nació Digital (2016).

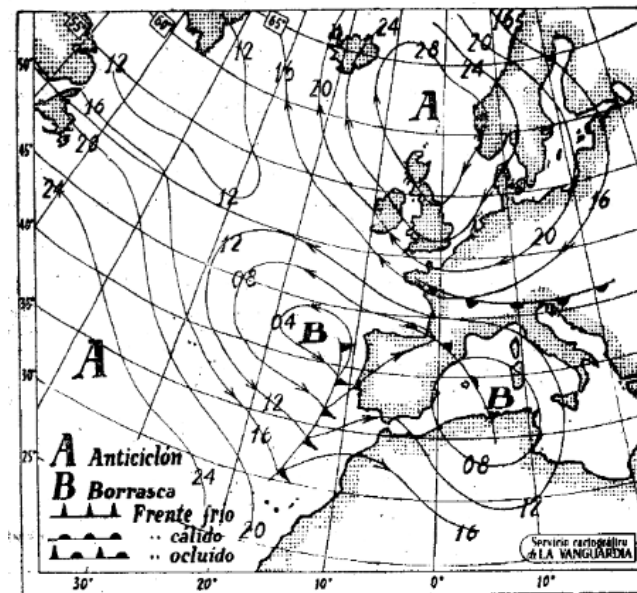
El refredament del flux ascendent causat per la Serralada Litoral no és suficient per provocar pluges de forta intensitat, així que cal tenir en compte altres factors que conjuntament amb l'ascens, produeixen una condensació sobtada del vapor d'aigua; aquí tenim un front fred o una gota freda.

Els fronts freds que provenen de l'interior de la Península Ibèrica, debilitats, o bé la gota freda, que baixa de la Troposfera, envolten la

massa d'aire humit de llevant, obligant-la a un ascens sobtat per tal d'assolir un nivell d'equilibri d'acord amb la nova situació. Quan aquesta massa d'aire topa contra el front o la gota freda, aleshores es produeix una ràpida condensació que origina, com passa a les pluges estiuenques, precipitacions de molt forta intensitat i localitzades.

Són exemples d'aquest tipus de tempestes les de setembre de 1962 a Arenys de Mar, es van acumular 120,4 mm. que van causar una gran rierada, i en canvi, a Calella només van ploure 48,5 mm. O com la de l'octubre de 1965, que després d'un estiu molt sec, va causar danys importants al litoral peninsular i especialment a les comarques de Girona i del Maresme, com es pot observar a la Figura 19, on tenim una borrasca a la baixa Mediterrània produïda per la borrasca estacionària que hi ha a l'oest de la península.

Figura 19. Mapa d'isòbares del dia 9 d'octubre de 1965



Font: Centre Meteorològic de Barcelona. (9 de octubre de 1965).

Segons Gutiérrez (1992), les pluges d'intensitats elevades generadores d'intensitats fortes, i concretar-se en una franja bastant concreta, a finals d'estiu i començaments de tardor, són menys previsibles que les avingudes de les grans conques fluvials de la resta del país.

4.2.4. Marc socioeconòmic.

Per entendre el marc socioeconòmic de la conca ens cal analitzar cada un dels seus municipis, per entendre les diferents característiques i condicionants.

4.2.4.1. *Municipi de Dosrius.*

El municipi de Dosrius està situat dins la Serralada Litoral Catalana, encaixat entre el massís del Corredor, al nord, i la Serra de Polseguera i del Montalt a l'est, al centre de la comarca del Maresme.

Limita amb Arenys de Munt, Sant Vicenç de Montalt, Sant Andreu de Llavaneres, Mataró i Argentona al Maresme, i La Roca del Vallès, Llinars del Vallès i Vallgorguina al Vallès Oriental. La seva superfície és de 40,73 km². Té dos nuclis urbans principals: Dosrius i Canyamars, i cinc nuclis urbans de baixa densitat o urbanitzacions: can Massuet-El Far, can Canyamars-can Figueras, El Castell i can Valls, situats en zones forestals.

Així, partint del massís del Corredor, (642,2 m), s'estén fins arribar a al Coll del Pi de Buac i Rupit, d'on careneja al S fins al Turó del Montalt (596 m), per, camí del sud oest, passar per l'obaga de can Burgueràs i travessar longitudinalment la Serra Polseruda fins al turó de Llorita (389 m), continuant fins al terme de Mataró, al coll de can Bruguera, el Turó de Tarau (442 m) i ara ja descendent fins al Turó de les Rovires (254 m), llindant amb Argentona, i arribant a la mateixa llera de la riera d'Argentona, en el seu punt més inferior a 105 m d'alçada. Continua cap el nord, per la Pedrera d'en Busqué, fins al Turó dels Castellans (380 m), a tocar de la Roca del Vallés, per anar a l'est fins al Puig Padrós (344 m), colindant amb Llinars del Vallès. Continua per la Riera del Far fins al Torrent de can Mora, i pel solell de ca l'Arenes fins al Santuari del Corredor.

A nivell hidrològic vertebrada el municipi la riera de Canyamars (9,6 km), que neix al massís del Corredor i que seguidament tindrà com afluents la Riera de Rimble, que drena les valls més al sud del terme. En arribar a Dosrius, tenim un nou afluent, la riera de Rials (8,08 km), que drena una petita conca al nord del terme.

A partir d'aquí, la riera canvia de nom per dir-se riera de Dosrius (2,88 km) fins que arribarà al terme municipal d'Argentona, on pren el nom d'aquest municipi.

Dosrius és un dels municipis de la conca de la riera d'Argentona que ha tingut un creixement més gran (Taula 10).

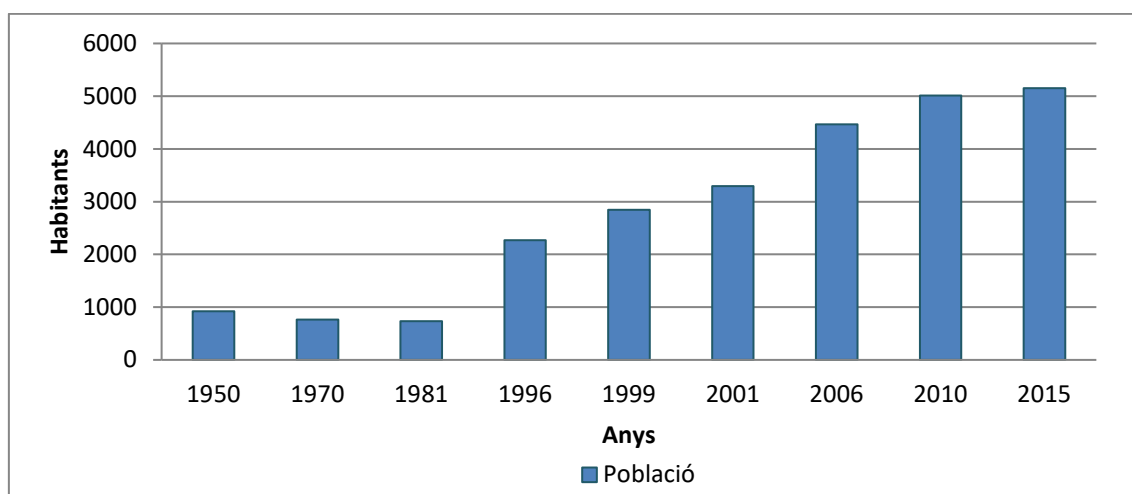
Taula 10. Evolució de la població de Dosrius (1950-2016)

Any	Habitants	% Creixement
1950	921	
1970	767	-20,08
1981	733	-4,64
1996	2.269	67,70
1999	2.846	20,27
2001	3.293	13,57
2006	4.469	26,31
2010	5.010	10,80
2016	5.154	2,79

Font: elaboració pròpia a partir del Padró continu de l'Idescat (2019).

La seva població gairebé s'ha quintuplicat des de 1950 fins a 2016, fruit del desenvolupament de les zones urbanes de baixa densitat (urbanitzacions) i del creixement del nucli de Dosrius (Figura 20).

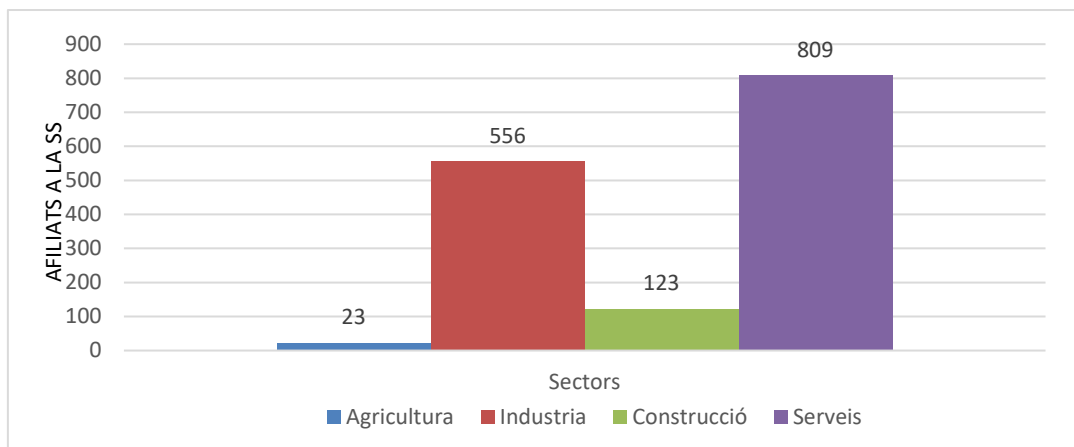
Figura 20. Evolució de la població de Dosrius (hab/any) (1950-2016)



Font: elaboració pròpia a partir del Padró continu de l'Idescat (2019).

L'activitat agrícola és poc significativa. Hi ha activitat ramadera (vaques, aviram). La proximitat amb Mataró i l'abundància d'aigua han fet que des dels anys seixanta s'hi establissin una sèrie d'indústries, dedicades als plàstics, el textil, el tint i les pintures i vernissos. Disposa de 2 polígons industrials.

Figura 21. Total d'afiliacions a la Seguretat Social del municipi de Dosrius (hab./sector). Desembre de 2016



Font: elaboració pròpia. Afiliació al règim general i al règim d'autònoms de la Seguretat Social per sectors (Idescat, 2019).

4.2.4.2. Municipi d'Òrrius.

El municipi d'Òrrius està situat al centre de la comarca del Maresme, limitant amb Cabrils, Cabrera de Mar, Argentona al Maresme, i La Roca del Vallès i Vilanova del Vallès al Vallès Oriental. Té una superfície de 5,7 km². Té un nucli urbà: Òrrius, ubicat en zona forestal. Situat a la Serralada Litoral Catalana, encaixat entre el Turó de Céllecs a l'oest, la Brolla de l'Abril al sud i a l'est i la Serra de Riudemeia al nord. El territori que trobem a capçalera de la Vall d'Òrrius té dues rieres, la de Céllecs i la de can Palomeres, que al nucli urbà d'Òrrius s'ajunten en la riera d'Òrrius (2 km), que drenarà la vall en direcció nord-est fins al terme municipal d'Argentona, i aleshores la riera es converteix en la de Riudemeia, afluent de la riera d'Argentona.

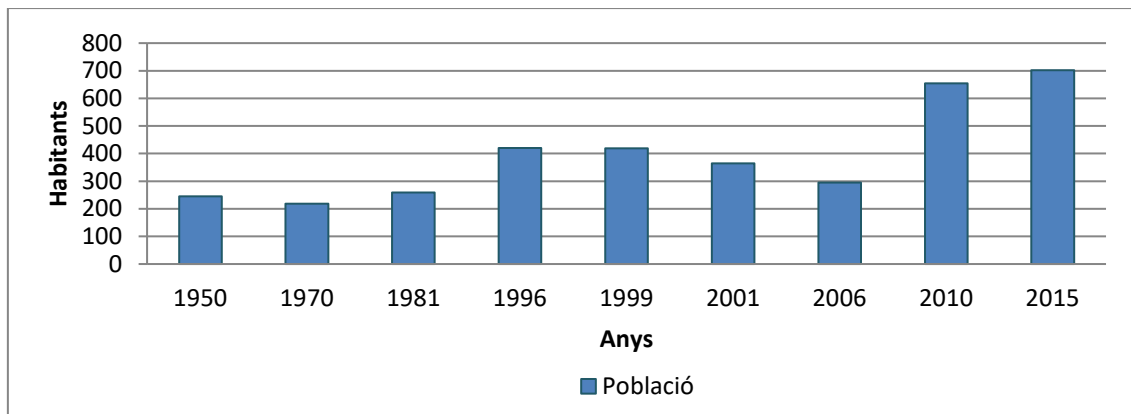
Taula 11. Evolució de la població d'Òrrius (1950-2016)

Any	Habitants	% Creixement
1950	245	
1970	218	-12,39
1981	259	15,83
1996	420	38,33
1999	419	-0,24
2001	364	-15,11
2006	295	-23,39
2010	245	-20,41
2016	218	-12,39

Font: elaboració pròpia a partir del Padró continu de l'Idescat (2019).

Com es constata a la Figura 22, la seva població gairebé s'ha triplicat des de 1950 fins a 2016, però han significatius descensos temporals, com al 2016.

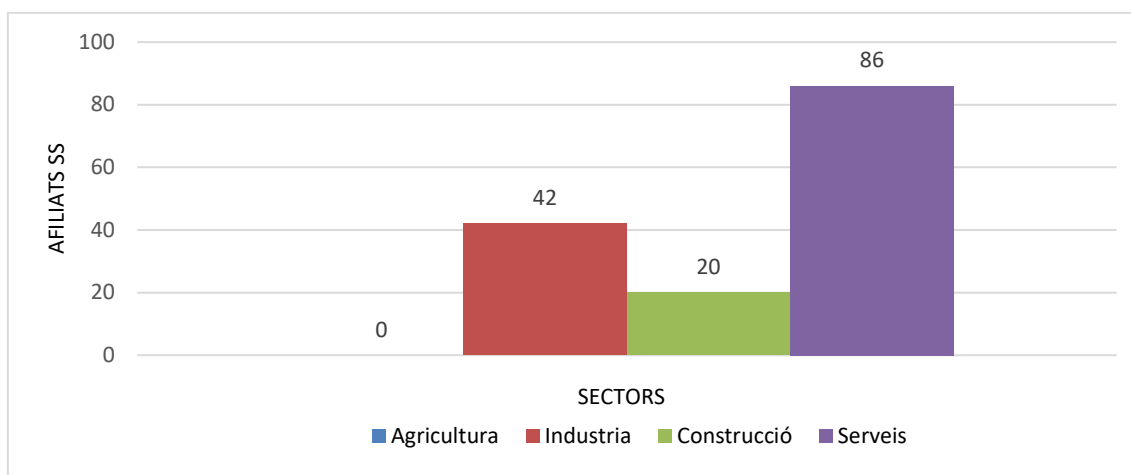
Figura 22. Evolució de la població d'Òrrius (hab/any) (1950-2016)



Font: elaboració pròpia a partir del Padró continu de l'Idescat (2019).

L'activitat econòmica es limita a la indústria i al servei, basat en un polígon industrial situat a la llera de la riera de Riudemeia.

Figura 23. Total d'afiliacions a la Seguretat Social del municipi d'Òrrius (hab/sector). Desembre 2016



Font: elaboració pròpia. Afiliació al règim general i al règim d'autònoms de la Seguretat Social per sectors (Idescat, 2019).

4.2.4.3. Municipi d'Argentona.

El municipi d'Argentona està situat al centre de la comarca del Maresme, limitant amb Cabrils, Cabrera de Mar, Òrrius, Mataró i Dosrius al Maresme, i La Roca del Vallès al Vallès Oriental. Té una superfície de 25,4 km². Té els nuclis urbans d'Argentona i el Cros, i els nuclis urbans de baixa densitat de les Ginesteres, can Cabot, can Ribosa, Madà i la Plana Sita urbà, situats en

zona forestal. Argentona té una part del terme situat dins la Serralada Litoral Catalana, al tram mitjà de la Riera d'Argentona, i una part del terme a la plana litoral.

El terme està travessat de nord-est a sud per la riera d'Argentona, amb una longitud de 6,12 km. Els seus afluents més importants són la riera de Riudemeia (3,42 km), la riera de Clarà (3,66 km), la riera de la Pujada (2,25 km) i el Torrent de Cirers (2,36 km). La riera d'Argentona està canalitzada a tot el terme. Els torrents i rieres que han causat problemàtiques per inundacions són el Torrent de Cirers, Torrent de Tossa i el Torrent de la Pastanaga (els dos darrers ja dins el nucli urbà).

Pel que fa al seu terme, partint de la llera de la riera d'Argentona amb el terme de Dosrius, s'enfila per can Blanc fins a l'Espinal i el Turó dels Castellans (380 m), per continuar cap al sud-oest per la serra de Riudemeia, fins a can Vinyamata, on descendeix cap al sud per enfilem-se al Turó d'Aquença (372 m) fins al Mirador (312 m) i continua cap el sud per la Brolla de l'Abril fins el Coll de Gironella (390 m) i llindant amb Cabrils arriba al Turó dels Cirers (472 m), al vessant nord de Burriac i el Turó dels Oriols (323 m), descendint pel Torrent de Madà fins a la carretera d'Argentona i Vilassar, continuant al sud fins a envoltar el veïnat del Cros i arribar a la Riera d'Argentona (24 m), llindant amb Mataró. Continua cap al nord fins a tocar de l'autopista C-32, on gira cap a l'est fins atansar el Turó de Cerdanyola (179 m). Continua a l'est fins arribar a la carena, i ara cap al nord, fins al Turó d'en Dori (360 m) i el Turó de Cabanyes (407 m), passant pels peus del Turó de can Martí fins al Turó de les Rovires (286 m) i baixant fins arribar a la llera de la Riera d'Argentona.

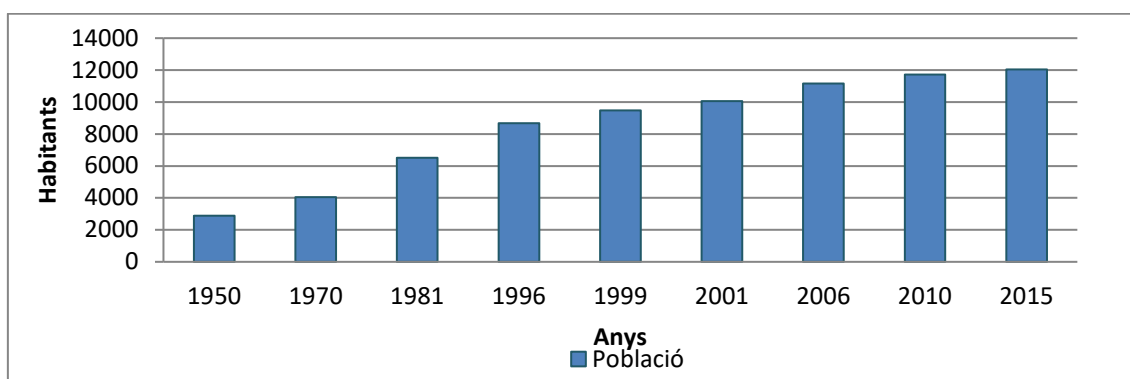
Taula 12. Evolució de la població d'Argentona (1950-2016)

Any	Habitants	% Creixement
1950	2.889	
1970	4.058	28,81
1981	6.515	37,71
1996	8676	24,91
1999	9.482	8,50
2001	10.056	5,71
2006	11.161	9,90
2010	11.718	4,75
2016	12.051	2,76

Font: elaboració pròpia a partir del Padró continu de l'Idescat 2019.

La població d'Argentona s'ha triplicat des de 1950 fins avui (Taula 12 i Figura 24) de 2.889 habitants de l'any 1950 fins als 12.051 de l'any 2016.

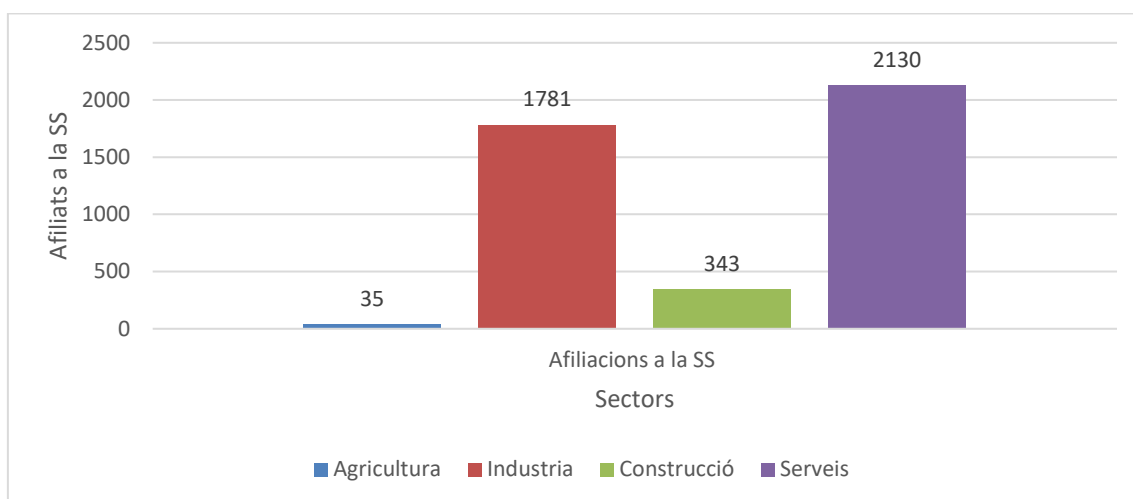
Figura 24. Evolució de la població d'Argentona (hab/any) (1950-2016)



Font: elaboració pròpia a partir del Padró continu de l'Idescat 2019.

L'economia d'Argentona ha canviat substancialment, com s'observa a la Figura 25, des de la base agrícola de la dècada dels 50 fins avui, on domina l'activitat industrial, amb la presència d'algunes empreses petites i mitjanes, situades majoritàriament en els polígons industrials del nord i del Cros, colindant amb la llera de la riera d'Argentona. L'activitat agrícola, en canvi, ha quedat avui com a testimonial. Cal tenir en compte que una part de la població treballa fora del municipi (a Mataró, Barcelona, per exemple) i Argentona és el lloc de residència.

Figura 25. Total d'afiliacions a la Seguretat Social pel municipi d'Argentona (hab/sector). Desembre 2016



Font: elaboració pròpia. Afiliació al règim general i al règim d'autònoms de la Seguretat Social per sectors (Idescat, 2019).

4.2.4.4. Municipi de Mataró

El municipi de Mataró està situat al centre de la comarca del Maresme, limitant amb Cabrera de Mar, Argentona, Dosrius i Sant Andreu de Llavaneres i el mar Mediterrani al sud. Té una superfície de 22,5 km². Té els nuclis urbans de Mataró i els nuclis urbans de baixa densitat de La Fornenca, Sant Quirze, Les Sureres, can Vinardell i la Cornisa, situats en zona forestal. Mataró té la part superior del terme als contraforts de la Serralada Litoral Catalana, i l'altre part a la plana litoral. El terme limita a l'oest amb la riera d'Argentona, amb una longitud de 2,80 km. A l'altre costat del terme, a l'est, tenim la riera de Sant Simó, de 3,21 km, la riera de Mata, de 3,03 km, i altres torrents menors que desemboquen al mar, com el Forcat, Saumells, Vallverdera i Vallgiró.

Pel que fa al seu terme, partint del mar, a l'alçada de la riera d'Argentona amb el terme de Cabrera de Mar, s'enfila per la riera, ara ja limitant amb el terme d'Argentona, fins a l'alçada del Turó de Cerdanyola (179,8 m), que tomba a l'est fins al cim d'aquest turó, i continua a l'est fins a l'Avinguda Galicia, on s'enfila cap al nord, fins a la Plana Sita, i segueix al nord-est fins al Turó d'en Dori (360,3 m), Turó de Cabanyes (407,3 m), per anar a l'est fins a prop del Turó de Tarau, can Bruguera fins a la Plana dels Brucs. Continua a l'est fins al Camí Ral del Corredor, per anar cap al sud fins a la capella de Sant Martí de Mata. Aleshores gira a l'est fins a can Mates, entre els torrents de les Bruixes i Vallverdera fins arribar al mar.

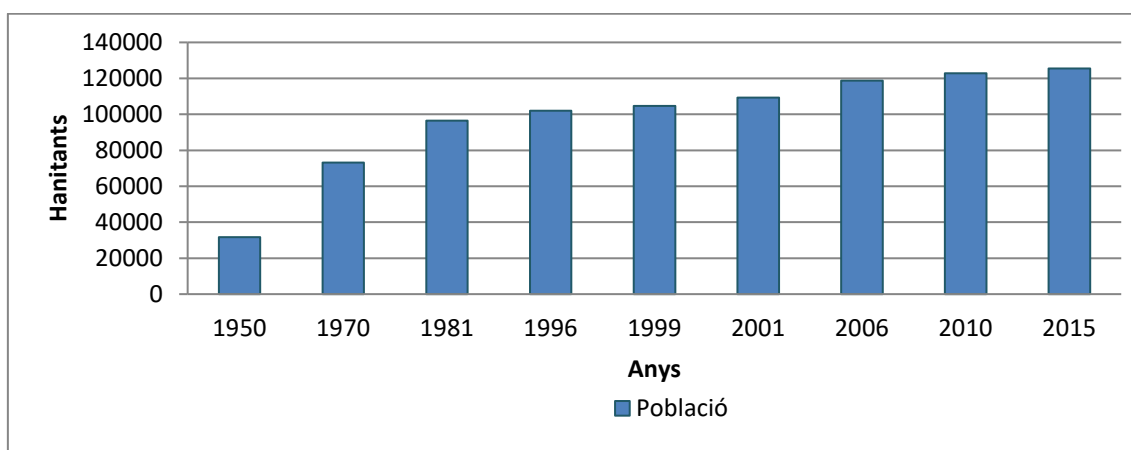
Taula 13. Evolució de la població de Mataró (1950-2016)

Any	Habitants	% Creixement
1950	31.642	
1970	73.129	56,73
1981	96.467	24,19
1996	102.018	5,44
1999	104.659	2,52
2001	109.298	4,24
2006	118.748	7,96
2010	122.905	3,38
2016	125.517	2,08

Font: elaboració pròpia a partir del Padró continu de l'Idescat (2019).

D'acord amb la Taula 13 i la Figura 26, aquesta ciutat també ha triplicat la seva població en aquest període, però amb un creixement més acusat entre el 1960 i el 1980, fruit de la migració peninsular pel seu creixement industrial, especialment del sector tèxtil.

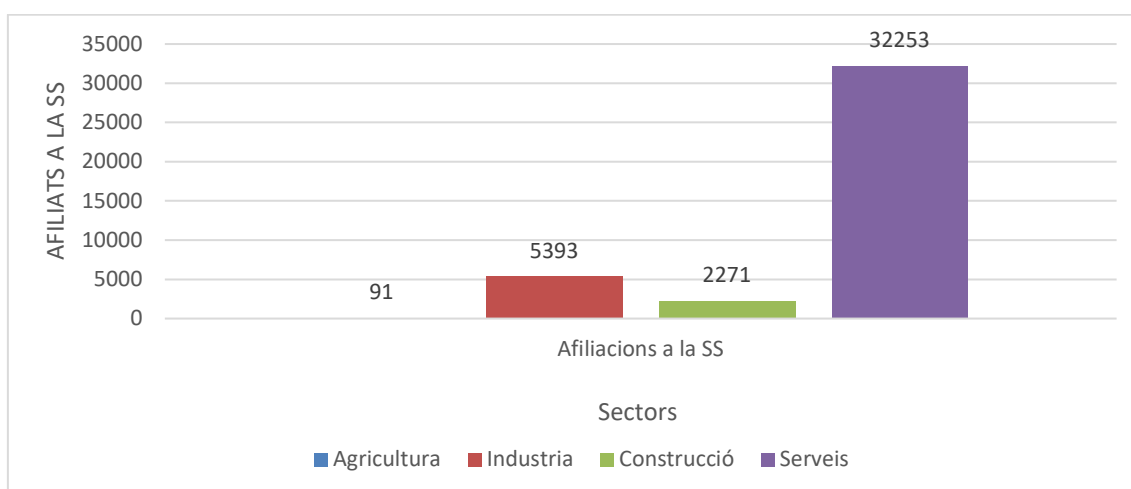
Figura 26. Evolució de la població de Mataró (hab/any) (1950-2016)



Font: elaboració pròpia a partir del Padró continu de l'Idescat (2019).

Avui, en canvi, Mataró té un creixent sector serveis i el sector industrial, malgrat tenir una importància econòmica significativa, ocupa només una sisena part de la mà d'obra que treballa al sector serveis.

Figura 27. Total d'afiliacions a la Seguretat Social del municipi de Mataró (hab/sector). Desembre de 2016



Font: elaboració pròpia a partir de dades de l'Idescat (2019).

En definitiva, els quatre municipis que són objecte d'estudi en aquesta tesi són representatius de les dinàmiques i les problemàtiques vinculades als canvis soferts pel territori, socioeconòmics i de desenvolupament urbanístic en el Maresme i que han afectat tant al nombre d'episodis d'inundacions com en la seva magnitud.

BLOC 4. RESULTATS

El quart bloc està format pel capítol 5, que tracta de l'anàlisi dels canvis en els usos del sòl pels diferents períodes d'estudi, el capítol 6, on s'analitza la resposta hidrològica i hidràulica d'aquests canvis d'usos, el capítol 7, on es descriu la gestió de les inundacions a la conca de la riera d'Argentona, el capítol 8, en el qual s'estudia l'exposició al risc d'inundacions del territori afectat i finalment pel capítol 9, en el qual es determina la vulnerabilitat econòmica de les inundacions a la mateixa conca.

5. Anàlisi dels canvis en els usos del sòl (1956-1992-2009 i escenaris de futur)

Per entendre les conseqüències dels canvis en els usos i cobertes del sòl, primer cal definir aquests conceptes. La coberta del sòl (land cover) és l'estat biofísic de la superfície terrestre, el qual determina les unitats específiques del paisatge. L'ús del sòl (land use), per la seva banda, fa menció al tipus de tractament dels atributs biofísics del sòl, així com a l'interès que hi ha darrera d'aquesta (Turner et al, 1995). Els usos del sòl poden transformar les cobertes, substituint-ne una per una altra, com un bosc passa a ser una pastura, o bé modificar-les sense canviar-ne la classificació, com ara una pastura sotmesa a sobreexplotació (Boada i Saurí, 2002).

Generalment, els usos del sòl es relacionen amb les activitats socioeconòmiques, amb els processos urbanístics i amb el desenvolupament de les infraestructures. Malgrat la diferència teòrica entre usos i cobertes del sòl d'acord amb la seva classificació, de vegades és difícil distingir una coberta com una plantació de pollancre, ja que fa referència a un ús concret, com ara la producció de pasta de paper.

Els efectes ambientals dels canvis en els usos i cobertes del sòl són heterogenis i diversos, però habitualment estan associats a la pèrdua de biodiversitat a escala local i global, a l'emissió d'alguns gasos d'efecte hivernacle, com el diòxid de carboni, i a l'alteració climàtica local (Vitousek, 1994). Per Turner et al. (1990), les transformacions en els usos i cobertes són el principal component del canvi global en relació als ecosistemes terrestres.

En aquest capítol portarem a terme una anàlisi dels usos i cobertes del sòl a la conca de la Riera d'Argentona, en els períodes de 1956-1993 i 1993-2009, ja que a més de disposar de cartografia adequada, són etapes significatives en relació als canvis d'usos que han afectat aquest territori i la resta del Maresme i gran part del litoral.

Comparar els tipus i característiques dels usos del sòl per a cada període, ens permetrà comprendre com ha evolucionat aquest territori a causa de l'activitat antròpica, concretament l'increment de les àrees residencials, les activitats industrials i de serveis i les vies de comunicació, per a conèixer els canvis en l'exposició del risc d'inundacions, i la seva vulnerabilitat econòmica.

5.1. Antecedents

En cada moment històric i en virtut dels avenços materials de cada societat i de les vigents estratègies d'explotació del medi, les activitats humanes modifiquen l'entorn i configuren diferents tipus de mosaics paisatgístics. Concretament, el paisatge és la forma que prenen els fets geogràfics (De Pisón, 1998).

Els canvis de la coberta i els usos del sòl a escala global per a les activitats humanes han afectat els aprofitaments forestals, l'agricultura i la ramaderia, les activitats constructives i industrials. Les conseqüències han estat significatives no només per a la coberta de la terra sinó en d'altres aspectes locals, regionals i globals, incloent el clima, la composició atmosfèrica, la biodiversitat, la disponibilitat de l'aigua i els fluxos dels sediments. L'activitat antròpica ha afectat a la conversió, el manteniment i la modificació de la coberta de la terra, però és concretament aquesta última la que és més difícil d'observar i recordar. Aquestes actuacions són essencials per conèixer els canvis ambientals globals, i afecten a les ciències socials i humanes perquè és l'ésser humà el generador (Meyer i Turner, 1994). En aquest sentit, també afecta als processos hidrològics i forestals i a l'impacte de les inundacions i dels incendis forestals.

L'anàlisi dels usos i cobertes del sòl i les seves conseqüències multiescales han estat desenvolupades en diferents estudis i treballs com a un dels factors claus per entendre els canvis ambientals globals. Un d'aquests estudis d'un àmbit amb condicions similars al nostre és la tesi doctoral de la geògrafa Carolina Martí (2005), que va analitzar el procés de transformació i artificialització de la Costa Brava per entendre els canvis socials i ambientals que ha sofert aquest territori, a partir de la ortorectificació de les fotografies aèries i la georeferenciació de mapes per tal d'identificar i valorar les modificacions dels usos del sòl. Altres estudis com el de Beguería et al. (2003), Faidella (2003), Nirupama i Slobodan (2006), (Camarasa, López i Pasqual-Aguilar, 2006) també analitzen l'evolució dels usos i cobertes del sòl en diferents àmbits d'estudi i per diverses temàtiques de dimensió ambiental, com la potencialitat de produir inundacions, l'increment del risc d'erosió, l'efecte de la pastura per a la prevenció d'incendis o la variació dels cabals mitjans dels rius, per exemple.

Els canvis en aquests usos i cobertes del sòl s'han accelerat en els darrers decennis a tot el país. Un dels àmbits on es pot apreciar amb tota la seva

dimensió és a les planes litorals d'influència metropolitana com el Maresme i, particularment, a l'entorn de la seva capital, Mataró. Aquests canvis es poden evidenciar si s'analitza la cartografia temàtica a l'ús com l'elaborada per el CREA i que es visualitza al Mapa de Cobertes i Usos del Sòl de Catalunya.

Si considerem la densitat de població, ens permet observar que el creixement més significatiu es dona a l'àrea del Baix Maresme, on tenim la conca de la riera d'Argentona. En ella, des de l'any 1950 fins al 2015, s'ha passat de 353,7 habitants/km² a 1692,4 habitants/km. És a dir, un increment del 470 %, superior a la mitjana del Maresme, de 325,79% i molt superior a la mitjana de Catalunya, de 131,81%.

Taula 14. Densitats poblacionals al Maresme pel període 1719-2015 (hab/km²)

Any	Baix Maresme	Alt Maresme	Maresme	Catalunya
1719	65,1	37,0	50,1	12,5
1787	113,1	93,5	102,6	25,8
1857	231,8	133,1	178,9	51,5
1900	239,1	126,0	178,4	61,2
1930	321,7	172,4	241,6	86,9
1950	353,7	177,1	259,0	100,9
2001	1.326,1	484,3	874,5	192,3
2015	1.692,4	523,6	1.102,8	233,8

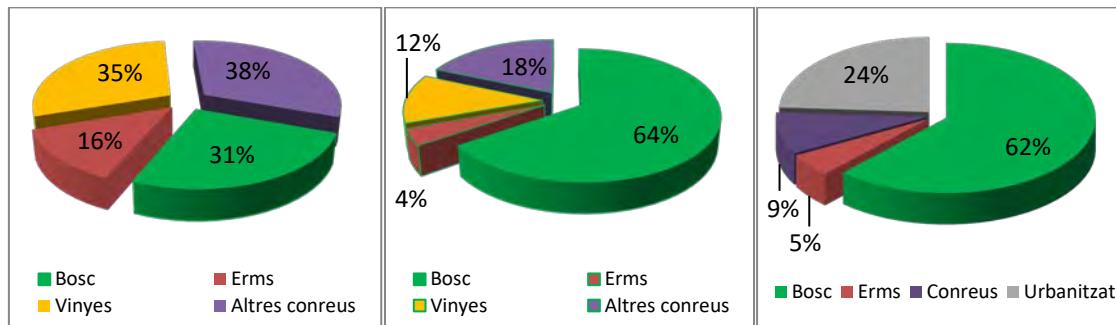
Font: Idescat i Centre d'Estudis Demogràfics (2019).

Aquest creixement demogràfic també ha significat una modificació en els usos i aprofitaments del sòl, del qual ja disposem de dades a mitjan segle XIX, com s'observa a la següent figura, incrementant-se des d'aleshores les àrees urbanes i industrials, en detriment dels aprofitaments agrícoles, especialment a partir de la dècada de 1960.

Tanmateix, d'acord amb la Figura 28, des de 1856 i 1956 fins al 2016, l'augment de les activitats i de serveis, i concretament l'increment de l'agricultura intensiva ha propiciat l'abandonament de les terres agrícoles situades en les condicions més desfavorables quant a pendent, exposició, qualitat del sòl i disponibilitat d'aigua, el qual ha estat ocupat primer per herbassars i brolles, i finalment per pinedes i boscos mixtos de pins i alzines.

Al 2016, les vinyes s'han tornat un cultiu minoritari i ja és comptabilitzen en el conjunt dels altres conreus.

Figura 28. Usos del sòl del Maresme al 1852 (esquerra), al 1956 (centre) i al 2016 (dreta)



Font: elaboració pròpia a partir de les recerques prèvies de les dades obtingudes als Amillaments⁸ (1852) i els inventaris forestals del CREA (1956, 2016) i Llobet (1955).

També és significatiu l'increment de la superfície urbanitzada, fins assolir un 24% el 2016 i el manteniment de la superfície forestal.

⁸ Els amillaments eren els registres que elaboraven els ajuntaments per saber quina era la riquesa pecuniària, urbana i rústica dels contribuents del municipi. Aquests documents ens permeten conèixer dades de l'època i es converteixen en una font d'informació molt útil per als investigadors per la quantitat de dades que refereix: nom del cap de família, la casa, les parcel·les de terreny que posseïa, la seva localització i els topònims, què s'hi conreava, i sobretot el líquid imposable a partir del qual es calculava el que havia de pagar cada propietat.

5.2. Evolució de la transformació del mosaic paisatgístic a partir de l'anàlisi dels usos i les cobertes del sòl. Conca de la riera d'Argentona, 1956-1992-2009

Per tal de portar a terme aquesta part de la recerca, es van recopilar les bases de fonts cartogràfiques de diferents formats, com els ortofotomapes, les fotografies aèries i altres mapes sectorials.

A continuació es va procedir al tractament i la interpretació de les dades cartogràfiques, amb la fotorectificació de les imatges aèries amb l'ús de software especialitzat, fotointerpretació i digitalització dels mapes d'usos amb SIG.

Posteriorment, es tracten les dades informàticament, obtenint resultats gràfics i numèrics que possibilitaran la seva interpretació.

Finalment es procedeix a la interpretació dels resultats.

5.2.1. Recollida de dades

Les fotografies aèries permeten observar el territori d'una forma real i continua. És una bona eina, una vegada realitzats les fotorectificacions de les distorsions geomètriques, per a conèixer i analitzar l'espai fotografiat, com ara els usos del sòl, les àrees urbanitzades, els cultius i les masses forestals, i permeten estudiar l'evolució d'un territori en diferents períodes, com volem fer en aquest treball.

En el nostre cas, hem considerat els següents vols:

-Vol del Servicio Geográfico del Ejército 1956-1957, Serie B, realitzat per l'exèrcit dels Estats Units. Escala aproximada 1:30.000

-Vol de l'Institut Cartogràfic de Catalunya, 2009, escala aproximada 1:22.000.

Ortofotomapes

L'ortofotomapa és una representació fotogràfica d'una àrea terrestre, que aplicant la ortofotogrametria, tots els elements del territori tenen la mateixa projecció i escala, sense errors i deformacions. S'obtenen per la correcció geomètrica de la imatge aèria.

Mapes temàtics en format digital

Per a desenvolupar aquesta part de l'estudi, es van utilitzar:

-Mapes topogràfics, dels quals es van obtenir les corbes de nivell que es van utilitzar com a input per elaborar el model digital d'elevacions. L'escala d'aquest mapa és a 1:5000.

-Mapes de Cobertes del Sòl de Catalunya (MCSC), que presenta els diferents tipus de cobertes del sòl de Catalunya. Està elaborat pel Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF).

-Mapes de les conques hidrogràfiques del Maresme, del qual es va obtenir el perímetre de la conca de la Riera d'Argentona.

-Mapes dels termes municipals de Catalunya, utilitzat per obtenir els perímetres dels cinc municipis de la conca.

5.2.2. Tractament i interpretació de dades.

Les fotografies aèries presenten distorsions geomètriques, generades per la pròpia curvatura i relleu de la superfície terrestre, l'orientació de la càmera i les lents convexes, així com pel propi error de les òptiques dels escàners al convertir la fotografia analògica en digital. Per minimitzar aquests errors, s'aplica un procés de fotorectificació, obtenint-se unes imatges del territori corregides digitalment per representar una projecció ortogonal sense efectes de perspectiva, de la qual es poden fer mesuraments exactes, fet que no podríem portar a terme amb una fotografia aèria sense fotorectificar.

En el nostre cas hem obtingut l'ortofoto dels anys 1956-57 a escala 1:10.000, elaborada per la Diputació de Barcelona a partir d'un vol general d'Espanya realitzat els anys 1956-57, propietat de l'Estat (Centro Cartográfico y Fotográfico del Ejército del Aire - Ministerio de Defensa).

5.2.3 Elaboració dels mapes d'usos i cobertes del sòl amb l'ús de SIG.

Per elaborar la cartografia d'usos i cobertes de sòl, ens cal definir les categories per classificar aquests usos i cobertes, atenent la facilitat per fotointerpretar els diferents elements segons la resolució de les ortofotos obtingudes, la classificació amb finalitat hidrològica (usos de sòl tabulats per Téméz, 1978) per determinar el Nombre de Corba (NC) i els models de combustibilitat (USDA Forest Service). i l'elecció de les categories més interessants per analitzar l'exposició als riscos de les inundacions i els incendis forestals. Les categories que obtenim són:

- Aigües continentals naturals i/o artificials: extensió natural d'aigua que ocupa una depressió de la superfície terrestre.
- Xarxa hidrogràfica: lleres de rieres i torrents.
- Urbà dens: habitatges connectats (cases aparellades, blocs de pisos...), aparcaments, places, avingudes, carrers i passatges.
- Urbanització: habitatges unifamiliars aïllats, envoltats de jardí o d'hort. Habitualment correspon a les urbanitzacions i als petits nuclis aïllats de cases sense estructura viària urbana. S'inclouen els corresponents aparcaments i vials d'accés dins aquestes àrees.
- Zones industrials i comercials: àrees on dominen les indústries, magatzems de serveis, centres industrials i els seus espais annexos (aparcaments, vials d'accés) situats generalment a les àrees periurbanes.
- Pedreres: aprofitaments miners a cel obert.
- Platja i/o litoral rocós: la part de la costa formada per sorrals i rocallams.
- Massa forestal espessa: boscos amb una fracció de cabuda coberta superior al 20%. Inclou també les plantacions regulars d'aprofitaments forestals d'iguals característiques.
- Massa forestal esclarissada: boscos amb una cabuda coberta o recobriment arbori entre el 5 i el 20%, habitualment damunt de matollar.
- Matollar: formació amb recobriment arbustiu o arbori de port arbustiu superior o igual al 20%, sempre que el recobriment arbori sigui inferior al 5%.
- Erm: sòl amb vegetació escassa o nul·la.
- Conreu herbaci: les àrees plantades amb vegetació herbàcia. Inclouen també els prats i herbassars per facilitar l'aplicabilitat dels models hidrològics.
- Conreu llenyós. Oliveres, ceps, fruiters i plantacions regulars d'aprofitament forestal escàs.

En la taula 15 s'ha realitzat la conversió dels usos i cobertes de l'àrea d'estudi als usos establerts per Témez (1978) que tenen un comportament hidrològic similar.

Taula 15. Conversió dels usos i cobertes del sòl als usos per a l'aplicació de Témez

Usos segons TÉMEZ	Convertir usos als de Témez
Aigües continentals naturals i/o artificials: extensió natural d'aigua que ocupa una depressió de la superfície terrestre.	Mar
Xarxa hidrogràfica: lleres de rieres i torrents	Rieres
Urbà dens: habitatges connectats (cases aparellades, blocs de pisos...) Aparcaments, places, avingudes, carrers i passatges.	Ciutat de Mataró, Nucli urbà Argentona, Nucli urbà Dosrius i Canyamars i nucli d'Òrrius.
Urbanització: habitatges unifamiliars aïllats, envoltats de jardí o d'hort. Habitualment correspon a les urbanitzacions i als petits nuclis aïllats de cases sense estructura viària urbana. S'inclouen els corresponents aparcaments i vials d'accés dins aquestes àrees.	Urbanitzacions
Zones industrials i comercials: àrees on dominen les indústries, magatzems de serveis, centres industrials i els seus espais annexos (aparcaments, vials d'accés) situats generalment a les àrees periurbanes.	Zones industrials i comercials
Pedreres. Aprofitaments miners a cel obert.	Roquissars
Platja i/o litoral rocós: la part de la costa formada per sorrals i rocallams.	Platges
Massa forestal espessa: boscos amb una fracció de cabuda coberta superior al 20%. Inclou també les plantacions regulars d'aprofitaments forestals d'iguals característiques.	Boscos densos
Massa forestal esclarissada: boscos amb una cabuda coberta o recobriment arbori entre el 5 i el 20%, habitualment damunt de matollar.	Boscos clars
Matollar: formació amb recobriment arbustiu o arbori de port arbustiu superior o igual al 20%, sempre que el recobriment arbori sigui inferior al 5%.	Matollars
Erm: sòl amb vegetació escassa o nul·la.	Zones nues
Conreu herbaci: les àrees plantades amb vegetació herbàcia. Inclouen també els prats i herbassars per facilitar l'aplicabilitat dels models hidrològics.	Conreus
Conreu llenyós. Oliveres, ceps, fruiters.	Vinyes

Font: elaboració pròpia a partir de Témez (1978).

La delimitació de les diferents àrees s'ha realitzat a partir de la fotointerpretació i digitalització. S'ha treballat amb una escala al voltant de 1:5.000 per a zones de màxim interès de detall com els nuclis urbans, urbanitzacions, zones industrials i de serveis, conreus, i en el cas de les forests s'ha treballat a l'escala 1:8.000. Hem utilitzat el SIG ArcGis 9.2.

El material de base per a la fotointerpretació són els ortofotomapes i fotografies aèries fotorectificades.

El mapa d'usos i cobertes de sòl de 1956 s'ha realitzat amb la fotografia aèria ortorectificada.

Mapa de Cobertes del Sòl de 1956 de la província de Barcelona

Digitalització en pantalla de les cobertes del sòl de 1956 (metodologia CREAM pel Mapa de Cobertes de Catalunya) sobre l'ortofotografia de 1956 (Diputació de Barcelona), coneguda també pel "vol americà". Aquest Mapa de Cobertes mostra la distribució de les principals cobertes (forestals, agrícoles, urbanes) i permet analitzar la seva evolució fins a l'actualitat.

Autor: Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF) i Diputació de Barcelona

Per elaborar el mapa de 1993 agafarem com a base el Mapa d'Usos i Cobertes del Sòl de Catalunya (MCSC1) del CREAM, elaborat a partir d'ortofotos 1:25.000 i una escala de treball 1:3000.

El de 2010, Mapa d'Usos i Cobertes del Sòl de Catalunya (MCSC4) del CREAM, elaborat a partir d'ortofotos 1:2.500 i una escala de treball 1:1.000.

Els elements lineals (petites vies de comunicació, vegetació de marges...) excepte la xarxa hidrogràfica, no es van digitalitzar per la dificultat que representa fer-ho i perquè no es significatiu en l'anàlisi dels riscos que anem a realitzar.

La xarxa hidrogràfica es va obtenir a través de la pròpia cartografia de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA).

5.2.4 Tractament de les dades.

Una vegada elaborats els mapes d'usos i cobertes del sòl per a cada un dels anys a estudiar, es va procedir a tractar aquestes dades. Aquest tractament es va fer utilitzant el software Miramon 8.1.f.

La capa d'usos de 1956 obtinguda a partir de la descarrega <http://sitmun.diba.cat/sitmun2> en format shp amb la comanda Shp Top

s'importa obtenint un fitxer un fitxer vectorial (pol) que finalment és rasteritzat amb l'eina Tira Vec, obtenint un raster (IMG⁹) amb costat de cel·la 1 m i resolució 1 m. Dels altres mapes d'usos ja s'ha obtingut en format raster (IMG).

Amb les capes importades de cada any al programari Miramon 8.1f en format Raster (IMG) i retallades segons els límits de la conca procedim a la comparativa que l'eina GIS ens proporciona amb CombiCap generem aquesta tercera capa que ens permet veure la evolució dels usos d'un any sobre un altre. Finalment, s'exporten aquestes dades a Microsoft Office Excel 2010 per a poder generar una comparació amb termes relatius de l'evolució dels diferents usos del sòl.

5.2.5. Tipologia per a la cartografia dels usos i cobertes del sòl.

Per tal de permetre identificar i valorar l'estructura i els corresponents processos de transformació del paisatge, és necessari identificar i quantificar cadascun dels usos i cobertes del sòl, per poder mapificar el mosaic per cada període temporal. L'elecció dels sistemes de classificació ve condicionat per les fonts d'informació disponibles, a l'objectiu de l'estudi i a l'escala de treball.

En aquest sentit, per a la cartografia dels usos i cobertes del sòl de la conca de la riera d'Argentona s'ha adoptat la tipologia usada pel grup de recerca del Laboratori d'Anàlisi i Gestió del Paisatge (UdG) en treballs com Pintó et al. (2002). Concretament, es basa en l'establiment d'unes categories organitzades jeràrquicament seguint criteris de classificació fisionòmics.

Així reflectirem els atributs del paisatge a la llegenda dels mapes en nivells que es subdivideixen d'acord amb les necessitats d'anàlisi i la disponibilitat de les fonts adequades per assolir el grau de precisió en la classificació dels diferents usos i cobertes del sòl.

En el nostre estudi utilitzarem un primer nivell on diferenciarem els grans usos i cobertes del sòl en tres grans categories que ordenarem segons el grau creixent de transformació i modificació del paisatge:

- I. Espai amb vegetació espontània
- II. Espai agrícola
- III. Espai artificialitzat

⁹ El format ERDAS_IMG és usat per emmagatzemar dades raster, parcialment documentat per multicapa d'imatges raster georeferenciats desenvolupats originàriament amb l'ús del software ERDAS IMAGINE. Aquest format s'utilitza normalment pel tractament de les dades de teledetecció, donat que proporciona un mar d'integració de dades dels sensors i imatges de diferents fonts. L'extensió d'aquests arxius és .img.

IV. Formes de relleu litoral.

Seguidament utilitzarem un segon nivell que correspondrà als grans tipus fisionòmics que es poden distingir en cada una de les categories anteriors.

- I. Espai amb vegetació espontània
 - I.1. Boscos
 - I.2. Matollars
 - I.3. Erms i herbeis
- II. Espai agrícola
 - II.1 Conreus
- III. Espai artificialitzat
 - III.1. Nuclis compactes
 - III.2. Urbanitzacions
 - III.3. Grans espais artificialitzats
 - III.4. Edificacions aïllades
 - III.5. Espais denudats (pedreres i abocadors)
- IV. Formes de relleu litoral.

Aquesta diferenciació es considera adequada per a portar a terme l'anàlisi de la vulnerabilitat als riscos d'inundacions, que es desenvoluparà posteriorment.

Adoptar una unificació metodològica pel que fa a la tipologia dels usos i cobertes del sòl pot ser molt útil, a posteriori, per comparar els resultats obtinguts amb d'altres àmbits territorials i en altres períodes temporals.

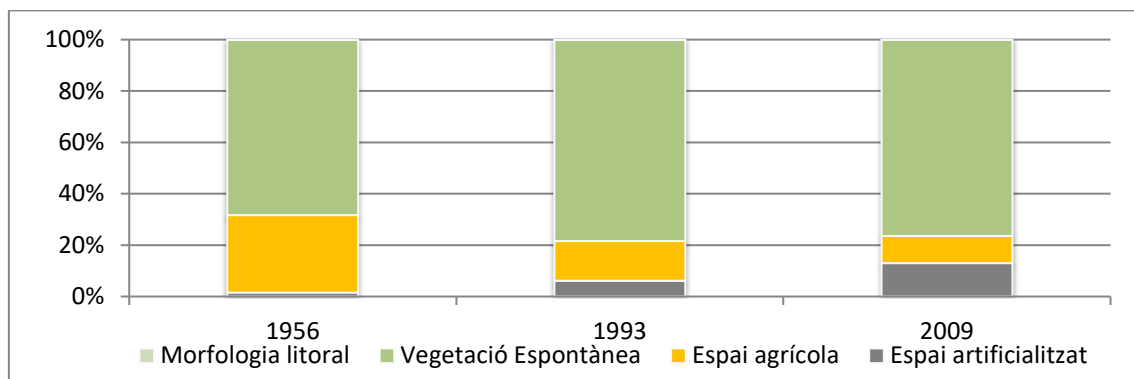
5.2.6. Usos i cobertes del sòl a la conca de la riera d'Argentona (1956-2009 i escenaris de futur). Resultats.

A continuació presentarem l'evolució dels grans usos i cobertes del sòl de la Conca de la Riera d'Argentona al llarg del període 1956-2009, i dels propers 30 anys, analitzant quins han estat els canvis per cada un dels usos i cobertes del sòl. Unes cobertes que, per altra banda, poden haver tingut usos diferents.

Cadascun d'aquestes grans usos i cobertes del sòl ha seguit pautes diferents (Figura 29). Així, la vegetació espontània ha passat de 5027,94 ha l'any 1956 a 5.623,04 ha l'any 1992, amb un increment substancial del primer al segon anys, per mantenir-se posteriorment. L'espai artificialitzat, en canvi, ha tingut un increment extraordinari de 848,84 ha, partint de 111,67 ha l'any 1956 ha passat a 960,51 ha el 2009, gairebé ha nanuplicat (x8,60) la seva superfície a compte de l'espai agrari, que s'ha reduït significativament; concretament 1.445,11 ha, de les 2.217,32 ha del 1956 a les 772,21 ha del 2009, que en percentatge és una pèrdua del 65,17%. Pel que fa a la superfície de les

morfologies litorals i làmines d'aigua continentals i marines, no ha tingut cap variació significativa entre 1956 i 2009.

Figura 29. Evolució de la superfície acumulada dels grans usos i cobertes del sòl a la conca de la riera d'Argentona (període 1956-2009)



Font: elaboració pròpia a partir de les dades de CREA (2019).

Aquesta evolució percentual per períodes es presenta a la Taula 16.

Taula 16. Evolució de la superfície (ha i %) per grans usos i cobertes del sòl, conca de la riera d'Argentona (període 1956-2009)

Any	1956		1992		2009	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Espai artificialitzat	111,67	1,52	455,49	6,19	960,51	13,06
Vegetació espontània	5.027,94	68,34	5.768,55	78,44	5.623,44	76,44
Espai agrícola	2.217,32	30,14	1.129,95	15,36	772,21	10,50
Morfologia litoral	0,25	0,00	0,45	0,10	0,10	0,01
Total	7.357,19	100	7.354,44	100	7.356,26	100

Font: elaboració pròpia.

Posteriorment es desenvoluparà amb profunditat aquests canvis dels usos i cobertes del sòl per a cada període objecte d'estudi.

5.2.6.1. Usos i cobertes del sòl. Conca de la riera d'Argentona (1956).

La distribució dels grans usos i cobertes del sòl de l'any 1956 a la conca de la riera d'Argentona demostra un evident domini del paisatge agroforestal, amb 5.027 ha de superfície forestal (68,34%) i 2.217,32 ha d'espais agrícoles (30,13%). En canvi, l'espai artificialitzat ocupa només 111,67 ha (1,51%) i l'espai litoral un residual 0,25 ha (0,003%), com es pot observar a la Taula 17.

Taula 17. Superfícies dels grans usos i cobertes del sòl per l'any 1956

Any	1956	
	Ha	%
Espai artificialitzat	111,67	1,51
Espai forestal	5.027,94	68,34
Espai agrícola	2.217,32	30,13
Espai litoral	0,25	0,003

Font: elaboració pròpia.

Aquest extraordinari domini de l'espai agroforestal es pot comprovar a les fotografies del biòleg Pere Montserrat (Montserrat, al 1946, on es pot observar que la major part de les muntanyes estan desforestades, ocupades generalment per vinya, fruiters de secà i cereal, i només es conserven els boscos a la part superior de la serralada.

Figura 30. Argentona vista des del rocar de Cirés (la Feu). Al fons el turó d'en Cabanyes (29-12-1946)

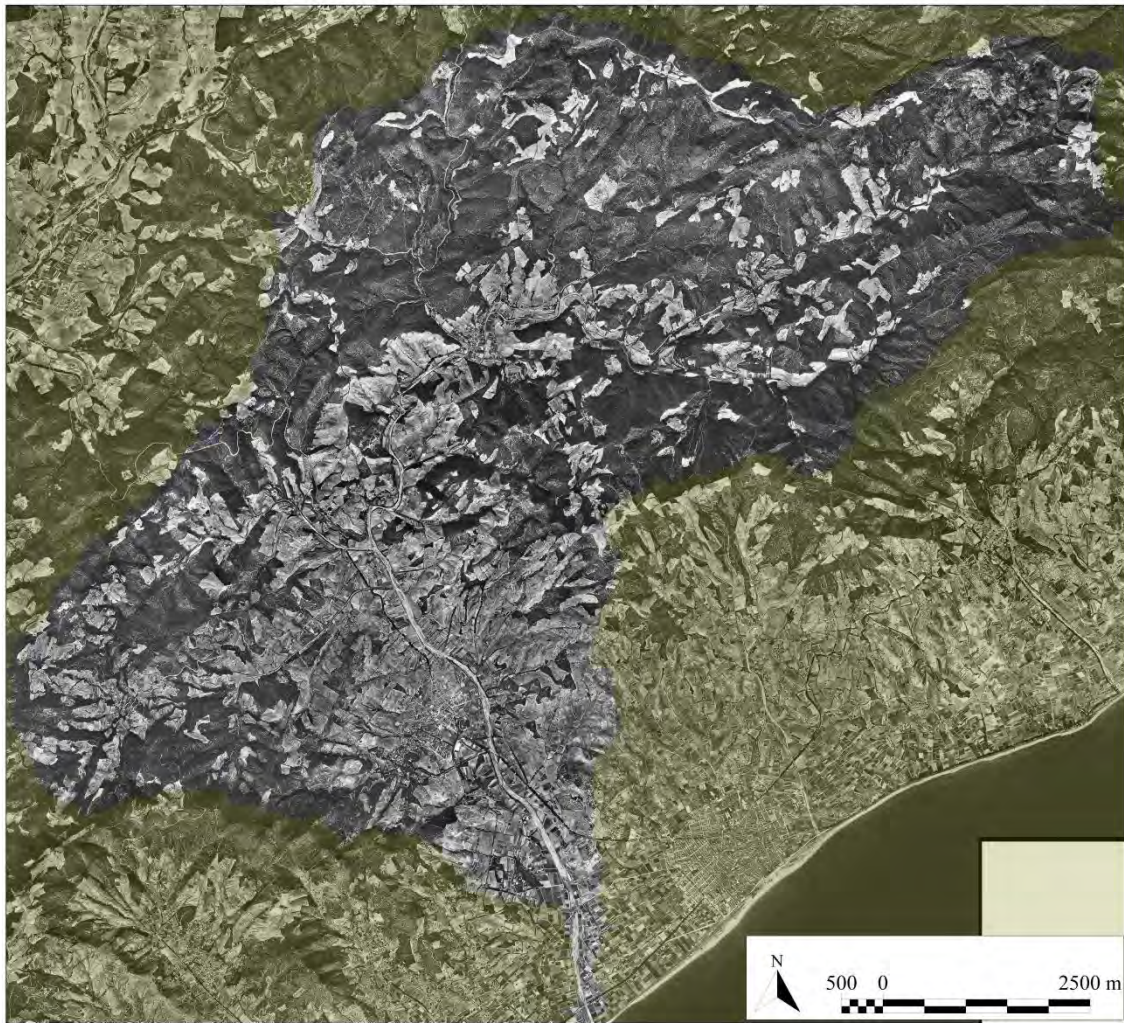


Font: Montserrat (2014).

També són evidents a la fotografia aèria del 1956 de la conca (Figura 31) on el sòl urbà és limita al nucli de Mataró, i en menor mesura als nuclis d'Argentona i Dosrius.

Destaca el domini de l'espai agrícola a la plana de la desembocadura i a l'entorn de la riera d'Argentona, i en canvi, els boscos predominen a la part superior de la conca i als indrets més elevats.

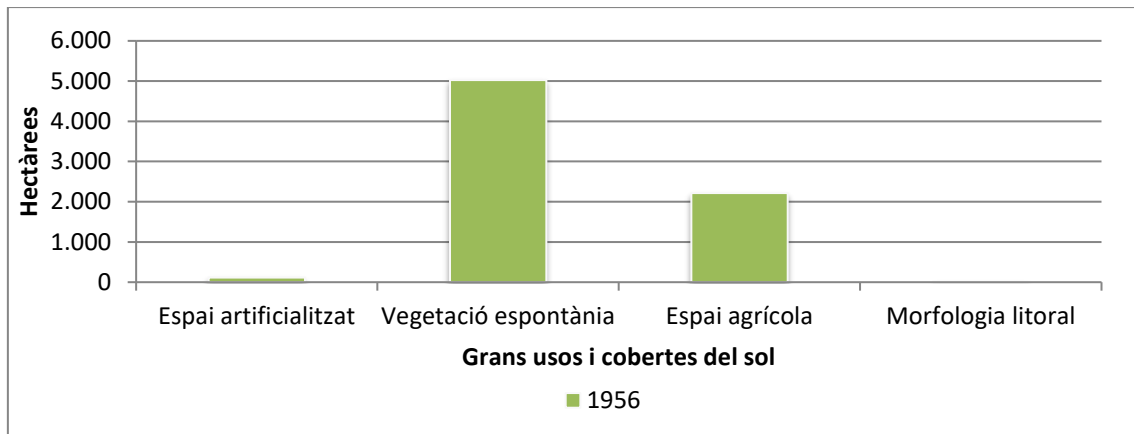
Figura 31. Ortofoto de la conca de la riera d'Argentona (1956)



Font: elaboració pròpia, a partir de les fotografies del vol americà (1956) de l'ICGC (2019).

Si prenem els grans usos i cobertes del sòl, la vegetació espontània, amb 5.027,94 ha, ocupa el 68,34% del territori, l'espai agrícola te 2.217,32 ha, amb un 30,14%. L'espai artificialitzat te 111,67 ha i un 1,52% del territori.

Figura 32. Grans usos i cobertes del sòl (1956)



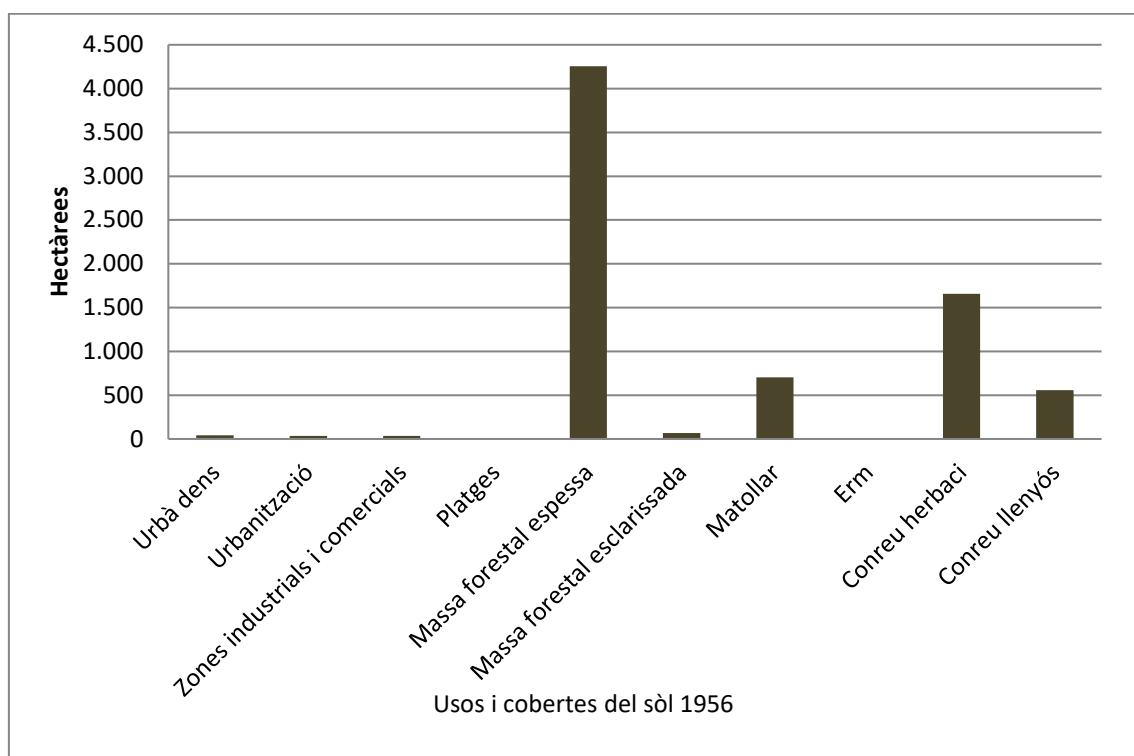
Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes a l'anàlisi del GIS.

Les platges ocupen 0,25 ha i un 0,003% de la conca (Figura 32).

A continuació, diferenciarem cada un d'aquests grans usos en les tipologies que el formen.

Concretament, d'acord amb la Figura 32 i la Figura 33, el 1956 a la conca de la riera d'Argentona, domina la massa forestal espessa, que ocupa 4.254,43 ha, i està formada principalment pels alzinars, pinedes de pi pinyer, suredes, boscos de ribera i boscos mixtos d'alzines i pins, bàsicament a les muntanyes del terme municipal de Dosrius, com el Corredor i la vall de Rimble, i en menor mesura de les capçaleres de les muntanyes i a les obagues d'Òrrius, Argentona i Mataró.

Figura 33. Superfície (ha) dels usos i cobertes del sòl (1956).



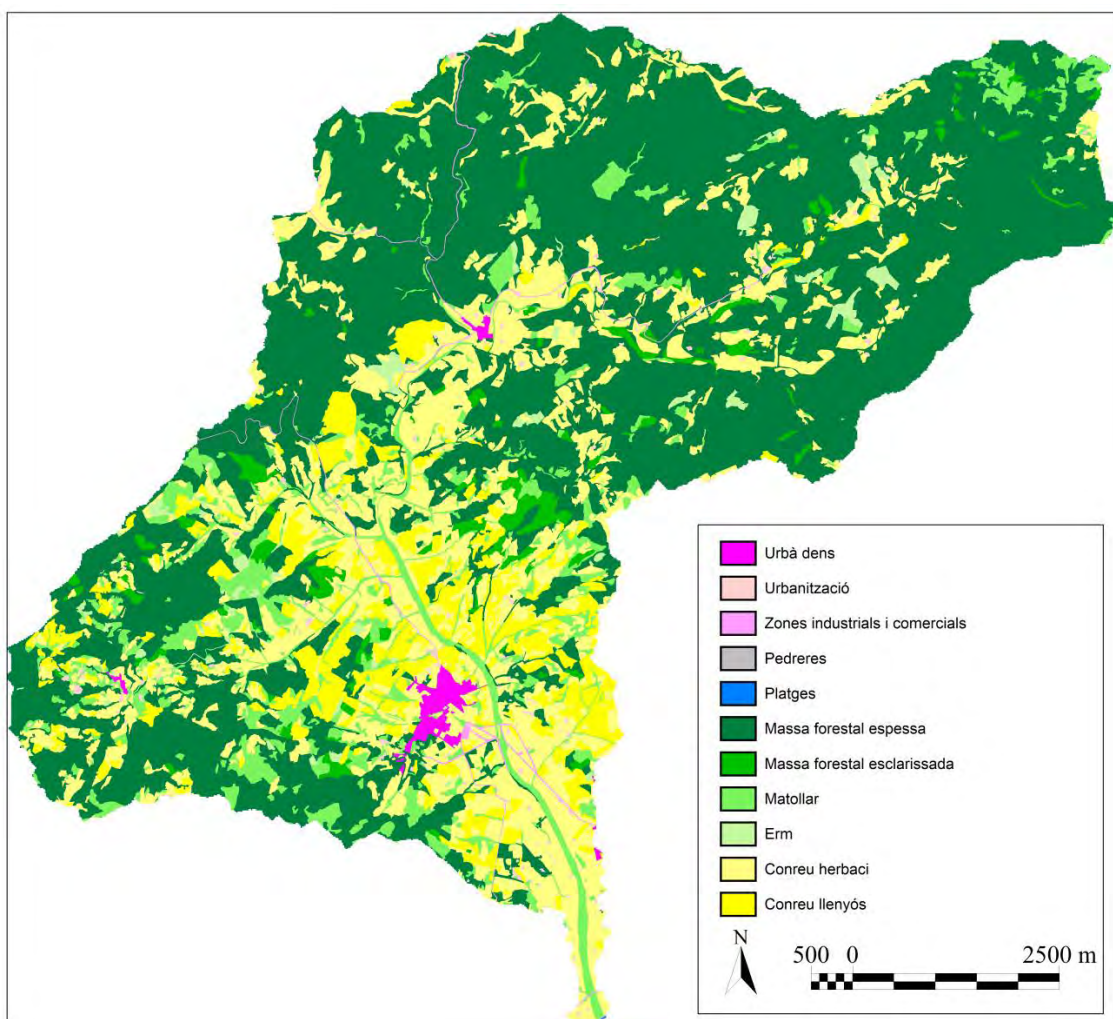
Font: elaboració pròpia.

D'altres usos i cobertes forestals de menor valor, tenim el matollar, amb 704,49 ha, un dels primers estadis de la successió de conreus a boscos, bàsicament format per conreus abandonats, sobretot vinyes, que es van reforestant a bosc.

Seguidament tenim les masses forestals esclarissades, amb 69,02 ha i un 0,94% de la superfície, on hi trobem els boscos aprofitats intensament i els conreus abandonats, però amb un estat més avançat de recuperació o bé formacions forestals arbòries en espais degradats.

Pel que fa a l'espai agrícola dominen els conreus herbacis, amb 1.655,85 ha i el 22,51% de la superfície, que es troba principalment a la plana agrícola que es forma a banda i banda de la riera d'Argentona i de la riera de Riudemeia. A continuació trobem els conreus herbacis, amb 556,37 ha i el 7'56 % de la conca, formats bàsicament per les vinyes, i en menor mesura pels camps de garrofers, ametllers i altres fruiters.

Figura 34. Usos i cobertes de la conca de la riera d'Argentona, 1956



Font: elaboració pròpia a partir de la cartografia de de l'ICGC (2019).

Taula 18. Superfície forestal per usos i cobertes del sòl a la conca de la riera d'Argentona (1956)

Usos i cobertes del sòl	Ha	%
Urbà dens	42,51	0,58%
Urbanització	36,17	0,49%
Zones industrials i comercials	32,99	0,45%
Platges	0,25	0,00%
Massa forestal espessa	4.254,43	57,83%
Massa forestal esclarissada	69,02	0,94%
Matollar	704,49	9,58%
Erm	5,10	0,07%
Conreu herbaci	1.655,85	22,51%
Conreu llenyós	556,37	7,56%

Font: elaboració pròpia a partir de les dades de l'ICGC (1956).

A continuació tenim l'espai artificialitzat, ocupant 111 ha i un 1,51% de la superfície, concentrat als nuclis urbans d'Argentona, Dosrius, Canyamars i Òrrius.

El context descrit per aquest primer període ens situa en una conca predominantment agroforestal, amb la presència de masies disperses que articulen els espais agrícoles circumdants, amb un significatiu abandonament de les terres de pitjor qualitat que s'aniran reforestant de forma natural, i en alguns casos antròpicament¹⁰, i la introducció de nous sistemes de conreu, com el regadiu Llobet (1955).

Taula 19. Superfícies dels grans usos i cobertes del sòl pel període 1956-1992 i 1956-2009, i percentatges de creixement 1956-1992 i 1956-2009

Any	1956	1992	1956-1992	1956-2009
Espai artificialitzat	111,67	455,49	306,25%	778,57
Espai forestal	5.027,94	5.768,55	14,74%	9,53%
Espai agrícola	2.217,32	1.129,95	-49,03%	-66,94
Espai litoral	0,25	0,45	80%	-60%

Font: Leonart et al. (1981).

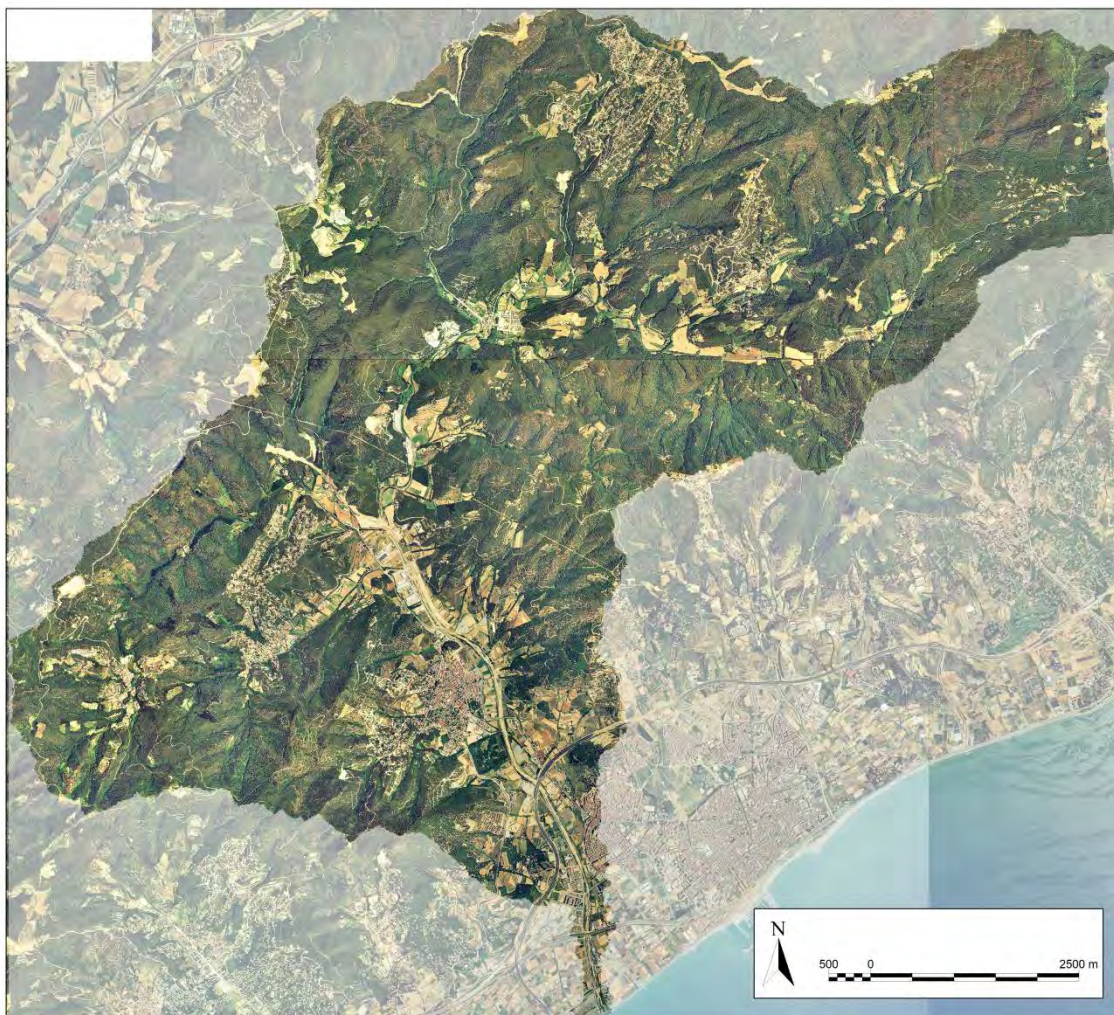
¹⁰ Pel contracte de "rabassa morta", el parcer o llogater dels terrenys, estava obligat a retornar al propietari la peça que ocupava l'antiga vinya, una vegada havia acabat el seu cicle productiu, plantat de pins. Això permetia recuperar una part de la fertilitat del sòl, i possibilitava al propietari aprofitar aquests pins per a la construcció, abans de retornar la finca a l'ús de la vinya.

5.2.6.2. Usos i cobertes del sòl. Conca de la riera d'Argentona. (1992).

La distribució dels grans usos i cobertes del sòl de l'any 1992 a la conca de la riera d'Argentona demostra el domini del paisatge forestal, que ha ocupat una part de l'àrea agrícola, i l'increment de les zones urbanitzades.

L'ús i coberta del sòl dominant és la vegetació espontània amb 5.768,55 ha, ocupa el 78,44% del territori, l'espai agrícola te 1.129,95 ha, amb un 15,36%. L'espai artificialitzat té 455,49 ha i un 6,19% del territori. A la Figura 35 s'observa clarament el domini de la superfície forestal a tota la conca, amb una creixent ocupació del sòl urbà, especialment al seu tram inferior.

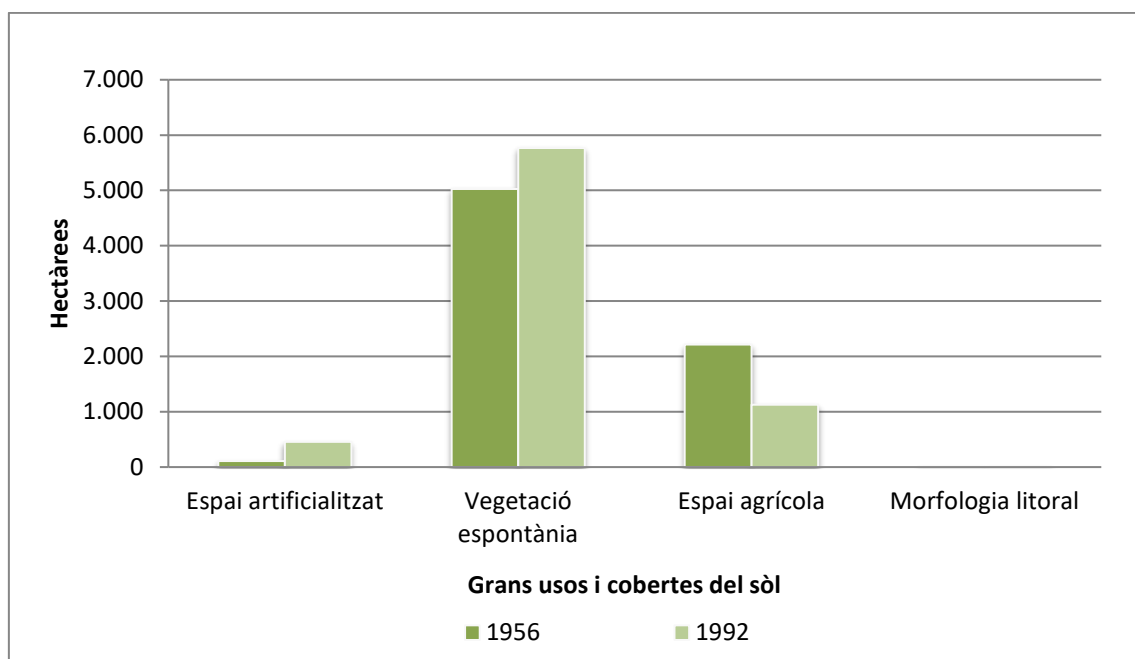
Figura 35. Ortofoto de la conca de la riera d'Argentona, 1992



Font: elaboració pròpia a partir de la cartografia de l'ICGC (2019).

La morfologia litoral ocupa 0,45 ha i un 0,1% de la conca.

Figura 36. Evolució dels grans usos i cobertes del sòl (anys 1956 i 1992)



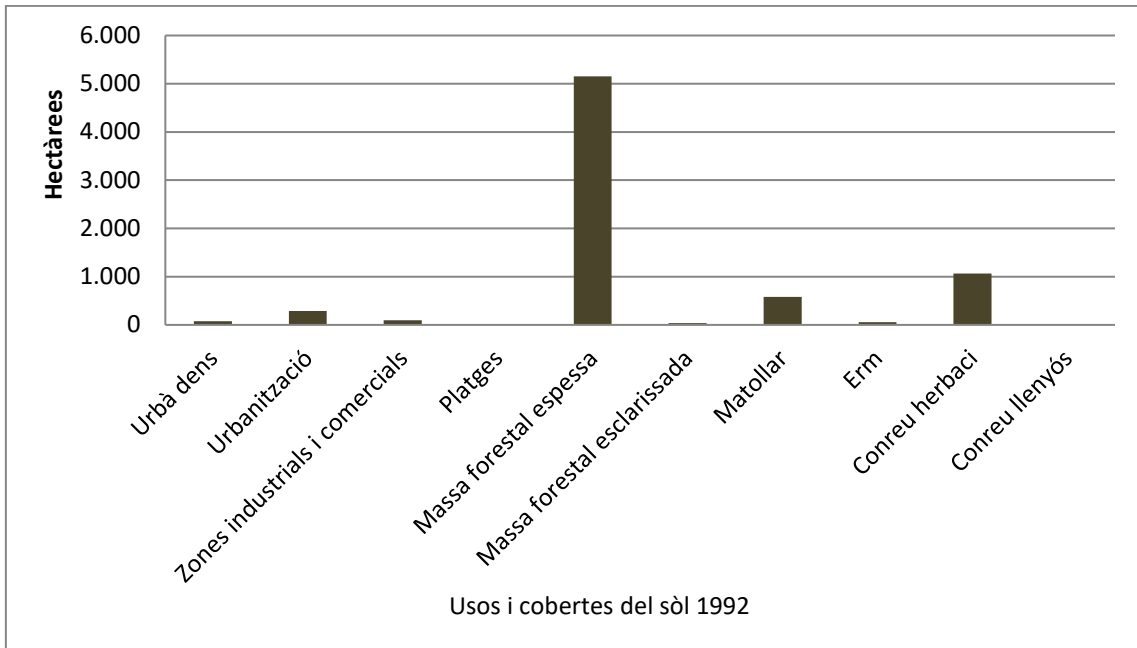
Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes a l'anàlisi del GIS.

També es constata la pèrdua de sòl agrícola. Una de les consideracions més significatives d'aquesta pèrdua de conreus és la tendència de la diversitat del mosaic paisatgístic cap a la dualitat entre la vegetació espontània i l'espai artificialitzat, sense una zona de transició que disminueixi la duresa del contrast entre ambdues cobertes.

L'ús i coberta més important de la conca de la riera d'Argentona l'any 1992 és la dels boscos espessos, amb 5.151,78 ha, que representa un 70,05% de la superfície total. Respecte el 1956, s'han reforestat la major part de les muntanyes de tota l'àrea.

Malgrat això, a partir de la dècada de 1960, s'abandonen gradualment els boscos, a causa de la seva baixa rendibilitat per la pèrdua de valor dels productes forestals, com el carbó, la llenya i la fusta, anteriorment tant habituals per a escalfar les llars, cuinar o construir els habitatges, substituïts pels combustibles fòssils i pel formigó i el ferro respectivament.

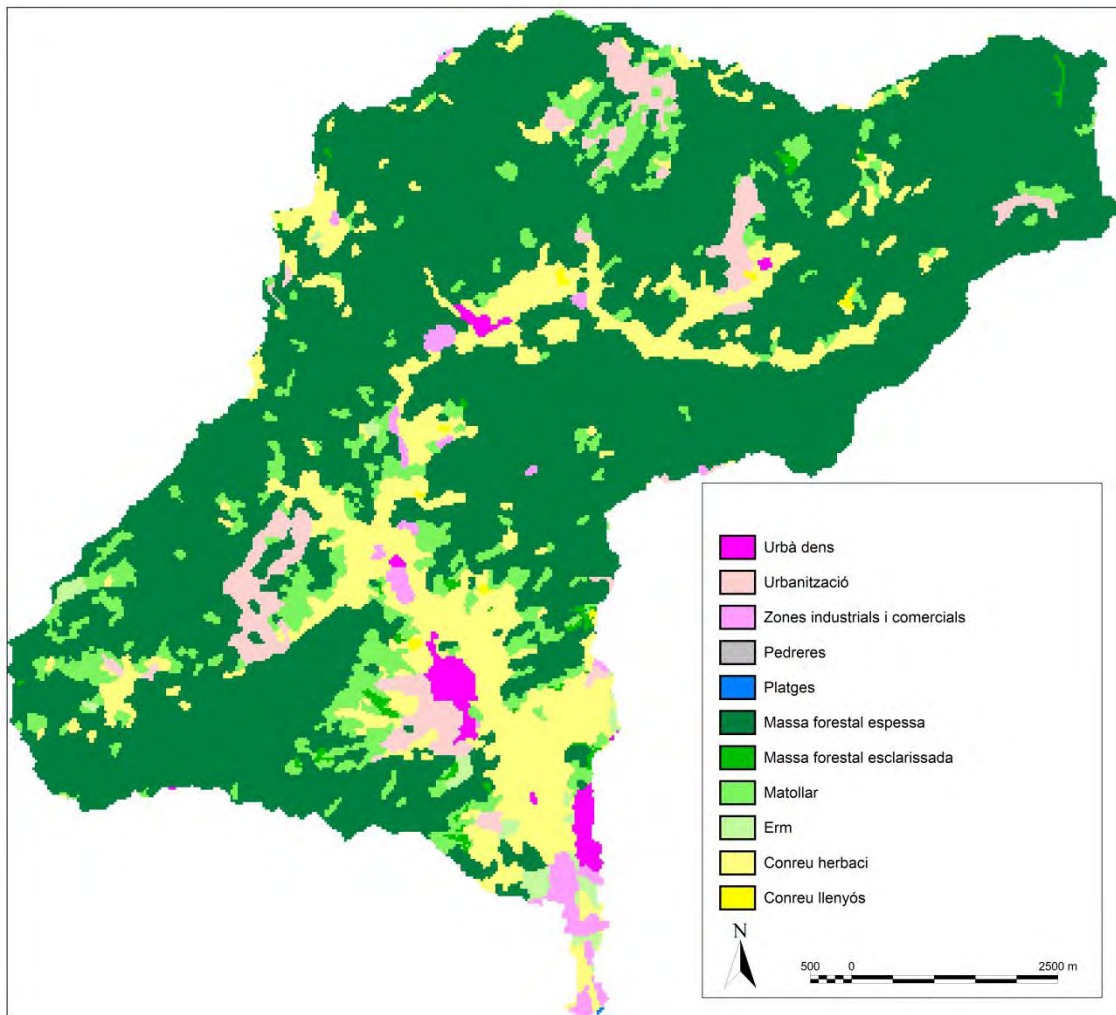
Figura 37. Superfície (ha) ocupades pels usos i cobertes del sòl (1992)



Font: Elaboració pròpia.

La manca d'aprofitament silvícola i de gestió forestal permet que els boscos es vagin densificant i consolidant i es converteixin en forests consolidats.

Figura 38. Usos i cobertes del sòl a la conca de la riera d'Argentona (1992)



Font: elaboració pròpia a partir de les dades de l'ICGC (1992).

En canvi, la massa forestal esclarissada és poc significativa, amb 37,26 ha i el 0'51% del territori, com el matollar, bàsicament concentrat als peus de muntanya, fruit de conreus abandonats al període de 1980, amb 579,51 ha i el 7,88 % de superfície.

Taula 20. Superfície forestal per usos i cobertes del sòl a la conca de la riera d'Argentona (1992)

Usos i cobertes del sòl	Ha	%
Urbà dens	77,04	1,05%
Urbanització	285,48	3,88%
Zones industrials i comercials	92,97	1,26%
Platges	0,45	0,01%
Massa forestal espesa	5.151,78	70,05%
Massa forestal esclarissada	37,26	0,51%
Matollar	579,51	7,88%
Erm	53,82	0,73%
Conreu herbaci	1.063,89	14,47%
Conreu llenyós	12,24	0,17%

Font: elaboració pròpia.

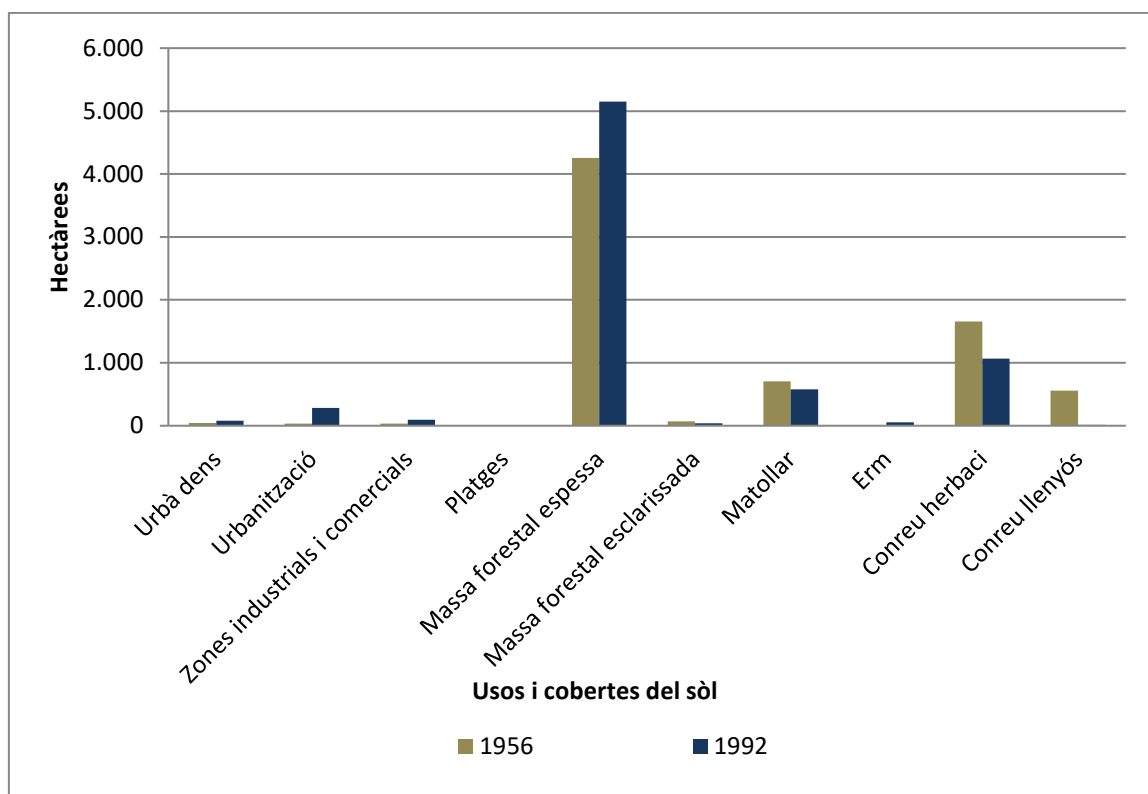
El segon ús i coberta agrícola són els conreus herbacis, amb 1.063,89 ha i el 14,47% de la superfície, que es troba principalment a la plana agrícola que es forma a banda i banda de la riera d'Argentona i de la riera de Riudemeia. Observem una pèrdua del 35,74% dels conreus existents el 1956, concretament 591,96 ha de conreus herbacis, que cal sumar a les 544 ha de conreus llenyosos que gairebé han desaparegut en la seva totalitat. Aquests conreus que desapareixen es converteixen en dos usos diferents, o bé es construeixen i passen a espai artificialitzat, ja sigui urbanitzacions, nuclis urbans, àrees industrials i de serveis i vies de comunicació, o bé, en no ser explotats, per successió forestal, evolucionen cap a formacions inicials de la vegetació espontània, com els matollars.

Com a tercer ús i coberta del sòl trobem les zones artificialitzades, concretament les urbanitzacions, amb 285,48 ha i el 3,88% del territori.

El quart són les zones urbanes denses, amb 77,04 ha i el 1,05% i el cinquè les zones industrials, amb 92,97 ha que representa el 1,26% del territori.

Finalment tenim els erms amb 53,82 ha i el 0,730 % de la superfície i les platges amb 0'45 ha i un 0'01%.

Figura 39. Evolució dels usos i cobertes del sòl (1956 i 1992)



Font: elaboració pròpia.

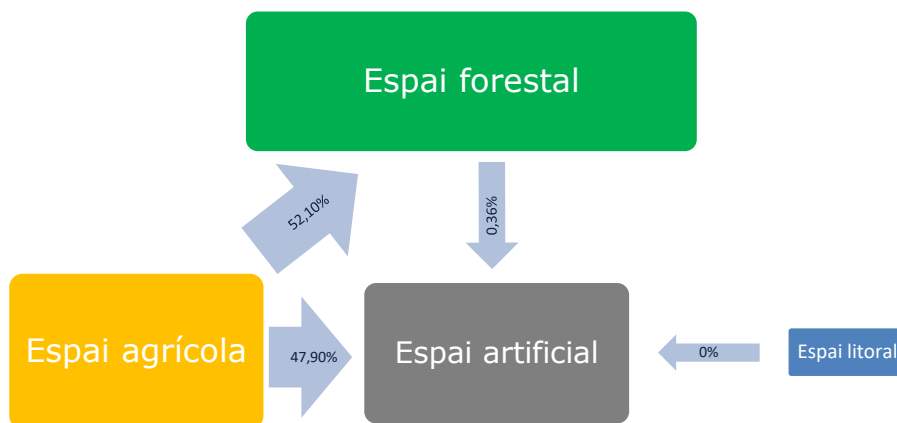
L'interval entre 1956 i 1993 és una etapa de gran creixement de l'espai artificialitzat en els municipis del Maresme. Per una banda es desenvolupen amb força noves tipologies constructives i nous aprofitaments del territori. Apareixen i proliferen de les urbanitzacions d'alta densitat amb habitatges adossats, les urbanitzacions de cases disperses i enjardinades, els polígons industrials i les infraestructures de serveis i comunicacions. Per l'altra banda, també es el període de creixement dels nuclis urbans, com ara Argentona, Mataró i Dosrius. Concretament, passaran de les 111'67 ha el 1956 a les 445,49 ha el 1992, quadruplicant la seva extensió (x3,99 d'increment).

Aquest creixement s'ha portat a terme de forma similar pels tres usos i cobertes de sòl artificialitzat. Concretament, la superfície de la urbanització densa s'incrementa del 1956 al 1992, de 42,51 ha a 77,04 ha (x1,81 d'increment), l'àrea de les urbanitzacions¹¹ amb cases disperses i

¹¹ Urbanitzacions generalment aïllades dels nuclis urbans, amb una ocupació important de sòl i densitats baixes, com can Massuet el Far, can Canyamars i Castell Dosrius a Dosrius, Les Ginesteres, can Cabot i can Raimí a Argentona, i la Cornisa i can Vinardell a Mataró.

enjardinades, de 36,17 a 285,48 ha (7,89 d'increment) i la de polígons i zones industrials¹² de 32,99 a 92,97 ha (2,82 d'increment).

Figura 40. Diagrama de fluxos entre els grans usos i cobertes del sòl entre 1956 i 1992 a la conca de la riera d'Argentona



Font: elaboració pròpia.

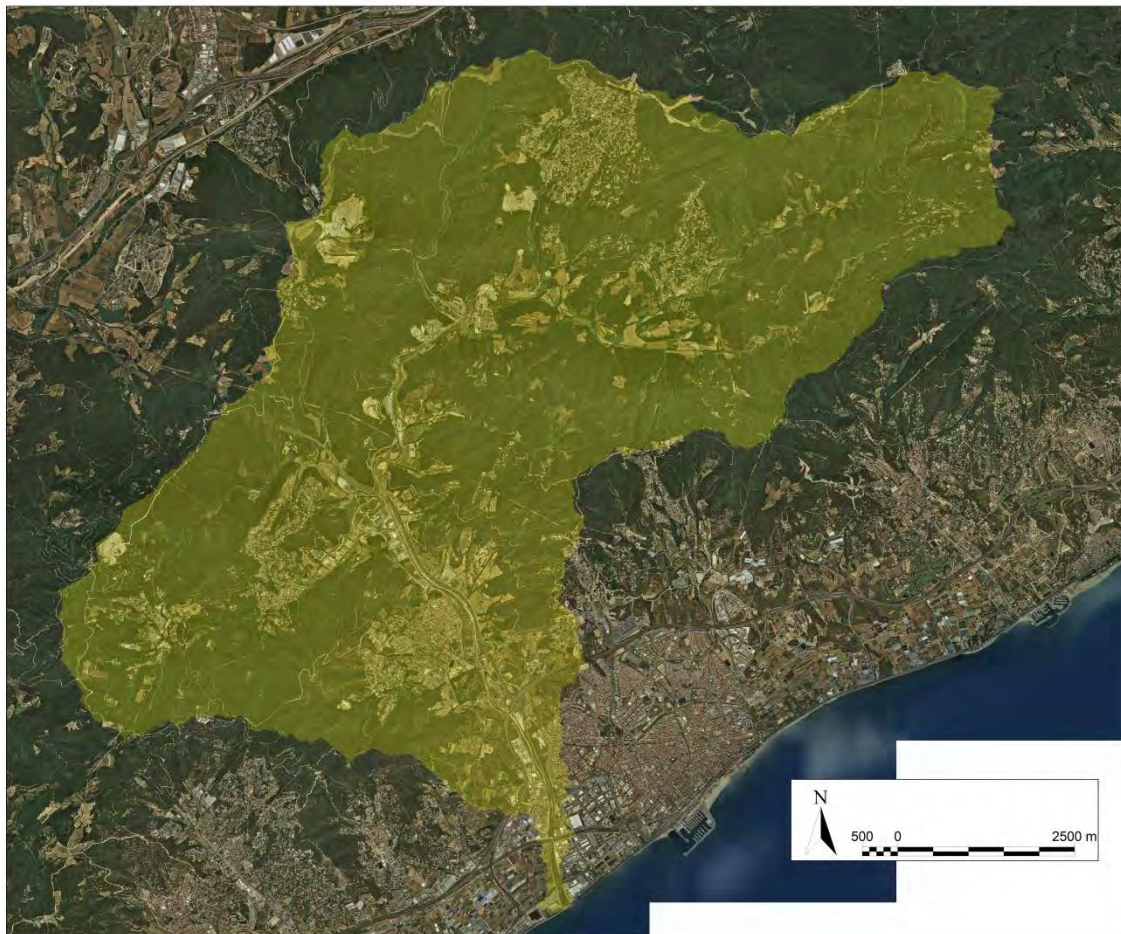
Existeix una diversitat d'usos i cobertes de sòl que, malgrat tenir diferent funcionalitat i estructura, s'agrupa per formar part de l'espai artificialitzat successivament i es va estenent. Aquests nous usos del sòl s'expliquen per un número molt important d'habitatges de segona residència i de polígons industrials i zones comercials i de serveis, així com infraestructures viàries, que en conjunt van ocupant la plana agrícola situada en molts casos en zones inundables.

¹² Polígons com els del Cros a Cabrera de Mar, Mataró i Argentona, o el de Dosrius, que seran la gènesi per a l'establiment de noves zones industrials.

5.2.6.3. Usos i cobertes del sòl. Conca de la riera d'Argentona (2009).

Estudiar les transformacions ocorregudes fins a l'any 2009 comporta tractar els grans canvis en la composició i configuració del paisatge. Significa tenir present les modificacions socials i econòmiques que han sofert els municipis del Maresme en els darrers seixanta anys i descriure tots els efectes territorials i ambientals i les seves repercussions paisatgístiques.

Figura 41. Ortofoto de la conca de la riera d'Argentona (2009)



Font: elaboració pròpia a partir de la cartografia de de l'ICGC (2019).

Tots els processos territorials endegats en els darrers seixanta anys al Maresme han generat canvis significatius en l'aprofitament i la utilització dels usos i cobertes del sòl.

D'acord amb el domini de l'ús agroforestal de 1956, es dibuixen unes tendències cap als usos actuals, que s'aniran consolidant amb els grans creixements urbanístics que s'inicien al llarg de les dècades de 1960 i 1970 i que proliferaran a les dècades de 1980 i 1990, perllongant-se fins avui dia.

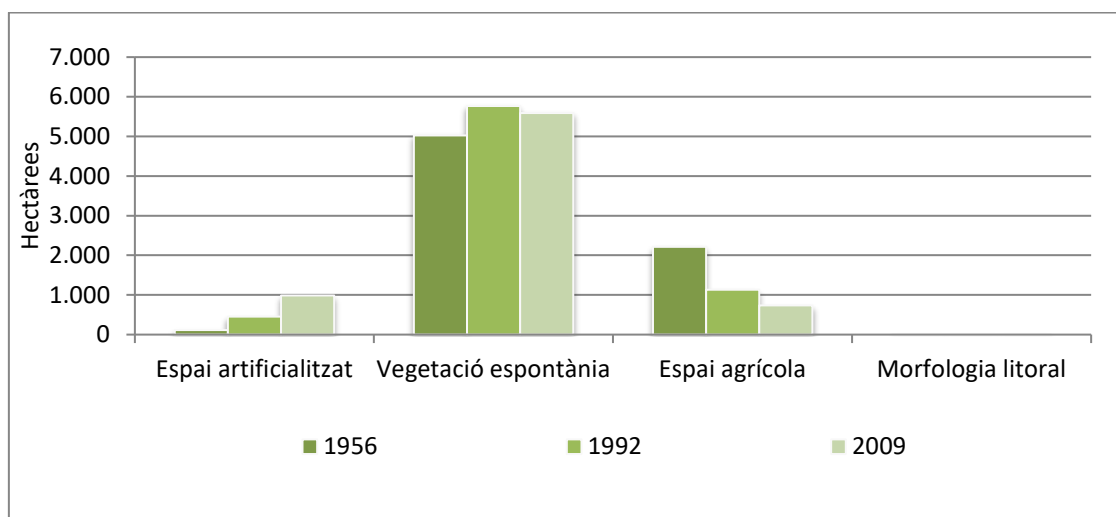
Taula 21. Superfícies dels grans usos i cobertes del sòl pel període 1992-2009 en hectàrees, i percentatges de creixement 1992-2009

Any	1992	2009	1993-2009
Espai artificialitzat	674,40	960,51	42,42%
Espai forestal	5.608,10	5.623,44	0,27%
Espai agrícola	1.054,30	772,21	-26,76%
Espai litoral	0,25	0,00	-96%

Font: elaboració pròpia.

L'evolució dels diferents percentatges dels usos i cobertes del sòl (Figura 42) en els darrers seixanta anys certifica la consolidació de les tendències iniciades en el període anterior, especialment pel que fa al creixement del sòl urbanitzat, com la reducció del sòl agrícola.

Figura 42. Evolució dels grans usos i cobertes del sòl als anys 1956, 1993 i 2009



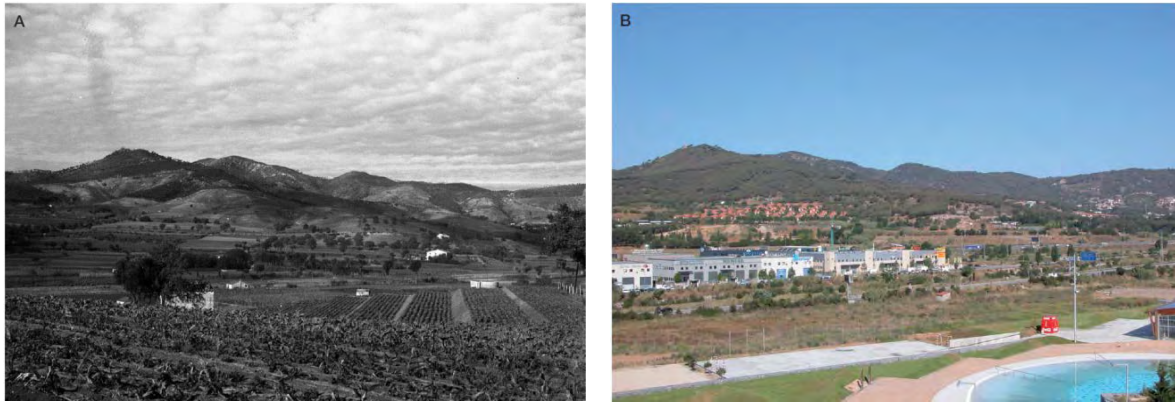
Font: elaboració pròpia.

La vegetació espontània forestal manté un ritme de creixement sostingut, concretament un 10,35%, de les 5.027,94 ha del 1956, a les 5.608,10 ha de 1993. A partir d'aquest punt es manté, amb un lleu decreixement, d'un -0,38%, fins a les 5.586,9 ha. L'espai agrícola, en canvi, presenta un decreixement continu i significatiu, amb un -43,77%, de les 1054,30 ha el 1993, a les 733,3 ha el 2009.

Aquest canvi és fa palès comparant fotografies del primer període (Figura 43). En la primera, a l'esquerra, de 1946, observem la plana agrícola en primer terme, i en un segon terme, els vessants de les muntanyes ocupades per vinyes i els turons per boscos densos.

En la segona fotografia del mateix indret, del 2006, observem un territori molt transformat, amb zones de lleure, polígons industrials i vies de comunicació a la part baixa, i urbanitzacions i boscos a la falda de les muntanyes.

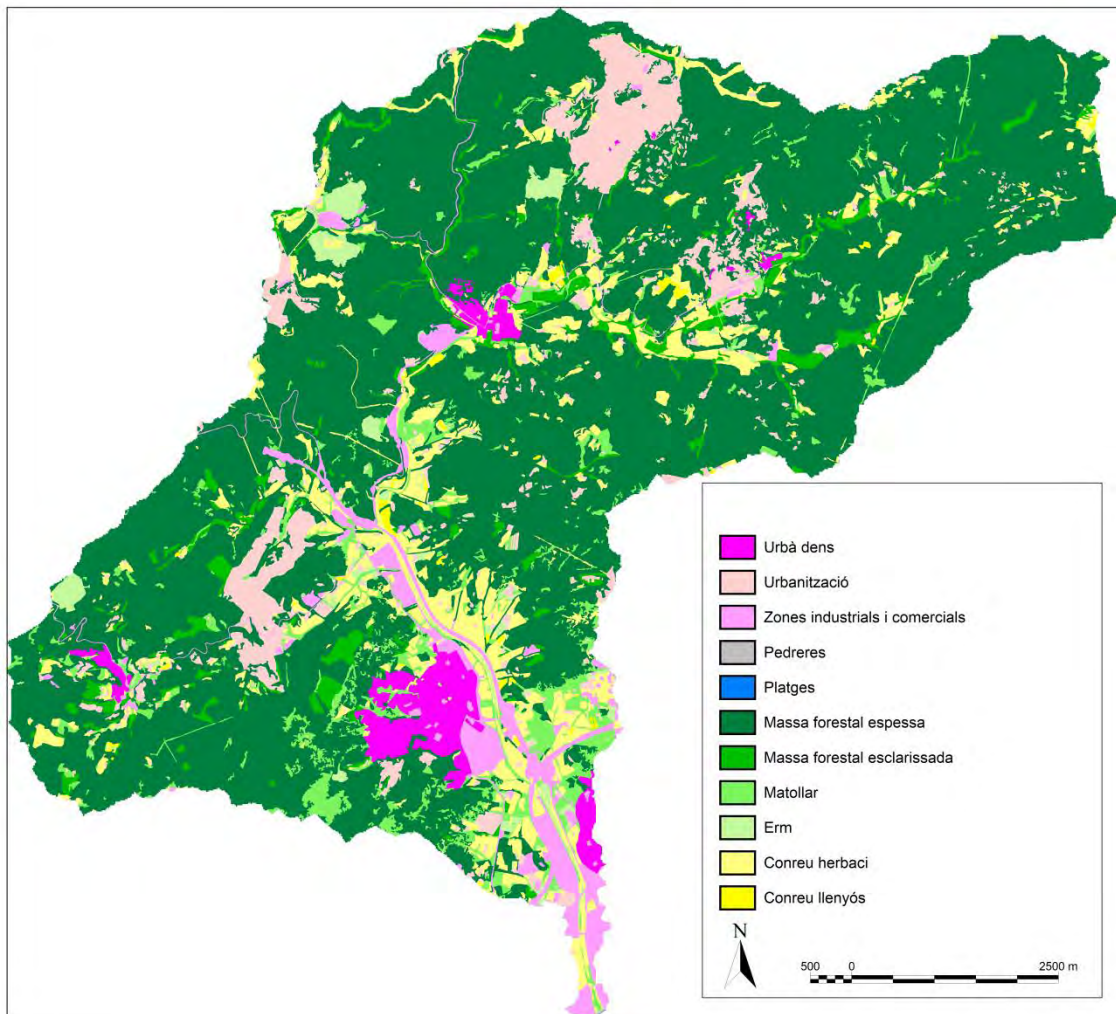
Figura 43. Imatges de la vall de la riera d'Argentona, 1946 a l'esquerra, 2006 a la dreta



Font: Montserrat (2007).

L'espai artificialitzat, per la seva banda, presenta un creixement constant, passant de les 674,40 ha el 1993, a les 960,51 ha el 2009, amb un increment del 42,68%. La seva superfície des de 1956 ha gairebé nonuplicat (x8,64). La morfologia litoral es manté sense variacions significatives (veure Figura 44).

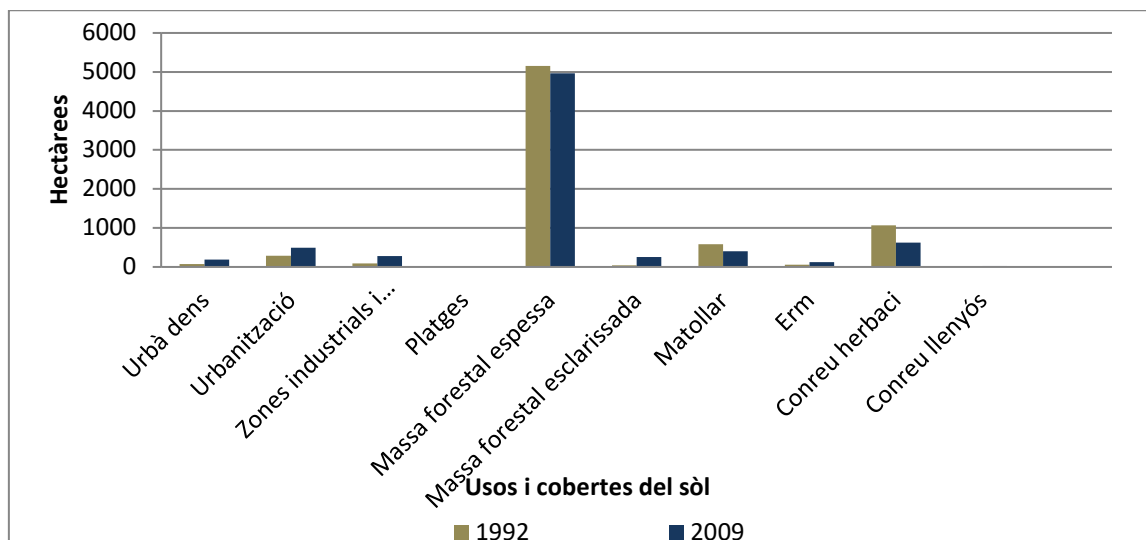
Figura 44. Usos i cobertes del sòl a la conca de la riera d'Argentona (2009)



Font: elaboració pròpia a partir de les dades de l'ICGC (2009).

Quan dels grans usos del sòl passem a concretar-ne les diverses tipologies, podem determinar (Figura 45) que la superfície de massa forestal espessa gairebé es manté, només en una petita reducció cap a la massa forestal esclarissada, causada pels aprofitaments forestals d'aclarida de peus a alzinars i pinedes.

Figura 45. Evolució dels usos i cobertes del sòl 1992-2009



Font: elaboració pròpia.

En canvi, sí que hi ha una significativa reducció dels conreus herbacis, fruit de l'ocupació d'algunes de les planes agrícoles més fèrtils per zones industrials i comercials, i una disminució molt menor als cultius llenyosos.

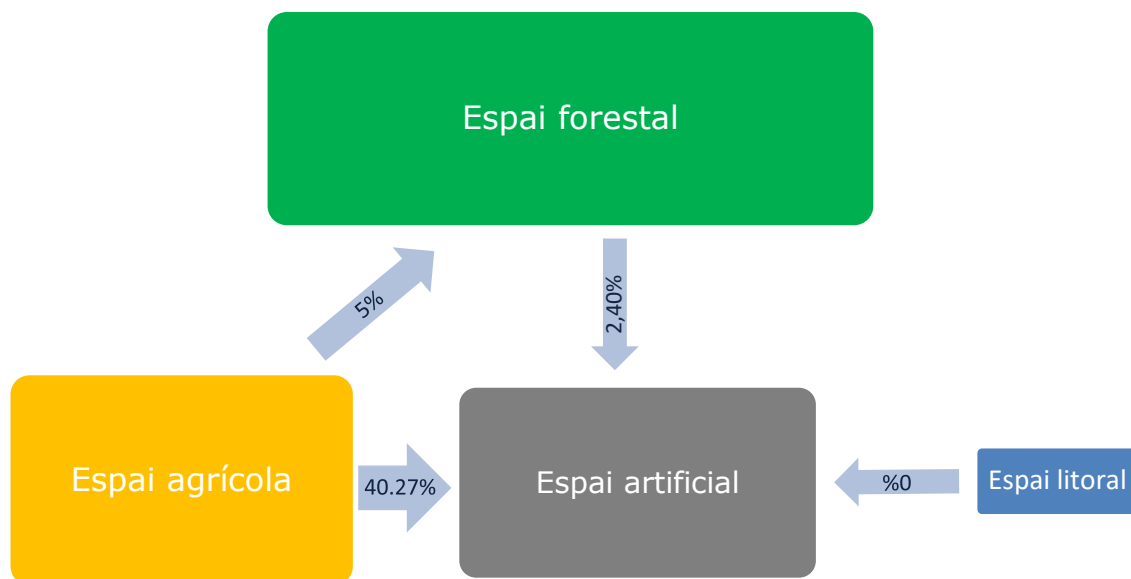
Taula 22. Superfície forestal per usos i cobertes del sòl a la conca de la riera d'Argentonà (2009)

Usos i cobertes del sòl	Ha	%
Urbà dens	191,44	2,60%
Urbanització	491,24	6,68%
Zones industrials i comercials	277,83	3,78%
Platges	0,10	0,00%
Massa forestal espessa	4.966,09	67,51%
Massa forestal esclarissada	253,65	3,45%
Matollar	403,70	5,49%
Erm	120,75	1,64%
Conreu herbaci	624,04	8,48%
Conreu llenyós	27,43	0,37%

Font: elaboració pròpia

Aquests fluxos de superfícies entre els diferents usos demostra el creixement de l'espai artificialitzat gràcies als dos espais majoritaris. Com es demostra a la Figura 46 podem observar com el 40,27% de l'espai agrícola es converteix en espai artificialitzat, o bé, un 2'40% de l'espai forestal es transforma a espai artificialitzat.

Figura 46. Diagrama de fluxos entre els grans usos i cobertes del sòl entre 1993 i 2009 a la conca de la riera d'Argentona



Font: elaboració pròpia.

En aquest període, l'espai artificialitzat ocuparà part de les planes agrícoles de Cabrera de Mar i Mataró, com es constata a la Figura 47.

Referent als anys de construcció de les edificacions residencials, industrials i comercials als termes de Mataró i Cabrera de Mar (Figura 47), així com a la plana agrícola d'Argentona (marge dret) i de Dosrius (Figura 48) observem que la major part de construccions de l'àmbit d'afectació són dels períodes 1990-1999 i 2000-2009.

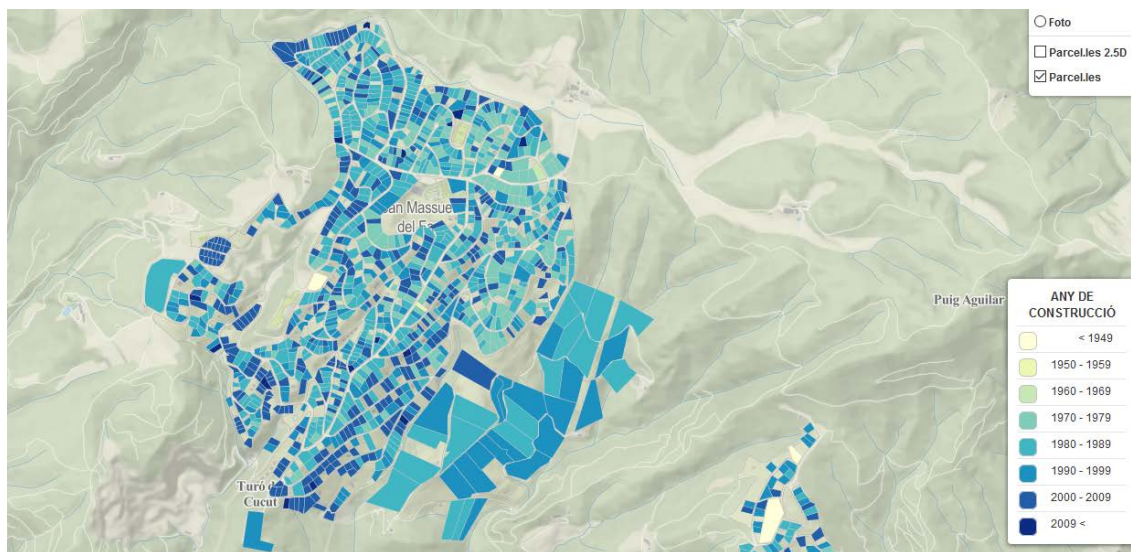
Figura 47. Períodes de construcció de les diferents edificacions al tram final (Mataró, Cabrera de Mar) de la riera d'Argentona



Font: Beta Portal ICGC. DGC. (2019).

I també es construeixen la major part d'urbanitzacions amb cases amb jardí, generalment dintre de la massa forestal, com Can Massuet- El Far (veure Figura 48), Can Banyamars, can Batlle i el Castell a Dosrius, Les Ginesteres, can Cabot, can Raimí, Madà i la Plana Sita a Argentona, i les ampliacions dels nuclis urbans d'Argentona, Dosrius, Banyamars, Mataró, Cabrera de Mar i Òrrius.

Figura 48. Períodes de construcció de les edificacions residencials a la urbanització can Massuet-el Far (Dosrius)



Font: Beta Portal. ICGC. (2019).

L'espai forestal s'incrementa per aportació de sòl agrícola, però a la vegada perd superfície cap el sòl artificialitzat, majoritàriament per les urbanitzacions

que hem esmentat anteriorment, però en alguns casos també per sòl cap als usos i cobertes urbanes denses i les activitats industrials, com el polígon d'Òrrius o el polígon del Cementiri de Dosrius.

Els canvis generats en els usos i cobertes del sòl a la conca de la riera d'Argentona pels tres anys d'estudi (1956, 1993 i 2009) són notables en relació a la transformació dels diferents usos i cobertes del territori (Taula 23).

Taula 23. Evolució quantitativa dels usos i cobertes del sòl, conca de la riera d'Argentona (anys 1956, 1992 i 2009)

Usos del sòl	1956		1992		2009		Dif. 1956- 1992		Dif 1956- 2009	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Urbà dens	42,51	0,58%	77,04	1,05%	191,44	2,60%	34,53	79,07	148,93	354,76
Urbanització	36,17	0,49%	285,48	3,88%	491,24	6,68%	249,48	691,67	455,07	591,67
Zones industrials i comercials	32,99	0,45%	92,97	1,26%	277,83	3,78%	59,98	181,82	244,84	742,42
Platges	0,25	0,00%	0,45	0,01%	0,10	0,00%	0,20	80	-0,05	-20
Massa forestal espessa	4.254,43	57,83%	5.151,78	70,05%	4.966,09	67,51%	897,35	21,11	711,66	16,74
Massa forestal esclarissada	69,02	0,94%	37,26	0,51%	253,65	3,45%	-31,76	-46,38	184,61	268,12
Matollar	704,49	9,58%	579,51	7,88%	403,70	5,49%	-124,98	-17,61	-300,79	-42,61
Erm	5,10	0,07%	53,82	0,73%	120,75	1,64%	48,72	980	115,65	2320
Conreu herbaci	1.655,85	22,51%	1.063,89	14,47%	624,04	8,48%	-591,96	-35,75	-1031,81	-62,32
Conreu llenyós	556,37	7,56%	12,24	0,17%	27,43	0,37%	-544,13	-97,84	-528,94	-95,14

Font: elaboració pròpia a partir de la cartografia CREAM (1956, 2009) i Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya (1992).

Podem destacar com a mínim cinc situacions que han modificat aquests usos i cobertes del sòl:

1. Una disminució molt important de les àrees agrícoles, si considerem que al 1956 teníem una superfície de 556,37 ha, i un 7,56% de conreus llenyosos i una superfície de 1.655,85 ha i el 22,51 % de conreus herbacis, a 12,24 ha i un 0,17 % de conreus llenyosos i 1063,89 ha i un 14,47% de conreus herbacis el 1992, i fins a arribar al 2009 a les 27,43 ha de conreus llenyosos, el 0,37% i 624,04 ha de conreus herbacis, concretament el 8,48%.

2. Un augment considerable de la massa forestal espessa, que partint de 4.254,43 ha (57,83%) de 1956, assoleix les 4.966,09 ha (67,51%) el 2009.
3. Un augment significatiu del sòl urbà dens, que de 42,51 ha (0,58%) del 1956 arribem a les 77,04 ha (1,50%) el 1993, per continuar creixent fins arribar al 2009, amb 191,11 ha (2,60%) de la superfície del sòl de la Conca de la Riera d'Argentona.
4. Un augment molt important de la superfície ocupada per urbanitzacions que continuarà creixent significativament fins a 1992, passant de 36,17 ha (0,93%) inicial, a 285,48 ha (3,88%) el 1992, fins arribar a les 491,24 ha (6,68%) al 2009, un aspecte que incidirà especialment en el risc d'incendis forestals.
5. Un increment del sòl industrial i de serveis que al 1956 ocupava 32,99 ha (0,45%) del territori, per arribar el 1992 a les 92,97 ha (1,26%) i es consolida al 2009 amb 277,83 ha (3,78%).

5.2.7 Usos i cobertes del sòl pels escenaris de futur.

Els models climàtics regionals coincideixen que hi haurà un ascens de les temperatures i un reforçament dels esdeveniments extrems en la conca del Mediterrani cap a finals del segle XXI (Trigo i Palutiko, 2001; Räisänen et al, 2003; Martin et al, 2016). En el Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya i IPCC (2019), és d'esperar que els ecosistemes amb limitacions d'aigua siguin els més afectats. L'ascens projectat de les temperatures, la disminució de la precipitació i la seva concentració en esdeveniments extrems podrien induir el declivi del creixement i la mort d'àmplies poblacions d'arbres (Linares et al, 2010).

Per tal de poder valorar com es desenvoluparan aquests canvis dels usos i cobertes del sòl per als escenaris de futur, i els seus efectes sobre l'exposició del risc i la vulnerabilitat econòmica, prèviament cal identificar tots els condicionants i, a continuació, estimar i analitzar la seva evolució fins al futur.

Els paràmetres que canviaran respecte als anteriors períodes són el clima, l'ordenació i urbanització del sòl i la gestió del territori

En relació a l'ordenació i urbanització del sòl, s'han incorporat a la cartografia d'anàlisi, els sòls urbanitzats, i els que actualment consten com a urbanitzables en el planejament vigent. Considerem que, en aplicació de les normatives actuals, no és possible incorporar més superfícies inundables a les futures àrees de desenvolupament urbanístic.

És molt probable que s'abandonin algunes de les zones agrícoles situades en condicions topogràfiques més desfavorables i que, al seu torn, es reconverteixin algunes de les zones periurbanes agrícoles a herbassars, i es mantinguin com a praderies i erms, amb l'objectiu prioritari de la prevenció

d'incendis forestals, dins les àrees de baixa càrrega de combustible de les franges de protecció perimetral de nuclis urbans i edificacions aïllades.

Pel que fa als impactes del canvi climàtic sobre el propi clima, s'han desenvolupat acuradament als escenaris A2 i B1 elaborats pel Grup Intergovernamental d'Experts sobre Canvi Climàtic (IPCC).

L'escenari A2 representa els efectes sobre un món molt heterogeni. Entre les seves característiques, destaquen l'autosuficiència i la conservació de les identitats locals. La població mundial està en continu creixement (IPCC).

L'escenari B1 descriu un món convergent, amb una població mundial que arriba al seu màxim a mitjan segle XXI i que es redueix posteriorment, amb canvis ràpids de les estructures econòmiques orientades cap a una economia de serveis i d'informació, acompanyats d'un ús menys intensiu dels materials i amb la introducció de les tecnologies netes i amb un aprofitament eficient dels recursos. Es dóna prioritat a les solucions de l'ordre mundial dirigides a la sostenibilitat econòmica, social i mediambiental, així com la igualtat, però sense desenvolupar iniciatives addicionals en relació al clima (IPCC).

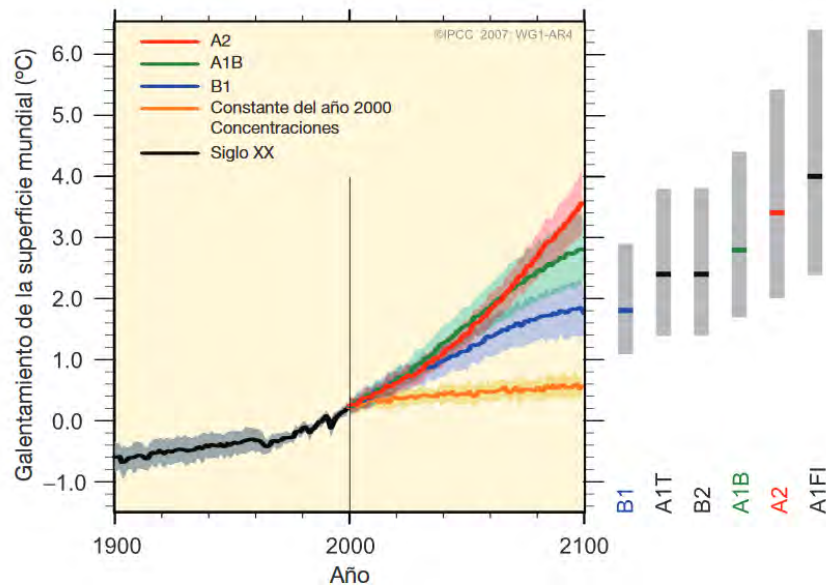
En general, el desenvolupament econòmic està orientat bàsicament a les regions d'un creixement econòmic i demogràfic elevat, amb un escalfament global mitjà de 3,5 °C respecte el període 1950-1988. Pel que fa al nostre territori, a l'escenari A2, i per l'àmbit de la costa, pel període 2011-2040, es preveu un increment de temperatura d'entre 0'4 i 1,6 °C, i una disminució de la pluviometria fins el 12% (IPCC).

Les projeccions per a la precipitació no són tan clarificadoras com en el cas de la temperatura. Tot i que es projecta que respecte el període 1971-2000, la precipitació mitjana anual (PMA) disminueixi (-5 a -13%) cap a mitjan segle XXI, aquesta tendència no és estadísticament significativa. Geogràficament, la PMA disminuirà (-10 a -25% per a 2021-2050 respecte 1971-2000) molt probablement al Pirineu i al sistema Ibèric, independentment de l'escenari considerat. Així mateix, es projecta un augment de la variabilitat interanual de la PMA, sent més significatiu aquest augment a la zona litoral i prelitoral que no pas al Pirineu.

Per una altra banda, l'evolució futura de la precipitació acumulada estacional presenta força incertesa, ja que les variacions projectades són altament dependents de l'escenari d'emissions i de la simulació del model global considerada. En general es pot concloure que podria incrementar-se en àrees costaneres durant l'hivern, fins a valors propers al 50% per a l'escenari B1. A la primavera s'espera una disminució general de la precipitació en tot el territori, tret d'alguns punts costaners que presenten increments de precipitació per als escenaris A1B i B1. (Gonçalves et al, 2014)

A la Figura 49 les línies sòlides denoten les mitjanes de l'escalfament global mundial obtingudes amb múltiples models pels escenaris A2, A1B y B1, i les simulacions pel segle XXI.

Figura 49. Escalfament de la superfície mundial



Font: IPCC. (2007).

En general, es preveu un increment de la freqüència i intensitat de les sequeres severes.

Aquesta severitat diferencial sobre els boscos vindrà donada, entre d'altres, per:

1. L'orientació dels vessants, resultant més afectats els solells (Peñuelas et al, 2000).
2. La litologia del sòl, afectant als sòls profunds i penetrables per les arrels (Peñuelas et al, 2000).
3. L'espècie dominant, afectant de forma més important a les alzines, per exemple, que als falsos aladerns, de menor creixement, però més resistents a l'embolisme, utilitzant més eficientment l'aigua i els nutrients, i dissipant millor l'excés d'energia (Peñuelas et al, 1998).
4. La gestió forestals; els boscos aclarits són menys afectats que els densos (Gracia et al, 1999).

D'acord amb Peñuelas et al. (2016) en el marc de Martin et al. (2016), *la pujada de les temperatures i la disminució de les precipitacions previstes per*

als escenaris de canvi climàtic simulats (GOTILWA+¹³) també comporten una redistribució de l'aigua verda (evapotranspirada) i l'aigua blava (drenatge i escorrentia superficial) als diferents tipus de boscos que es mostren a la figura 9.8.c. D'una banda, es preveu un augment de l'evapotranspiració o de les aigües verdes, probablement a conseqüència de l'increment de la demanda evaporativa que acompanya la pujada de les temperatures. De l'altra, la disminució de la precipitació i l'augment de l'evapotranspiració disminueixen la magnitud d'aigües blaves que surten dels boscos (9. Ecosistemes terrestres, pag 20).

En aquest sentit, Peñuelas et al. (2016) preveuen una progressiva situació d'estrés hídric en augment per la vegetació, i també pels sistemes aquàtics de les conques d'aquests territoris, les quals tendiran a rebre quantitats d'aigua més petites.

A la vegada es preveu un increment de la freqüència i intensitat dels incendis forestals, que podria incidir significativament en els usos i cobertes forestals, de forma que un gran incendi forestal a la conca podria variar les condicions previstes inicialment. Incendis recurrents que podrien provocar que les comunitats no tinguin temps per recuperar-se, cremant-se repetidament abans que els nous individus puguin arribar a adults i reproduir-se (Diaz Delgado et al, 2002).

Els canvis en el clima afectaran la idoneïtat topoclimàtica de les espècies vegetals dels nostres forests, sobretot els arbres que ara formen les principals comunitats vegetals dels boscos de la conca de la riera d'Argentona: el pi pinyer i l'alzina.

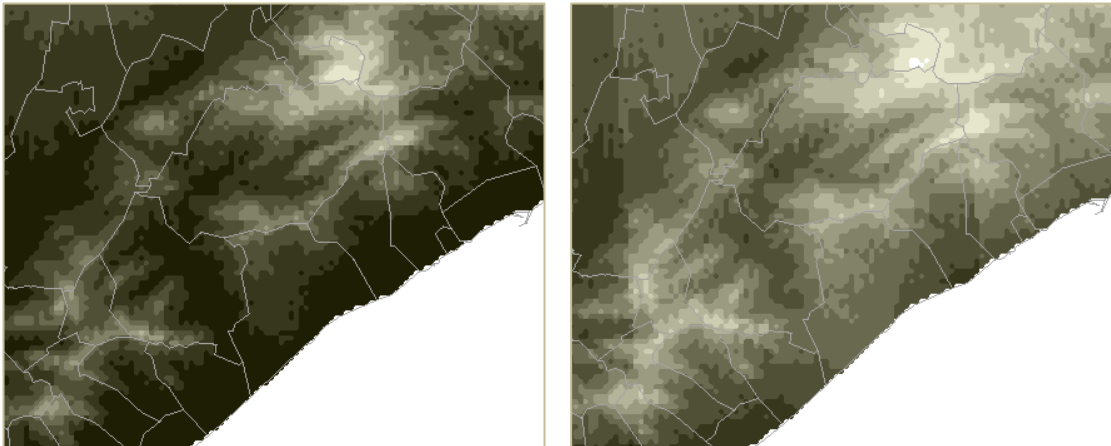
D'acord amb CanviBosc¹⁴, els impactes sobre l'arbrat es generarà per les sequeres, les plagues i els incendis forestals. Les plagues i fitopatologies forestals poden jugar un paper molt important en la fragmentació de les àrees forestals; algunes espècies d'insectes perforadors o defoliadors poden arribar a completar dos cicles biològics en un any o augmentar la seva àrea de colonització com a causa dels hiverns més benignes Moreno (2008). Concretament, el pi pinyer resultarà afectat per l'atac d'insectes, com el

¹³ La modelització possibilita la visualització virtual de diferents escenaris de condicions climàtiques amb vista al futur. Un d'aquests models de processos de creixement dels boscos és el GOTILWA+ (<http://www.creaf.uab.cat/gotilwa>) és possible avaluar la resposta al canvi climàtic de diferents boscos de parcel·les de l'Inventari Forestal Nacional (IFN) prevista per al segle XXI.

¹⁴ El projecte CanviBosc del CREAf comprén la revisió de més de 500 articles científics per tal d'analitzar la vulnerabilitat de les diferents espècies a la sequera, als incendis i a les plagues, els principals factors que poden alterar els nostres boscos en un context de canvi climàtic i conclou amb un rànquing amb les espècies més vulnerables als incendis i a la sequera.

minador de brots del pi (*Tomicus destruens*), que actualment ja afecten, amb una significativa mortaldat d'arbrat, a un 30% de les pinedes de la conca i a un 25% de les pinedes de la comarca del Maresme. Així mateix, el pinyer presenta moltes dificultats per regenerar-se de manera natural. Tot això indica que la seva idoneïtat topoclimàtica es veurà significativament reduïda a tota la conca, com també es constata a l'Atlas de idoneidad topo-climática de leñosas (Figura 50) (Ninyerola et al, 2009).

Figura 50. Idoneïtat topoclimàtica del pi pinyer als municipis de la conca de la riera d'Argentona, actual i projectada a l'escenari A2

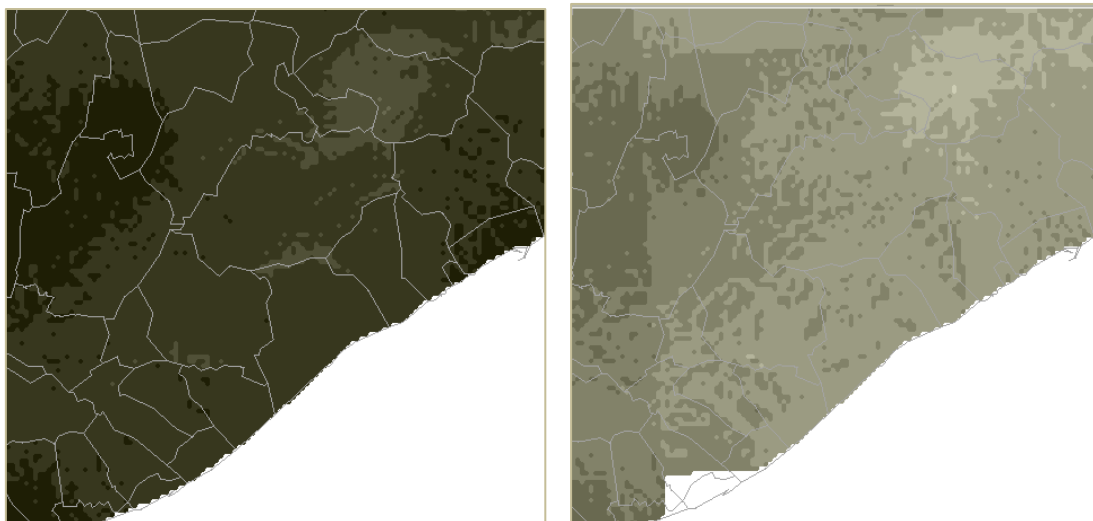


Font: Ninyerola et al. (2009). Els colors més foscos indiquen major idoneïtat topoclimàtica, i els més clars menor idoneïtat topoclimàtica.

Aquests canvis ens constaten amb el canvi de tonalitat dels mapes de la Figura 50 i 51, on els tons de color fosc indiquen la seva màxima idoneïtat, i com més clar, menys idoneïtat.

Pel que fa a l'alzina (*Quercus ilex*), CanviBosc ens indica que les sequeres recurrents poden produir una pèrdua progressiva de capacitat de recuperació per l'esgotament de les plantes a rebrotar. Les alzines joves són més vulnerables a la sequera que les grans. El canvi climàtic probablement augmentarà la mortalitat de l'alzina i reduirà el seu creixement, a causa de l'augment de la freqüència i la intensitat de les sequeres. Les taxes de mortalitat estan molt correlacionades amb la densitat de peus per soca, i la sequera les pot arribar a duplicar. Es preveu un desplaçament de l'alzina muntanya amunt, a zones més fredes, i un decaïment de les zones temperades situades a elevacions mitjanes degut a un increment en el dèficit d'aigua.

Figura 51. Idoneïtat topoclimàtica de l'alzina als municipis de la conca de la riera d'Argentona, actual i projectada a l'escenari A2



Font: Ninyerola et al. (2009). Els colors més foscos indiquen major idoneïtat topoclimàtica, i els més clars menor idoneïtat topoclimàtica.

Aquests processos naturals de pèrdua de boscos, bàsicament d'alzinars, pinedes i forests mixtes de les dues espècies, cap a comunitats vegetals predominantment arbustives i herbàcies, podria mitigar-se a través de l'ordenació i gestió forestal cap a l'adaptació dels forests al canvi climàtic, però ho dificulta extraordinàriament el fet de que el 99% de les propietats són privades i de petites dimensions (Fletas, 2012).

Així, d'acord amb els condicionants indicats anteriorment, és d'esperar un increment de les zones de prats i herbassars a compte de les zones agrícoles periurbanes i situades en condicions més desfavorables, i una pèrdua de pinedes cap a comunitats arbustives i herbassars en les zones on el sòl sigui més prim i amb pendents majors. En canvi, la gestió forestal sostenible dels boscos situats en les zones de millors condicions ambientals, com ara els alzinars de les obagues i dels fondals més fèrtils, consolidaria aquestes forests i permetria mantenir gran part de la superfície forestal. La relació directa entre l'increment de la coberta forestal i la disminució de l'escolament és un fenomen descrit en profunditat per diferents mètodes (Zhang et al, 2001). A Catalunya, Gallart (2009) i Gallart et al. (2011) va definir la disminució continuada dels cabals a diverses conques fluvials.

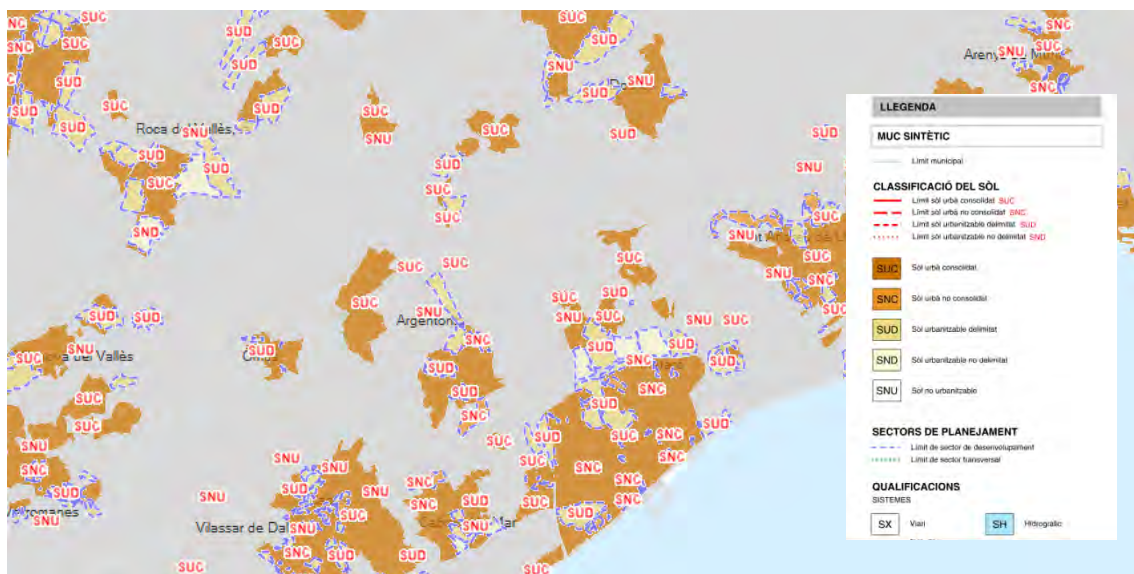
A la Península Ibèrica, el canvi climàtic (reducció de les precipitacions i increment de les temperatures) afavoreix la invasió dels patògens exòtics, com *Phytophthora cinnamomi*, convertint-los en la principal causa de la mort de l'alzina surera (*Quercus suber*) i l'alzina (*Quercus ilex*) (Villa et al, 2018). Per Vilà-Cabrera et al. (2018) l'estructura forestal i la competència per l'aigua expliquen la variació espacial

ial en la demografia i el decaïment de les espècies a diferents escales.

Aquests estudis, entre molts d'altres, ens determinen el període d'anàlisi per aplicar a la conca de la riera d'Argentona els diferents escenaris de futur que ens condicionaran la posterior evolució de l'exposició al risc i la vulnerabilitat econòmica, que fixarem en el 2050. Així, per a crear la cartografia dels usos i cobertes del sòl pel 2050, hem pres com a bases cartogràfiques:

1. La cartografia dels usos i cobertes del sòl del 2009, que modificarem amb l'ampliació del sòl artificialitzat (urbà, industrial i de serveis), segons s'indica a continuació.
2. Com a desenvolupament urbanístic el 2050, el sòl urbà actual, més les superfícies dels sectors de desenvolupament ja aprovades, que consten als plans d'ordenació de cada municipi, i que es poden consultar al Mapa Urbanístic de Catalunya, d'acord amb la Figura 52.

Figura 52. Classificació urbanística del sòl actual als municipis de la conca de la riera d'Argentona



Font: RPUC. Departament de Territori i Sostenibilitat. Generalitat de Catalunya (2019).

Posteriorment, s'ha procedit a modificar els usos agrícoles i forestals actuals d'acord amb els condicionants indicats en aquest capítol, resultant la Taula 24 per l'escenari A2 i la Taula 25 per l'escenari B1.

Taula 24. Conversió dels usos del 2009 al 2050, per a l'escenari A2

Escenari A2		
2009		2050
Urbà dens	Qualificació urbana i vial	Urbà dens
Urbanització		Urbanització
Zones industrials i comercials	Qualificació industrial i de serveis	Zones industrials i comercials
Platges		Urbà
	Orientació sud. Pendent >20%	Matollar
Massa forestal espessa	Orientació sud. Pendent < 20%	Massa forestal esclarissada
	Orientació nord	Massa forestal espessa
Massa forestal esclarissada	Orientació sud. Pendent >20%	Matollar
	Orientació sud. Pendent <20%	Matollar
	Orientació nord	Massa forestal esclarissada
Matollar	Orientació sud	Matollar
	Orientació nord	Massa forestal esclarissada
Erm		Erm
Conreu herbaci	Orientació sud. Pendent >20%	Erm
	Orientació sud. Pendent <20%	Conreu herbaci
	Orientació nord	Conreu herbaci
Conreu llenyós	Orientació sud. Pendent >20%	Matollar
	Orientació sud. Pendent <20%	Conreu llenyós
	Orientació nord	Conreu llenyós

Font: elaboració pròpia a partir de les dades bibliogràfiques.

Les menors reduccions de la precipitació projectades per l'escenari B1 indiquen que representa una estratègia més sostenible, respecte a les majors reduccions predites sota l'escenari A2 (Herrera, 2010).

En el cas de l'escenari B1, els canvis d'usos de sòl que es preveuen es presenten a la Taula 25.

Taula 25. Conversió dels usos del 2009 al 2050, per a l'escenari B1

Escenari B1		
2009		2050
Urbà dens		Urbà dens
Urbanització		Urbanització
Zones industrials i comercials		Zones industrials i comercials
Platges		Urbanització
	Orientació sud. Pendent >20%	Massa forestal esclarissada
Massa forestal espessa	Orientació sud. Pendent < 20%	Massa forestal espessa
	Orientació nord	Massa forestal espessa
Massa forestal esclarissada	Orientació sud. Pendent >20%	Matollar
	Orientació sud. Pendent <20%	Massa forestal esclarissada
	Orientació nord	Massa forestal espessa
Matollar	Orientació sud	Matollar
	Orientació nord	Massa forestal esclarissada
Erm		Erm
Conreu herbaci	Orientació sud. Pendent >20%	Erm
	Orientació sud. Pendent <20%	Conreu herbaci
	Orientació nord	Conreu herbaci
Conreu llenyós	Orientació sud. Pendent >20%	Matollar
	Orientació sud. Pendent <20%	Conreu llenyós
	Orientació nord	Conreu llenyós

Font: elaboració pròpia a partir de les dades bibliogràfiques.

Finalment, hem obtingut el plànol dels usos i cobertes del sòl per cada un dels escenaris A2 i B1.

5.2.7.1. Usos i cobertes del sòl per l'escenari de futur A2.

Una vegada descrits els condicionants que hem aplicat per conèixer els usos i cobertes del sòl i, posteriorment, a l'aplicació dels sistemes d'informació geogràfica, estem en disposició d'estudiar les transformacions que ocorrerien fins a l'any 2050. Incorporarem, per una banda, el creixement urbanístic, industrial, de serveis i viari i ferroviari¹⁵ dels quals ja disposem de la seguretat que ens dóna el planejament municipal i supramunicipal pendent de desenvolupar, i per l'altra banda, els condicionants ambientals que ens vindran imposats per l'escenari A2.

Paral·lelament, valorarem els percentatges de creixement per cada un dels grans grups d'usos i cobertes del sòl, del 2009 al 2050, i del 1956 al 2050.

Per a portar a terme aquesta anàlisi a través del SIG, s'ha processat un total de 18.422.438 cel·les¹⁶.

Taula 26. Superfícies dels grans usos i cobertes del sòl pel període 2009-2050 (A2), i percentatges de creixement 2009-2050 (A2) i 1956-2050 (A2)

Any	2009	2050 (A2)	2009-2050	1956-2050
Espai artificialitzat	960,51	1.420,31 ha	47,87%	1.171,88%
Espai forestal	5.623,44	5.712,97 ha	1,59%	13,62%
Espai agrícola	772,21	235,71 ha	-69,48%	-89,37%
Espai litoral				-100%

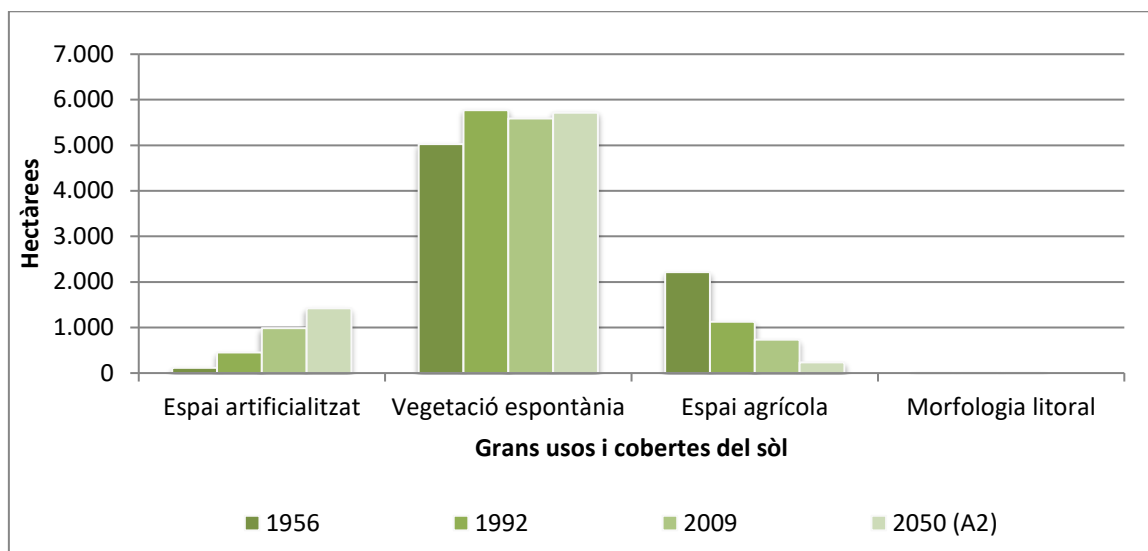
Font: elaboració pròpia

Els diferents percentatges dels usos i cobertes del sòl consoliden les tendències en els darrers 100 anys, com es confirma a la Figura 53.

¹⁵ El Pla Director Urbanístic de la Línea de Tren Orbital va ser aprovat el 14 d'abril de 2010, i concreta un ferrocarril que uneix Mataró i Argentona amb Granollers, Sabadell, Terrassa, Vilafranca del Penedès i Vilanova i la Geltrú, sense travessar Barcelona. La seva longitud es preveu de 120 km, i el 60% del traçat en túnel subterrani.

¹⁶ En l'anàlisi de les dades hem usat els Sistemes d'Informació Geogràfica, en model ràster. El model raster és un mètode d'emmagatzemar, processar i visualitzar la informació geogràfica. La superfície a representar es divideix en files i columnes formant una malla regular, formant les cel·les. Cada cel·la emmagatzema la seva localització i el seu valor temàtic.

Figura 53. Evolució dels grans usos i cobertes del sòl (anys 1956, 1992, 2009 i 2050 -escenari A2-)

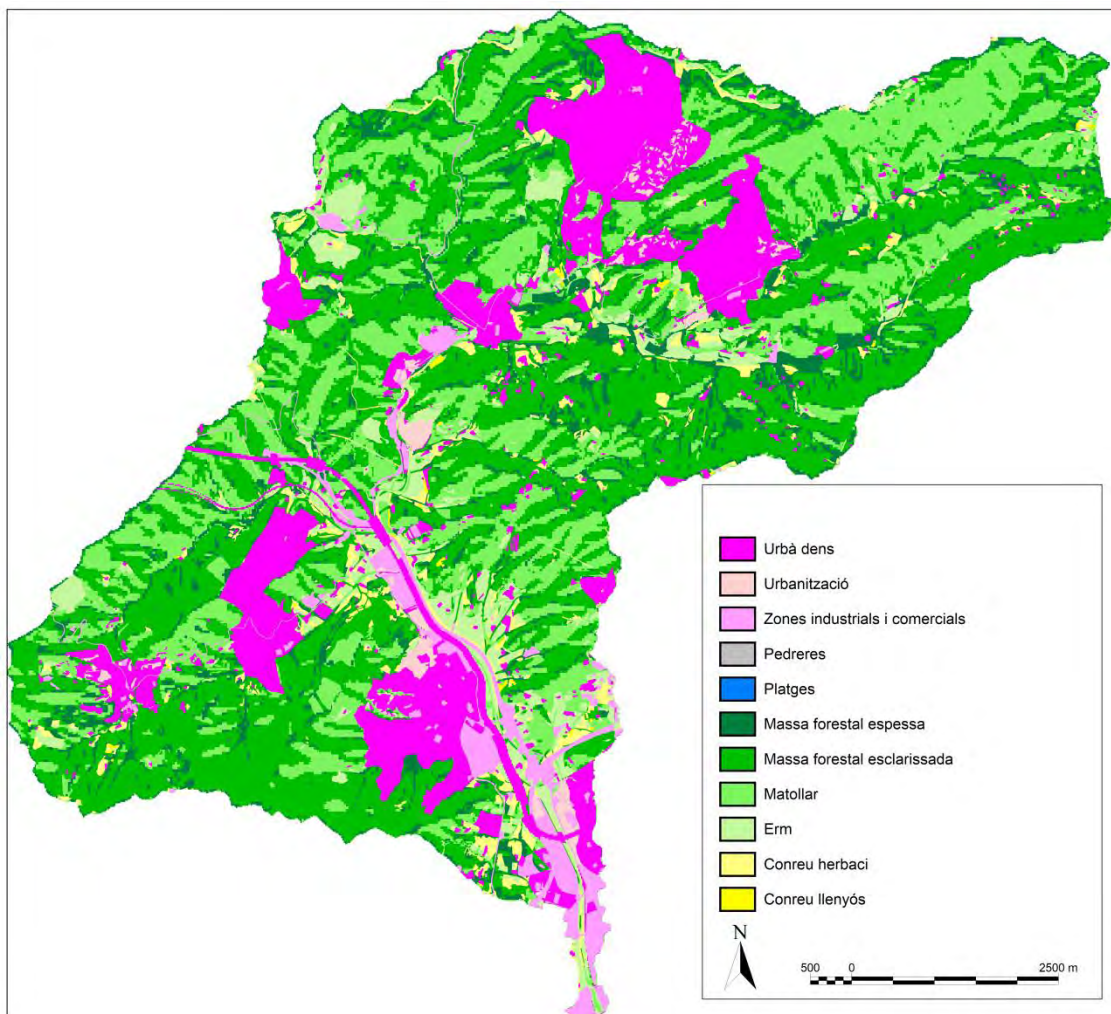


Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes a l'anàlisi del GIS.

La vegetació espontània forestal assoleix un creixement menor, concretament un 1,59%, de les 5.623,44 ha del 2009, a les 5.712,97 ha de 2050. L'espai agrícola, al seu torn, continua la pèrdua de superfície, amb un decreixement continu i significatiu, amb un -69,48%, de les 772,21 ha el 2009, a les 235,71 ha el 2050 amb l'escenari A2.

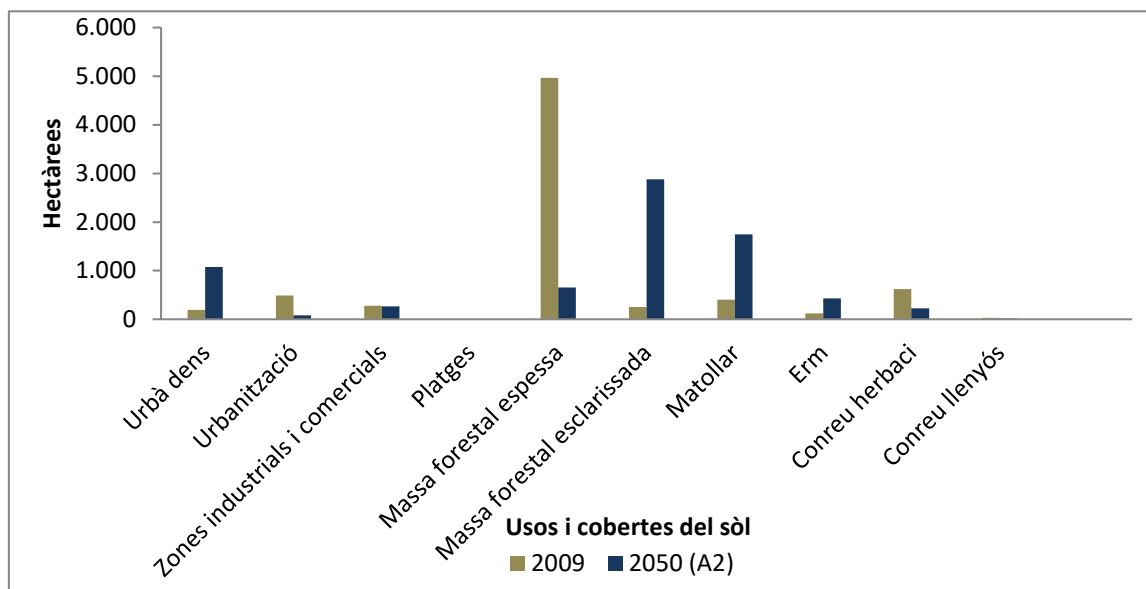
L'espai artificialitzat, per la seva banda, presenta un creixement constant, passant de les 960,51 ha el 2009, a les 1.420,31 ha el 2050 (A2), amb un increment del 47,87%. La seva superfície des de 1956 s'ha multiplicat per 11,71. La morfologia litoral es transforma en zona urbanitzada (bàsicament ocupada per escolleres, passeigs marítim i ports), per la pèrdua de la major part de les platges per falta de regeneració, i de les previsibles inundacions marines.

Figura 54. Mapa dels usos i cobertes del sòl a la conca de la riera d'Argentona pel 2050 (escenari A2)



Font: elaboració pròpia.

A continuació dels grans usos, analitzarem les seves diverses tipologies, podent determinar (Figura 55) que la superfície de massa forestal espessa es redueix dràsticament, incrementant-se la massa forestal esclarissada i el matollar, causada per la pèrdua de moltes pinedes i boscos mixtos existents al 2009, situats als vessants orientats a sud i de major pendent, com al Rocà o Traià a Argentona i els boscos de l'entorn del Castell de Dosrius.

Figura 55. Evolució dels usos i cobertes del sòl pel període 2009-2050 (escenari A2)

Font: elaboració pròpia.

En canvi, sí que hi ha una petita reducció dels conreus herbacis, causada per l'ocupació d'algunes de les planes agrícoles més fèrtils per zones industrials, comercials i nous vials de comunicació, i una reducció poc significativa dels cultius llenyosos. A causa de l'increment de la població, es densifica més l'àrea urbana, assumint l'urbà dens tot el creixement del període 2009-2050 per l'escenari A2, bàsicament a costa de l'espai agrícola, però també de l'espai ocupat anteriorment per la urbanització poc densa.

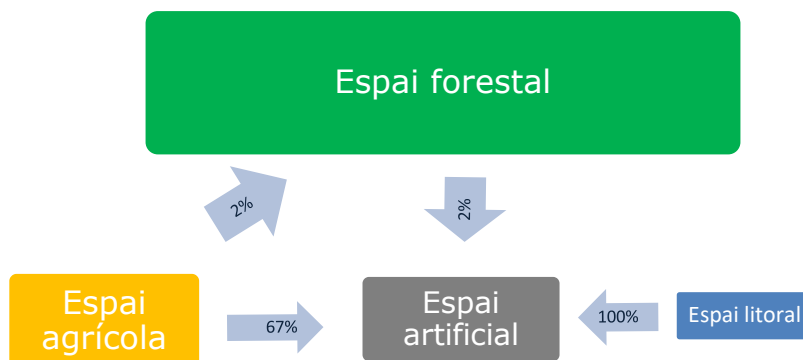
Taula 27. Superfície forestal per usos i cobertes del sòl a la conca de la riera d'Argentona (any 2050 -escenari A2-)

Usos i cobertes del sòl	Ha	%
Urbà dens	1.075,15 ha	14,59%
Urbanització	81,03 ha	1,10%
Zones industrials i comercials	264,13 ha	3,58%
Platges	0,00 ha	0,00%
Massa forestal espesa	656,96 ha	8,92%
Massa forestal esclarissada	2.877,51 ha	39,05%
Matollar	1.746,82 ha	23,71%
Erm	431,68 ha	5,86%
Conreu herbaci	223,26 ha	3,03%
Conreu llenyós	12,45 ha	0,17%

Font: elaboració pròpia.

Com s'observa a la Figura 56, el 40,27% de l'espai agrícola es converteix en espai artificialitzat, o bé, un 2'40% de l'espai forestal es transforma a espai artificialitzat.

Figura 56. Diagrama de fluxos entre els grans usos i cobertes del sòl entre 2.009 i 2.050 (escenari A2) la conca de la riera d'Argentona



Font: elaboració pròpia.

En aquest període l'espai artificialitzat ocuparà l'àrea agrícola de can Geimí, al sud del municipi de Dosrius, i les planes agrícoles del marge dret de la riera al terme municipal d'Argentona, on destaquen les noves infraestructures de comunicació, concretament la línia ferroviària del tren orbital¹⁷ i els laterals de l'autovia C-32¹⁸.

L'espai forestal, tot i mantenir-se, és de menor qualitat en relació als valors de protecció del sòl i de producció forestal, en convertir gran part dels boscos espessos, on predomina l'alzinar ben estructurat, en boscos esclarissats, on predominin les brolles amb estepes i brucs, i els garrigars.

Els canvis generats en els usos i cobertes del sòl a la conca de la riera d'Argentona pels tres anys d'estudi (1956, 1992 i 2009) són significatius (Taula 28) respecte als usos del sòl que obtenim per a l'escenari A2 al 2050.

¹⁷ La Línia Orbital Ferroviària és un projecte ferroviari definit pel pla d'infraestructures de Catalunya (PITC) i pel pla de transports de viatgers (PTVC), que hauria d'unir amb un servei de rodalies perimetral els municipis de Mataró amb Vilanova i la Geltrú, a través de Granollers, Mollet, Sabadell, Terrassa i Martorell. Actualment únicament es disposa de la planificació urbanística referent a l'aprovació del pla director urbanístic (2010).

¹⁸ Els laterals de la C-32, paral·lels a aquesta autopista, van ser proposats pel Ministerio de Fomento i la Generalitat de Catalunya per unir Montgat amb Palafolls i substituir l'actual traçat de la carretera Nacional II. Davant la forta oposició del territori, avui dia el projecte està aturat.

Taula 28. Evolució quantitativa dels usos i cobertes del sòl, conca de la riera d'Argentona (anys 1956, 1992, 2009 i 2050 -escenari A2-)

Usos del sòl	1956		1992		2009		2050 (A2)		Dif 1956-2050 (A2)	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Urbà dens	42,51	0,58%	77,04	1,05%	191,44	2,60%	1.075	14,59%	147,49	2.429%
Urbanització	36,17	0,49%	285,48	3,88%	491,24	6,68%	81,03	1,10%	599,83	124%
Zones										
industrials i comercials	32,99	0,45%	92,97	1,26%	277,83	3,78%	264,13	3,58%	280,01	700,64%
Platges	0,25	0,00%	0,45	0,01%	0,10	0,00%	0,00	0,00%	-0,25	-100%
Massa										
forestal espessa	4.254	57,83%	5.151	70,05%	4966	67,5%	656,96	8,92%	-1149	-84,56%
Massa forestal esclarissada	69,02	0,94%	37,26	0,51%	253,65	3,45%	2.877,51	39,05%	2.156	4.069%
Matollar	704,49	9,58%	579,51	7,88%	403,70	5,49%	1.746,82	23,71%	-472,49	147,96%
Erm	5,10	0,07%	53,82	0,73%	120,75	1,64%	431,68	5,86%	426,9	8.36%
Conreu herbaci	1.656	22,5%	1.063,89	14,47%	624,04	8,48%	223,26	3,03%	-1.433	-86,52%
Conreu llenyós	556,37	7,56%	12,24	0,17%	27,43	0,37%	12,45	0,17%	-544	-97,76%

Font: elaboració pròpia a partir de la cartografia CREAM (1956, 2009), Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya (1992) i cartografia pròpia (2050 escenari A2) partint del 2009.

Així, podem destacar com a mínim 5 situacions que han modificat aquests usos i cobertes del sòl:

- Una disminució molt important de les àrees agrícoles. Si considerem que al 1956 teníem una superfície de 556,37 ha, i un 7,56% de conreus llenyosos i una superfície de 1.655,85 ha i el 22,51 % de conreus herbacis, per arribar al 2050 amb l'escenari A2 a 12 ha de conreus llenyosos i un 0,17 % de superfície i 223,26 ha de conreus herbacis i un 3,03% de territori.
- Un augment considerable de la massa forestal espessa, que partint del 4.254,43 ha (57,83%) de 1956, assoleix les 4.966,09 ha (67,51%) el 2009, però es redueix significativament fins a les 656,96 ha el 2050 per l'escenari A2.
- Un augment significatiu del sòl urbà dens, que de 42,51 ha (0,58%) del 1956 arribem a les 1075,15 ha (14,59 %) de la superfície del sòl de la conca de la riera d'Argentona, el 2050 (escenari A2)
- Un increment considerable de la superfície ocupada per urbanitzacions, i que continuarà creixent significativament fins a 2050 per a l'escenari

A2, passant de 36,17 ha (0,93%) inicial, a 285,48 ha (3,88%) el 1992, fins arribar a les 491,24 ha (6,68%) al 2009, però es redueix per la densificació de l'àrea urbanitzada el 2050 per a l'escenari A2, assolint una superfície de 81,03 ha (1,10%).

- Un increment del sòl industrial i de serveis, que al 1956 ocupava 32,99 ha (0'45%) del territori, per arribar el 1992 a les 92,97 ha (1,26%), consolida al 2009 amb 277,83 ha (3,78%), però es redueix al 2050 fins a les 264,13 ha (3,58%), per la seva reconversió en sòl residencial.

5.2.7.2. Usos i cobertes del sòl per l'escenari de futur B1

A continuació, coneixerem els usos i cobertes del sòl per a l'escenari de futur B1, aplicant els condicionants propis, mitjançant l'aplicació dels Sistemes d'Informació Geogràfica, obtindrem les transformacions per a l'any 2050. Com a l'anterior escenari, incorporem el creixement urbanístic, industrial, de serveis, viari i ferroviari dels quals ja disposem de la seguretat que ens dóna el planejament municipal pendent de desenvolupar, i per l'altra banda, els condicionants ambientals que ens vindran imposats per l'escenari B1.

Paral·lelament, valorarem els percentatges de creixement per cada un dels grans grups d'usos i cobertes del sòl, del 2009 al 2050, i del 1956 al 2050.

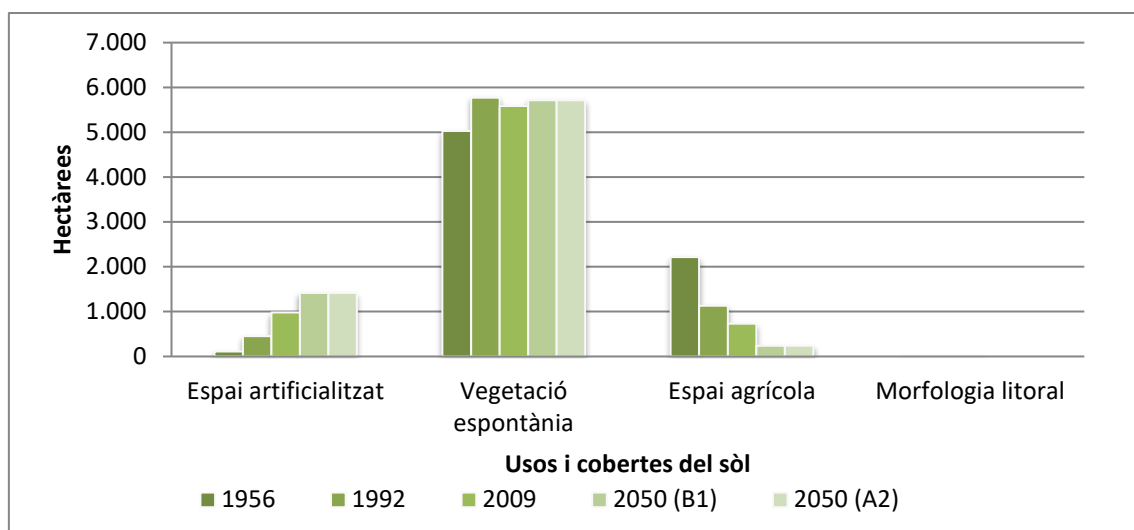
Taula 29. Superfícies dels grans usos i cobertes del sòl pel període 2009-2050 (escenari B1), i percentatges de creixement 2009-2050 (escenari B1) i 1956-2050 (escenari B1)

Any	2009	2050 (B1)	2009-2050	1956-2050
Espai artificialitzat	960,51	1.420,27 ha	47,87%	1.171,84%
Espai forestal	5.623,44	5.713,01 ha	1,59%	13,63%
Espai agrícola	772,21	235,70 ha	-69,48%	-89,37%
Espai litoral				-100,00%

Font: elaboració pròpia

Els diferents percentatges dels usos i cobertes del sòl consoliden les tendències en els darrers 100 anys.

Figura 57. Evolució dels grans usos i cobertes del sòl 1956, 1993 i 2009, 2050 (escenari B1) i 2050 (escenari A2)



Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes a l'anàlisi del GIS.

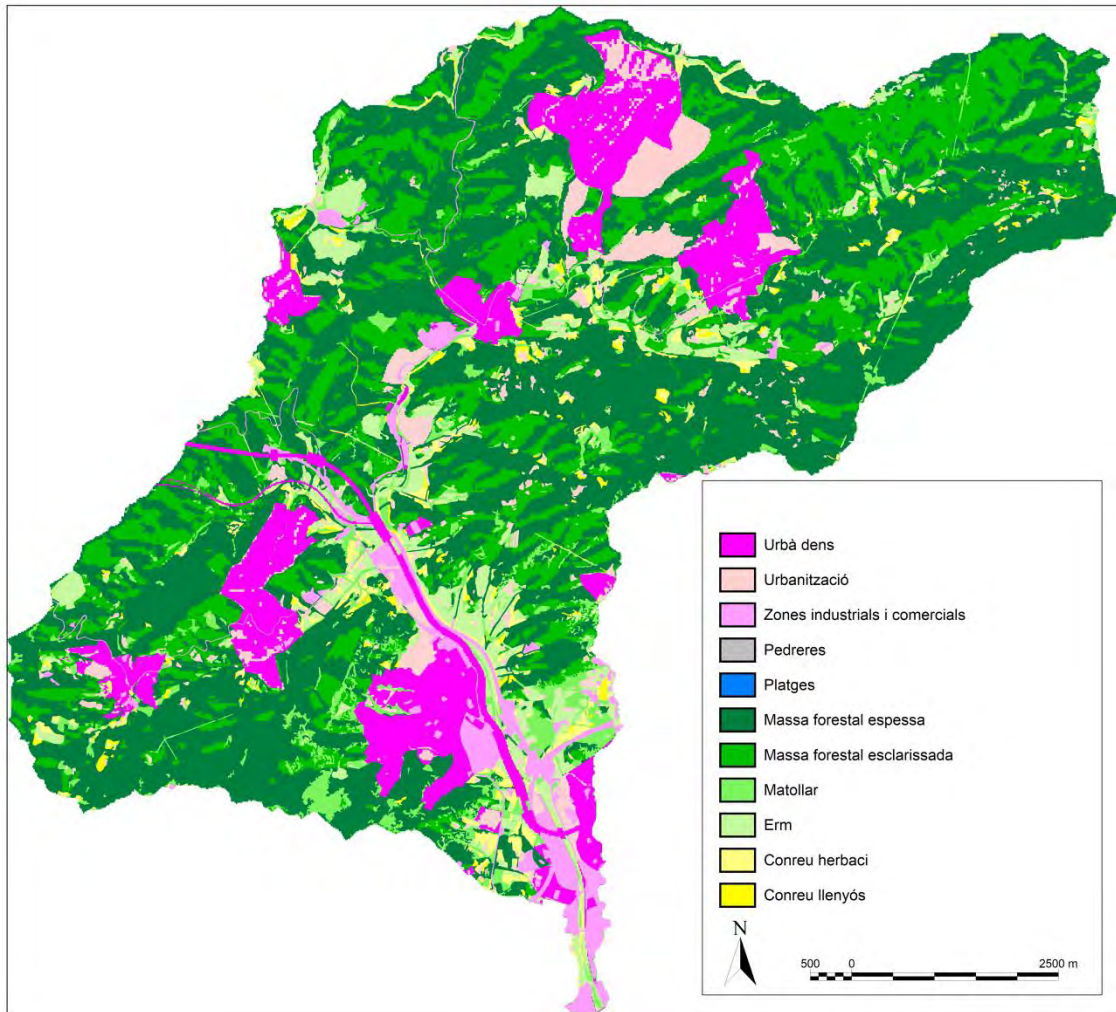
La vegetació espontània forestal manté un creixement limitat, concretament un 1,59%, de les 5.623,44 ha del 2009, a les 5.713,01 ha de 2050 (B1). L'espai agrícola, al seu torn, continua la pèrdua de superfície, amb un decreixement continu i significatiu, amb un -69,48%, de les 772,21 ha el 2009, a les 235,70 ha el 2050 amb l'escenari B1.

L'espai artificialitzat, per la seva banda, presenta un creixement constant, passant de les 960,51 ha el 2009, a les 1.420,27 ha el 2050 (escenari B1), amb un increment del 47,87%. La seva superfície des de 1956 s'ha multiplicat per 11,71.

La morfologia litoral es transforma en zona urbanitzada, per la pèrdua de la major part de les platges per falta de regeneració, i de les previsibles inundacions marines. La seva superfície és tan reduïda en relació a la conca, que no es pot observar a les gràfiques.

Si dels grans usos del sòl anem als usos i cobertes (Figura 58), podem determinar que la superfície de massa forestal espessa es redueix significativament, incrementant-se la massa forestal esclarissada, causada per la pèrdua de moltes pinedes i boscos mixtos existents al 2009.

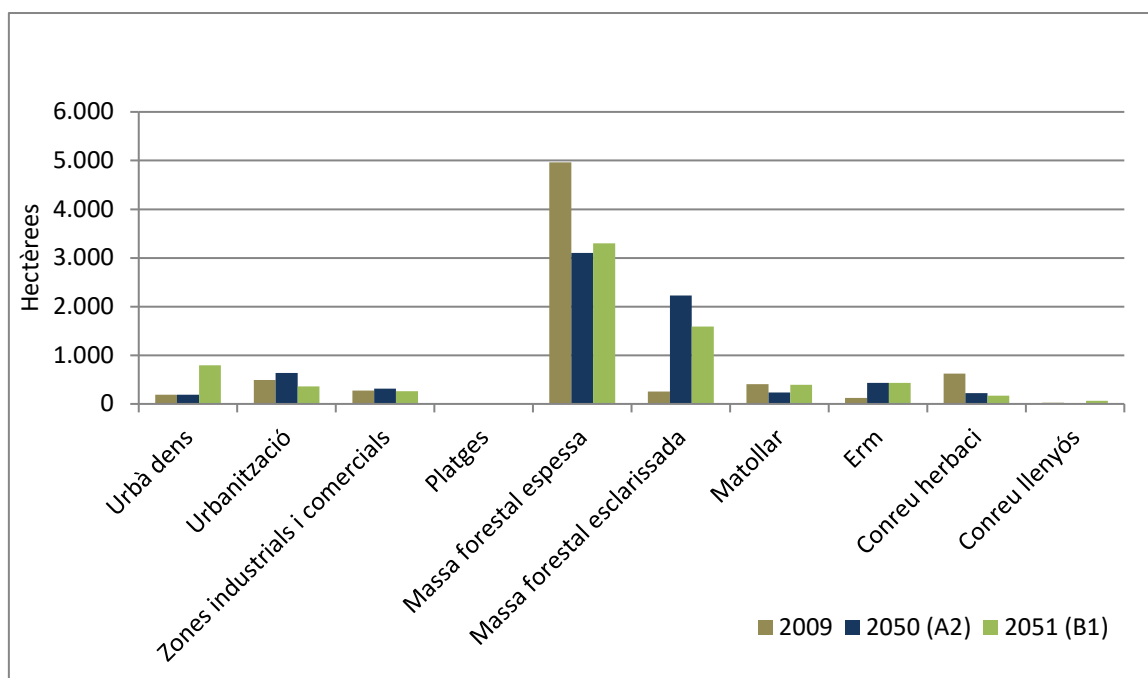
Figura 58. Usos i cobertes del sòl pel 2050 a la conca de la riera d'Argentona (escenari B1)



Font: elaboració pròpia.

Si prenem de punt de partida les superfícies dels usos i cobertes del 2009, i analitzem la seva evolució als escenaris del 2050, A2 i B1 (Figura 59), concretament respecte a l'escenari B1, observem que els canvis més significatius es produeixen en l'increment del sol urbà dens, la reducció de la massa forestal espessa i el corresponent augment de la massa forestal esclarissada i el matollar i l'erm i la reducció dels conreus herbacis.

Figura 59. Evolució dels usos i cobertes del sòl pel període 2009-2050 (escenari B1)



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes a l'anàlisi del GIS.

En canvi, sí que hi ha una significativa reducció dels conreus herbacis, causada per l'ocupació d'algunes de les planes agrícoles més fèrtils per zones industrials, comercials i nous vials de comunicació, i una reducció poc significativa als cultius llenyosos. Aquesta evolució es confirma a la Taula 30.

Taula 30. Superfície forestal per usos i cobertes del sòl a la conca de la riera d'Argentona (any 2050 -escenari B1-).

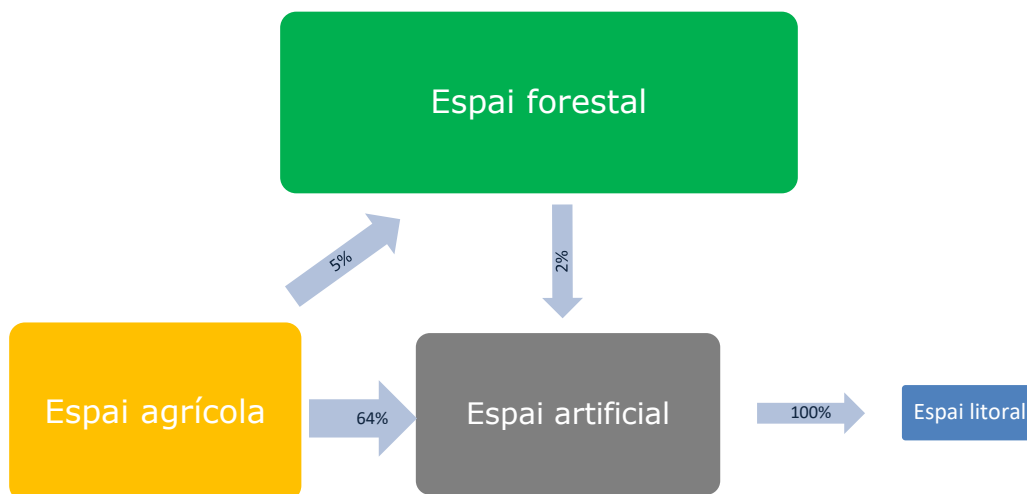
Usos i cobertes del sòl	Ha	%
Urbà dens	795,03 ha	10,79%
Urbanització	361,45 ha	4,91%
Zones industrials i comercials	263,78 ha	3,58%
Platges		
Massa forestal espessa	3.302,45 ha	44,82%
Massa forestal esclarissada	1.587,96 ha	21,55%
Matollar	390,92 ha	5,30%
Erm	431,68 ha	5,86%
Conreu herbaci	169,34 ha	2,30%
Conreu llenyós	66,37 ha	0,90%

Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes a l'anàlisi del GIS.

Continua el creixement de l'espai artificial a costa, bàsicament, de l'espai agrícola. Com es constata a la Figura 60, el 64% de l'espai agrícola es

converteix en espai artificialitat, i un 2'40% de l'espai forestal es transforma a espai artificialitzat.

Figura 60. Diagrama de fluxos entre els grans usos i cobertes del sòl entre 2009 i 2050 (B1) la conca de la riera d'Argentona



Font: elaboració pròpia.

En aquest període, l'espai artificialitzat ocuparà l'espai agrícola de can Geimí, al sud del municipi de Dosrius, i les planes agrícoles del marge dret de la riera al terme municipal d'Argentona, especialment per la construcció d'infraestructures de comunicació, com la línia ferroviària del tren orbital.

L'espai forestal, tot i mantenir-se similar, és de menor qualitat i amb una significativa capacitat de retenció d'aigua de precipitació, en convertir gran part dels boscos espessos en boscos esclarissats i els boscos esclarissats en matollar.

Els canvis generats en els usos i cobertes del sòl a la conca de la Riera d'Argentona pels quatre anys d'estudi (1956, 1993, 2009 i 2050) són notables (Taula 31).

Taula 31. Evolució quantitativa dels usos i cobertes del sòl, conca de la riera d'Argentona (anys 1956, 1992, 2009 i 2050 -escenari B1-)

Usos del sòl	1956		1992		2009		2050 (B1)		Dif 1956-2050 (B1)	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Urbà dens	42,51	0,58%	77,04	1,05%	191,44	2,60%	795	10,79%	752,52	1770,22%
Urbanització	36,17	0,49%	285,48	3,88%	491,24	6,68%	361,45	4,91%	325,28	899,31%
Zones										
industrials i comercials	32,99	0,45%	92,97	1,26%	277,83	3,78%	264	3,58%	230,79	699,58%
Platges	0,25	0,00%	0,45	0,01%	0,10	0,00%			-0,25	-100,00%
Massa forestal espessa	4.254	58%	5.152	70%	4.966	68%	3.302	44,82%	-951,98	-22,38%
Massa forestal esclarissada	69,02	0,94%	37,26	0,51%	253,65	3,45%	1.588	21,55%	1.519	2.201%
Matollar	704,49	9,58%	579,51	7,88%	403,70	5,49%	390,92	5,30%	-313,57	-44,51%
Erm	5,10	0,07%	53,82	0,73%	120,75	1,64%	432	5,86%	426,58	8.364%
Conreu herbaci	1.656	23%	1063,89	14%	624,04	8,48%	169	2,30%	-1487	-89,77%
Conreu llenyós	556,37	7,56%	12,24	0,17%	27,43	0,37%	66,37	0,90%	-490	-88,07%

Font: elaboració pròpia a partir de la cartografia de: CREAM (1956, 2009), Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya (1992) i cartografia pròpia (2050, escenari A2).

Així les situacions més importants que han modificat aquests usos i cobertes del sòl:

1. Una disminució molt important de les àrees agrícoles, si considerem que al 1956 teníem una superfície de 556 ha, i un 7,56% de conreus llenyosos i una superfície de 1.655 ha i el 22,51 % de conreus herbacis, a 66 ha (0,90%) de conreus llenyosos i 169 ha (3,03%) de conreus herbacis el 2050 (escenari B1).
2. Un augment considerable de la massa forestal espessa que, partint del 4.254 (57,83%) de 1956, assoleix les 4.966 ha (67,51%) el 2009, però es redueix fins a les 3.302 ha el 2050 per l'escenari B1, lleugerament superiors a l'escenari A2.
3. Un augment molt important del sòl urbà dens, que de 42,51 ha (0,58%) del 1956 arribem a les 795 ha (10,79 %) de la superfície del sòl de la conca de la riera d'Argentona, el 2050 (escenari B1)

4. Un increment significatiu de la superfície ocupada per urbanitzacions, i que continuarà creixent significativament fins a 2050 per a l'escenari B1, passant de 36,17 ha (0,93%) inicial, a 285,48 ha (3,88%) el 1992, fins arribar a les 491 ha (6,68%) al 2009, i es reduirà fins a les 361 ha (4,91%) el 2050 per a l'escenari B1, fruit de la densificació de les àrees urbanes.

5. Un increment del sòl industrial i de serveis, que al 1956 ocupava 32,99 ha (0'45%) del territori, per arribar el 1992 a les 92,97 ha (1,26%), consolida al 2009 amb 277,83 ha (3,78%) i es manté el 2050, amb 273,68 ha (3,58%), quan una part passaria a àrea urbana densa, però en canvi, tindria la suma del territori ocupat per les noves línies de ferrocarril i els carrils laterals de la C-32.

5.2.8. Evolució dels usos i les cobertes del sòl 1956-1992-2009-2050 (escenaris A2 i B1)

Si partim dels amillaments dels voltants de 1850 (Llobet, 1955 i Parcerisas, 2013) al Maresme, el 31% del territori era bosc, el 16% erms, el 35% vinyes i el 38% altres conreus (bàsicament cereals i fruiters i, en menor mesura, horta).

Pel que fa als municipis de la conca, prenen la superfície total de cada un dels municipis (Nadal 2008) constatem que (veure Taula 32) el 59,19% de la conca era forestal, el 38,56% era agrícola i el 2,24% era urbà.

Però si analitzem municipi a municipi, observem que Dosrius era predominantment forestal en el 80,44% del seu terme municipal i els conreus ocupaven únicament el 19,54%. Òrrius, també era forestal, amb un 66,40% de la seva superfície i només un 33,57% de sòl agrícola. Argentona i Cabrera tenien una distribució dels espais forestals i agrícoles similars a la mitjana de la conca, però Mataró, en canvi, era un municipi predominantment agrícola, amb un 66,49% de terres dedicades a conreus i un 23,48% de superfície forestal.

Taula 32. Distribució dels grans usos i cobertes del sòl a la conca de la riera d'Argentona a l'any 1850

Municipi	Urbà		Vinyers	Agrícola total		Forestal	
	Ha	%		Ha	Ha	%	Ha
Dosrius	0,5	0,01%	429	796	19,54%	3.276	80,44%
Òrrius	0,2	0,04%	142	190	33,57%	375,8	66,40%
Argentona	3	0,12%	833	1.138	44,80%	1.399	55,08%
Mataró	226	10,03%	978	1.498	66,49%	529	23,48%
Cabrera de Mar	2	0,22%	205	361	40,20%	535	59,58%
Conca riera Argentona	231,7	2,24%	-	3983	38,56%	6.115	59,19%

Font: elaboració pròpia a partir de Nadal (2008).

D'acord amb Nadal i Urteaga (2008), durant la segona meitat del segle XIX el vinyar europeu es va veure afectat per l'aparició de tres plagues que canviarien la seva història: l'oïdi¹⁹ (1846), la fil·loxera²⁰ (1863) i el míldiu (1878). L'any 1890 la fil·loxera ja afectava 11.000 ha de vinya a la comarca. L'arrancada de la vinya obligà a cercar altres cultius, i s'activaren de nou transformacions de secà a regadiu, amb explanacions, anivellaments i construcció de pous, com es tractarà posteriorment al capítol referent a l'evolució de l'espai agrícola (Badosa, 2013).

5.2.8.1. Evolució de l'espai forestal.

Una de les característiques més significatives del Maresme, i en especial de la conca de la riera d'Argentona, és la seva cobertura forestal que cobreix les muntanyes de la Serralada Litoral fins arribar a la plana costanera.

La recuperació de la superfície forestal en aquest territori comença a finals del segle XIX, amb el lent abandonament dels conreus en condicions més desfavorables, ja fos per l'orientació, el pendent, les condicions de lloguer o

¹⁹ L'oïdi va ser, tal com s'ha esmentat, la primera d'una sèrie de calamitats naturals, que van canviar la història de la vitivinicultura europea. La plaga, designada de forma científica com a *Oidium tuckeri*, va ser ocasionada per un fong anomenat oïdi. Durant el segle XIX va rebre diferents noms com «cendrosa de la vinya», «rovell cendrós» o «malura vella», per diferenciar-la de la «malura nova» o míldiu.

²⁰ La fil·loxera de la vinya, de nom científic *Daktulosphaira vitifoliae* és un insecte fitòfag associat a les espècies de plantes del gènere *Vitis* i ataca les rels de l'espècie europea de la vinya (*Vitis vinifera*) i també ataca l'aparell per sobre de la terra de les espècies de vinya d'origen americà com són *Vitis rupestris*, *V. berlandieri* i *V. riparia*. Originari d'Amèrica del Nord, es va estendre a Europa a partir de l'any 1868. En poc temps provoca danys greus a les rels i com a conseqüència la mort de la planta atacada, exceptuant la d'algunes espècies de vinya originàries d'Amèrica del Nord.

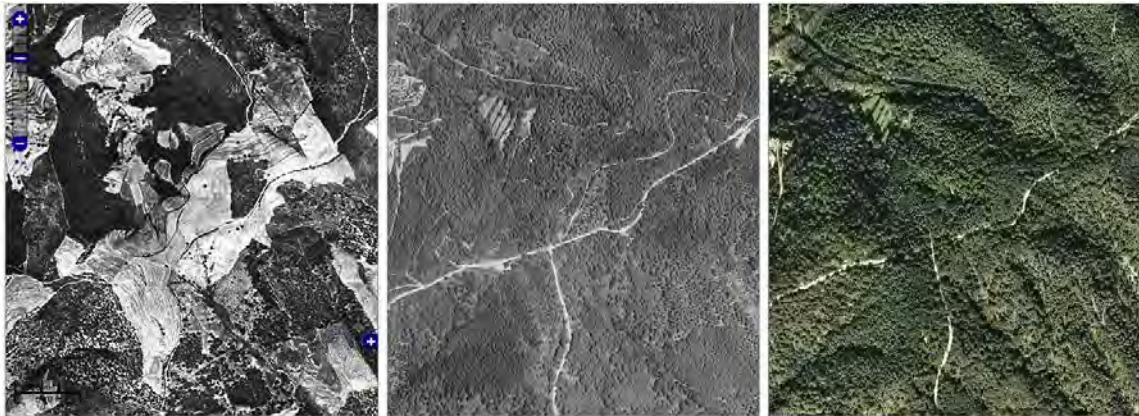
parceria o bé la distància als nuclis urbans. Així, segons els amillaments de la dècada de 1850, els municipis de la conca de la riera d'Argentona tenien una superfície forestal de 6.115,3 ha, que significava el 59,19% del territori. Si considerem només el territori de la conca, descomptant les superfícies forestals de Mataró i Cabrera de Mar, que no formen part de la conca, ens resten 5.051,3 ha. Durant els propers cents anys, especialment a partir de 1883, a causa de l'abandonament de les vinyes afectades per la fil·loxera, el sòl forestal s'arribarà a incrementar en un 10% aproximadament. Segons Parcerisas (2013), després de la plaga de la fil·loxera i fins a mitjan segle XX es van abandonar més de 3.500 hectàrees de vinya: més d'1.500 es van transformar en bosc o matoll, altres mil en cereal de secà o regadiu, i més de cinc-centes en horta i arbres associats, com el garrofer.

Al 1956 el sòl forestal es manté, amb 5.027,94 ha, gràcies a la recuperació d'algunes planes i vessants amb poca pendent per a la plantació de cereals. Amb l'abandonament progressiu dels sòls agrícoles, la superfície forestal de la conca assoleix les 5.623,44 ha el 2009, que representa el 76,45 % de la superfície.

L'origen d'aquests boscos és recent, on els arbres més vells tenen entre 70 i 80 anys, generalment fruit de la reforestació de les antigues vinyes i camps de cereals de vessant de muntanya, amb pendents més o menys pronunciats, amb sòls de poca qualitat (amb poc gruix, amb menor capacitat de retenció d'aigua, esgotats de nutrients per la sobreexplotació agrícola) i orientats al sud, sud-est i sud-oest, en propietats molt petites (la propietat mitjana al Maresme segons el Centre de la Propietat Forestal és de 3,95 ha) i sense gestió forestal (segons dades del CPFC²¹ (2019), només 1 de cada 26 ha disposa d'un pla d'ordenació o gestió forestal). Un exemple clar el tenim a l'entorn del Turó de Tarau, termes municipals de Mataró i Dosrius, on al 1956 dominava el sòl agrícola, amb conreus de secà, concretament cereals, garrofers i ametllers, i al 1992 ja és tot forestal. Un ús que es manté al 2009 (Figura 61).

²¹ El Centre de la Propietat Forestal de Catalunya (CPFC) és un òrgan de l'Administració forestal catalana, participat pel sector forestal privat, que té com a objectiu promoure l'ordenació i la gestió dels boscos de titularitat privada. La Llei 7/1999, del Parlament de Catalunya, li atribueix la condició d'entitat de dret públic, dotada de personalitat jurídica pròpia i plena capacitat d'obrar, que ajusta la seva activitat al dret privat. Està adscrit al Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural.

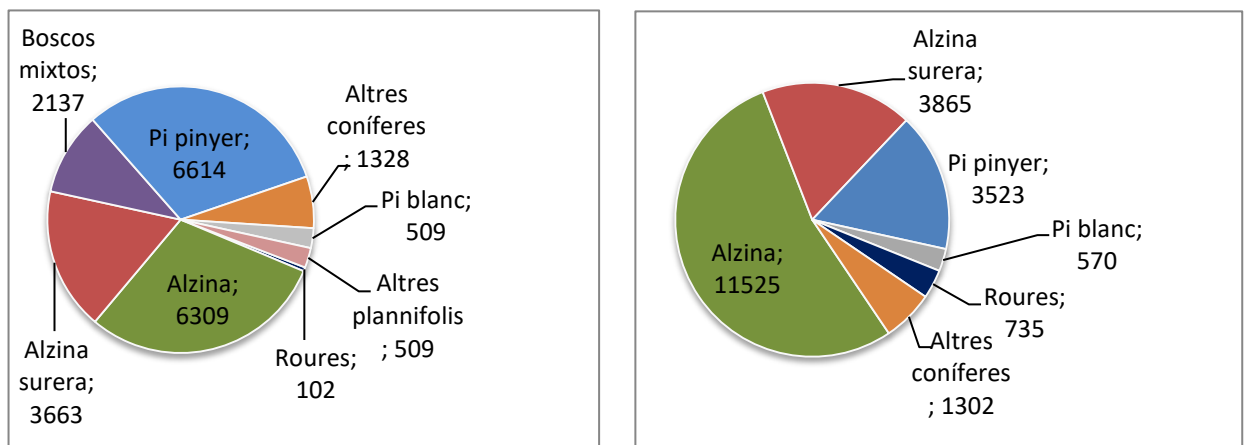
Figura 61. Evolució dels usos i cobertes del territori. Dosrius, 1956, 1992, 2009



Font: ICGC. Generalitat de Catalunya (2019)

D'acord amb el V Inventari Forestal de Catalunya (CREAF 1988-1998), al Maresme hi ha 22.703 milers de peus, i les espècies més importants son l'alzina, amb 11.525 milers de peus, l'alzina surera, amb 3.865 milers de peus, el pi pinyer, amb 3.523 milers de peus i els boscos mixtos (alzines, pins pinyers i pins blancs, sureres...) amb 2.137 milers de peus i el pi blanc amb 509 milers de peus (Figura 62).

Figura 62. Distribució d'existències als boscos del Maresme per superfície en hectàrees (a l'esquerra) i per número de milers de peus (a la dreta)



Font: Inventari Forestal de Catalunya. CREAF. (1988-1998).

Aquestes existències ens donen una densitat molt elevada per les condicions ambientals d'aquesta comarca. En el cas de l'alzina, tenim 1.826 peus/ha, i pel que fa al pi pinyer 532 peus/ha, malgrat que en molts dels forests mixtos i d'alzinar amb pins, en els quals no s'ha aplicat cap tipus de gestió forestal, tenim de 1.200 a 1.900 peus/ha, una quantitat que supera la capacitat del propi territori.

Aquesta densitat ha estat un problema greu en el moment en que les condicions ambientals han canviat a causa del canvi climàtic. Ara, amb unes temperatures mitjanes més altes, amb més nits tropicals, amb la mateixa pluviometria, però concentrada en menys dies, i períodes de sequera més forts i persistents, han causat l'estrès d'aquests forests i han posat una part significativa d'aquest arbrat a l'abast de les plagues. Concretament el minador dels brots del pi (*Tomicus destruens*) ha causat danys molt importants a les pinedes de pi pinyer i boscos mixtos amb pins (Figura 63), amb la mort d'una part dels pins pinyers, entre el 20 i el 80% dels peus, afectant més de 800 ha a tot el Maresme el 2016, i unes 800 més el 2017. Entre els municipis més afectats tenim Argentona, Mataró i Dosrius, dins de la conca, superant les 400 ha.

Figura 63. Pinedes de pi pinyer del veïnat de can Martí, Argentona, afectades per la sequera i la plaga del minador dels brots (*Tomicus destruens*)



Font: fotografia Oriol Bassa i Vila (2018). Veïnat de can Martí. Argentona.

D'acord amb les dades obtingudes per l'Associació de Propietaris Forestals 'Boscos del Maresme', això ha obligat a les administracions, especialment a la Generalitat de Catalunya i a la Diputació de Barcelona, a invertir 240.000 € el 2016 i 320.000 € el 2017 i 280.000 € el 2018 i 200.000 € el 2019 per a procedir a la millora de les forests afectades per danys biòtics, procedint a l'extracció de l'arbrat mort i a l'aclarida de l'arbrat existent, fins assolir densitats de 400 a 600 peus/ha, que permetin la pervivència amb les condicions ambientals actuals.

Enguany s'ha constatat la presència d'un nou minador, l'*Ips*, que afecta a les pinedes de pi pinastre i pi insigne.

És una problemàtica que continuarà als propers anys, afectant les pinedes de pi pinyer que es troben en les condicions ambientals més desfavorables, i que obligarà a les administracions a prendre mesures complementàries, si es vol mantenir l'ús i la cobertura forestal. Un ús obligat en aquesta comarca en la mesura que les forests són reguladors essencials dels règim pluviomètric, retenen el 90% de la precipitació, i reduint la seva acumulació a les rieres de la comarca i evitant les inundacions.

5.2.8.2. Evolució de l'espai agrícola.

Com hem esmentat a l'inici d'aquest apartat, a la dècada del 1850 el 38,56% de la superfície dels municipis de la conca de la riera d'Argentona era sòl agrícola, concretament 3.983 ha, de les quals 2.587 ha eren vinyers, que corresponia al 64,95% de la superfície agrícola. El procés de febre i especialització vitícola es va parar en sec amb l'entrada de la plaga de la fil·loxera a la comarca l'any 1883, que va comportar l'arrencada dels antics ceps. L'arribada de l'insecte a Catalunya va provocar un enorme impacte sobre l'economia catalana i maresmenca en particular. S'iniciava l'anomenada crisi finisecular que afectava a dos dels típics productes mediterranis, la vinya i el cereal (afectat al seu torn per les massives entrades de cereal barat procedent d'Amèrica i Europa de l'Est). El resultat va ser una forta caiguda de la superfície plantada de vinya.

Aleshores, als viticultors afectats per la plaga se'ls plantejaven tres opcions. Per una banda, si volien continuar amb el cultiu de la vinya havien de prendre la solució que es va acabar prenent arreu: la substitució dels antics ceps per d'altres nous de procedència americana. Una altra opció era el canvi de cultiu, abandonant la vinya i tornant al cereal o a altres cultius substitutius. Finalment, es podia optar per l'abandó definitiu del cultiu de la terra, ja que algunes de les rompudes en temps anteriors eren de mala qualitat per a altres cultius, o es trobaven en pendents massa elevats per a una pràctica agrícola creixentment mecanitzada, o massa lluny dels nuclis urbans.

Els propietaris i parciers agrícoles van reduir dràsticament o van abandonar el cultiu de la vinya precisament perquè les característiques del sòl i la seva situació geogràfica, els permetien optar per un ventall més ampli de produccions agrícoles. A tota la comarca, després de la plaga i fins a mitjan segle XX, es van abandonar més de 3.500 hectàrees de vinya: més d'1.500 ha es van transformar en bosc o matoll, altres mil en cereal de secà o regadiu, i més de cinc-centes en horta i arbres associats, com el garrofer (Nadal i Urteaga, 2008).

A la primera meitat del segle XX, el procés d'especialització i orientació dels usos del sòl cap a productes agrícoles comercials es va intensificar, integrant-se en el que avui es considera un anell d'agricultura periurbana de Barcelona, del qual el Maresme forma una part essencial (Paül, 2006 i 2010).

És en aquest moment quan la producció agrícola de la comarca i, per tant, el paisatge resultant, s'adeqüen a l'estructura de la demanda bàsicament de Barcelona i també, a partir de les seves infraestructures de transport, a les de la resta de l'estat i els mercats internacionals. Així, els canvis en la demanda d'aliments a causa de les noves preferències sorgides de la transició cap a una nova dieta alimentària (Cussó i Garrabou, 2006) i els processos d'urbanització i noves comunicacions permetien la sortida comercial de la producció i a la vegada s'anaven creant nous paisatges.

La vinya i els cereals es van substituir progressivament per productes més frescos i de major valor afegit en aquells mercats. Seria el cas de la patata primarenca, que sota la denominació *Mataró Potatoes* (Pomés, 1991), s'exporta al Regne Unit i a França, on aconsegueix preus molt competitius. A partir del 1914-1918 ja es disposa de corrent elèctric, possibilitant de fer pous a fondàries fins aleshores inaccessibles, permetent la introducció de l'horticultura.

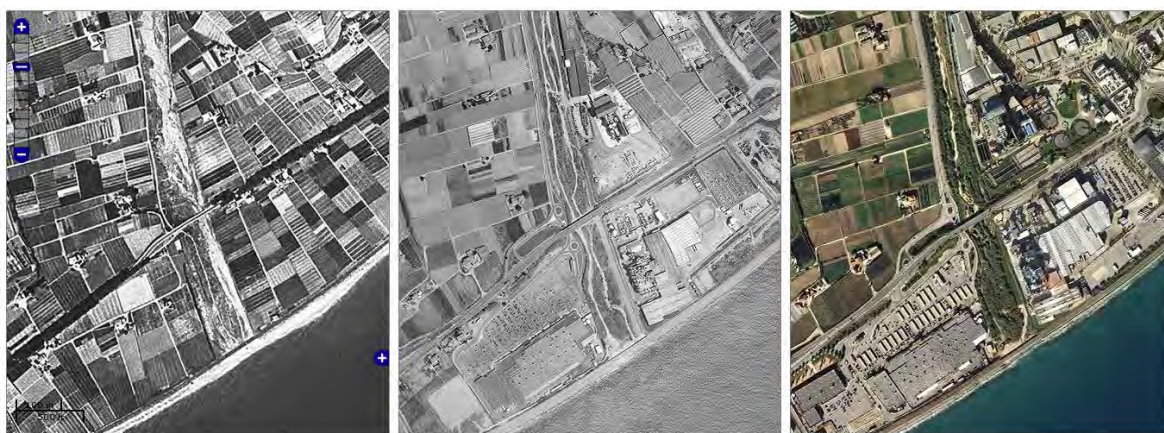
L'any 1956 però, la superfície conreada ja no era el principal ús. El cereal mantenia la seva importància i destacava, a més de l'abandó dels vinyers, la gran expansió del regadiu a les planes litorals, que modificaven significativament el paisatge del Maresme. L'augment de la superfície cerealícola, que en el cadastre de 1954 ocupava un 52% de la superfície conreada, fou com a conseqüència de l'autarquia imposada pel franquisme, que va provocar una ruptura amb la lògica econòmica precedent i ecològica de cada cultiu a causa del tancament de fronteres pel boicot al règim dictatorial, obligant a reduir alguns cultius, com la patata, i dirigint la producció cap al mercat interior o conreant uns altres per obligació, com el cereal²², que en altres circumstàncies no s'hauria conreat en tals quantitats.

Segons Vila (1928), els alts rendiments econòmics que s'obtenien de la patata primerenca i la resta de productes hortícoles havia arribat a fer desaparèixer en els anys vint els cereals a les terres d'agricultura intensiva de la Costa de Llevant, a la qual pertanyien els municipis del Maresme.

²² A Barcelona, la Prefectura Agronòmica de la Província del Ministerio de Agricultura espanyol obligava a conrear un mínim de 50 hectàrees de blat a cada municipi (Pomés, 1991).

El deure forçós i la necessitat de molts agricultors de cobrir les seves necessitats familiars amb el seu propi blat va provocar que, fins a la dècada de 1960, la superfície dedicada a cereal per municipi fos realment major de la imposada, i a nivell global aconseguís unes xifres més pròpies de dècades anteriors. A partir de 1960 una part de les terres de conreus de secà es reconverteixen en conreus de regadiu i hivernacles, en hortes a les planes agrícoles de Mataró, Argentona i Cabrera, i en flor tallada i planta ornamental a Cabrera de Mar (Badosa, 2013), com observem a la Figura 64, partint de conreus d'horta i secà al 1956, evoluciona a conreus d'horta i hivernacles el 1992.

Figura 64. Desembocadura de la riera d'Argentona. Termes municipals de Mataró i Cabrera de Mar (anys 1956, 1992 i 2009)



Font: ICGC. Generalitat de Catalunya (2019).

A partir de 1960, es produí una davallada de preus, amb excedents, per a l'establiment del cultiu al sud i llevant d'Espanya, així com en altres països, i els pagesos van iniciar un procés de diversificació cap a altres cultius, o bé, l'abandonament del sector agrícola per anar als sectors de serveis i indústria. La pèrdua de capacitat productiva es va veure agreujada per la pressió urbanística, causada pel creixement de les zones residencials, industrials i de serveis, com es pot constatar a la Figura 64, amb l'evolució de la desembocadura de la riera d'Argentona al 1956, 1992 i 2009, amb la substitució dels conreus del front marítim per sectors comercials (oest) i industrials (est).

És en aquest punt, a l'any 2019, quan el sòl agrícola de la conca de la riera d'Argentona es redueix a 772,21 ha, que significa 10,50% del territori.

5.2.8.3. Evolució de l'espai artificialitzat.

L'espai artificialitzat manté un creixement important. De les inicials 111,67 ha d'espai artificialitzat de la conca de la Riera d'Argentona de 1956, van créixer 343,82 ha, fins assolir les 455,49 ha l'any 1992, concretament un 306,25%, fins arribar a les 959,91 ha l'any 2009, amb un increment del 162,95% (504,42 ha). En total, de 1956 al 2009 l'espai artificialitzat va tenir un creixement de 757,14% (848,24 ha).

Aquest increment es dona per diferents causes. Una de les més significatives és el desenvolupament de les zones urbanes de baixa densitat, denominades urbanitzacions, que tindran una presència important a Dosrius i Argentona, i en menor mesura a Mataró.

Un altre d'aquestes causes són el creixement de les zones industrials i de serveis, que ocuparan bàsicament la plana agrícola de Mataró, i una part important de la plana agrícola del marge dret d'Argentona, i a Dosrius.

Una altra causa és la implantació de les grans vies de comunicació, com l'autopista Mataró-Barcelona, inaugurada l'any 1970, la Ronda de Mataró i l'autopista Mataró-Palafolls, inaugurada l'any 1994 i finalment, el 1995, es posa en funcionament l'autovia Mataró-Granollers (Rosés, 1989)

Finalment tenim els creixements dels nuclis urbans de Mataró, Argentona, Dosrius, Òrrius i Cabrera de Mar.

Com s'ha observat durant el desenvolupament del capítol 5, el territori de la conca de la riera d'Argentona s'ha transformat substancialment des de 1956 fins a l'actualitat, i tot sembla indicar que aquesta transformació continuarà en el futur, condicionada pel canvi climàtic.

6. Canvis en els usos del sòl i resposta hidrològica i hidràulica (2009, 2050 (escenari A2) i 2050 (escenari B1))

6.1. Qüestions prèvies

Prenent patrons de precipitació idèntics, la resposta hidrològica d'un conca variarà depenent de les seves característiques, entre les quals, els usos del sòl constitueixen el factor més dinàmic i variable a curt, mig i llarg termini (López, Camarasa i Mateu, 2007). D'acord amb els canvis en els usos i cobertes del sòl descrits en el capítol anterior, a continuació analitzarem com aquests canvis afecten un determinat paràmetre, el llinar d'escorrentiu (P_0). Es tracta d'un paràmetre utilitzat en els estudis d'inundabilitat per estimar la producció d'escorrentiu superficial en episodis de precipitació concrets, i s'obté a través del tractament de la configuració hidromorfològica de la conca, la coberta del sòl i la humitat precedent. Així, canvis significatius en la magnitud d'aquest paràmetre poden significar una major perillositat en el risc d'inundacions, o a la inversa.

Paràmetres bàsics i antecedents

Balanç hídric

El balanç hídric relaciona les variables que intervenen en el cicle hidrològic. Ens permet obtenir un marc per estudiar el comportament hidrològic d'una conca i es pot utilitzar per identificar els canvis en els components del balanç hídric. Per una conca, el podem obtenir per:

$$P = ET + R + D + \Delta S$$

On:

- P és la precipitació
- ET és l'evapotranspiració
- R és escorrentiu superficial mesurat com a cabal del riu
- D és recàrrega subterrània
- ΔS és la variació de l'aigua emmagatzemada en el sòl

La precipitació és el paràmetre més important, i pot variar temporalment i espacial. Per les dimensions de la nostra conca, podem afirmar que la vegetació no té cap efecte sobre la precipitació.

Si la precipitació és significativa, l'aigua actua en diferents processos hidrològics:

- a. Intercepció (vegetació, bassals i construccions)
- b. Emmagatzematge en forma de glaç o neu.
- c. Flux superficial sobre el sòl
- d. Infiltració en el sòl.

Si la precipitació és poc significativa, l'aigua és interceptada, sense que s'infiltrï ni es formi cap esorrentiu superficial.

Si, en canvi, la precipitació és prou gran per superar la intercepció i arribar al sòl, aleshores es generarà esorrentiu superficial, sempre que el sòl estigui saturat d'aigua (a causa d'una precipitació prèvia), o bé la intensitat de la precipitació excedeixi la capacitat d'infiltració. A més de l'esorrentiu superficial, l'aigua també discorre per altres fluxos i que es troben interconnectats segons el tipus de sòl: el flux subsuperficial que circula per la zona no saturada i el flux subterrani que circula per la capa freàtica.

Aquests tres tipus de flux ens generen dos tipus diferents d'esorrentiu superficial. Per una banda tenim l'esorrentiu base, que prové del flux subterrani i del flux subsuperficial, amb una velocitat de flux petita, que es pot continuar produint encara que no hi hagi pluges i evoluciona lentament.

Per altra banda, tenim l'esorrentiu directe, o pluja neta (*rainfall excess*) generat bàsicament per la precipitació que no ha infiltrat (o bé per saturació, o bé perquè la seva intensitat ha superat la capacitat d'infiltració). Pot evolucionar ràpidament en el temps, condicionat per les pluges.

En els estudis de les avingudes mediterrànies només considerarem l'esorrentiu directe causat per les precipitacions en forma de pluja, donada la poca importància de l'esorrentiu base en aquests territoris, com pel caràcter torrencial de les precipitacions que produeixen grans quantitats d'esorrentiu directe en un temps molt limitat.

L'evapotranspiració (ET) és el segon component més gran de l'equació del balanç hídric i està relacionada amb les característiques de la vegetació.

La recàrrega (D) és la quantitat d'aigua infiltrada al sòl que arriba a un sistema específic d'aigua subterrània. Es tracta, generalment, del factor més petit del balanç; en el nostre cas, es pot considerar que el valor de la recàrrega és del 5 al 10% del total del balanç hídric anual.

Relació entre l'escorrentiu superficial i la vegetació

La coberta vegetal afecta els processos hidrològics. Els canvis en la configuració de la vegetació estan relacionats amb els següents condicionants (Martínez, 2008):

- Desaparició de la coberta vegetal (urbanitzacions, incendis, tales, rompudes, plagues forestals...)
- Modificació de la coberta vegetal (canvis en l'ús i la coberta del sòl, de la composició d'espècies...)
- Recuperació de la coberta vegetal (regeneració natural, reforestació, restauració...)

L'evapotranspiració i la intercepció de la vegetació

La vegetació afecta directament l'escorrentiu a través de la intercepció de la precipitació i per l'evapotranspiració.

La intercepció és un procés hidrològic significatiu. L'aigua interceptada pot ser retinguda per les fulles, fluir per la tija i els troncs (steamflow), caure en forma de gota des de les fulles (troughfall), o evaporar-se directament des de la canòpia durant la tempesta. La suma de l'steamflow i el troughfall és denominada net rainfall. La diferència entre la precipitació total i el net rainfall es denomina pèrdues per intercepció. La proporció de pluja interceptada per la vegetació varia segons les espècies. Concretament, les pinedes intercepten un 28% de la precipitació. Les pastures i conreus herbacis intercepten entre un 20 i un 48% segons l'època de creixement, malgrat que la intercepció mitjana anual és inferior a la dels boscos (Zhang et al, 1999). L'evapotranspiració és més gran per conques forestades que per aquelles que no ho són (Zhang et al, 1999).

Vegetació, nivell freàtic i aigua del sòl

La vegetació incideix indirectament amb el nivell freàtic i l'aigua del sòl. Si desapareix la cobertura arbòria, la intercepció i evapotranspiració d'aigua pràcticament desapareix. En canvi, pot incrementar-se el nivell freàtic i incrementar directament l'escorrentiu, en reduir-se la capacitat d'infiltració del sòl.

Vegetació i infiltració

Els sòls forestals tenen una major capacitat d'infiltració que els sòls de pastures o conreus, bàsicament per la presència dels macroporus generats per les arrels en estat de descomposició (Gallart i Llorens, 2003). L'augment de la infiltració en el sotabosc afavoreix la infiltració profunda i la recàrrega d'aqüífers.

Vegetació i minimització de les inundacions

Donat que les conques forestades redueixen la producció d'escorrentius superficials, redueixen a la vegada els cabals punta durant episodis de precipitacions intenses. Tot i així, com més alta és la magnitud de l'episodi, més baix és l'efecte de reducció de la magnitud per part del bosc (Beschta et al, 2000).

Concretament, durant episodis de precipitacions intenses es pot arribar a un punt on el sòl se satura, comença a produir-se flux hortonà i els valors d'interceptació i d'evapotranspiració no seran prou importants per contrarestar els efectes dels cabals punta, i per tant, es podran generar episodis d'inundacions.

La urbanització i l'escorrentiu superficial

La urbanització és una de les dinàmiques que comporta un dels canvis d'usos del sòl més significatius per alterar els processos hidrològics dins una conca. Concretament, els efectes són (Shaw, 1994):

- a. Un major percentatge de precipitació es converteix a escorrentiu superficial
- b. La resposta de la conca a la precipitació és ràpida i el període de temps entre la precipitació i la producció d'escorrentiu disminueix (disminució del temps de concentració)
- c. La qualitat de l'aigua disminueix a causa de la descàrrega d'afluents.

El canvi d'usos de boscos i conreus a zones urbanitzades incrementa el percentatge de precipitació que es converteix en escorrentiu degut a la reducció de les pèrdues per interceptació, evapotranspiració i infiltració.

6.2. Metodologia d'elaboració dels estudis hidrològic, hidràulic i de detall de les zones inundables

Per tal de conèixer els canvis que es poden produir en aquest territori en el futur, i partint de la situació actual i dels escenaris que es poden produir amb el canvi climàtic, analitzats al capítol anterior d'aquest treball, procedim ara a concretar les diferents fases que ens han de permetre conèixer la resposta hidrològica i hidràulica, i determinar les zones inundables i els riscos que afecten a cada àrea d'aquest territori.

Fase 1: Estudi Hidrològic:

- Anàlisi de la informació prèvia: estudis hidrològics, mapes de zones inundables, inundacions històriques, etc.

- Determinació de la xarxa de drenatge d'estudi i delimitació de les subconques amb elements de SIG.
- Anàlisi de les precipitacions.
- Anàlisi i càlcul de paràmetres bàsics:
 - Característiques geomètriques de la conca: àrea, pendent, usos del sòl (Arcgis).
 - Càlculs del temps de concentració.
 - Anàlisi i càlcul de les precipitacions màximes diàries i per diferents períodes de retorn.
 - Càlcul de la intensitat de precipitació.
 - Càlcul dels llindars i coeficients d'escorrentius.
 - Càlcul de cabals màxims: per cada un dels períodes de retorn considerats a la conca (T=50, 100 i 500 anys).

Fase 2: Estudi Hidràulic: determina els nivells assolits per l'aigua en les lleres estudiades, mitjançant la modelització amb: HEC-RAS (2D-3D), HEC-GEORAS, GUAD2D.

Fase 3: Estudi de detall de zones inundables: determina els riscos d'inundació per cada zona.

- Valoració de les susceptibilitats i graduació: alt, mig, baix i sense risc.
- Estudi de detall de les zones inundables.
- Elaboració de l'informe d'avingudes i mapa de perillositat per inundació mitjançant SIG.

Fase 4: Vulnerabilitat econòmica. Valoració econòmica dels danys causats per les inundacions (desenvolupada als capítols posteriors)

Aquesta fase es desenvoluparà en capítols posteriors.

6.3. Estudi hidrològic

6.3.1. Anàlisi de la informació prèvia.

6.3.1.1. Antecedents. Episodis d'inundacions a la conca de la riera d'Argentona.

A la conca de la riera d'Argentona s'han produït en els darrers cent anys episodis d'inundacions significatius.

A la Taula 33 hem relacionat els episodis d'inundacions més significatius a la conca de la riera d'Argentona en el període 1930-2017, d'acord amb la disposició de dades bibliogràfiques.

Taula 33. Inundacions més importants als municipis de la conca de la riera d'Argentona (1930-2017).

Episodis més importants d'inundació a la conca de la riera d'Argentona	Data
Inundacions als municipis de Cabrera de Mar, Cabrils i Vilassar de Mar, causant danys per més de 4'5 milions d'€ a la xarxa del clavegueram i al col·lapse de murs. Es van arrossegar diversos cotxes al mar.	12/10/2016
Les clavegueres no donen l'abast i provoquen inundacions a molts carrers, baixos d'edificis i a la carretera NII. Els aiguats van fer baixar gran quantitat de sauló i grava cap a la ciutat de Mataró. Problemes de sorra i fang acumulats. Es va inundar el taller de RENFE, l'empresa Mayer i la nau de Proima internacional. Problemes amb llamps que van causar alguns incendis.	14/09/1999
Inundacions a Cabrils, Vilassar de Mar i Cabrera de Mar. La riera de Cabrils malmet diversos trams de la carretera. Plou més de 200 litres/m ² en un dia.	02/09/1996
Els carrers de Mataró semblaven rius i arrossegaven molt fang. Carretera de Granollers tallada i problemes a la xarxa de clavegueram. Els danys a l'agricultura van ser molt greus.	17/09/1974
En algunes cases del barri de Cirera se'ls rebentà l'enllosat i va trencar un col·lector. Els torrents i carrers baixaven com autèntics rius i van deixar les vies principals plenes de fang.	04/09/1972
L'aigua baixava amb força pels carrers de Mataró i va danyar la xarxa de clavegueram i a la xarxa d'aigua potable. Les hortes van quedar afectades.	29/08/1969
Les rieres i torrents van desbordar-se i van enderrocar parets, murs, motes i cultius a més de 3m d'alçada del llit. La carretera NII va quedar tallada.	26/11/1967
Els torrents de Mataró van desbordar ocasionant inundacions a la ciutat de Mataró. L'avinguda del Torrent de Can Boada va ser especialment intens.	13/09/1963
Temporal que causa la inundació de les Cotxeres del Tramvia i descalça els fonaments del pont de la Riera d'Argentona	09/09/1965
Temporal que va provocar l'esfondrament dels murs de contenció de les rieres i torrents (Argentona, de les Valls, Sant Simó) i va deixar negades sota 30 cm de fang a 50 cases del carrer Calvo Sotelo. L'ajuntament de Mataró demana la desviació dels torrents.	25/09/1962
Inundacions setembre 1961. Desbordament del desviament, de la riera de Sant Simó i dels torrents. Inundació de carrers i danys a les cases i a l'agricultura. Al carrer Santa Teresa es van rebentar els desaigües.	04/09/1961

Inundacions d'agost de 1959. El temporal de vent i pedra a Mataró va ocasionar molts danys a l'agricultura, a les cases i altres instal·lacions.	11/08/1959
Inundacions de juliol de 1959. Tromba d'aigua a mitja hora de la tarda. Pluja molt intensa i de curta durada que va arrossegar molt de fang i terra. Va tallar la carretera nacional i la d'Argentona. La xarxa de clavegueram i desviaments va funcionar i només es van registrar problemes puntuals (alguns baixos).	24/07/1959
Inundacions de setembre de 1953. Tromba d'aigua a la nit. Desbordament de rieres i torrents, arrossegament de les hortes destrucció de murs de protecció i de les instal·lacions per regadiu.	26/09/1953
Inundacions de la tardor de 1951. Els danys materials van ser de gran envergadura.	01/10/1951
Inundacions de la tardor de 1951 Molts danys a l'agricultura, als murs de contenció, línia elèctrica i casc urbà. La riera de la Cirera (desviada l'any 1916) va tornar al seu curs natural. Van haver-hi 2 morts i els danys es van valorar en 10 milions de pessetes.	02/10/1951
Inundacions de setembre de 1931. Desperfectes en moltes cases. Sobreeiximent de les clavegueres. Va inundar carrers, va arrencar ceps.	11/09/1931

Font: Agència Catalana de l'Aigua (2019).

A continuació descriurem els episodis més significatius indicats a la Taula 33:

- El **2 d'octubre de 1951** una tempesta molt intensa causa danys al Maresme i al Barcelonès, tant a l'agricultura, com als murs de contenció, les línies elèctriques i al propi nucli urbà de Mataró. La riera de Cirera (desviada l'any 1916) va tornar al seu curs natural. A la riera de Sant Simó es van desfer els marges. Les lleres escanyades per les motes dels pagesos recuperaren el seu llit natural. La riera de la Mata va causar grans danys a les hortes. Van haver-hi 2 morts i els danys es van valorar en 10 milions de pessetes.
- El **29 de setembre de 1953** un tromba d'aigua a la nit desborda les rieres i torrents, destrossant els murs de protecció i les instal·lacions de regadiu, i negant les hortes. Els veïnats més afectats van ser Cirera, Valldeix i Mata a Mataró. Es va suspendre temporalment la comunicació per tramvies d'Argentona a Mataró.
- Una de les tempestes més importants a Argentona i Mataró va ser a l'**octubre de 1965**. Després de diversos dies de pluges, la nit del divendres al dissabte del 9 i 10 d'octubre de 1965, quan va caure als dos municipis un fort aiguat (140 litres/m² a Dosrius, 114 litres/m² a Argentona i 117 litres/m² en mitja hora a Mataró) que provocà que el ressec torrent d'en Boada (Mataró) s'anés inflant d'aigua per convertir-se en un riu urbà desbocat d'aigua, fang i pedres, que va causar destrosses per on passava. Les Cotxeres del Tramvia és van inundar destrossant els aparells elèctrics.

Així mateix, les aigües pluvials de la riera d'Argentona van descalçar els fonaments dels pilars del pont de la riera d'Argentona i van fer inutilitzable l'estructura (Figura 65). Va ser la fi del popular tramvia.

Figura 65. Imatges dels danys causats al tramvia de Mataró a Argentona al seu pas per la riera d'Argentona pel fort aiguat dels dies 9 i 10 d'octubre de 1965



Font: Fotògraf Alfons Guell (1965). Col.lecció particular.

Els aiguats del 9 i 10 d'octubre de 1965 van causar molts danys a la conca de la riera d'Argentona, entre els quals destaca l'afectació dels fonaments del pont del tramvia Mataró a Argentona, que implicaria la finalització d'aquest mitjà de transport entre els dos municipis, i la implantació d'una línia d'autobusos (Figura 66).

També es van malmetre les canonades de proveïment d'aigua potable a Mataró, que travessaven longitudinalment la riera d'Argentona, i diverses xarxes de telefonia i electricitat.

Segons l'edició del 12 d'octubre de La Vanguardia, els danys causats pel temporal van superar els 15 milions de pessetes de l'època. El valor actual d'aquests danys seria de 2,52 milions d'euros (Font: càlcul actualitzat IPC 1965-2019, INE)

Figura 66. Els aiguats del 8, 9 i 10 d'octubre de 1965. La Vanguardia.



Font: Vila (10 d'octubre de 1965).

- L'episodi de pluges del **8, 9 i 10 d'octubre de 1965** va causar danys a les carreteres de Mataró, tallant la circulació a la carretera Nacional II. No obstant però, el més greu fou l'esfondrament d'un habitatge a Arenys de Munt, causant la mort d'una persona, ja fora de l'àrea estricta de la nostra recerca. Les previsions meteorològiques (Figura 67) recollides al diari la Vanguardia dels dies anteriors no feien preveure els aiguats que van caure el 9 i 10 d'octubre. Tot i així, el dia 10, en un apartat del diari que s'anomenava *Impresión*, redactat pel servei meteorològic de La Vanguardia, indicava: *"La borrasca fijada a la altura de Portugal, como ya se dijo, ha sido la causante de la precariedad meteorologica en todo nuestro país. Dicha borrasca permanece estacionaria, aunque ha segregado una borrasquilla satélite que se trasladó al Mediterráneo. Separa dos anticiclones centrados en las Azores y en el archipiélago inglés. El segundo de ellos determina bonanza en todos los países de Europa occidental, acompañada de abundantes nieblas. Los pronósticos de tiempo probable para hoy en Cataluña son de inestabilidad, con riesgo de nuevos chubascos y lloviznas. Vientos flojos de Levante. Humedad elevada. Temperaturas sin grandes modificaciones, Nieblas o neblinas. Marejadilla, con alguna marejada local."*

Figura 67. Mapa d'isòbares i fronts corresponents al 9 d'octubre de 1965 (La Vanguardia)²³



Font: Centre Meteorològic de Barcelona. (9 de octubre de 1965)

- El de **17 de setembre 1974** una tempesta molt intensa inunda amb aigua i fang diversos carrers i places de Mataró; els més afectats foren: Pujol, Tetuan, Granollers, Real, Baixada Santa Anna, Cooperativa i Pizarro. Es va col·lapsar la xarxa de clavegueram. Fou tallada la Carretera de Granollers. Els danys a l'agricultura van ser molt greus. A les 17.30h els pluviòmetres havien registrat més de 81 litres d'aigua per metre quadrat (La Vanguardia).

6.3.1.2. Estudis hidrològics i cartografia de zones inundables de la conca de la riera d'Argentona.

Es disposa de l'Estudi de l'espai fluvial de les conques de les rieres del Maresme i rieres Metropolitanas nord, elaborat per l'ACA dins el Programa de mesures de l'àmbit hidrològic del Pla de gestió del risc d'inundació del districte de conca fluvial de Catalunya (PMH), a l'octubre del 2015, amb l'objecte de zonificar l'espai fluvial a la conca de les rieres del Maresme i Metropolitanas partir del coneixement holístic (caracteritzat i diagnosticat), principalment des de tres vessants: dinàmica fluvial, inundabilitat i dinàmica ambiental. Destaquen els mapes de diagnosi i prodiagnosi, on es pot consultar la delimitació de les zones inundables sobre la topografia i l'ortofoto i la zonificació de l'espai fluvial amb el reglament de la Llei d'Urbanisme, el

²³ Malauradament no disposem de les dades dels dies 10 i 11 d'octubre (diaris de l'11 i 12 d'octubre de 1965 respectivament). El primer, perquè els dilluns no hi havia diari, i el segon, perquè es dedicava la major part del periòdic al "Dia de la Raza".

reglament de Domini Públic Hidràulic i amb el planejament urbanístic i el cadastre vigent al 2015.

A nivell municipal, disposem de l'Estudi d'Inundabilitat del POUM d'Argentona (2014), elaborat per l'enginyeria ABMJG, que analitza l'inundabilitat del torrent de Cirers i adaptar l'estudi d'inundabilitat del PEF a l'àmbit concret d'Argentona, concretant les línies bàsiques per a la definició dels futurs estudis d'actuacions de millora de la xarxa hidrològica. Un altre document consultat és l'estudi d'inundabilitat de l'Àrea Residencial Estratègica de El Cros (2009), inclòs en el Pla Director Urbanístic de les Àrees Residencials Estratègiques de l'àmbit del Maresme (llibre 1.5 Memòria de l'ARE del Cros, redactat per aSZ Arquitectes SLP).

Pel que fa a Mataró, tenim el Pla Director del Clavegueram de Mataró (PDCLAM), elaborat per CLABSA i Aigües de Mataró (2013), que té com a objecte analitzar les deficiències actuals, funcionals i/o estructurals del clavegueram i el seu àmbit hidrològic, que poden comportar inundacions, i l'impacte negatiu en els medis receptors, així com proposar les solucions tècniques d'acord amb els canvis urbanístics, per garantir el correcte funcionament de la xarxa.

6.3.2. Modelització hidrològica

A continuació es presenta el procediment que se seguirà en l'elaboració de l'estudi hidrològic, mostrant les dades i els paràmetres que s'han fet servir en cada cas:

1. Preparació del model: es tracta de la construcció del model hidrològic de la conca, dividint-la en subconques i establint la connectivitat dels trams de riu per poder introduir-la a l'HEC-HMS. Les dades de partida són el MDT i un arxiu en format shape del traçat de la riera generat amb Arcgis.
2. Estimació de la precipitació: Determinació del volum de precipitació inicial per a l'episodi que es vol modelar. En el cas de la riera d'Argentona es parteix del mapes d'isomàximes proporcionats per l'ACA, per períodes de retorn de 50, 100 i 500 anys. A partir d'aquesta cartografia s'extraurà la precipitació corresponent a cada subconca mitjançant el programa Arcmap. Finalment, a cada subconca s'aplicarà el coeficient de simultaneïtat (Equació 2.14).
3. Determinació de la pluja neta: Basant-nos en la precipitació inicial, s'estima quina part d'aquesta acabarà generant escorrentiu i quina es perdrà en processos intermedis (evaporació, infiltració, intercepció,

etc.). Aquest pas s'ha dut a terme amb la metodologia del nombre de corba del Soil Conservation Service SCS²⁴.

Aquest mètode determina la precipitació neta d'acord a les següents característiques de cada subconca:

- Geologia: S'ha fet servir el mapa geològic de l'ICC (1:50.000) i s'ha classificat la geologia en els grups establerts pel SCS, mitjançant les taules publicades.
- Usos del sòl: Partint del mapa d'usos del sòl de l'ICC (1:25.000), s'han classificat els usos del sòl segons el criteri establert pel SCS, mitjançant les taules publicades.
- Pendent: S'ha establert a partir de l'MDT amb pas de malla 15x15 proporcionat per l'ICC.

Per al càlcul del nombre de corba, s'ha suposat en ambdós casos unes condicions anteriors d'humitat del sòl elevades, en base al criteri establert per l'SCS.

A partir del nombre de corba s'estableix la precipitació lliandar, aplicant un coeficient regional d'1.3 (ACA, 2003) a la precipitació lliandar obtinguda per aquest mètode.

4. Construcció del hietograma: El hietograma es determina a partir de les corbes IDF²⁵, d'acord amb la fórmula proposada per l'ACA, i seguint la metodologia dels blocs alterns, es construeix l'hidrograma. D'aquesta manera s'obté un hietograma per a cada conca i període de retorn, aconseguint representar dins del model la variació temporal i espacial en la distribució de la precipitació.
5. Càlcul de l'hidrograma: L'hidrograma es determina mitjançant el programa HEC- HMS. En el qual s'introdueix el model de la conca generat en el pas 1, i els valors de precipitació de cadascuna de les columnes del hietograma calculat per cada subconca en el pas 4. A

²⁴ El Servei de Conservació del Sòl (SCS), ara denominat Servei de Conservació de Recursos Naturals (NRCS) és una agència del Departament d'Agricultura dels Estats Units (USDA) que proporciona assistència tècnica als agricultors i altres propietaris i gestors privats. La seva denominació es va canviar el 1994 durant la presidència de Bill Clinton per reflectir la seva missió més àmplia. La seva missió és millorar, protegir i conservar els recursos naturals en terrenys privats mitjançant una col·laboració cooperativa amb agències estatals i locals. Tot i que el seu focus principal ha estat de terres agrícoles, ha aportat moltes solucions tècniques a la prospecció de sòls, la classificació i la millora de la qualitat de l'aigua.

²⁵ Una corba IDF o d'Intensitat-Durada-Freqüència és una relació matemàtica entre la intensitat d'una precipitació, la seva durada i la freqüència amb la que s'observa. La probabilitat d'ocurrència es pot fixar a través dels períodes de retorn.

partir d'aquestes dades el model calcularà un hidrograma de sortida per cadascuna de les subconques.

6. Propagació d'avingudes: Primer es calcularà els efectes de propagació dels hidrogrames que, havent estat generats a una subconca s'han de traslladar, aigües avall, a través del canal principal d'altres subconques. Finalment, per calcular l'hidrograma generat al final de la conca, s'han de sobreposar els hidrogrames generats a cadascuna de les subconques.

En el cas de la riera d'Argentona, no podem calibrar les noves avingudes de disseny estimades, perquè no es disposa de dades per calibrar el cabal.

7. Càlcul dels nivells d'aigua: Per determinar els nivells d'aigua s'ha fet servir el programa *Guad2D*, en el qual es modelitzen les lleres del riu, extrems del MDT. Per estimar la velocitat de l'avinguda i, per tant, el nivell màxim que assoleix l'aigua, es fa servir l'equació de Manning. Davant la dificultat d'atorgar un valor correcte al coeficient de Manning "n", s'ha fet servir un rang que comprèn els valors típics de les lleres naturals amb característiques similars (0.04- 0.07).

Mitjançant aquests procediments s'ha dut a terme la construcció dels models hidrogràfics de cadascuna de les conques estudiades.

6.3.2.1. Preparació del model.

Per a la generació del model precipitació-escorrentiu de la conca de la riera d'Argentona, s'ha utilitzat el software que proporciona l'Hydrologic Engineering Center de l'US Army. L'HEC-GeoHMS és un complement de la plataforma de cartografia digital Arcgis que permet generar un model hidrològic a partir de la cartografia de la zona d'estudi. Així, partint del Model d'Elevacions del Terreny i el perfil de la riera, aquest software ens permet determinar les subconques en què es divideix la zona d'estudi així com el tram de riera que resulta significatiu per a la determinació del cabal punta.

6.3.2.2. Caracterització de la conca.

En la caracterització de la conca per avaluar els efectes de la seva resposta front precipitacions d'una gran intensitat, s'han considerat dos tipus de paràmetres: morfològics i hidrològics.

Entre els morfològics, s'han analitzat la superfície, el pendent, la geologia i els usos del sòl. Pel que fa als paràmetres hidrològics que permeten establir la relació entre la precipitació total i la precipitació eficaç que genera l'escorrentiu, s'ha desenvolupat la metodologia desenvolupada pel Soil

Conservation Service (SCS) del Departament d'Agricultura dels Estats Units. Aquesta metodologia ens permet caracteritzar el comportament hidrològic d'un terreny assignant-li un nombre de corba determinat (denominat nombre de corba del SCS), el qual, en funció de les característiques geològiques, edafològiques, de coberta vegetal i d'ús del sòl, s'han obtingut plànols generals de l'evolució espacial del nombre de corba del SCS per tot el territori que abasta l'estudi. Seguidament s'ha obtingut el valor mitjà per cada una de les subconques considerades.

Complementàriament, d'acord amb la longitud de les lleres i de la seva pendent, s'ha obtingut el temps de concentració (T_c) per a la conca.

Per a la modelització hidrològica de les conques, s'ha triat el mètode de simulació per al càlcul de cabals d'avinguda. Té els següents avantatges:

- Permet aprofitar les dades disponibles, tant les associades al règim meteorològic, com les corresponents a la resposta hidrològica de la conca.
- Únicament utilitza l'estadística per a tractar aquelles dades, concretament les pluviomètriques, que no es poden estudiar amb mètodes deterministes, els resultats dels quals són més comprovables.
- És possible comprovar la qualitat del mètode a través de la comparació dels seus resultats amb la realitat observada.
- Permet deduir les conseqüències de canvis futurs en les característiques de la conca o de les seves infraestructures.
- Proporciona com a resultat l'hidrograma complet de l'avinguda i no només el cabal punta. Molt útil en cas d'inundació, ja que depèn més del volum de la crescuda que dona aquest cabal màxim i de la seva distribució en el temps.

En el present treball s'ha construït un model basat en el programa de càlcul HEC-HMS desenvolupat per Hidrologic Engineering Center (HEC) del U.S. Army Corps of Engineers. La construcció del model s'ha basat en el conjunt de dades que es reflecteix en els apartats següents.

6.3.2.3. Caracterització morfològica.

El segon grup de paràmetres, essencial per a la caracterització de les conques als efectes del model de simulació, està relacionat amb el seu comportament hidrològic. Aquests paràmetres permeten calcular l'escorrentia superficial o precipitació eficaç en relació amb la pluja total.

Dels diferents mètodes habituals per representar el comportament hidrològic del terreny s'ha escollit el mètode del nombre de corba, proposat pel Soil Conservation Service del Departament d'Agricultura dels Estats Units. S'ha optat per aquest mètode tenint en compte que:

- És un dels mètodes més utilitzats i compta amb una àmplia informació bibliogràfica que permet establir correlacions fiables que lliguen les característiques d'un terreny determinat en funció del seu tipus de sòl, coberta vegetal, ús al qual es destina, condicions hidrològiques i condicions antecedents d'humitat, amb el valor del nombre de corba del S.C.S. que li correspon.
- Parteix de suposar un comportament hidrològic del complex sòl-vegetació variable al llarg de la tempesta, de manera que el coeficient d'escorrentia s'incrementi en paral·lel amb el grau de saturació del terreny. Evidentment, aquest plantejament és més a prop de la realitat que el d'altres mètodes en els quals aquest coeficient és constant.

Els elements essencials del mètode del nombre de corba del S.C.S., que permet quantificar la intercepció, la retenció, la infiltració i, en darrer lloc, l'escorrentia, són la permeabilitat del terreny -depenent sobretot de les seves característiques litològiques i edafològiques- i les característiques de la coberta vegetal, essencialment la vegetació i ús al qual es destina el terreny. En els apartats que segueixen es tracten successivament aquests aspectes.

D'altra banda, resulta també essencial per a l'aplicació del mètode en una tempesta donada, el coneixement de l'estat de la saturació del sòl a l'inici d'aquesta tempesta, als efectes del qual es consideren tres condicions característiques, anomenades respectivament tipus I, II i III. D'elles, la condició I, equival a un sòl molt sec, no és en absolut habitual en estudis d'avingudes, ja que redueix extraordinàriament el coeficient d'escorrentia, situant els coeficients del costat de la inseguretat. Per això, l'anàlisi s'ha concentrat en les condicions II i III, mitjà i humit respectivament, tal i com s'ha reflectit a la Taula 34.

Taula 34. Condicions antecedents d'humitat del SCS.

Condicció	Precipitació total (mm) als cinc dies anteriors	
	Estat de latència	Estat de creixement
I sec	$PT \leq 13$	$PT \leq 36$
II mitjà	$13 \leq PT \leq 28$	$36 \leq PT \leq 53$
III humit	$PT \geq 28$	$PT \geq 53$

Font: SCS adaptat per Téméz (1978).

6.3.2.3.1. Característiques dels sòls.

Des del punt de vista del seu comportament hidrològic, el mètode del nombre de corba del SCS, adaptat per Témez (1978) estableix quatre grups hidrològics de sòl, en funció de la seva capacitat de drenatge (ACA, 2003):

- A. Sòls on l'aigua s'infiltra ràpidament, encara que estiguin molt humits. Estan formats per sòls granulars de poca potència (gruix de la capa del sòl), bàsicament sorres i sorres llimoses.
- B. Sòls que quan estan molt humits tenen una capacitat d'infiltració moderada. Estan formats per estrats de sòls de potències moderades a grans, amb litologies francosorrenques, franques, franco-argilo-sorrenques o franco-llimoses. Normalment estan ben o moderadament ben drenats.
- C. Sòls en que l'aigua s'infiltra lentament quan estan molt humits. Estant formats per sòls de poca o mitjana potència amb litologies franco-argiloses, franco-argilo-llimoses, llimoses o argilo-sorrenques. Es tracta de sòls imperfectament drenats.
- D. Sòls amb una infiltració molt lenta quan estan molt humits. Tenen estrats argilosos superficials o propers a la superfície. Són pobrament o molt pobrament drenats. En aquest grup tenim els sòls amb els nivells freàtics permanentment propers a la superfície i els sòls de molt poca potència (litosòls).

L'ACA (2003) determina que la metodologia pel càlcul de P_0 ha d'obtenir aquesta informació de la cartografia editada a escala 1:250.000 per l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, amb els sòls classificats segons aquests codis.

Concretament, trobem unes taules on es relaciona el codi digital de les diferents categories geològiques amb el grup de sòl corresponent.

En el nostre cas tenim sòls de tipus A, com les rieres, torrents i la plana de marina (Taula 35).

Taula 35. Codis de la cartografia geològica de l'ICGC, tant en format paper com digital, que corresponen al grup del sòl de tipus A segons la classificació de l'SCS

Codi Paper	Codi Digital	Descripció
Q3D	Q3A	Graves, sorres i llims
Q3A	Q3D	Sorres

Font: classificació de l'SCS (ACA, 2001).

I dominen els sòls de tipus D, granodiorites biotítics, diorites, pòrfirs àcids i bàsics, entre d'altres (Taula 36).

Taula 36. Codis de la cartografia geològica de l'ICC, tant en format paper com digital, que corresponen al grup del sòl de tipus D segons la classificació de l'SCS.

Codi Paper	Codi Digital	Descripció
GRA	GRA	Leucogranits
GRB	GRB	Granits leucocràtics
GRC	GRC	Granits biotítics
GRDA	GRDA	Granodiorites biotítics
GRDB	GRDB	Granodiorites biotítico-hornblèndiques
GRDC	GRDC	Granodioreites biotítics amb ortopiroxè
GRF	GRF	Granòfir

Font: elaboració pròpia a partir ACA (2001).

6.3.2.3.2. Anàlisi del relleu, el pendent de la conca i el temps de concentració.

El relleu de la zona es pot apreciar al mapa d'ombregat del MDT (model digital del terreny). Aquest MDT, proporcionat per l'ACA, té una malla de 100 metres. Les característiques morfològiques de les conques que s'han obtingut són les que utilitzarem posteriorment en el model hidrològic:

- La superfície s'ha obtingut mitjançant eines GIS del mapa de conques creat.
- La longitud dels trams de transport s'ha capturat del mapa de xarxa hidrològica proporcionat pel Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya.
- El pendent mitjà de la llera principal s'ha obtingut amb eines GIS.

Partint d'aquestes característiques s'obtenen el pendent de la conca i el temps de concentració.

Per determinar el temps de concentració (T_c) de la conca s'ha considerat que la fórmula proposada per Témez dona bons resultats (ACA, 2003). Aquesta fórmula es completa amb un coeficient reductor que distingeix les conques urbanes de les no urbanes, i al seu torn, entre les rurals i les urbanitzades, les expressions matemàtiques de les quals són:

- a) Conques rurals, amb un grau d'urbanització no superior a l'àrea de la conca.

$$T_c = 0,3 \left(\frac{L}{j^{0,25}} \right)^{0,76}$$

- b) Conques urbanitzades, amb un grau d'urbanització superior al 4% de l'àrea de la conca i amb urbanitzacions independents que tinguin un clavegueram de pluvials no unificat o complet. Curs principal no revestit amb material impermeable i de petita rugositat com el formigó.

$$T_c = \frac{1}{1 + \sqrt{\mu(2 - \mu)}} 0,3 \left(\frac{L}{j^{0,25}} \right)^{0,76}$$

- c) Conques urbanes, amb un grau d'urbanització superior al 4% de l'àrea de conca amb clavegueram complet i/o curs principal canalitzat, impermeable i de petita rugositat.

$$T_c = \frac{1}{1 + 3\sqrt{\mu(2 - \mu)}} 0,3 \left(\frac{L}{j^{0,25}} \right)^{0,76}$$

on:

T_c Temps de concentració, en hores.

L Longitud de la conca (km).

J Pendent mitjà de la llera principal (m/m).

μ És el grau d'urbanització de la conca en tant per u (km²/km²)

En el nostre cas, utilitzarem la fórmula de Témez (c), donat que la conca en els tres anys d'estudi supera el 4% d'urbanització, concretament el 13% pel 2009 i el 15,4% pel 2050, i les urbanitzacions disposen de clavegueram de pluvials no unificat o complet.

Així, els resultats que obtenim es sintetitzen a la Taula 37.

Taula 37. Caracterització de la conca de la riera d'Argentona i valor del Temps de concentració (h) d'acord amb la fórmula de Témez (c)

Riera d'Argentona	Superfície (km ²)	Longitud de la llera (km)	Desnivell (m)	Any/% urbanització de la conca	
				Temps de concentració (h) Témez	Temps de concentració (h)
				2009	2050 A1 B1
	71,8	19,590	540	3,81	3,73

Font: elaboració pròpia.

6.3.2.4. Estudi pluviomètric.

La precipitació és el procés més significatiu en la modelització de les conques, donat que representa l'input del sistema hidrològic. L'escorrentiu superficial es conseqüència directa de la precipitació.

Precipitacions màximes en 24 hores

L'estudi de les pluges màximes diàries (Taula 38), s'ha portat a terme partint de les dades contingudes al llibre *Máximas lluviarias diarias en la España*

peninsular, de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (1999).

Taula 38. Resum de la precipitació màxima diària associada als diferents períodes de retorn.

T (anys)	P _d (mm)		
	Capçalera	Aportació urbana	Sencera
2	67,2	67,2	67,2
5	95,55	95,55	95,55
10	116,18	116,18	116,18
25	145,88	145,88	145,88
50	168,83	168,83	168,83
100	193,95	193,95	193,95
200	220,28	220,28	220,28
500	257,48	257,48	257,48

Font: Ministerio de Fomento (1999).

En síntesi, el mètode utilitzat per la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (1999) assumeix l'existència de regions homogènies respecte a certes característiques estadístiques, la qual cosa permet aprofitar el conjunt d'informació disponible a cadascuna d'elles. El model de distribució finalment adoptat, de tots els considerats en un primer moment, ha estat el de la llei SQRT-ET max, adduint les raons següents:

- És l'únic d'entre tots els models considerats, que ha estat proposat específicament per a la modelació estadística de màximes pluges diàries.
- Es formula només amb dos paràmetres, la qual cosa permet una definició completa de les quantitats en funció exclusivament del coeficient de variació resultant més fàcil la presentació de resultats corresponent.
- Per la mateixa definició de la llei, proporciona resultats més conservadors que els de la llei de Gumbel tradicional.
- Demostra una bona capacitat per reproduir les propietats estadístiques observades en el conjunt de dades emprades.

L'enfocament tradicional dels mètodes regionals permet estimar el valor de les quantitats regionals en un punt senzillament assignant-li els valors obtinguts a la regió on s'inclou aquest punt, la qual cosa presenta com a principals inconvenients tant la incertesa existent respecte als límits considerats a les regions, com la discontinuïtat indesitjable que presenten els resultats en aquests límits. P

Per resoldre aquests problemes, presenten els resultats en forma suavitzada traçant un mapa nacional d'isolínies del coeficient de variació (Cv). Es fa servir el Cv com a paràmetre bàsic per la seva comprensió fàcil, en estar directament relacionat amb el valor de les quantitats degut al model de llei i al mètode d'estimació de paràmetres adoptats.

Igualment, el treball esmentat inclou un mapa nacional d'isolínies amb la representació de la variació del valor mitjà de la màxima precipitació diària anual (P) que, juntament amb l'anterior, permet obtenir la precipitació màxima en 24 hores, corresponent a un conjunt de períodes de retorn compresos entre 2 i 500 anys, a qualsevol punt de la geografia peninsular espanyola. D'acord amb la informació continguda en aquesta publicació, i per a la realització del present treball, s'ha confeccionat una aplicació informàtica que permet obtenir la precipitació màxima en 24 hores per a períodes de retorn compresos entre 2,33 i 1000 anys a tots els punts d'una malla quadrada de 2,5 km de pas, corresponents al territori que conforma la zona d'estudi.

A partir d'aquesta aplicació, s'han obtingut els mapes de precipitacions màximes en 24 hores per a períodes de retorn de 2,33, 5, 10, 25, 50, 100, 500 i 1000 anys. Els resultats numèrics obtinguts a la conca es mostren a la Taula 39.

Taula 39. Precipitació mitjana en 24 h per cada període de retorn

Llera: riera d'Argentona	Període de Retorn (anys)							
	2,33	5	10	25	50	100	500	1000
	73	94	115	145	168	194	258	288

Font: elaboració pròpia.

Variació de la intensitat de precipitació en funció de la durada de la pluja

La precipitació no és pas un procés uniforme; es distribueix en l'espai i en el temps. L'estructura temporal de la precipitació es representa a través del hietograma on, mitjançant un gràfic, s'indica la pluja que entra al sistema al llarg del temps, expressant-se en mm (litres/m²). La suma de la precipitació de les diferents columnes ens proporciona el valor total de la precipitació.

La precipitació caiguda en un dia és diu P_d , i és una dada que generalment s'enregistra a les estacions pluviomètriques.

La intensitat de precipitació es defineix com el valor de pluja precipitada per unitat de temps. Generalment s'acostuma a considerar la intensitat de precipitació mitjana, que es calcula d'acord:

$$I = \frac{P}{D}$$

On

I és la **intensitat de la precipitació** P , expressada en mm/h.

P és el volum de precipitació, en mm, caigut durant el interval de temps D per al qual es vol calcular la intensitat.

D és la durada del interval de temps per al qual es produïx la precipitació P , concretament en temps en que ha caigut aquest volum de pluja, expressat en hores.

Quan es parla de intensitat de precipitació mitjana, cal diferenciar:

- Intensitat horària (I_1), que és la intensitat de precipitació per a una durada efectiva de pluja d'una hora.
- Intensitat diària (I_d) que és la intensitat de precipitació per a una durada efectiva de pluja de 24 hores, expressada en mm/h. La intensitat diària es calcula d'acord amb la fórmula:

$$I_d = \frac{Pd}{24}$$

Les pluges tenen un caràcter estocàstic, i per això, es tracten com una variable aleatòria. Una precipitació associada a un període de retorn determinat $(P_d)_T$, es defineix com aquella que té una probabilitat de ser superada segons:

$$P(Pd \geq (Pd)_T) = \frac{1}{T}$$

La única forma d'obtenir informació de les pluges que poden caure en una conca determinada és l'anàlisi de tempestes que s'hagin produït amb anterioritat a la mateixa àrea. Malauradament a les conques internes de Catalunya, i en el Maresme en especial, es disposen de sèries de dades de pocs anys en comparació amb els períodes de retorn habituals, i a la vegada, la fiabilitat dels registres és limitada, especialment en cas de grans tempestes. Per això, cal ser molt curós amb el tractament estadístic de les sèries de pluges històriques i és necessari contextualitzar els estudis amb les condicions de la regió que s'estudia, considerant factors com l'orografia i complementant els resultats obtinguts amb estudis meteorològics existents.

Podem definir el hietograma d'una pluja de dues maneres:

- Obtenir uns registres reals de pluviòmetres que puguin considerar-se prou significatius.
- O bé, en cas de no disposar d'aquestes dades, podem conèixer el volum total de precipitació i desenvolupar el hietograma a partir d'aquest volum.

Determinació de la pluja neta

Una vegada hem determinat la precipitació màxima diària, per la conca i per cada període de retorn, s'ha calculat la pluja neta. Per calcular el llinar d'escorrentiu s'ha fet servir el model del nombre de corba del Soil Conservation Service. Aquest model requereix l'entrada de tres paràmetres corresponents a ús del sòl, geologia i pendent per tal determinar el nombre de corba tabulat per l'SCS. S'han considerat unes condicions inicials del sòl humides, ja que generalment els màxims diaris de precipitació venen precedits de diversos dies de precipitació, fet que genera unes condicions d'humitat elevada pel dia de màxima precipitació (Annex II).

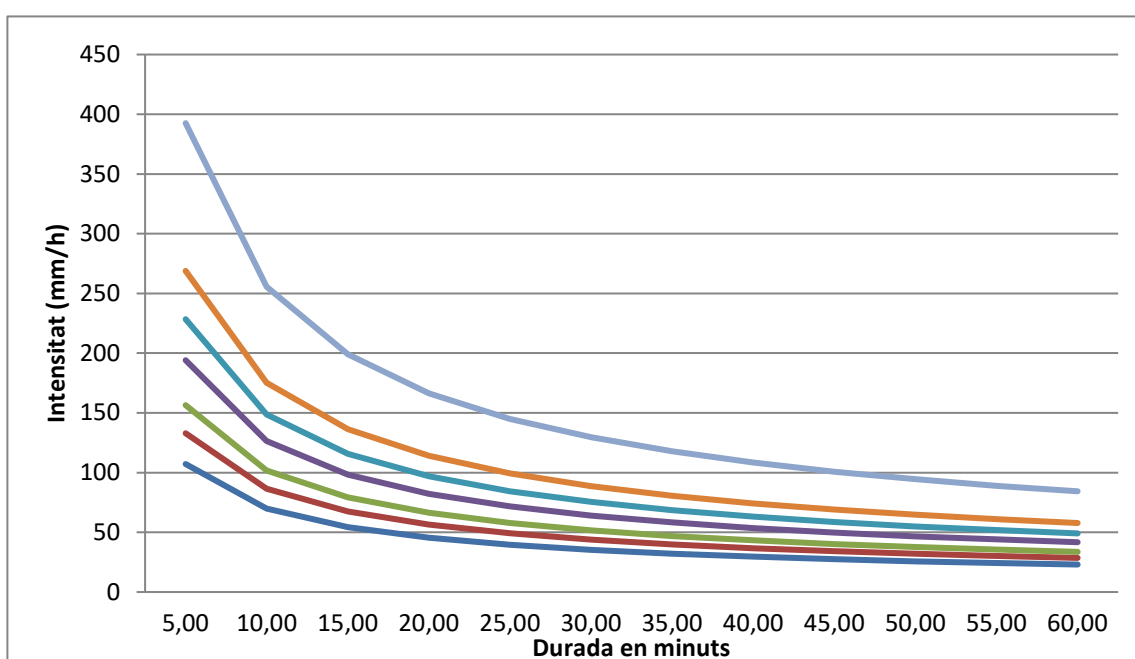
Al mapa de pendents es pot apreciar com la inclinació de la conca és major a la zona nord-est, corresponent al massís del Corredor. Tot i així, aquest fet no afectarà al càlcul de les abstraccions hidrològiques, donat que la major part d'aquesta zona es troba recoberta de massa forestal, que minimitza els efectes que provoca la inclinació en la generació de l'escorrentiu.

Corbes IDF

Una vegada coneguda la precipitació diària, determinarem els hietogrames per cada un dels períodes de retorn a estudiar a través de les corbes d'Intensitat-Durada-Freqüència (IDF), obtingudes en funció de la probabilitat de Gumbel.

Es tracta de les corbes obtingudes dels resultats de la unió dels valors representatius de la intensitat mitjana en intervals de diferent durada i corresponents a un mateix període de retorn o freqüència, com observem a la Figura 68.

Figura 68. Corbes IDF de la conca de la riera d'Argentona



Font: elaboració pròpia.

Aquests hietogrames proporcionen la manera com es distribueix la precipitació en el temps. Concretament, s'obté la intensitat màxima esperada per una duració i un període de retorn particular.

Hietogrames de càlcul

Mitjançant la metodologia del SCS s'obté la precipitació neta per a cadascun dels intervals.

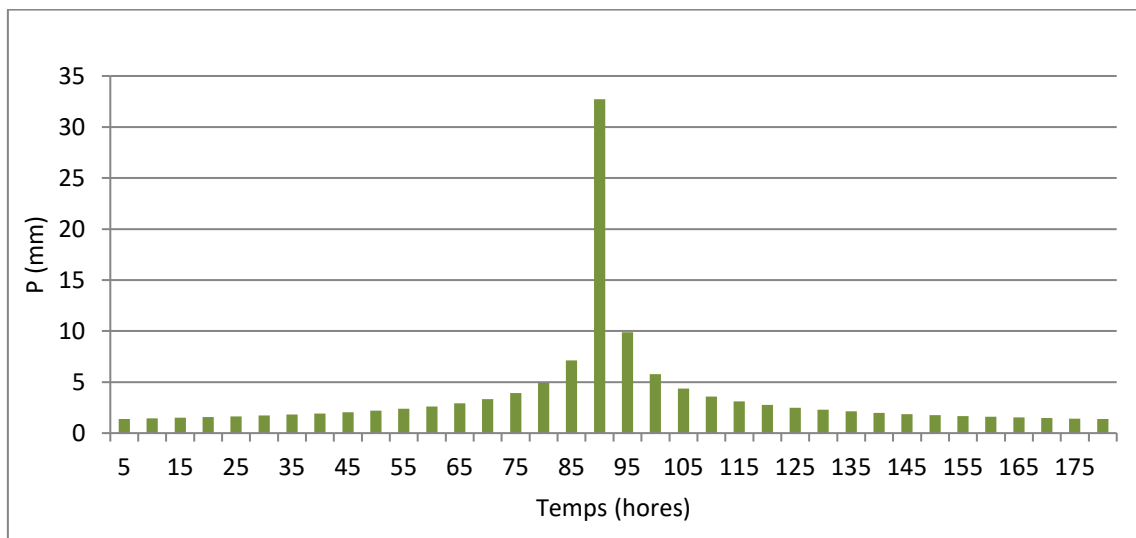
Per la construcció del hietograma s'ha utilitzat el mètode dels blocs alternats. Aquest mètode parteix de les corbes Intensitat-Durada-Freqüència (IDF), a través de les quals es pot obtenir el valor de la intensitat de la precipitació coneixent la durada de la mateixa i el volum de la precipitació Pd'.

S'ha dividit la precipitació diària en intervals d'una hora, calculant la intensitat de precipitació per a cadascun. A continuació s'ha determinat la precipitació acumulada a cada interval de temps, a partir de la qual s'ha calculat la precipitació neta.

Els valors obtinguts s'han ordenat de manera que el valor més elevat se situa al centre de el hietograma i descendeix de manera alternada a dreta i a esquerra del mateix.

Pel període retorn de 50 anys, amb una durada de la pluja de 24 hores, una intensitat de precipitació de 24,88 mm/h, una precipitació de 597,02 mm, tenim el hietograma de la Figura 69.

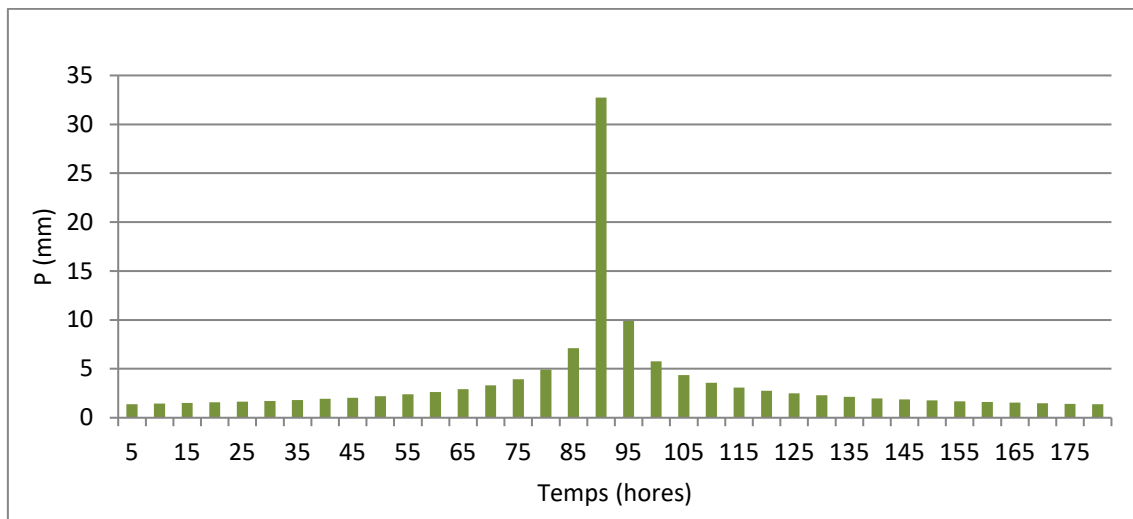
Figura 69. Hietograma calculat per a una precipitació diària amb un període de retorn de 50 anys a la conca de la riera d'Argentona



Font: elaboració pròpia.

En el cas del període retorn de 100 anys, amb una durada de la pluja de 24 hores, una intensitat de precipitació de 29,28 mm/h, una precipitació de 702,73 mm, tenim el hietograma de la Figura 70.

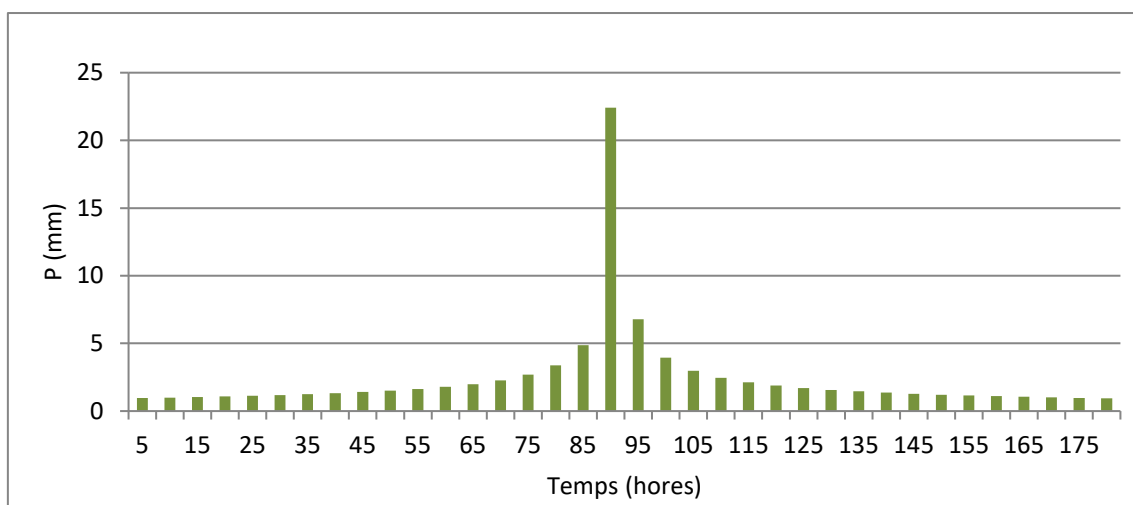
Figura 70. Hietograma calculat per a una precipitació diària amb un període de retorn de 100 anys a la conca de la riera d'Argentona



Font: elaboració pròpia.

Pel que fa al període retorn de 500 anys, amb una durada de la pluja de 24 hores, una intensitat de precipitació de 42,75 mm/h, una precipitació de 1.026,09 mm, tenim el hietograma de la Figura 71.

Figura 71. Hietograma calculat per a una precipitació diària amb un període de retorn de 500 anys a la conca de la riera d'Argentona



Font: elaboració pròpia.

La magnitud d'aquesta precipitació ve determinada a l'apartat anterior per la conca i pels diferents períodes de retorn objecte de l'estudi.

6.3.2.5. Coberta vegetal i usos del sòl.

El tipus de coberta del sòl i l'ús al qual es destina, és la variable de les indicades anteriorment que es considera amb caràcter dinàmic. Així, és la única capa d'informació per calcular el nombre de corba que ens permet fer un estudi de la seva evolució i com pot variar el valor de P_o en cada un dels períodes estudiats.

En aquest sentit, cal establir una taula de conversió entre els usos i cobertes de la conca de la riera d'Argentona i els proposats pel model de nombre de corba NC modificat per Téméz (1978), com es pot observar a la Taula 40.

Taula 40. Conversió dels usos i cobertes del sòl d'aquest document als usos del sòl del SCS

Usos i cobertes del sòl dels mapes propis	Usos del sòl SCS
Aigües continentals naturals i/o artificials	Zona impermeable
Conreu herbaci	Cereals d'hivern
Conreu llenyós	Plantació regular d'aprofitament forestal pobre
Erm	Guaret
Equipament turístic	Zona impermeable
Massa forestal esclarissada	Massa forestal mitjana
Massa forestal espessa	Massa forestal espessa
Xarxa hidrogràfica	Zona impermeable
Zones industrials i comercials	Zona impermeable
Matollars	Massa forestal mitjana
Platja i litoral rocós	Guaret
Urbà dens	Zona impermeable
Urbanització	Zona impermeable
Extraccions mineres	Roques impermeables

Font: elaboració pròpia.

6.3.2.6. Anàlisi del pendent del terreny.

El darrer factor que té incidència en el nombre de corba d'infiltració d'un territori determinat és el pendent del terreny, considerant-se al respecte dues classes diferents: pendent inferior o superior al 3%.

En aquest cas utilitzarem el MDT²⁶ (model digital del terreny) proporcionat per l'ACA.

6.3.2.7. Càlcul del Nombre de Corba.

L'obtenció del mapa d'evolució del nombre de corba del S.C.S. a la zona d'estudi, s'ha obtingut a partir dels mapes dels usos del sòl i dels pendents elaborats anteriorment, aplicant els valors de la Taula 41. Aquests valors corresponen a la condició antecedent d'humitat II.

Taula 41. Valors mitjans del CN del SCS

Ús del sòl	Pend. (%)	Característiques Hidrològiques	Grup de sòl			
			A	B	C	D
guaret	≥ 3	R	15	8	6	4
	≥ 3	N	17	11	8	6
	< 3	R/N	20	14	11	8
conreus en filera	≥ 3	R	23	16	8	6
	≥ 3	N	25	16	11	8
	<3	R/N	28	19	14	11
cereals d'hivern	≥ 3	R	29	17	10	8
	≥ 3	N	32	19	12	10
	< 3	R/N	34	21	14	12
rotació de conreus pobres	≥ 3	R	26	15	9	6
	≥ 3	N	28	17	11	8
	< 3	R/N	30	19	13	10
Rotació conreus densos	≥ 3	R	37	20	12	9
	≥ 3	N	42	23	14	11
	< 3	R/N	47	25	16	13
praderies	≥ 3	Pobre	24	14	8	6
		Mitja	53	23	14	9
		Bona	69	33	18	13
		M.bona	81	41	22	15
	< 3	Pobre	58	25	12	7
		Mitja	81	35	17	10
		Bona	122	54	22	14
		M.bona	244	101	25	16
Plantacions regulars d'aprofitaments forestals	≥ 3	Pobre	62	26	15	10
		Mitja	80	34	19	14
		bona	101	42	22	15
		Pobre	75	34	19	14

²⁶ Model d'elevacions del terreny 30 m (ICC - METI i NASA) sobre Catalunya. Model de malla regular que conté altituds ortomètriques distribuïdes segons una quadrícula de 30 m de costat, procedents del Model d'Elevacions del Terreny de 15 m de l'ICC (remostrejat a 30 m) per les zones interiors a Catalunya i de l'Aster Global Digital Elevation Model per les zones exteriors a Catalunya.

	< 3	Mitja	97	42	22	15
		bona	150	50	25	16
Masses forestals (boscos, matolls...)		m.clara	40	17	8	5
		clara	60	24	14	10
		mitja	75	34	22	16
		espessa	89	47	31	23
		m.esp.	122	65	43	33
Tipus de sòl						
Roques permeables	≥ 3					3
	< 3					5
Roques impermeables	≥ 3					2
	< 3					4
Ferms granulars (no pav)						2
Empedrats						1,5
Paviments (betum/formigó)						1

Font: Ferrer (2000).

Aplicant els valors del quadre a cadascuna de les cel·les de 30 x 30 m que componen la totalitat del territori que integra la zona d'estudi, s'ha obtingut el plànol de nombre de corba del SCS. Finalment, s'ha procedit al càlcul del valor mitjà del nombre de corba a cadascuna de les subconques de càlcul, tant en condició antecedent d'humitat II com en la III, per integració dels valors puntuals de cadascuna de les cel·les que integren cada subconca. A la taula s'especifiquen els valors obtinguts a cada subconca.

Taula 42. Càlcul del nombre de corba per cada un dels tipus d'humitat II i III

Llera	Condició Nombre de Corba	
	II	III
Riera d'Argentona	72	88

Font: ACA (2001).

6.3.3. Càlcul del llindar d'escorrentiu.

El llindar d'escorrentiu és el paràmetre que ens permet calcular la pluja neta a partir d'una determinada precipitació, incorporant la interceptació per vegetació, l'emmagatzematge en petites depressions del terreny i la infiltració (ACA, 2003). Per calcular el llindar d'escorrentiu, es pot fer o bé a través de balanç hídric, o bé a través de mètodes empírics que es basen en les característiques de la conca. Donat que no tenim aforada aquesta conca, només ens resta l'alternativa d'utilitzar aquesta última opció. Concretament, utilitzarem el model de Nombre de Corba (NC) desenvolupat pel Soil Conservation Service (SCS) dels Estats Units el 1972.

Per fer estàndard l'aplicació del model NC, l'SCS va definir el nombre adimensional NC , de forma que a cada NC li correspongués un llindar d'escorrentiu Po . Aquest valor pot variar entre 0 i 100, i es determina que el $NC=100$ correspon a una superfície totalment permeable, essent Po nul. Pel que fa a l'Estat Espanyol, aquest mètode va ser adaptat per Témez (1978) i es especialment significatiu perquè és la norma que determina el drenatge de carreteres (Ferrer, 1993) i, en el nostre cas, perquè és el mètode que recomana l'ACA per a ser aplicat en els estudis hidrològics.

El mètode considera el procés de producció d'escorrentiu en dues fases. Una primera fase, des de l'inici de la pluja fins a l'inici de l'escorrentiu, on dominen les pèrdues i el sòl absorbeix tota l'aigua precipitada, fins a un valor límit. Assolit aquest valor, comença la segona fase on la precipitació únicament és absorbida parcialment, i on es genera l'escorrentiu superficial. S'accepta, per tant, l'existència d'un llindar o paràmetre d'escorrentiu (Po), expressat en mm, per sota del qual les precipitacions no produeixen escorrentiu (Témez, 1978).

La relació entre el Po i l' NC utilitzada habitualment al nostre territori és:

$$Po = (5.000/NC) - 50$$

On:

Po és el llindar d'escorrentiu en condicions d'humitat de tipus II, expressat en mm.

NC és el Nombre de Corba, adimensional.

Analitzant els resultats obtinguts en moltes conques fluvials, l'ACA (2003) va acordar que era convenient que el llindar d'escorrentiu Po fos més elevat amb un coeficient R adimensional anomenat factor racional, que reflecteix la variació regional d'humitat habitual en el sòl al començament de les precipitacions significatives. Així, el factor regional recomanat al nostre

territori és d'1,3. Per tant, el llindar d'escorrentiu que caldrà fer servir en el càlcul de la pluja neta és el valor de Po' , calculat com:

$$Po' = Po + r = Po \cdot 1,3$$

La següent equació defineix la relació bàsica entre la precipitació, llindar i pluja neta (Témez 1978), concretament, el mètode de càlcul de la pluja neta SE a partir de la precipitació SP :

$$SE = 0 \text{ si } SP \leq Po'$$

$$SE = (SP - Po')^2 / (SP - 4 \cdot Po') \text{ si } SP \geq Po'$$

SP és la pluja acumulada des del començament de la precipitació.

SE és la pluja neta.

Po' és el paràmetre o llindar d'escorrentiu corregit pel factor regional r

El paràmetre d'escorrentiu pot obtenir-se d'acord amb les taules proposades per Témez (1978) sobre la base de les proposades pel SCS. Aquesta taula es basa en les característiques de la conca, bàsicament el pendent, els usos i cobertes del sòl i la capacitat d'infiltració segons el tipus hidrològic del sòl. Per cada suma de les característiques identificades anteriorment, tindrem un valor tabulat de Po .

Complementàriament, també cal considerar l'estat previ d'humitat (condició I: sec, condició II: mig i condició III: humit) pel quals tindrem una taula amb valors diferents per cada un d'ells. La taula per a condicions d'humitat III tindrà valors inferiors de Po , a causa de que disposa d'una menor capacitat d'infiltració d'aigua. L'estat previ d'humitat (Taula 43) s'utilitza en la hidrologia de l'aigua superficial com a predicció de l'escorrentiu. Quan hi ha precipitacions, el sòl reté un grau d'humitat, la qual afecta a la capacitat d'infiltració del sòl. Quan es tornin a produir precipitacions, la humitat existent provocarà que el sòl se sature més ràpidament. Com més ens apropem a les condicions III d'humitat, més ràpidament es torna a saturar el sòl i es forma escorrentiu. La tria de l'estat previ d'humitat depèn del total de precipitació caiguda en 5 dies anteriors a l'esdeveniment en concret, i a les etapes de creixement estacional de les collites (NEH-4, 1964). Si considerem una pluja real, i segons el SCS, el llindar d'escorrentiu de les taules ha de corregir-se depenent de si els 5 dies anteriors haguéssim tingut pluges o no. En el nostre cas, però, establirem l'estat previ d'humitat mitjà (ACA, 2003).

Taula 43. Criteris d'elecció de l'estat previ d'humitat

Estat previ d'humitat	Precipitació prèvia en un total de 5 dies (en mm)	
	Estació inactiva de les collites	Estació de creixement de les collites
I	Menys de 13	Menys de 36
II	De 13 a 28	De 36 a 53
III	Més de 28	Més de 53

Font: Elecció de l'estat previ d'humitat segons el total de precipitació caiguda en 5 dies anteriors a l'esdeveniment en concret i a les etapes de creixement estacional de les collites NEH-4 (1964).

En aquest document es calcula el llindar d'escorrentiu combinant els factors de conca següent: pendent del terreny, usos del sòl, tipus de pràctica de cultiu i característiques hidrològiques del sòl (grup hidrològic del sòl), d'acord amb les taules de Témez i per a condicions mitjanes d'humitat antecedent, d'acord amb les Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local (ACA, 2003).

Aquests paràmetres es poden incorporar a un SIG i calcular el Po utilitzant la metodologia descrita per Ferrer et al. (1995).

Aquest càlcul es realitza en capes ràster a escala 30 metres. El SIG per calcular el Po ha estat Miramon 8.1.f., mitjançant l'ús de mòduls de treball ràster com:

- *Calclmg*: Mòdul que crea nous mapes ràster que són l'expressió aritmètica de capes ràster existents (inputs), constants enteres o en punts flotants i funcions.
- *Calclmg reclass*: Mòdul que crea una nova capa amb les categories basades en la reclassificació de les categories d'una capa ràster ja existent.

6.3.3.1. Obtenció de paràmetres per calcular el llindar d'escorrentiu.

Per poder aplicar el mètode NC adaptat per Témez (1978) s'han elaborat diverses capes d'informació geogràfica a escala de la conca hidrogràfica o es representa la informació indicada anteriorment per calcular el Po. A continuació s'indica el procés per elaborar cada una d'aquestes capes:

- Grups hidrològics de sòl, d'acord amb les descripcions fetes en aquest mateix capítol.
- Mapa de pendents.

Es classifica la superfície de la conca en funció del seu pendent. Aquesta classificació ha de contenir les categories de pendents ≥ 3 i pendents < 3 . Per obtenir aquest mapa seguim:

- Amb el programa Miramon 8.1.f concretament el mòdul *Anàlisi del terreny: pendents*, es calcula el pendent del MDE en format RÀSTER amb costat de cel·la de 30 m creat anteriorment.
 - Es fa una reclassificació (*reclass*) dels valors en les categories a valorar, en el nostre cas: ≥ 3 o < 3 .
-
- Usos del sòl

Els usos del sòl en el nostre estudi és un dels factors que varien en cada un dels períodes estudiats, i pel qual disposem de la cartografia i les superfícies per cada un dels usos.

Els sòls classificats com a zona impermeable, s'aplica el valor P_0 igual a 0.

6.3.3.2. Estudi de la dinàmica de la producció d'escorrentiu en funció dels usos i cobertes del sòl.

Usant el SIG ens permet obtenir mapes dinàmics que mostren els canvis en la producció d'escorrentiu durant els períodes analitzats a la conca. Aquests mapes s'han calculat a través de la resta de mapes de llinar d'escorrentiu pels períodes 1956-1992, 1992-2009 i com a síntesi del període de canvi entre 1956-2009. La disminució del llinar d'escorrentiu s'interpreta com un augment en la producció d'escorrentiu, i viceversa.

Els mapes inicials ens permeten conèixer per a cada indret de la conca el valor (en mm) d'increment o descens de la producció d'escorrentiu. Els mapes resultants, per la seva banda, ens donen un resum de la tendència general de cada sector, indicant el corresponent increment o disminució.

Per tal d'analitzar les variacions en la producció d'escorrentiu en funció dels canvis d'usos i cobertes de l'SCS es pot comparar, mitjançant taules creuades, els mapes dinàmics d'usos del sòl i els mapes dinàmics de variació de la producció de l'escorrentiu. En aquest sentit, es possible analitzar els efectes que els diferents canvis de sòl que ha sofert a cada àrea com han incidit respecte a l'augment o disminució del procés d'escorrentiu.

Utilitzant la metodologia descrita anteriorment, hem generat els mapes dinàmics que mostren els canvis en la producció d'escorrentiu durant els tres períodes analitzats a la conca de la Riera d'Argentona.

Els territoris amb llandars d'escorrentiu més comuns a la conca, però amb valors de 15 a 25 mm, són els corresponents a les muntanyes de capçalera, on els usos predominants són els forestals.

Els valors de P_o són força baixos, perquè es donen sobre grups hidrològics de sòls D, d'infiltració més lenta, amb litologies com les granodiorites i els granits (Gggd), acompanyats dels leucogranits (GI), els pòrfids àcids (Gpg) i, en menor quantitat, de dics d'aprites, pegmatites, leucogranits porfírics i pòrfirs leucogranítics (Fap), filons de quars (Fq) i filons de roques bàsiques de composició monzonogàbrica a gàbrica (Fmg), del Carbonífer-Permià.

En canvi, els llandars d'escorrentiu més alts es donen en els fons de les valls, a les planes al·luvials de les rieres i torrents (Qt1), en sòls agrícoles, prats i matolls, damunt de sòls ben drenats, classificats com a grup hidrològic de tipus A, on hi trobem les sorres, les graves i les lutites, conjuntament amb unitats de sorres, graves, llims i argiles. Situarem aquests espais a la riera d'Argentona, a l'àrea agrícola del veïnat de la Pujada i Traià (Argentona) i la plana de Cabrera.

Finalment, els llandars d'escorrentiu més baixos (< 15 mm) són els que es presenten en usos i cobertes del sòl més impermeables (nuclis urbans, urbanitzacions, zones industrials i comercials, pedreres o sòl erm). És el que trobem al marge esquerre de la desembocadura, als nuclis urbans d'Argentona i Dosrius, i a les zones industrials del Cros i Nord (Argentona) i els Alocs i Cementiri (Dosrius).

A continuació s'ha calculat el llandar d'escorrentiu de la conca per cada un dels períodes d'anàlisi: 1956, 1992, 2009, 2050 B1 i 2050 A2 (veure Taula 44) per tal d'analitzar la seva evolució en el temps, d'acord amb els canvis d'usos i cobertes del sòl. Així, tenim un valor d'escorrentiu de 23,19 mm per a l'any 1956, que incrementa 2,12 mm fins assolir un valor de 25,31 mm per a l'any 1992 i a continuació disminueix 0,62 mm per arribar a 24,69 mm per a l'any 2009. L'estimació pel 2050 depèn de l'escenari; per a l'A2 és d'una reducció significativa, i pel B1 es manté, concretament en 24,52 mm.

Taula 44. Nous Po obtinguts amb GIS

	1956	1992	2009	2050.A2	2050.B1
Po	23,19	25,31	24,69	16,20	24,52
Total ha	7.300,98	7.299,54	7.302,24	7.296,92	7.296,92

Font: elaboració pròpia.

A continuació es descriuen els significats dels termes de tipus de vegetació de les taules (MOPU, 1987) que es desenvoluparan posteriorment.

- Guaret: terra de cultiu que no es sembra. El percentatge d'explotació agrícola que es troba en aquest estat depèn de la periodicitat de les sèmbrs. A les terres en guaret s'apliquen generalment algunes labors que contribueixen a reduir el grau d'escorrentia, molt important en el nostre cas per a disminuir les inundacions, degut a l'escassa entitat de la vegetació.
- Cultius en filera: Terres sembrades de cultius, plantats formant fileres, per tal de poder portar a terme determinades labors agrícoles - destinades a millorar l'estructura del sòl, eliminar les males herbes-, en el període de desenvolupament de les plantes. L'efecte hidrològic de la major distància entre plantes existent en aquests casos està compensat pel brancatge, que protegeix el sòl de l'impacte de la pluja, i per la presència de potents sistemes radiculars.
- Cereals d'hivern: S'inclouen en aquesta categoria les terres dedicades a cereals les quals el seu cicle vegetatiu es pot desenvolupar durant l'hivern, com ara el blat, l'ordi i la civada.
- Rotació de cultius: Es la seqüència cíclica de cultius en una determinada parcel·la d'una explotació agrícola. La duració del cicle, variable segons el tipus de cultiu, generalment està compresa entre dos i set anys. Des del punt de vista hidrològic, és necessari establir la següent divisió:
 1. Rotació pobra o amb escassa densitat de la cobertura vegetal. Es tracta de les diverses combinacions de cultius en filera, cereals d'hivern i guaret.
 2. Rotació densa. Es denomina a la que, juntament amb cultius en filera o cereals d'hivern, inclou una proporció important d'alfals, trèvol, praderes polifites o altres sèmbrs d'alta densitat de cobertura.
- Praderies, prats i pastures: S'agrupen en aquesta categoria el conjunt de cultius l'aprofitament dels quals constitueix la base de l'alimentació del ramat. Es classifiquen en:
 - Pobres. Quan reben un intens règim de pastura o amb cobertura vegetal de menys del 50 % de la superfície, com són les pastures i els erms.

- Mitjanes. Aprofitades per un moderat règim de pastura o amb una cobertura vegetal en un percentatge de la superfície total entre el 50 y el 75 %.
- Bones. Aprofitades per un règim de pastura baix o amb una cobertura vegetal de més del 75 % de la superfície total.
- Molt bones. Formen part d'aquest grup les praderes artificials i naturals, les mixtes i els prats naturals, quan no s'aprofiten per pastures. La vegetació es densa, abundant i homogènia.
- Plantacions regulars d'aprofitament forestal: agrupa les plantacions regulars d'arbres com ara els pollancre i els eucaliptus. S'han establert diferents grups d'acord amb les característiques de la cobertura vegetal no arbòria:
 - Pobres. Pràcticament no existeix cap altre tipus de vegetació que l'arbòria. S'eliminen els estrats herbacis i arbustius.
 - Mitges. Existeix alguna vegetació a més de l'arbòria, o bé matèria vegetal no descomposta. Malgrat tot, una part important del sòl no té cap tipus de vegetació.
 - Bones. La vegetació (matolls, herbes...), i la matèria vegetal no descomposta cobreixen el sòl.
- Masses forestals: Es tracta de les superfícies de terreny on es desenvolupa la vegetació llenyosa arbòria i arbustiva, com ara els boscos i les brolles. En relació a la densitat de la vegetació es divideixen en a) molt espesses; b) espesses; c) mitges; d) clares, i e) molt clares (arbres i arbusts disseminats). Dins de la categoria de masses forestals no s'han establert a la taula diferències en relació a la pendent, per considerar que no es habitual que es desenvolupin aquest tipus d'aprofitaments en terrenys plans.

Característiques hidrològiques. Treballs de cultiu:

- Símbol R: Els treballs del sòl, la sembra i les feines de cultiu es realitzen en la direcció de la màxima pendent o a mitja pendent.
- Símbol N: Els treballs del sòl, la sembra i els treballs de cultiu es realitzen seguint les corbes de nivell del terreny.

Evidentment, en terrenys plans no es consideren les corbes de nivell, de manera que no es diferencien els treballs en línia recta (R) o en línies de nivell (N).

Tipus de sòls:

- Grup A. En aquests tipus de sòls l'aigua s'infiltra ràpidament, encara que estiguin molt humits. Profunds i de textures gruixudes (arenoses o areno-llimoses), estan excessivament drenats.
- Grup B. Quan estan molt humits tenen una capacitat d'infiltració moderada. La profunditat del sòl és de mitja a profunda, i la seva textura franco-arenosa, franca, franco-argilosa o franco-llimosa, segons terminologia de l'U. S. Departament of Agriculture. Estan ben o moderadament drenats.
- Grup C. Quan estan molt humits, la infiltració és lenta. La profunditat del sòl és inferior a la mitjana i la seva textura és franco-argilosa, franco-argilosa-llimosa, llimosa o argilo-arenosa. Són sòls imperfectament drenats.
- Grup D. Quan estan molt humits, la infiltració és molt lenta. Tenen horitzons d'argila a la superfície o pròxima a ella i estan pobrament o molt pobrament drenats. També s'inclouen en aquest grup els terrenys amb un nivell freàtic permanent alt i els sòls de poc gruix (litosòls).

A continuació calculem el llinar d'escorrentiu P_o per cada un dels anys de l'estudi (Taules 45, 46, 47, 48 i 49).

Taula 45. Càlcul de la Po de la conca de la riera d'Argentona per a l'any 1956

Ús del sòl	Superf. (%)	Pend. (%)	Carac. Hidrol.	Po (mm)				Grup de sòl (%)				Po (mm)
				A	B	C	D	A	B	C	D	
guaret		≥ 3	R	15	8	6	4					
		≥ 3	N	17	11	8	6					
	0,07	< 3	R/N	20	14	11	8	100				0,01
conreus en filera		≥ 3	R	23	16	8	6					
	7,56	≥ 3	N	25	16	11	8				100	0,60
		< 3	R/N	28	19	14	11					
cereals d'hivern		≥ 3	R	29	17	10	8					
	22,51	≥ 3	N	32	19	12	10				100	2,25
		< 3	R/N	34	21	14	12					
Masses forestals (boscos, matolls...)			m.clara	40	17	8	5					
	0,94		clara	60	24	14	10				100	0,09
	9,58		mitja	75	34	22	16				100	1,53
	57,83		espessa	89	47	31	23				100	13,30
			m.esp.	122	65	43	33					
Tipus de sòl												
Empedrats	1,52						1,5					0,03
	100										Po Inicial	17,81
Coeficient corrector r: 1,30										Po final	23,19	

Font: elaboració pròpia.

Taula 46. Càlcul de la Po de la conca de la riera d'Argentona per a l'any 1992

Ús del sòl	Superf. (%)	Pend. (%)	Carac. Hidrol.	Po (mm)				Grup de sòl (%)				Po (mm)
				A	B	C	D	A	B	C	D	
guaret		≥ 3	R	15	8	6	4					
	0,74	< 3	R/N	20	14	11	8	100				0,15
conreus en filera		≥ 3	R	23	16	8	6					
	0,17	≥ 3	N	25	16	11	8				100	0,01
		< 3	R/N	28	19	14	11					
cereals d'hivern		≥ 3	R	29	17	10	8					
		≥ 3	N	32	19	12	10					
	14,47	< 3	R/N	34	21	14	12				100	1,74
Masses forestals (boscos, matolls...)			m.clara	40	17	8	5					
	0,51		clara	60	24	14	10				100	0,05
	7,88		mitja	75	34	22	16				100	1,53
	70,05		espessa	89	47	31	23				100	15,87
			m.esp.	122	65	43	33					
Tipus de sòl												
Paviments (betum/formigó)	6,19						1					0,06
	100										Po Inicial	19,41
Coeficient corrector r: 1,30										Po final	25,31	

Font: elaboració pròpia.

Taula 47. Càlcul de la Po de la conca de la riera d'Argentona per a l'any 2009

Ús del sòl	Superf. (%)	Pend. (%)	Carac. Hidrol.	Po (mm)				Grup de sòl (%)				Po (mm)
				A	B	C	D	A	B	C	D	
guaret		≥ 3	R	15	8	6	4					
		≥ 3	N	17	11	8	6					
	1,64	< 3	R/N	20	14	11	8	100				0,33
conreus en filera		≥ 3	R	23	16	8	6					
	0,37	≥ 3	N	25	16	11	8				100	0,03
		<3	R/N	28	19	14	11					
cereals d'hivern	14,47	< 3	R/N	34	21	14	12				100	1,74
Masses forestals (boscos, matolls...)			m.clara	40	17	8	5					
	3,45		clara	60	24	14	10				100	0,35
	5,49		mitja	75	34	22	16				100	0,88
	67,51		espessa	89	47	31	23				100	15,53
Tipus de sòl												
Paviments (betum/formigó)	13,06						1					0,13
	100										Po Inicial	18,99
Coeficient corrector r: 1,30											Po final	24,69

Font: elaboració pròpia

Taula 48. Càlcul de la Po per la conca de la riera d'Argentona per a l'any 2050 (escenari A2)

Ús del sòl	Superf. (%)	Pend. (%)	Carac. Hidrol.	Po (mm)				Grup de sòl (%)				Po (mm)
				A	B	C	D	A	B	C	D	
guaret		≥ 3	R	15	8	6	4					
		≥ 3	N	17	11	8	6					
	5,56	< 3	R/N	20	14	11	8	100				1,18
conreus en filera		≥ 3	R	23	16	8	6					
	0,90	≥ 3	N	25	16	11	8				100	0,07
		<3	R/N	28	19	14	11					
cereals d'hivern	2,3	< 3	R/N	34	21	14	12				100	0,28
Masses forestals (boscos, matolls...)			m.clara	40	17	8	5					
	5,30		clara	60	24	14	10				100	0,54
	21,55		mitja	75	34	22	16				100	4,96
	44,82		espessa	89	47	31	23				100	10,31
Tipus de sòl												
Paviments (betum/formigó)	19,28						1					0,19
	100										Po Inicial	12,46
Coeficient corrector r: 1,30											Po final	16,20

Font: elaboració pròpia

Taula 49. Càlcul de la Po per la conca de la riera d'Argentona per a l'any 2050 (escenari B1)

Ús del sòl	Superf. (%)	Pend. (%)	Carac. Hidrol.	Po (mm)				Grup de sòl (%)				Po (mm)
				A	B	C	D	A	B	C	D	
guaret		≥ 3	R	15	8	6	4					
		≥ 3	N	17	11	8	6					
	1,64	< 3	R/N	20	14	11	8	100				0,33
conreus en filera		≥ 3	R	23	16	8	6					
	0,37	≥ 3	N	25	16	11	8				100	0,03
		<3	R/N	28	19	14	11					
cereals d'hivern		≥ 3	R	29	17	10	8					
		≥ 3	N	32	19	12	10					
	14,47	< 3	R/N	34	21	14	12				100	1,74
Masses forestals (boscos, matolls...)			m.clara	40	17	8	5					
	3,45		clara	60	24	14	10				100	0,35
	5,49		mitja	75	34	22	16				100	0,88
	67,51		espessa	89	47	31	23				100	15,53
			m.esp.	122	65	43	33					
Tipus de sòl												
Paviments (betum/formigó)	13,06						1					0,13
	100										Po Inicial	18,86
Coeficient corrector r: 1,30											Po final	24,52

Font: elaboració pròpia

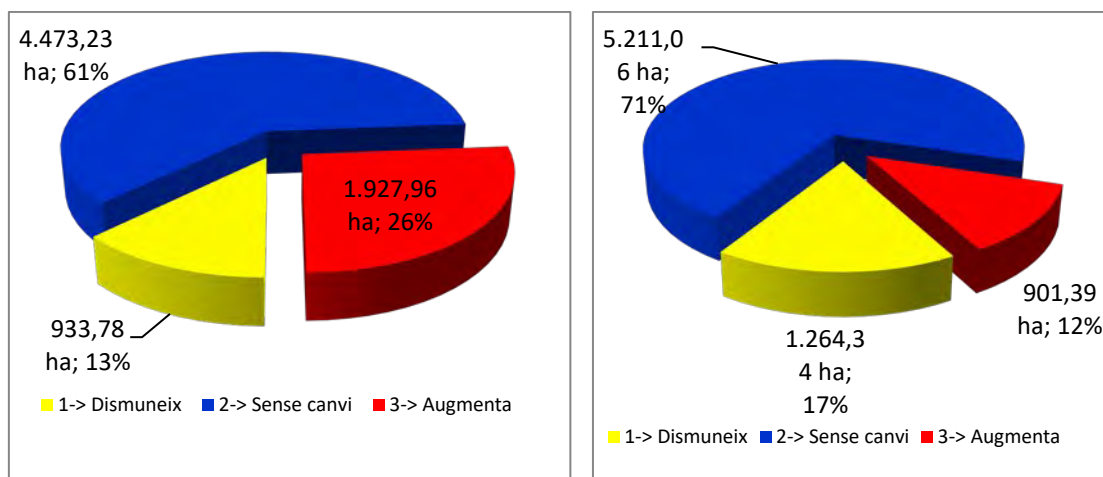
Paral·lelament s'ha realitzat el tractament de la cartografia a través del SIG i s'han obtingut per als períodes 1956-1992, i 1992-2009, les superfícies de la conca on s'ha incrementat el *Po* (vermell), ha disminuït (groc) o bé s'ha mantingut.

En el període 1956-1992, el llinar d'escorrentiu (*Po*) es va mantenir sense canvi en 4.473,23 ha, el 61% de la conca. En canvi, va disminuir en 933,78 ha, el 13% de superfície, i va augmentar en 1.927,96 ha, que significa el 26% del territori (Figura 72).

En el període 1992-2009, la superfície sense canvis s'incrementa a les 5.211,06 ha, un 71% de la conca, l'àrea on disminueix augmenta lleugerament fins a les 1.264,3 ha, i on augmenta el *Po* és només de 901,39 ha, el 12% del territori (Figura 73).

Figura 72. Variacions del llindar d'escorrentiu a la conca de la riera d'Argentona 1956-1992. (esquerre)

Figura 73. Variacions del llindar d'escorrentiu a la conca de la riera d'Argentona 1992-2009 (dreta)



Font: elaboració pròpia.

6.3.3.3. Resultats. L'evolució del paràmetre del llindar d'escorrentiu en funció dels usos i cobertes del sòl pels anys 1956, 1992, 2009 i 2050.

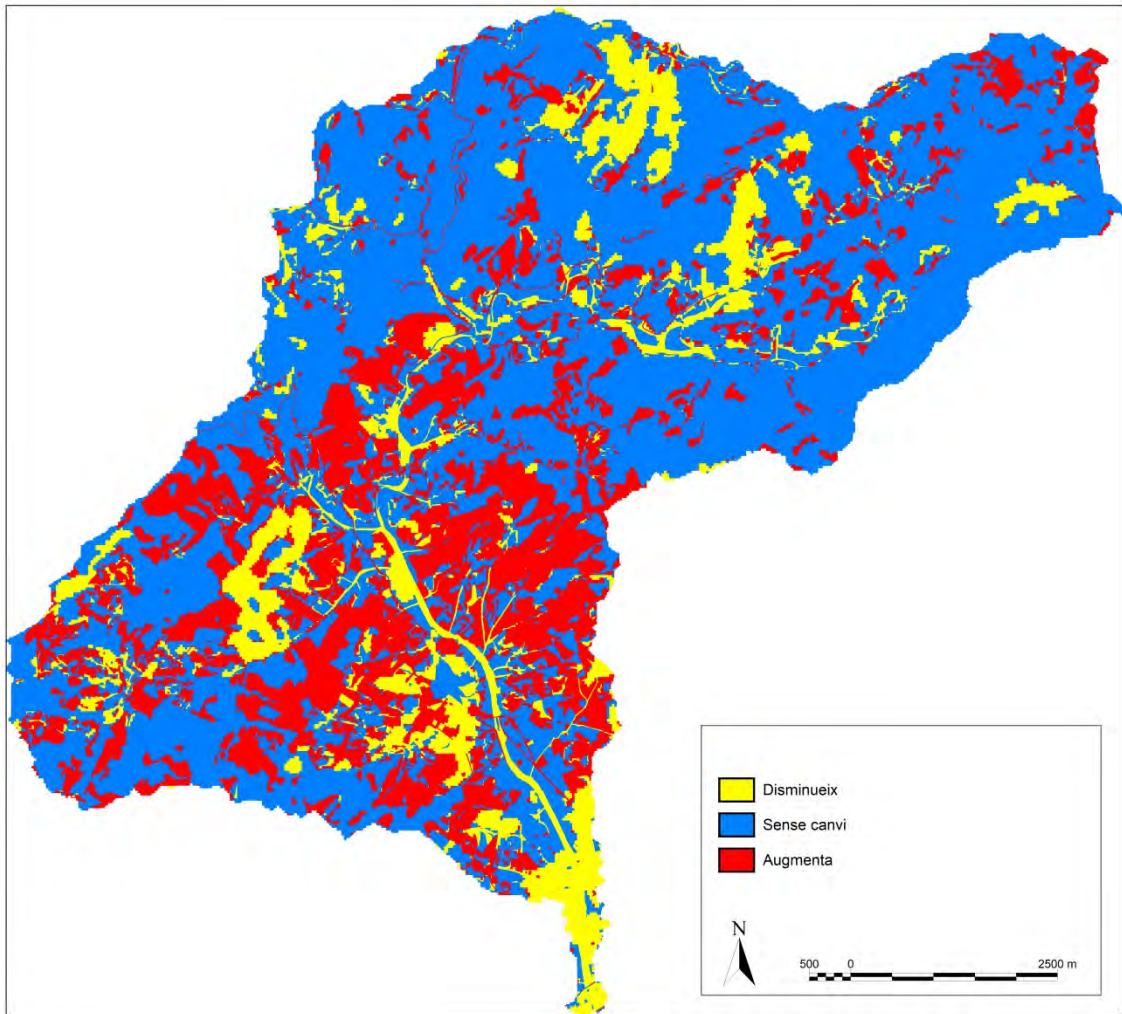
Seguidament s'analitza com el paràmetre del llindar d'escorrentiu ha anat variant d'acord amb els canvis experimentats en els usos i cobertes del sòl a la conca de la riera d'Argentona per cada un dels anys estudiats.

Es valora la potencialitat de la conca per a produir escorrentiu, denominat coeficient d'escorrentiu, fet que incrementa la perillositat de les inundacions.

La variació del llindar d'escorrentiu (P_o) de la conca entre 1956 i 1992 ens determina un territori majoritàriament sense canvi, però amb un significatiu increment de la superfície on l'escorrentiu augmenta, en relació a la superfície on disminueix (Figura 74).

El balanç és una increment significatiu de l'escorrentiu.

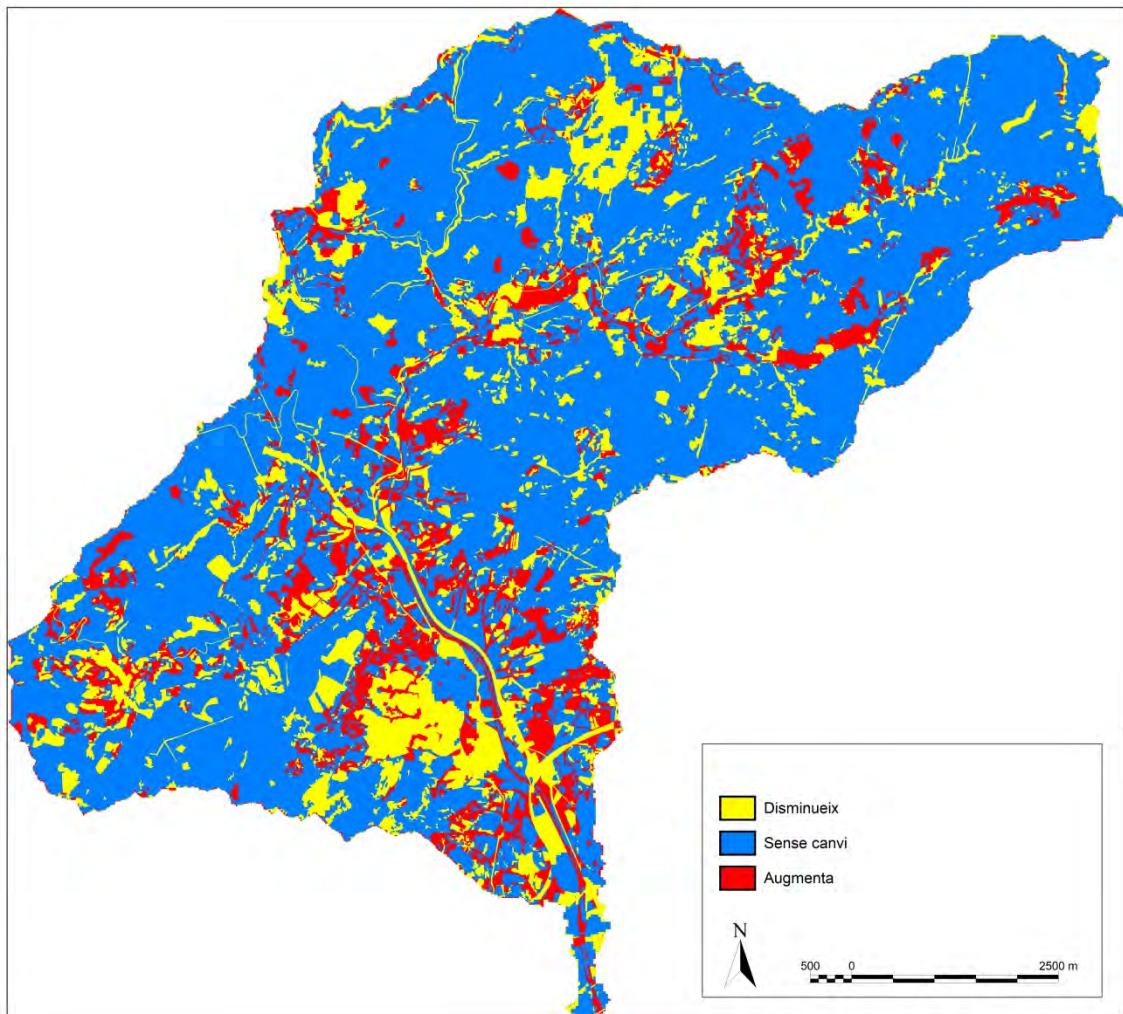
Figura 74. Variació del llinar d'escorrentiu (Po) de la conca de la riera d'Argentona (període 1956-1992)



Font: elaboració pròpia.

La variació del llinar d'escorrentiu (Po) de la conca entre 1992 i 2009 ens determina un territori on domina la superfície que no presenta cap canvi d'increment/reducció de l'escorrentiu. Però en el balanç, tenim una lleu reducció de l'escorrentiu (Figura 75). El balanç és una reducció lleu de l'escorrentiu.

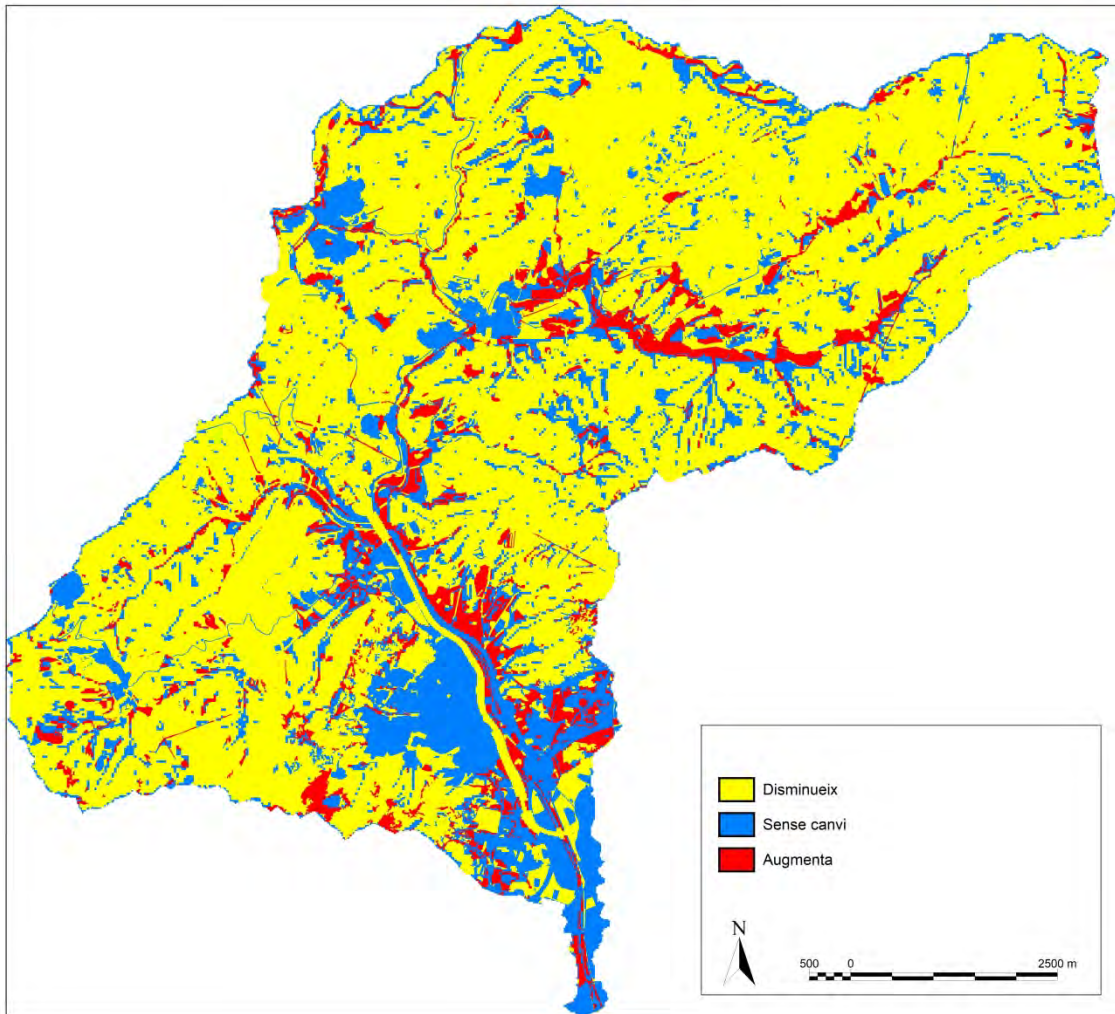
Figura 75. Variació del llindar d'escorrentiu (Po) de la conca de la riera d'Argentona (període 1992-2009)



Font: elaboració pròpia.

Quan analitzem la variació del llindar d'escorrentiu (Po) de la conca entre 2009 i 2050 (escenari A2) obtenim una reducció significativa de l'escorrentiu (Po) a tota la conca, excepte a la part inferior, on no es produeixen canvis (Figura 76). El balanç és una reducció significativa de l'escorrentiu.

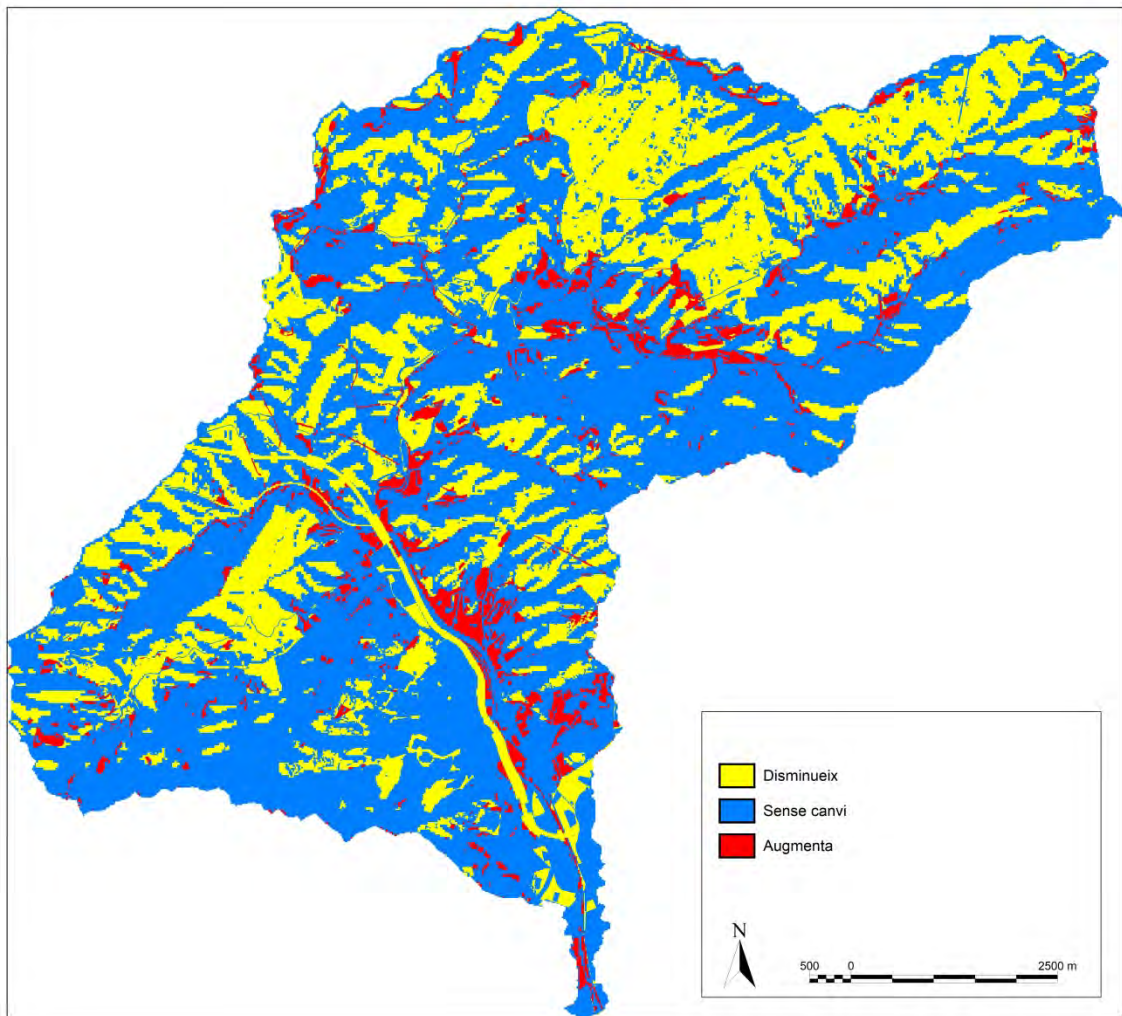
Figura 76. Variació del llinar d'escorrentiu (Po) de la conca de la riera d'Argentona (període 2009-2050 -escenari A2-)



Font: elaboració pròpia.

Finalment, valorant la variació del llinar d'escorrentiu (Po) de la conca entre 2009 i 2050 (escenari B1) obtenim una superfície dominant sense canvis, però també tenim una reducció de l'escorrentiu (Po) a tota la conca (Figura 77). El balanç és una reducció significativa de l'escorrentiu.

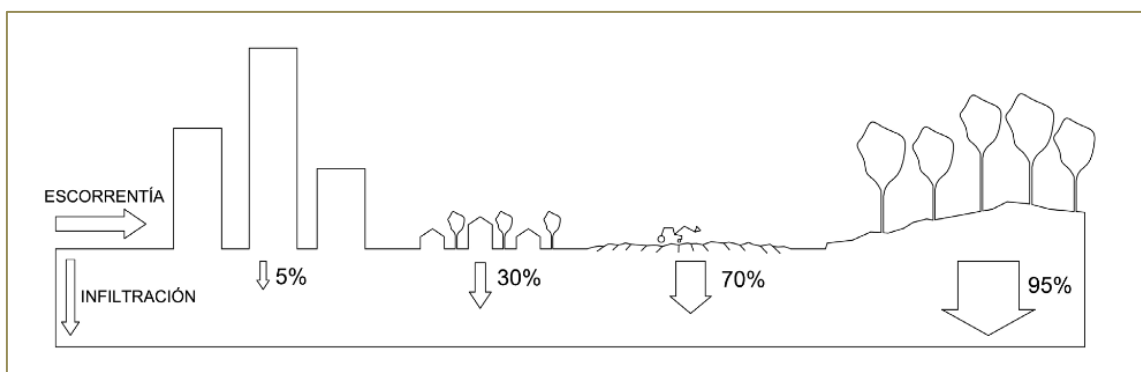
Figura 77. Variació del llindar d'escorrentiu (Po) de la conca de la riera d'Argentona (període 2009-2050 -escenari B1-)



Font: elaboració pròpia.

A causa de la impermeabilització de les àrees urbanes que s'ha anat incrementant des de 1956 al 2050, la infiltració de l'aigua al sòl es considera considerablement menor, i per aquesta raó, l'escorrentiu, augmenta.

Figura 78. Relació de l'escorrentiu i l'infiltració segons el grau d'urbanització



Font: Sánchez et al. (2019).

El grau d'urbanització i impermeabilització del sòl està directament relacionat amb la capacitat d'infiltració i l'augment de l'escorrentiu urbà. A les superfícies urbanes de les ciutats l'escorrentiu és més gran que a les zones rurals poc edificades, i molt menor a l'entorn natural (Figura 78).

Figura 79. Quantitat d'escorrentiu en funció del temps i de la quantitat de precipitació.

CANTIDAD ESTIMADA DE AGUA DE ESCORRENTÍA Y DE INFILTRACIÓN SEGÚN GRADO DE URBANIZACIÓN				
	Ciudad densamente urbanizada	Residencial urbanización media	Zona rural o agropecuaria	Entorno natural
Escorrentía	95%	70%	30%	5%
Infiltración	5%	30%	70%	95%

Font: Tragsa (2015).

6.3.4. Hidrograma d'escorrentiu superficial.

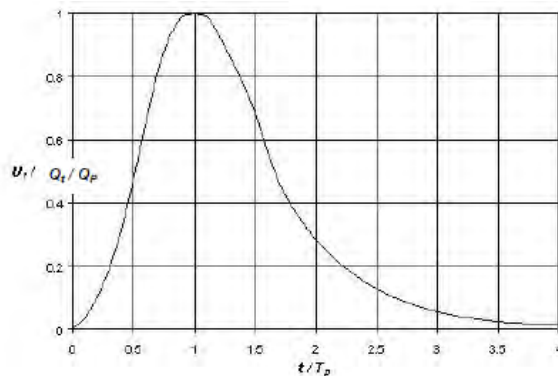
Per a l'obtenció de l'hidrograma d'escorrentiu superficial s'ha fet servir l'hidrograma unitari del S.C.S., que és un hidrograma unitari sintètic adimensional amb un sol paràmetre, el temps de desfasament de la punta (T_{dp}). Les equacions bàsiques d'aquest hidrograma són:

$$Q_p = 2,08 \frac{A}{T_p}$$

$$T_p = \frac{\Delta t}{2} + T_{dp}$$

Essent A l'àrea de la conca en Km^2 , T_p (hores) el temps per al qual es produeix el cabal punta Q_p (m^3/s).

Figura 80. Hidrograma unitari del SCS



Font: SCS.

El T_{dp} es defineix com el desfasament existent entre el centre de gravetat del hidrograma net i el temps T_p en què es produeix el màxim valor del cabal Q_p .

El T_{dp} es defineix com el desfasament existent entre el centre de gravetat del hidrograma net i el temps T_p en què es produeix el màxim valor del cabal Q_p .

En el model HEC-HMS el paràmetre T_{dp} s'anomena lag. Degut a la manca de disponibilitat de dades d'avingudes aforades reals a cada conca, s'ha adoptat, seguint el criteri del S.C.S., la següent expressió per a aquest paràmetre a totes les conques d'estudi:

$$lag = 0,6 \cdot T_c$$

Essent T_c el temps de concentració de la conca.

Per a l'estimació del temps de concentració T_c , es va adoptar la fórmula de Témez, que ha estat contrastada a conques amb predomini de flux de llera amb bon estat.

Mètode hidrològic de propagació d'hidrogrames

Pel que fa a la propagació d'una avinguda al llarg d'una llera, s'ha fet servir el model d'ona cinemàtica en un canal, en no disposar de dades d'hidrogrames d'avingudes reals a la conca de la riera d'Argentona que permetin el calibratge dels models.

El mètode d'ona cinemàtica està basat en una aproximació en diferències finites de l'equació de continuïtat i una simplificació de l'equació de moments.

Com a dades de partida el model necessita:

- Forma de la secció transversal (s'ha considerat una secció trapezoïdal)
- Amplada del fons del canal.
- Pendent de les parets del canal. Ha estat establert una pendent de 2H:1V en tots els casos.
- Pendent de la línia del gradient d'energia (pendent de la riera)
- Longitud de la riera.
- N Manning. Coeficient de rugositat del canal. S'ha establert un valor de 0'07 a tots els trams, un valor que proporciona unes velocitats de transmissió admissibles.

Estacions pluviomètriques

Es va introduir a tots els models 1 hietograma de pluja de 24 hores de durada i un altra el hietograma de pluja de 12 hores de durada.

Models meteorològics

Per a cada conca s'ha establert 8 models meteorològics, un per cada un dels períodes de retorn.

6.3.5. Càlcul dels cabals d'avinguda.

El cabal d'avinguda és el cabal màxim per una avinguda associada a un període de retorn determinat. Serà el valor que utilitzarem per determinar l'alçada màxima de la làmina d'aigua durant un episodi d'inundació.

El període de retorn, donat el seu caràcter estocàstic, es considera una variable aleatòria, on es consideren els cabals d'avinguda com a màxims anuals. La magnitud de l'avinguda es mesura comparant el seu pic de cabal amb determinats cabals de referència, generalment associats a períodes de retorn "T".

Un cabal associat a un període de retorn determinat, Q_T , es defineix com el cabal que té una probabilitat de ser superat pel cabal màxim anual Q d'acord amb:

$$P(Q \geq Q_T) = \frac{1}{T}$$

Mentre que la probabilitat de superar aquest cabal en un període d'anys T és de:

$$P(Q \geq Q_T) = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)$$

Així, la probabilitat de que es produeixi una avinguda per un cabal Q_{500} en un període de 5 anys és de l'1%, en 50 anys del 10 %, en 100 anys del 18% i en 500 anys del 63%.

El càlcul dels cabals d'avinguda per als períodes de retorn indicats en apartats precedents, s'ha efectuat fent servir el programa HEC-HMS, utilitzant els models construïts d'acord amb les indicacions anteriors.

Els paràmetres adoptats en el model són els de la Taula 50.

Taula 50. Paràmetres pel càlcul dels cabals d'avinguda

Procés	Mètode	Valor
Precipitació	Precipitacions màximes diàries	0,8282
		$P_0 = 0,2 \cdot S$
Estimació de la pluja neta	Soil Conservation Service	CN condició antecedent d'humitat II
Hidrograma d'escorrentia superficial	Hidrograma unitari del S.C.S	T_c Fórmula de Témez $T_{dp} = lag = 0,6 \cdot T_c$
Propagació d'hidrogrames	Ona cinemàtica	Secció trapezoïdal, pendent $2H=1V$ $n=0,07$
Durada de la pluja		12 hores
Hietograma	Blocs alternants	$I_M = 126,1 (\Delta t)^{-0,73}$
Model meteorològic	Estacions amb pesos definits per l'usuari	
Especificacions de control		Simulació 48 hores de duració

Font: elaboració pròpia.

6.3.5.1. Càlcul de l'hidrograma de sortida.

En base als hietogrames de precipitació obtinguts per cada subconca i temps de retorn determinat, el programa HEC-HMS determina l'hidrograma i el cabal pic de sortida de cada subconca.

S'han determinat tres models meteorològics en la simulació, corresponents a 50, 100 i 500 anys de retorn. La simulació s'ha realitzat durant un període de 34 hores, per incloure la regressió de l'hidrograma un cop finalitzada la pluja.

La modelització hidrològica s'ha portat a terme mitjançant l'aplicació d'un model de simulació del procés de precipitació-escorrentia basat en el programa HEC HMS desenvolupat pel centre d'enginyeria hidrològica del cos d'enginyers de l'armada dels Estats Units d'Amèrica.

El programa està dissenyat per simular la resposta d'una conca a la precipitació, determinant aquesta resposta a través d'una combinació de mecanismes hidràulics i hidrològics interconnectats. Cadascun d'aquests mecanismes constitueix un dels components del programa i fa referència a un aspecte del procés precipitació-escorrentia. Cada component requereix la definició d'un conjunt de paràmetres que especifiquen les seves característiques particulars, així com les relacions matemàtiques que descriuen els processos físics que hi tenen lloc. El resultat final consisteix en l'obtenció de l'hidrograma als punts on interessa el seu coneixement.

La conca total se simula a través d'un conjunt de zones interconnectades, de tal manera que cadascuna es pot representar a través de paràmetres que reflecteixen les seves condicions mitjanes.

En síntesi, els processos que té en compte el programa són:

- Generació d'escorrentia. Per a la qual cosa cal definir el hietograma de la tempesta de càlcul, que és la data d'entrada per a la determinació de l'escorrentia en una subconca parcial. L'escorrentia superficial s'obté sotraient del volum total precipitat –a cada interval de temps- els volums derivats dels efectes d'infiltració, retenció i intercepció. Aquesta escorrentia unitària esdevé l'hidrograma generat per cada subconca a partir de l'aplicació de les tècniques corresponents a l'hidrograma unitari. No s'han pres en compte els cabals provinents d'infiltració tornada a la llera en l'obtenció de l'hidrograma, ni les pèrdues per evapotranspiració en l'obtenció de la pluja neta.
- Propagació d'hidrogrames generats a través de les lleres. Els hidrogrames parcials de les diferents subconques es poden sumar, per simular les confluències, o modificar per tenir en compte els efectes de la propagació al llarg de les lleres, per la qual cosa es

poden fer servir diferents tècniques, com ara el mètode d'ona cinemàtica, el de Muskingum, etc.

Per a l'obtenció de la pluja neta s'ha fet servir el mètode del Soil Service Conservation (SCS), que assumeix l'existència d'un llindar d'escorrentiu (P_0), per sota del qual les precipitacions no provoquen escorrentia.

L'equació bàsica que defineix la relació precipitació-escorrentia en el mètode del SCS és:

$$R/S = E / (P - P_0)$$

Essent S la màxima retenció possible, E la part de la precipitació que produeix escorrentia, R la part de precipitació retinguda, P la precipitació i P_0 el llindar d'escorrentiu.

La precipitació retinguda a cada instant es defineix com:

$$R = (P - P_0) - E$$

El llindar d'escorrentiu P_0 (mm) es calcula a través de la següent expressió:

$$P_0 = 5000 / CN - 50$$

Essent CN el nombre de corba l'obtenció del qual s'ha exposat anteriorment.

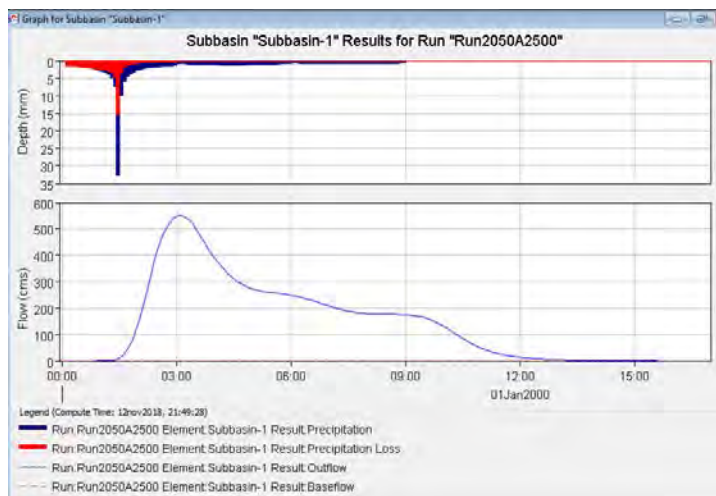
La màxima retenció possible S , obtinguda d'anàlisis empíriques realitzades pel S.C.S., és:

$$P_0 = 0,2 \cdot S$$

A l'Annex 1, es mostren els hidrogrames de disseny per cada un dels anys d'estudi i pels corresponents períodes de retorn.

A continuació es presenta a la Figura 81 un dels hidrogrames més significatius per a la quantitat d'aigua present, el de l'any 2050, escenari A2, pel període de retorn de 500 anys.

Figura 81. Hidrograma de disseny pel 2050 escenari A2 i pel període de retorn de 500 anys



Font: elaboració pròpia.

Dels hidrogrames obtinguts es pot apreciar com les corbes presenten un comportament no molt simètric; hi ha un ràpid increment del cabal de crescuda fins arribar al cabal màxim i a partir d'aquest cabal té temps més prolongats.

Així mateix, d'acord amb els càlculs obtinguts amb HEC-HMS a la Taula 51 s'indica el pic de descàrrega i el temps en que es produeix aquest pic, per cada període de retorn.

Taula 51. Dades obtingudes amb el programa HEC-HMS

Any	Període de retorn	Pic de descàrrega m ³ /s	Temps del pic de descàrrega (h)
2009	50	121	3,20
	100	181,6	3,20
	500	409,7	3,15
2050	50	195,8	3,15
	100	274,7	3,10
Escenari A2	500	550,6	3,05
2050 Escenari B1	50	158,7	3,15
	100	229,2	3,15
	500	484,4	3,05

Font: elaboració pròpia.

S'observa com a mesura que s'augmenta el període de retorn s'incrementa el cabal. El temps en que es genera el pic de descàrrega és similar per a tots els períodes de retorn.

6.4. Modelació hidràulica mitjançant Guad2D

Per a la determinació de les àrees inundables s'ha usat els resultats obtinguts a la modelació hidrològica, que s'han introduït al programa Guad2D per importar la capa resultant a Miramon 8.1.f. S'han anat creant les diferents capes: dades del terreny, malla triangular, terreny interpolat, fricció (Manning), condicions de contorn d'entrada per cada Període de retorn, condicions de sortida i les estructures com els ponts.

Amb les dades geomètriques i de corrent ja definides s'aplica el model, obtenint una representació gràfica i numèrica del tram a estudiar. El fitxer obtingut s'exporta a format ASCII compatible amb qualsevol programari GIS d'ús habitual en l'enginyeria (ArcGis, MapInfo, Miramon, MapWinGis, gvSIG, etc.), i en el nostre cas Miramon 8.1f.

Amb les àrees d'inundació (envolventes), obtingudes amb Guad2D, visualitzades amb GuadView 1.8.18 per cada període de retorn i importades a Miramon s'obté un mapa ràster, amb una resolució de 2 x 2 m cada cel·la. Obtenim les dades sobre l'amplada i calat de la làmina d'aigua de la inundació.

Complementàriament s'han determinat les seccions transversals aigües amunt i aigües avall en els llocs on hi ha ponts d'acord amb l' "Estudi hidràulic i hidrològic de la riera d' Argentona. TM Cabrera de Mar, Argentona i Mataró", (ACA, 2013)

Pendent longitudinal.

La pendent mitjana longitudinal de la llera és la diferència total de l'elevació de la llera principal (cota màxima i mínima) dividida per la longitud total.

$$Pendent\ de\ la\ llera = \frac{(500 - 100)}{19000} = 0,026$$

Dades hidràuliques

Coeficient de Manning

Un dels mètodes més utilitzats a la hidràulica per determinar el volum que circula per una llera per unitat de temps o cabal és l'equació de Manning, que depèn de paràmetres com l'àrea, perímetre mullat, radi hidràulic o la pendent que són de fàcil determinació, no així el coeficient que determina la quantitat de resistència dinàmica al flux, la n de Manning.

En el cas concret de la conca de la riera d'Argentona utilitzarem els coeficients de Manning determinats per HEC (2000), ACA (2003) i a l'Estudi de l'Espai Fluvial a la conca de la Tordera (ACA, 2015)²⁷, de la Taula 52.

Taula 52. Coeficients de rugositat de Manning segons les categories de vegetació

Categories de vegetació	Coefficient de rugositat de Manning
Herba i prats (inclou també zones de vegetació escassa)	0,035
Cultius (ex: horta, cereals, vinya)	0,040
Explotació forestal (arbres alineats), arbres espaiats, parcs urbans	0,050-0,060
Arbusts, bosquines i vegetació de ribera	0,075
Bosc natural	0,085
Zona urbana (segons l'obstrucció del flux)	>0,100

Font: ACA (2003).

²⁷ No s'ha pogut utilitzar l'Estudi dels Espais Fluvials de les Rieres del Maresme, perquè actualment està en fase d'elaboració. Pel que fa als coeficients de Manning, son equiparables pels dos sistemes.

7. Gestió de les inundacions a la conca de la riera d'Argentona.

Per a gestionar les inundacions utilitzem les eines que ens haurien de permetre preveure i minimitzar els seus efectes, com ara la normativa, el planejament, els plans de prevenció i d'actuació i les mesures de prevenció. En aquest capítol parlarem de cada una d'aquestes eines en el marc de la conca de la riera d'Argentona.

7.1. El marc jurídic de les inundacions

Les normes jurídiques com a instrument de regulació, control i canvi metòdic, desenvolupen un paper fonamental a nivell local, regional, estatal i internacional, i esdevenen una eina fonamental per a la gestió integral del risc d'inundació.

La legislació ha d'incorporar les consideracions que hauran de regular els diferents processos de presa de decisions i el seu desenvolupament posterior. Així mateix, pot garantir la defensa dels interessos dels sectors més desafavorits de la societat, i especialment del medi ambient i de l'interès general, que de no ser per la normativa, no tindrien la necessària influència en la presa de decisions. Amb l'establiment d'un règim jurídic es pot garantir i instaurar els principis de transparència i responsabilitat, i definir de forma clara i entenedora els drets, atribucions, obligacions, drets i deures de tots els interessats.

7.1.1 Marc jurídic a nivell internacional.

Segons el banc de dades d' Em-Dat (2019), entre 1998 i 2019, al món hi ha hagut 3.406 episodis d'inundacions importants, que han causat 149.032 morts, 2.103.965.271 persones afectades, i almenys 533.538 milions d' € de pèrdues en béns assegurats.

Les Conferències de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic són el resultat d'un procés iniciat per l'ONU en 1992 amb la realització de la Cimera de Rio. Pren la forma d'una continuació de Conferències de les parts (o COP per Conference of the Parties) organitzades cada any des de 1995. El resultat essencial d'aquest procés és la posada en marxa del Protocol de Kyoto (1997) destinat a estabilitzar el clima.

En el marc d'aquestes conferències es van iniciar els treballs per aprovar el Protocol de Kyoto. Es tracta d'un conveni internacional per la prevenció del canvi climàtic i va ser el primer tractat internacional de reducció d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle. L'Unió Europea el va signar el 2002. L'abast

del protocol es va estendre del 2012 fins a l'any 2020 amb l'Esmena de Doha per a aquest protocol.

Durant la Conferència de 2011 de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic es van establir la plataforma de Durban i el AHWGDPEA (Ad Hoc Working Group on the Durban Platform for Enhanced Action) amb l'objectiu de negociar un instrument jurídic que regulés les mesures de mitigació del canvi climàtic a partir del 2020.

En aquest sentit, a la XXI Conferència sobre el Clima (COP21), celebrada a la ciutat de París, el 2015, s'adopta finalment l'Acord de París.

Es tracta d'un acord vinculant mundial sobre el clima, en el qual els 195 països membres de la Convenció Marc de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic es comprometen a intensificar les accions i inversions per a combatre el canvi climàtic i els seus efectes, i en definitiva reforçar la resposta mundial a l'amenaça del canvi climàtic en el context del desenvolupament sostenible i els esforços per a eradicar la pobresa (ODS DIBA, 2019). L'Acord de París, estableix que l'increment global de les temperatures s'hauria de mantenir per sota dels 2°C respecte els nivells anteriors a l'inici de la Revolució Industrial, amb 1,5°C com a objectiu òptim.

La Conferència Mundial sobre la reducció de desastres es va dur a terme a Kobe, Hyogo, Japó, el 2005 i va aprovar aquest marc d'acció per 2005-2015, i tenia com objectiu fonamental augmentar la resiliència de les nacions i comunitats als desastres. La conferència va ser una oportunitat excepcional per promoure un enfocament estratègic i sistemàtic per reduir la vulnerabilitat a les amenaces/perills i els riscos involucrats.

A la tercera Conferència Mundial de les Nacions Unides celebrada a Sendai (Japó) el 18 de març de 2015, es va adoptar l'instrument successor del Marc d'Acció de Hyogo per 2005-2015. Es tracta del Marc per a la Reducció del Risc de Desastres 2015-2030 de Sendai.

Per el Marc de Sendai és urgent i fonamental preveure el risc de desastres, planificar mesures i reduir-lo per protegir de manera més eficaç a les persones, les comunitats i els països, els seus mitjans de subsistència, la seva salut, el seu patrimoni cultural, els seus actius socioeconòmics i els seus ecosistemes, reforçant així la seva resiliència.

Sobre la base dels principis continguts en el document *Estratègia de Yokohama per un Món Més Segur: Directrius per a la Prevenció de Desastres Naturals, a la Preparació per Casos de Desastres i la Mitigació dels seus Efectes* i el Marc d'Acció de Hyogo, l'aplicació del present Marc estarà guiada pels següents principis rectors, tenint en compte les circumstàncies nacionals

i de conformitat amb la legislació nacional, així com les obligacions i compromisos internacionals:

- a) Cada Estat té la responsabilitat primordial de prevenir i reduir el risc de desastres, fins i tot mitjançant la cooperació internacional, regional, subregional, transfronterera i bilateral. La reducció del risc de desastres és un problema comú de tots els estats i la mesura en què els països en desenvolupament puguin millorar i aplicar eficaçment les polítiques i mesures nacionals de reducció del risc de desastres, en el context de les seves respectives circumstàncies i capacitats, pot millorar encara més per mitjà de la cooperació internacional sostenible;
- b) Per a la reducció del risc de desastres és necessari que les responsabilitats siguin compartides pels governs centrals i les autoritats, els sectors i els actors nacionals pertinents, com correspongui segons les seves circumstàncies i sistemes de governança nacionals;
- c) La gestió del risc de desastres està orientada a la protecció de les persones i els seus béns, salut, mitjans de vida i béns de producció, així com els actius culturals i ambientals, alhora que es respecten tots els drets humans, inclòs el dret al desenvolupament, i es promou la seva aplicació;
- d) La reducció del risc de desastres requereix la implicació i col·laboració de tota la societat. Requereix també empoderament i una participació inclusiva, accessible i no discriminatòria, prestant especial atenció a les persones afectades desproporcionadament pels desastres, en particular les més pobres. Han d'integrar perspectives de gènere, edat, discapacitat i cultura en totes les polítiques i pràctiques, i s'hauria de promoure el lideratge de les dones i els joves. En aquest context, hauria de prestar especial atenció a la millora del treball voluntari organitzat dels ciutadans;
- e) La reducció i la gestió del risc de desastres depenen dels mecanismes de coordinació en tots els sectors i entre un sector i l'altre i amb els actors pertinents a tots els nivells, i requereix la plena participació de totes les institucions executives i legislatives de l'Estat a nivell nacional i local i una articulació clara de les responsabilitats dels actors públics i privats, incloses les empreses i el sector acadèmic, per assegurar la comunicació mútua, la cooperació, la complementarietat en funcions i rendició de comptes i el seguiment;
- f) Si bé la funció propiciadora, d'orientació i de coordinació dels governs nacionals i federals segueix sent essencial, cal donar poder a les autoritats i les comunitats locals per reduir el risc de desastres, fins i

tot mitjançant recursos, incentius i responsabilitats per la presa de decisions, com correspongui;

- g) La reducció del risc de desastres requereix un enfocament basat en múltiples amenaces i la presa de decisions inclusiva fonamentada en la determinació dels riscos i basada en el intercanvi obert i la divulgació de dades desglossades, fins i tot per sexe, edat i discapacitat, així com de la informació sobre els riscos fàcilment accessible, actualitzada, comprensible, amb base científica i no confidencial, complementada amb els coneixements tradicionals;
- h) L'elaboració, l'enfortiment i l'aplicació de les polítiques, plans, pràctiques i mecanismes pertinents han de buscar que hi hagi coherència, com correspongui, entre les agendes per el desenvolupament i el creixement sostenibles, la seguretat alimentària, la salut i la seguretat, la variabilitat i el canvi climàtic, la gestió ambiental i la reducció del risc de desastres. Aquesta és essencial per aconseguir el desenvolupament sostenible;
- i) Si bé els factors que poden augmentar el risc de desastres poden ser d'abast local, nacional, regional o mundial, els riscos de desastres tenen característiques locals i específiques que han de comprendre per determinar les mesures de reducció del risc;
- j) Enfrontar els factors subjacents al risc de desastres mitjançant inversions públiques i privades basades en informació sobre aquests riscos és més rendible de dependre principalment de la resposta i la recuperació després dels desastres, i contribueix al desenvolupament sostenible;
- k) En la fase de recuperació, rehabilitació i reconstrucció després dels desastres, és fonamental prevenir nous desastres i reduir el risc de desastres mitjançant el principi de "reconstruir millor" i incrementar l'educació i la sensibilització públiques sobre el risc de desastres;
- l) Una aliança mundial eficaç i significativa i el major enfortiment de la cooperació internacional, inclòs el compliment dels compromisos respectius en matèria de assistència oficial per al desenvolupament per part dels països desenvolupats, són essencials per a una gestió eficaç del risc de desastres;
- m) Els països en desenvolupament, en particular els països menys avançats, els petits Estats insulars en desenvolupament, els països en desenvolupament sense litoral i els països africans, així com els països d'ingressos mitjans i altres països que enfronten problemes específics de risc de desastres, necessiten suport suficient, sostenible i oportú, fins i tot amb finançament, transferència de tecnologia i creació de

capacitat dels països desenvolupats i els associats, ajustat a les seves necessitats i prioritats, segons les defineixin ells mateixos.

Tenint en compte l'experiència adquirida amb l'aplicació del Marc d'Acció de Hyogo, i en nom del resultat esperat i l'objectiu, els Estats han d'adoptar mesures específiques en tots els sectors, en els àmbits local, nacional, regional i mundial, aportant quatre esferes prioritàries:

Prioritat 1: Comprendre el risc de desastres

Les polítiques i pràctiques per a la gestió del risc de desastres s'han de basar en una comprensió del risc de desastres en totes les seves dimensions de vulnerabilitat, capacitat, grau d'exposició de persones i béns, característiques de les amenaces i entorn. Aquests coneixements es poden aprofitar per a l'avaluació del risc previ als desastres, per a la prevenció i mitigació i per a l'elaboració aplicació de mesures adequades de preparació i resposta eficaç per a casos de desastre

Prioritat 2: Enfortir la governança del risc de desastres per gestionar aquest risc

La governança del risc de desastres en els àmbits nacional, regional i mundial és de gran importància per a una gestió eficaç i eficient del risc de desastres a tots els nivells. Cal comptar amb clars objectius, plans, competència, directrius i coordinació en els sectors i entre ells, així com amb la participació dels actors pertinents. Per tant, l'enfortiment de la governança del risc de desastres per a la prevenció, mitigació, preparació, resposta, recuperació i rehabilitació és necessari i fomenta la col·laboració i les aliances entre mecanismes i institucions en l'aplicació dels instruments pertinents per a la reducció del risc de desastres i el desenvolupament sostenible.

Prioritat 3: Invertir en la reducció del risc de desastres per a la resiliència

Les inversions públiques i privades per a la prevenció i reducció del risc de desastres mitjançant mesures estructurals i no estructurals són essencials per augmentar la resiliència econòmica, social, sanitària i cultural de les persones, les comunitats, els països i els seus béns, així com del medi ambient. Aquests factors poden impulsar la innovació, el creixement i la creació d'ocupació. Aquestes mesures són eficaces en funció del cost i fonamentals per salvar vides, prevenir i reduir les pèrdues i assegurar la recuperació i rehabilitació efectives.

Prioritat 4: Augmentar la preparació per a casos de desastre a fi de donar una resposta eficaç i "reconstruir millor" en els àmbits de la recuperació, la rehabilitació i la reconstrucció El creixement constant del risc de desastres, inclòs l'augment del grau d'exposició de les persones i els béns, combinat amb els ensenyaments extrems de desastres passats, posa de manifest la

necessitat d'enfortir encara més la preparació per a casos de desastres, adoptar mesures amb anticipació als esdeveniments, integrar la reducció del risc de desastres a la preparació i assegurar que es compti amb capacitat suficient per a una resposta i recuperació eficaces a tots els nivells. És essencial donar poder a les dones i les persones amb discapacitat perquè encapçalin i promoguin públicament enfocaments basats en l'equitat de gènere i l'accés universal en matèria de resposta, recuperació, rehabilitació i reconstrucció. Els desastres han demostrat que la fase de recuperació, rehabilitació i reconstrucció, que ha de preparar-se amb antelació al desastre, és una oportunitat fonamental per "reconstruir millor", entre altres coses mitjançant la integració de la reducció del risc de desastres en les mesures de desenvolupament, fent que les nacions i les comunitats siguin resilents als desastres.

7.1.2. Marc jurídic a nivell europeu.

Segons l'Agència Europea del Medi Ambient (AEMA), només entre 1998 i 2009, Europa va patir més de 215 inundacions importants perjudicials, incloent els desbordaments catastròfics dels rius Danubi i Elba a l'estiu de 2002. Les greus inundacions del 2005 reforcen encara més la necessitat d'una acció concertada. Entre 1998 i 2009, les inundacions a Europa han causat més de 1.140 morts, el desplaçament de prop de mig milió de persones i almenys 52.000 milions d'€ de pèrdues en béns assegurats.

Les actuacions de la Unió Europea per a disposar de normativa orientada a la gestió de les inundacions s'inicia a l'inici de la dècada de 1980.

Les actuacions més importants de la Unió Europea en matèria d'ordenació del territori i inundacions s'ha impulsat a partir d'aquest marc de referència:

- La Carta Europea d'Ordenació del Territori (1983)
- *Europa 2000, : cooperación para la ordenación del territorio europeo* (1994)
- Dictamen sobre *ordenación del territorio y cooperación interregional en el Mediterráneo* (95/C133/10)
- *Estrategia Territorial Europea -ETE-* (1999)
- *Declaració Ministerial de La Haya sobre la seguretat de l'aigua en el segle XXI.* (2000)
- Decisió 2001/792/CE Euratom del Consell, en matèria de Protecció Civil
- *Conferència europea dels ministres responsables d'ordenació del territori* (2000, 2003)
- Directiva marc de l'aigua (2000/60/CE) (DOCE, 2000)
- *Agenda Territorial Europea* (2007)
- *Agenda Territorial Europea 2020 (ATE 2020)* (2011)
- Reglament 2012/2002 del Consell, d'11 de novembre de 2002, va crear el Fons de Solidaritat de la Unió Europea

Pel que fa a la Directiva Marc de l'Aigua -2000/60/CE- (DOCE, 2000) pretén dotar d'un marc d'actuació comuna sobre la gestió de l'aigua a tots els estats membres de la Unió Europea.

L'aigua deixa de ser considerada exclusivament com a recurs i és considerada un element bàsic dels ecosistemes hídrics i una part fonamental per al sosteniment d'una bona qualitat ambiental que, alhora, garanteix el recurs. En aquesta normativa els aspectes biològics, i també els hidromorfològics, prenen rellevància en la diagnosi integrada de la qualitat, juntament amb els ja tradicionalment usats indicadors fisicoquímics i substàncies prioritàries o contaminants tòxics i persistents (alguns de nova inclusió). La Directiva proposa la regulació de l'ús de l'aigua i dels espais associats a partir de la capacitat que aquests tenen de suportar tipus diferents de pressions i impactes. D'aquesta manera, es pretén promoure i garantir l'explotació i l'ús del medi de manera responsable, racional i sostenible.

La Directiva integra en un mateix àmbit de gestió (el districte de conca fluvial o la demarcació hidrogràfica), les aigües subterrànies, les aigües superficials epicontinentals i les aigües costaneres que estan influenciades per les aigües continentals d'aquest districte. La implantació correcta dels conceptes i les disposicions establertes per la Directiva esdevenen un organigrama d'actuacions complex per aconseguir les eines necessàries i els criteris adients per a la nova gestió de l'aigua, basada en conceptes de sostenibilitat tant des del punt de vista ambiental, com econòmic, el manteniment dels recursos hídrics i la plena transparència i participació ciutadana en els futurs plans i programes de gestió.

S'estableix un marc comunitari d'actuació en l'àmbit de la política d'aigües, imposa l'elaboració de plans de gestió de conca fluvial per a cada demarcació hidrogràfica a fi d'aconseguir un bon estat químic i ecològic, i contribuirà a mitigar els efectes de les inundacions. No obstant això, la reducció del risc d'inundació no és un dels objectius principals d'aquesta Directiva, que tampoc té en compte els futurs canvis del risc d'inundació que es derivaran del canvi climàtic.

La preocupació de la Unió Europea en la matèria ha anat incrementant-se en els darrers anys, especialment pels danys provocats al continent a conseqüència de les inundacions, cada vegada més importants, i a la vegada per la gran rellevància que estan adquirint les derivades del canvi climàtic.

Així, s'aprova la Directiva europea sobre avaluació i gestió del risc d'inundació (Directiva 2007/60/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 23 d'octubre de 2007). Aquesta norma estableix un marc comunitari per avaluar i gestionar el risc d'inundació i parteix de la base que és possible i convenient adoptar mesures per reduir el risc i per minimitzar els efectes i conseqüències negatives de les inundacions, mesures que han d'adoptar-se i planificar-se

de manera coordinada per conques hidrogràfiques. La directiva pretén gestionar el risc d'inundació en l'àmbit comunitari i coordinar l'elaboració de polítiques sobre usos de l'aigua i del sòl als estats membres de la Comunitat.

Aquesta Directiva té per objecte establir un marc per a les mesures destinades a reduir el risc d'inundacions a la UE, avaluant el risc d'inundació a les conques hidrogràfiques i regions costaneres, cartografiant les zones proclius a inundacions importants i dissenyant plans de gestió del risc de inundació a través de l'estreta cooperació entre els països de la UE. Per gestionar el risc d'inundació des de la perspectiva comunitària s'estableixen els següents elements essencials:

- Avaluació preliminar del risc, que havien de concloure tots els països el 22 de desembre de 2011.
- Elaboració de mapes de perillositat i mapes de risc, que s'havia d'aportar el 22 de desembre de 2013.
- Aprovació de plans de gestió de risc, que s'havia d'elaborar abans del 22 de desembre de 2015.

L'esmentada directiva europea confirma el caràcter essencial de la prevenció, la planificació i la zonificació de les àrees de risc en matèria de riscos naturals i de protecció civil.

7.1.3 Marc jurídic espanyol.

Les inundacions són la catàstrofe natural que causa més danys a Espanya. Segons el Consorcio de Compensación de Seguros i l'Instituto Geológico y Minero de España, a l'Estat, dels danys per inundacions s'estimen en una mitjana de 800 milions d'euros anuals. Com a exemple, destaquem que només en béns assegurats, en el període 1971-2012, segons les dades del Consorcio, el 42,9% dels expedients tramitats han estat a causa de danys per inundacions, els quals, de mitjana, representen més de 130 milions d'euros cada any.

A la legislació estatal (Taula 53), la seguretat de les persones i béns davant de les inundacions ha estat recollida tant en el text refós de la Llei d'Aigües, aprovat pel Reial Decret Legislatiu 1/2001, de 20 de juliol, com en la Llei 10/2001, de 5 de juliol, del Pla Hidrològic Nacional, modificada per la Llei 11/2005, de 22 de juny i per la Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social, que concretament modifica *l'Artículo 129 Modificación del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por la que se incorpora al derecho español, la Directiva 2000/60/CE, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas*

Taula 53. Normativa estatal referent a les inundacions

Àmbit d'aplicació	Disposició rang/data	Títol	Publicació
ESTATAL	Reial decret legislatiu 1/2001, de 20 de juliol (modificat per les lleis 16/2002, 53/2002, 62/2003, 42/2007, el RD 4/2007 i RD25/2009, de 22 de diciembre)	Aprovació del Text refós de la Llei d'aigües	BOE 176 24/07/2001
ESTATAL	Real Decreto 849/1986, modificado por los RDs 367/2010, 9/2008, 606/2003, 995/2000, 1771/1994, 419/1993, 1315/1992, 1290/2012, 670/2013,	Reglamento del Dominio Público Hidráulico	BOE 106 30/05/1986
ESTATAL	Ley 62/2003, de 30 de diciembre	Medidas fiscales, administrativas y del orden social	BOE 313 31/12/2003
ESTATAL	Real Decreto 650/1987, de 8 de mayo, modificado por el Real Decreto 2129/2004, de 29 de octubre.	Ámbitos territoriales de los Organismos de cuenca y de los Planes Hidrológicos	BOE 122 22/05/1987
ESTATAL	Ley 20/2015, de 14 de julio	Ordenación, supervisión y solvencia de las entidades aseguradoras y reaseguradores	BOE 168 15/07/2015
ESTATAL	Real Decreto Legislativo 7/2004, de 29 de octubre modificado per la Ley 12/2006, de 16 de mayo.	Texto refundido del Estatuto Legal del Consorcio de Compensación de Seguros	BOE 267 05/11/2004
ESTATAL	Ley 21/2013, de 9 de diciembre	Evaluación ambiental	BOE 296 11/12/2013
ESTATAL	Real Decreto 903/2010, de 9 de julio	Evaluación y gestión de riesgos de inundación	BOE 171 15/07/2010
ESTATAL	Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero	Texto Refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental	BOE 23 27/01/2008
ESTATAL	Real Decreto Legislativo 2/2008	texto refundido de la ley de suelo	BOE 154
ESTATAL	Ley 26/2007, de 23 de octubre	Responsabilidad Medioambiental	BOE 255 24/10/2007
ESTATAL	Directriu bàsica	Planificació de protecció civil davant del risc d'inundacions (DBRI)	BOE 250

				14/02/1995
ESTATAL	Ley 10/2001, de 5 de julio modificada por el Real Decreto Ley 2/2004, de 18 de junio, y por la Ley 11/2005, de 22 de junio	Plan Nacional	Hidrológico	BOE 161 06/07/2001
ESTATAL	Ley 50/1980 de 8 de octubre	Contrato de Seguro		BOE 250 17/10/1980

Font: elaboració pròpia.

La Llei 2/1985, de 21 de gener, de protecció civil es desenvolupa mitjançant la Norma Bàsica de Protecció Civil, aprovada pel Reial Decret 407/1992, de 24 d'abril, incloent entre els plans especials de protecció civil a elaborar per l'Administració General de l'Estat i per les comunitats autònomes, els corresponents al risc per inundació. En el marc d'aquesta legislació destaca la directriu bàsica de planificació de protecció civil davant el risc d'inundacions, aprovada per acord de Consell de Ministres de 9 de desembre de 1994, la qual estableix el marc sobre el qual s'han desenvolupat els plans especials de protecció civil davant el risc d'inundacions i que pot considerar-se com la primera disposició que relaciona expressament el nivell de risc d'inundació del territori amb la planificació territorial i els usos del sòl.

El Reial Decret Legislatiu 2/2008, de 20 de juny, pel qual s'aprova el text refós de la Llei del Sòl, estableix en el seu articulat l'obligació d'incorporar el principi de prevenció dels riscos naturals en l'ordenació del territori. En particular, obliga a classificar com a "sòl rural", i en definitiva a preservar, tots els terrenys afectats per riscos naturals o tecnològics, inclosos els d'inundació o altres accidents greus. Finalment, en regular l'obligació de sotmetre els instruments d'ordenació territorial i urbanística a avaluació ambiental, la mateixa Llei 8/2007 estableix "l'informe de sostenibilitat ambiental", el qual ha d'incloure un mapa de riscos naturals de l'àmbit ordenat

El RDL 7/2004 del Consorcio de Compensación de Seguros, en matèria de riscos extraordinaris, té per objecte indemnitzar, en la forma establerta en aquest Estatut legal, en règim de compensació, les pèrdues derivades d'esdeveniments extraordinaris esdevinguts a Espanya i que afectin riscos concrets. Inclou, entre d'altres, les inundacions extraordinàries i les tempestes atípiques.

La Directiva 2000/60/CE, del Parlament Europeu i del Consell, de 23 d'octubre de 2000, s'incorpora a l'ordenament jurídic espanyol mitjançant l'article 129 de la Llei 62/2003, de 30 de desembre, de mesures fiscals, administratives i de l'ordre social.

Per la seva banda, la Directiva 2007/60/CE, del Parlament Europeu i del Consell, de 23 d'octubre de 2007, relativa a l'avaluació i gestió dels riscos d'inundació, és transposa a l'ordenament jurídic espanyol a través del Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación.

El marc normatiu descrit, text refós de la Llei d'Aigües i l'esmentada Llei 11/2005, del Pla hidrològic nacional, així com la Llei 2/1985, de protecció civil ofereixen rang legal suficient per a la incorporació a l'ordenament intern espanyol de l'esmentada Directiva 2007/60/CE mitjançant norma de rang reglamentari que es materialitza en aquest Reial Decret. El mandat de la Directiva és reduir les conseqüències negatives, associades a les inundacions, per a la salut humana, el medi ambient, el patrimoni cultural, l'activitat econòmica i les infraestructures.

Aquest Reial Decret té com a principals objectius obtenir un adequat coneixement i avaluació dels riscos associats a les inundacions i aconseguir una actuació coordinada de totes les administracions públiques i la societat per reduir les conseqüències negatives de les inundacions.

El Reial Decret estableix un seguit d'obligacions fonamentals que es concreten en l'avaluació preliminar del risc d'inundació, els mapes de perillositat i de risc i els plans de gestió del risc d'inundació, així com les disposicions complementàries de coordinació sectorial, participació pública i cooperació entre les diferents administracions que són necessàries per a aconseguir aquest objectiu, d'acord amb el que preveu el Reial Decret 125/2007, de 2 de febrer, pel qual es fixa l'àmbit territorial de les demarcacions hidrogràfiques.

Els plans de gestió del risc d'inundació exigits en aquest RD, inclouen els programes de mesures que cadascuna de les administracions d'aplicar en l'àmbit de les seves competències per assolir l'objectiu previst de reduir les conseqüències negatives produïdes per les inundacions.

Les ARPSIs són les àrees que presenten un risc potencial significatiu o probable d'inundació al districte de conca fluvial de Catalunya, obtingudes a partir de l'avaluació preliminar del risc d'inundació realitzada per les autoritats competents en matèria d'aigua, costes i protecció civil. Són zones on hi ha un risc potencial d'inundació significatiu o bé es pot materialitzar aquest risc. La delimitació d'aquestes zones inundables es realitza:

- amb el recolzament d'un estudi hidrològic en el que es determinen els cabals associats al Període de Retorn corresponent considerat en el SNCZI (Sistema Nacional de Cartografia de Zones Inundables). Una vegada concretats els cabals, es realitza un estudi hidràulic per determinar els nivells

assolits per la llàmina d'aigua i l'extensió de l'àrea inundada associada a aquesta freqüència.

- amb el recolzament en estudis geomorfològics-històrics que permetin delimitar zones amb probabilitat alta d'inundació en funció de les evidències històriques i geomorfològiques identificades.

O bé usant la metodologia mixta dels dos mètodes anteriors, assolint una major fiabilitat dels resultats.

D'acord amb l'article 11.2 del Text refós de la Llei d'aigües, aprovat per Reial decret legislatiu 1/2001, de 20 de juliol, i de conformitat amb la directriu de planejament urbanístic exposada a l'article 9.2 del Text refós de la Llei d'urbanisme, aprovat per Decret legislatiu 1/2010, de 3 d'agost, i desenvolupada a l'article 6 del seu Reglament, aprovat per Decret 305/2006, de 18 de juliol.

La directriu esmentada preveu que la delimitació de les zones inundables, establerta a la planificació hidrològica d'acord amb els estudis realitzats, ha de contenir les àrees següents: la zona fluvial, la zona de sistema hídic i la zona inundable per episodis extraordinaris.

De conformitat amb aquesta directriu de planejament urbanístic, la zonificació de l'espai fluvial és aplicable de manera directa, pel que fa la regulació dels usos admissibles dins les zones inundables que estableixin els plans urbanístics. La delimitació geomorfològica de zones potencialment inundables alerta de la possible inundabilitat i justifica la presentació, per part del promotor de qualsevol nou desenvolupament urbanístic, d'infraestructures o de serveis que interfereixin aquestes zones, d'un estudi de delimitació hidràulica de les zones inundables, amb proposta de delimitació i zonificació dels espais fluvials, previstos a la normativa hidràulica i urbanística, que ha de validar l'ACA.

El Reglament del domini públic hidràulic (RDPH), aprovat per Reial decret 849/1986, d'11 d'abril, a més de definir el concepte de llera pública, estableix diverses zones en les quals es regula la capacitat d'intervenció administrativa de l'administració hidràulica. En concret, els articles 4, 6, 9 i 14 defineixen les lleres i les seves zones de servitud i de policia i la zona inundable, així com els usos admissibles, les limitacions i les prohibicions d'usos i activitats i el règim d'intervenció administrativa en aquestes zones.

De conformitat amb l'article 4 del RDPH, el llit fluvial o la llera natural d'un corrent continu o discontinu és el terreny que cobreixen les aigües en les crescudes màximes ordinàries. La determinació d'aquest terreny es realitzarà a tenent a les seves característiques geomorfològiques, ecològiques i tenint

en compte les informacions hidrològiques, hidràuliques, fotogràfiques i cartogràfiques que existeixi, així com les referències històriques disponibles.

L'article 5 del Text refós de la Llei d'aigües, aprovat per Reial decret legislatiu 1/2001, de 20 de juliol, determina que són de domini privat les lleres per les quals ocasionalment discorren aigües pluvials si des de l'origen només travessen finques de domini particular.

Els béns de domini públic hidràulic duen associats dues zones als efectes de la seva protecció i per garantir-ne l'ús públic: la zona de servitud i la zona de policia, en les quals es limiten els possibles usos i activitats que s'hi desenvolupen.

A banda d'aquestes zones, la legislació en matèria d'aigües preveu la possibilitat que a la zona inundable s'estableixin limitacions als efectes de reduir els riscos per a les persones i els béns.

Per altra banda, el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH), en el seu article 126 ter. 7 determina la obligatorietat d'utilitzar SUDS en els nous desenvolupaments sostenibles.

7.1.4. Marc jurídic de Catalunya.

El marc jurídic de les inundacions a Catalunya ve determinat per les competències establertes a l'Estatut d'Autonomia de Catalunya (2006), concretament en les matèries de protecció civil i urbanisme. Concretament, la normativa aplicable pel que fa a les inundacions és:

Taula 54. Normativa que afecta a les inundacions a Catalunya

Àmbit d'aplicació	Disposició rang/data	Títol	Publicació
AUTONÒMIC	Llei 2/2002 de 14 de març	Llei d'urbanisme	
AUTONÒMIC	Decret 305/2006, de 18 de juliol	Reglament de la Llei d'urbanisme	
AUTONÒMIC	Llei 18/2007 de 28 de desembre	Dret a l'habitatge	DOGC 5044 09/01/2009
AUTONÒMIC	Decret legislatiu 1/2010, de 3 d'agost	Text refós de la Llei d'urbanisme	DOGC 5686 05/08/2010
AUTONÒMIC	Llei 3/2012, de 22 de febrer	Modificació del Text refós de la Llei d'urbanisme	DOGC 6077 29/02/2012
AUTONÒMIC	Decret 64/2014, de 13 de maig de 2014	Reglament sobre protecció de la legalitat urbanística	DOGC 6623 15/05/2014
AUTONÒMIC	Llei 4/1997, de 20 de maig	Protecció civil de Catalunya	DOGC 2401 29/05/1997
AUTONÒMIC	Llei 1/1995, de 16 de març	Aprovació del Pla territorial general de Catalunya	DOGC 2032 31/03/1995
AUTONÒMIC	Decret legislatiu 3/2003, de 4 de novembre (modificat per la Llei 10/2011, de 29 de desembre)	Text refós de la legislació en matèria d'aigües de Catalunya	DOGC 4015 21/11/2003

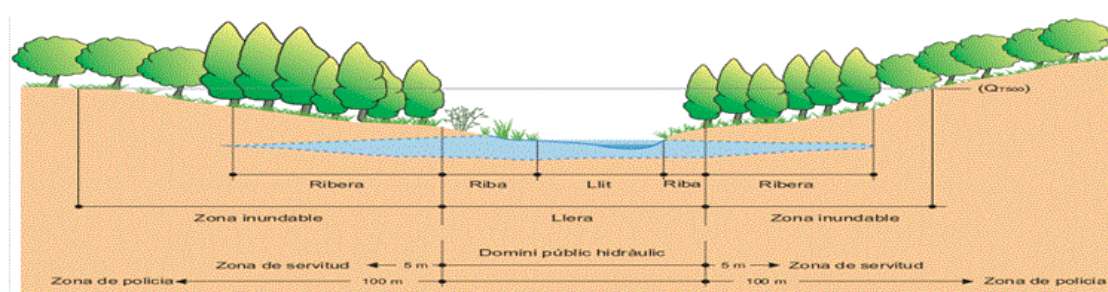
Font: elaboració pròpia.

L'Agència Catalana de l'Aigua defineix l'espai fluvial d'acord amb la Figura 82, com la zona ocupada per la llera pública (el riu) i els terrenys de titularitat privada o pública que l'envolten i que integren el corredor biològic associat al

riu, la vegetació de ribera i la zona inundable. Per tant, és un concepte ampli, que té en compte no només el funcionament a nivell de desguàs dels cursos, sinó també aquelles funcions que realitza com ecosistema i corredor biològic.

L'espai fluvial en el seu conjunt, i especialment dins les zones inundables, ha de ser considerat un àmbit territorial singular i diferenciat, que concentra una excepcional riquesa, acull funcions ecològiques de transcendència territorial i urbanística insubstituïbles per a l'equilibri ambiental del territori i, al mateix temps, susceptible de patir danys en persones o béns en episodis d'avingudes. La regulació i limitació dels usos en aquests espais és una important eina de gestió del risc i reducció dels danys per inundacions.

Figura 82. Esquema simplificat de l'espai fluvial en el que s'inclouen les figures previstes en la normativa hidràulica.



Zonificació	Objetiu	Delimitació	Usos
DOMINI PÚBLIC HIDRÀULIC	Preservació de DPH, prevenció del deteriorament dels ecosistemes aquàtics i protecció del règim de corrents	Màximes crescudes ordinàries, característiques geomorfològiques, dades històriques, hidrològiques i hidràuliques ecològiques, cartogràfiques i fotogràfiques	En general no es permet cap ús llevat dels associats a la preservació ambiental i del règim de corrent
ZONA DE SERVITUD	Protecció i vigilància DPH	5 m des del DPH	Protecció ecosistema i DPH Accés i vigilància fluvial, pas vianants, amarratge o varat
ZONA DE POLICIA	Evitar ocupacions no adequades dels àmbits laterals del DPH	Mínim de 100 m des del DPH	No es permeten usos o activitats que suposin obstacles per la corrent en avingudes
ZONA DE FLUX PREFERENT	Evitar greus danys per a béns i persones	Unió de la zona de greu danys per a T_{100} i la via d'intens desguàs	Usos no vulnerables davant d'inundacions que no redueixin la capacitat de desguàs
ZONA INUNDABLE	Definir zones inundables per a episodis extraordinaris de baixa probabilitat	És la delimitació de la zona definida a partir de Q_{500}	Possible construcció i edificació amb condicions però no serveis o equipaments sensibles

Font: ACA (2017).

La zona de policia podrà ser modificada, si s'escau, a fi de tenir en compte les zones de flux preferent que preveu la normativa hidràulica.

El RDPH restringeix els usos en el domini públic hidràulic, en la zona de servitud i en la zona de policia. La zona de servitud té certes regulacions del dret de pas, però també d'usos atenent a aspectes hidràulics, de protecció

civil i ambientals. A la zona de policia s'ha de preservar el règim de corrents en avingudes, per reduir el risc de producció de danys a persones i béns. Totes aquestes actuacions requereixen l'autorització de l'organisme de conca.

En les zones inundables, fora de la zona de policia, l'administració hidràulica ha de posar la informació generada a disposició de les administracions competents en matèria d'ordenació del territori i urbanisme per tal que sigui tinguda em compte en els seus planejaments.

L'article 6.3 del RDPH estableix que la regulació d'aquestes zones té com a finalitat la consecució dels objectius de preservar l'estat del domini públic hidràulic, prevenir el deteriorament dels ecosistemes aquàtics, contribuint a la seva millora i protegir el règim de les corrents en avingudes, afavorint la funció dels terrenys limítrofs amb les lleres en la laminació de cabals i càrrega sòlida transportada.

La directriu de preservació per a frontar els riscos d'inundació, establerta a l'article 9.2 del Text refós de la Llei d'urbanisme, aprovat pel Decret legislatiu 1/2010, de 3 d'agost, i desenvolupada a l'article 6 i la disposició transitòria segona del Reglament de la Llei d'urbanisme, aprovat per Decret 305/2006, de 18 de juliol, defineix les zones en les quals s'estructura l'espai fluvial als efectes de determinar-ne el règim d'usos.

D'acord amb el Reial Decret 636/2016, de 6 de desembre, publicat al BOE núm. 314 de 29 de desembre de 2016, és defineix la zona de flux preferent perquè s'ha introduït la identificació d'usos i les activitats vulnerables davant d'avingudes que no poden ser autoritzats en aquesta zona.

Aquesta zona o zones és on es concentra preferentment el flux, amb l'objectiu específic de protegir el règim de corrents en avingudes i reduir el risc de producció de danys en persones i béns. En aquestes zones o vies de flux preferent només poden ser autoritzades les activitats no vulnerables enfront de les avingudes i que no suposin una reducció significativa de la capacitat de desguàs de les zones esmentades, en els termes que preveu a l'article 9.

La zona de flux preferent és aquella zona constituïda per la unió de la zona o zones on es concentra preferentment el flux durant les avingudes, o via d'intens desguàs, i de la zona on, per l'avinguda de 100 anys de període de retorn, es puguin produir greus danys sobre les persones i els béns, quedant delimitat el seu límit exterior mitjançant l'envoltant de les dues zones.

A l'efecte de l'aplicació de la definició anterior, es considera que poden produir-se greus danys sobre les persones i els béns quan les condicions hidràuliques durant l'avinguda satisfacin un o més dels següents criteris:

- a) Que el calat sigui superior a 1 m.

b) Que la velocitat sigui superior a 1 m/s.

c) Que el producte de les dues variables sigui superior a 0,5 m²/s.

S'entén per via d'intens desguàs a zona per la qual passaria l'avinguda de 100 anys de període de retorn sense produir una sobrelevació més gran que 0,3 m, respecte a la cota de la làmina d'aigua que es produiria amb aquesta mateixa avinguda considerant tota la plana d'inundació existent. La sobrelevació anterior es podrà, a criteri de l'organisme de conca, reduir fins a 0,1 m quan l'increment de la inundació pugui produir greus perjudicis o augmentar-se fins a 0,5 m en zones rurals o quan l'increment de la inundació produeixi danys reduïts.

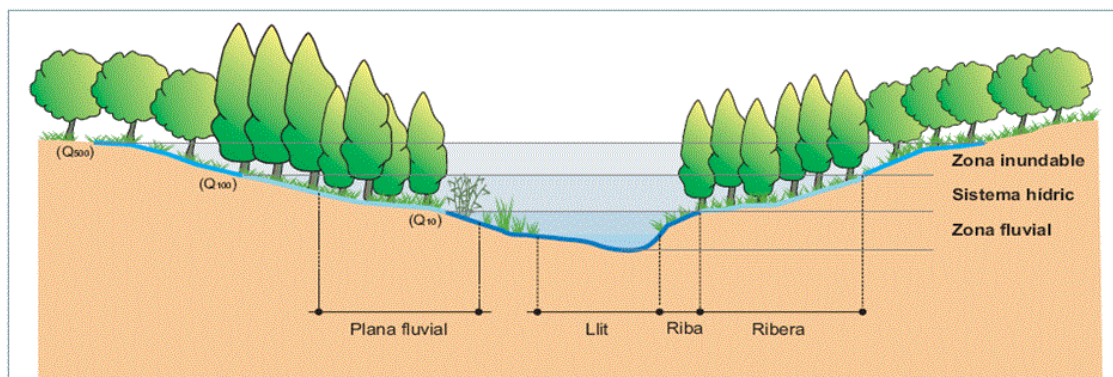
Així mateix, es defineix la zona on es poden produir greus danys sobre les persones i els béns (ZIP): per obtenir aquesta zona s'ha partit de la modelització realitzada en l'anterior estudi amb el model matemàtic HEC-RAS per a T=100 anys de període de retorn dels cursos fluvials objecte d'aquest estudi. A partir d'aquesta modelització s'han extret els calats i les velocitats mitjançant Sistemes d'Informació Geogràfica. Aquestes capes s'han arranjat i s'han reclassificat segons els criteris esmentats anteriorment. Posteriorment, s'ha realitzat el producte d'aquestes dues variables (calat i velocitat) per obtenir una nova capa, la qual s'ha reclassificat segons els criteris esmentats anteriorment.

En relació a la via d'intens desguàs; s'ha realitzat una nova modelització dels cursos fluvials objecte d'aquest estudi, emprant la modelització de l'avinguda de 100 anys de període de retorn, per tal d'extreure la zona per la qual passaria l'avinguda de 100 anys de període de retorn sense produir una sobrelevació més gran que 0,3 m, respecte a la cota de la làmina d'aigua que es produiria amb aquesta mateixa avinguda considerant tota la plana d'inundació existent.

Per obtenir aquesta zona s'ha realitzat amb l'eina de Encroachment (Endegament) de l'HEC-RAS. En aquest model es posa com a variable que la sobrelevació no pot superar els 0,3 m.

La zona de flux preferent s'obté de l'envolvent de la zona d'intens desguàs (VID) i la zona on es poden produir greus danys sobre les persones i els béns (ZIP) o zona d'inundació greu (ZIG).

Figura 83. Esquema simplificat de l'espai fluvial en el que s'inclouen les figures previstes en matèria urbanística.



Zonificació	Objetiu	Delimitació	Usos
ZONA FLUVIAL	Preservació de la qualitat de l'aigua i dels ecosistemes associats a la llera.	Es delimita a partir de la Q_{10} matisada	No es permet cap ús llevat dels associats a la preservació ambiental i del règim de corrents.
SÍSTEMA HÍDRIC	Via preferent de desguàs i acumulació d'aigua en avinguda.	Es delimita a partir del Q_{100} matisada.	Cap construcció amb alteració del règim de corrents.
ZONA INUNDABLE	Definir la zona potencialment inundable per Q_{500}	És la delimitació de la zona definida a partir de Q_{500} .	Possible construcció i edificació amb condicions.

Font: . ACA (2015).

7.1.4.1. Protecció civil.

La Llei 4/1997, de 20 de maig, de protecció civil de Catalunya, constitueix la norma legal principal i de caràcter general en matèria de protecció civil vigent a Catalunya. Es regulen els diversos instruments de planificació de la protecció civil i se'n permet la integració i la coordinació amb els de l'Estat. Es crea una estructura de protecció civil configurada com un sistema integrat i es defineix la protecció civil com "les accions destinades a protegir les persones, els béns i el medi ambient davant situacions de greu risc col·lectiu, catàstrofes i calamitats públiques".

La Llei desenvolupa els drets i els deures dels ciutadans pel que fa a les tasques de protecció civil, les possibilitats d'intervenció, les obligacions, les prestacions exigibles i estableix les garanties i cauteles corresponents.

S'estableixen les actuacions bàsiques de protecció civil. La llei n'enumera les següents: previsió, prevenció, planificació, intervenció, rehabilitació, informació i formació.

Els instruments de planificació es configuren com a l'eina principal de l'acció pública, i s'articulen una pluralitat de plans integrats en cascada, de naturalesa tant territorial com sectorial o de tipus de risc. La llei regula amb el màxim detall el contingut i l'estructura dels plans, el procediment per elaborar-los i aprovar-los, les formes d'actuació, la regulació de la intervenció, així com l'establiment de mecanismes formals d'activació i desactivació dels plans.

Cal destacar, en particular, la importància que la llei atorga a la matèria de prevenció (article 13). El precepte, que porta per títol "Reducció del risc", estableix de forma imperativa que les actuacions de totes les administracions públiques a Catalunya, en l'exercici de les competències que els són pròpies, han d'ésser orientades a la reducció del risc. Continua incidint a l'article 14: "La legislació urbanística i planificació territorial, i també la sectorial que afecti les activitats de risc segons el Catàleg establert per l'article 7 i el Mapa de protecció civil, establert per l'article 12, han de tenir en compte les necessitats de protecció civil en aquests àmbits i establir, si s'escau, mesures de prevenció de riscos i de minimització de l'impacte d'eventuals catàstrofes i calamitats".

La regulació de la planificació de protecció civil figura als articles 15 a 26 de la Llei 4/1997, de 20 de maig, de protecció civil de Catalunya, en els quals, seguint la Norma bàsica estatal, s'estableixen tres tipus de plans: els territorials, els especials i els d'autoprotecció. Els plans territorials, que preveuen amb caràcter general totes les emergències al conjunt de

Catalunya i als municipis, són els següents:

- Pla de protecció civil de Catalunya (PROCICAT)
- Plans de protecció civil municipals
- Plans supramunicipals

Els plans especials es refereixen a riscos concrets, la naturalesa dels quals requereix uns mètodes tècnics i científics adequats per avaluar-los i tractar-los, entre els que trobem l'INUNCAT (Pla especial d'emergències per risc d'inundacions de Catalunya).

En la categoria de plans especials, també hi trobem els PAM (Plans d'Actuació Municipal), que s'han d'elaborar i aprovar en tots els municipis en els quals s'hagi d'aplicar els plans especials de risc abans enumerats. L'INUNCAT obliga a redactar un PAM als municipis que tenen un risc molt alt, alt o mitjà d'inundació, que són 501 a tot Catalunya, alhora que en recomana la redacció per als municipis amb un nivell de risc d'inundació moderat (252).

Els plans d'autoprotecció són els previstos per a centres, empreses i instal·lacions determinades, a fi de regular les emergències que puguin

produir-se a conseqüència de la seva activitat, així com les mesures de resposta davant de situacions de risc, catàstrofes i calamitats públiques que els puguin afectar. S'articula també en les funcions de protecció civil la col·laboració voluntària dels ciutadans mitjançant les associacions del voluntariat de protecció civil, les quals es constitueixen sotmeses a la Llei d'associacions, poden ésser reconegudes pels plans de protecció civil i s'han d'inscriure al registre especial del departament competent en matèria de protecció civil.

7.1.4.2. Normativa urbanística.

D'acord amb l'article 148 de la Constitució Espanyola (1978) i l'Estatut d'Autonomia de Catalunya (2006), en matèria d'urbanisme, la Generalitat té la competència exclusiva que li atribueix l'article 149.5 de l'Estatut d'autonomia de Catalunya i que, anteriorment, li va atribuir l'article 9.9 de l'Estatut d'autonomia de Catalunya de 1979.

En virtut d'aquesta competència, el Parlament de Catalunya va aprovar la Llei 2/2002, de 14 de març, d'urbanisme, el desplegament reglamentari de la qual es va iniciar amb el seu Reglament parcial, aprovat pel Decret 287/2003, de 4 de novembre, a reserva de l'elaboració futura d'un text reglamentari únic, que el preàmbul del Reglament esmentat ja anunciava que havia de ser de gran dimensió i complexitat. Aquest text únic es va concretar en el vigent Reglament de la Llei d'urbanisme, aprovat pel Decret 305/2006, de 18 de juliol. Aquest Decret ha incorporat al seu articulat dos preceptes específics que regulen les dues directrius. Es tracta de l'article 5, que regula la directriu de preservació davant dels riscos naturals i l'article 6 que desenvolupa la directriu de preservació davant del risc d'inundació. Atesa la rellevància i interès dels preceptes, els transcrivim tot seguit.

La directriu de preservació davant dels riscos naturals es desenvolupa als apartats 1 i 2 de l'article 5:

5.1 El planejament urbanístic i la seva execució han de permetre assolir uns nivells adequats de protecció enfront dels riscos naturals i tecnològics i han de preservar de la urbanització i l'edificació les zones de risc per a la seguretat i el benestar de les persones que, d'acord amb la normativa sectorial aplicable, siguin totalment incompatibles amb llur urbanització o edificació, llevat que es prevegi l'execució d' obres vinculades a la protecció i la prevenció dels riscos.

5.2 El planejament urbanístic per a la determinació dels riscos naturals i geològics ha de tenir en compte la informació geogràfica oficial de l'institut Geològic de Catalunya.

Cal assenyalar que el reglament incorpora una exigència d'incompatibilitat "total" de la urbanització o l'edificació respecte dels terrenys assenyalada en la normativa sectorial com a sotmesos a riscos naturals, i s'ha de ressaltar també la referència a la possibilitat de corregir el risc mitjançant l'execució d'obres de protecció i prevenció. Excepcions aquestes que constitueixen una regulació que, a criteri nostre, va molt més enllà del manament legal que en principi el reglament havia d'especificar i concretar.

Remarquem el fet que per determinar els riscos naturals i geològics, el Reglament d'urbanisme imposa ja al planejament urbanístic "tenir en compte la informació geogràfica oficial de l'Institut Geològic de Catalunya" --article 5.2- (De Ribot, 2008).

La directriu de preservació davant dels riscos d'inundació és a l'article 6 del Reglament d'urbanisme, precepte que desenvolupa i regula amb gran detall la prohibició genèrica d'urbanitzar i edificar en zones inundables que preveu la Llei d'urbanisme (article 9.2).

En aquest sentit, el Reglament defineix la zona inundable com els terrenys que inclouen la llera dels rius i rieres, les franges de sòl vinculades a la preservació del règim de corrents i les planes d'inundació per episodis extraordinaris. Dins la zona inundable distingeix les següents zones:

- Zona fluvial, definida com la part de la zona inundable que inclou la llera del riu i les seves riberes i que l'instrument de planificació hidrològica ha de delimitar d'acord amb l'avinguda per període de retorn de 10 anys. La zona fluvial ha de qualificar-se com a sistema hidràulic i no pot admetre cap ús.
- Zona de sistema hídic, que és la part de la zona inundable delimitada per l'instrument de planificació hidrològica d'acord amb l'avinguda per al període de retorn de 100 any.

En aquesta zona, el planejament urbanístic no pot permetre cap nova edificació ni construcció ni cap ús o activitat que suposi una modificació sensible del perfil natural del terreny o que pugui representar un obstacle al flux de l'aigua o l'alteració del règim de corrents en cas d'avinguda.

La norma fixa els usos següents com a compatibles en la zona de sistema hídic:

- Usos agraris (exclou edificacions, instal·lacions, establiment d'hivernacles i tanques de parcel·les).
- Espais lliures, parcs, zones verdes i enjardinades i zones esportives a l'aire lliure sense cap mena d'edificació ni de construcció.
- Llacunatges i estacions de bombament d'aigües residuals o potables.

- Infraestructures de comunicació i transports, sempre que permetin la preservació del règim de corrents.
- Xarxes de serveis i canonades, soterrades i protegides, i sempre que es preservi el règim de corrents i es garanteixi la no-afectabilitat de la qualitat de les aigües.
- Usos previstos a la legislació aplicable en matèria de domini públic hidràulic.

Malgrat aquesta clara limitació d'usos, de caràcter general i taxatiu, cal cridar l'atenció sobre la inclusió al mateix Reglament d'una excepció que permet, "per raons de racionalitat i coherència de l'ordenació urbanística" i de forma justificada, que els POUM puguin incorporar terrenys inclosos en la zona de sistema hídic al sòl urbà consolidat i al sòl urbanitzable, actuació que en principi semblaria contrària a l'obligació general de classificar com a sòl no urbanitzable o com a sòl rural les zones inundables. Es tracta, en conseqüència, d'una norma reglamentària contra legem.

Més qüestionable és encara l'excepció a les limitacions d'usos vistes anteriorment, sobre la base de les previsions del planejament urbanístic, quan es disposi d'informe favorable de l'Administració hidràulica i s'executin les obres necessàries per tal que les cotes definitives resultants de la urbanització compleixin les condicions de grau de risc d'inundació adequades, sempre que s'imposin com una càrrega d'urbanització als promotors del sector i no es generin problemes d'inundabilitat a altres terrenys.

Aquesta és una excepció, inicialment no prevista a la llei, que pot arribar a afectar i condicionar la prohibició general d'urbanitzar i edificar en zones inundables, així com el principi general de prevenció de riscos naturals. L'advocat Eduard de Ribot especialitzat en dret administratiu, en particular en matèria d'Urbanisme, la considera una norma *ultra legem*, és a dir, que va més enllà de la llei que hauria d'executar i a la qual hauria d'ajustar-se, i que en certa manera podria, en determinats casos, arribar a sostenir-se la seva naturalesa de norma contra legem, en la mesura que altera la finalitat i l'esperit de la llei quan aquesta estableix les prohibicions generals d'urbanitzar i edificar en zones inundables de risc natural.

Mitjançant les tècniques de l'alteració i sobreelevació de cotes d'implantació de les construccions i edificacions, es podria deixar sense efecte aquella prohibició general, raó per la qual caldria limitar al màxim i regular l'excepció esmentada amb criteris extraordinàriament restrictius.

Finalment, el Reglament d'urbanisme estableix la zona inundable per episodis extraordinaris, que és la delimitada per part de l'instrument de planificació hidrològica com a inundable en període de retorn de 500 anys. Per a aquesta zona hi ha la limitació d'usos següent:

-Prohibició d'àrees d'acampada i serveis de càmping i de tot tipus d'edificacions en la zona on es produeixi la condició d'inundació greu.

-Prohibició dels mateixos usos, excepte edificacions industrials i magatzems, en la zona on es doni la condició d'inundació moderada.

-Inexistència de limitacions d'usos a la zona inundable per episodis extraordinaris en què es produeixi la condició d'inundació lleu.

Cal indicar també que aquestes limitacions d'usos es poden deixar d'aplicar, novament, quan el pla urbanístic, amb l'informe favorable de l'Administració hidràulica, preveu l'execució de les obres necessàries per tal que les cotes definitives resultants de la urbanització alterin les condicions d'inundabilitat i s'imposin com a càrrega d'urbanització. En aquest cas, el reglament ni tan sols inclou la previsió que no es pugui alterar ni afectar les condicions d'inundabilitat de la resta dels terrenys.

Complementàriament, cal referir encara la inexistència de planificació hidrològica de delimitació de zones inundables en molts indrets de Catalunya, amb la precisió i l'escala de detall adequades. Aquest extrem s'ha resolt amb la disposició transitòria segona del reglament, que estableix l'obligació d'aportar estudis d'inundabilitat redactats segons els criteris fixats en aquella disposició.

El reglament incorpora també un règim transitori en l'aplicació de les limitacions d'usos, així com altres previsions sobre la seva entrada en vigor. En aquest sentit, les limitacions no són aplicables al sòl urbà ni a les edificacions protegides pel seu valor històric, artístic, arquitectònic o industrial.

S'estableix el règim de fora d'ordenació per a les edificacions i les activitats preexistents i implantades en terrenys inclosos a la zona fluvial (afectada per períodes de retorn de 100 anys) i per a les activitats de càmping en zona inundable en condicions greu i moderada per períodes de retorn de 500 anys. Aquest règim en possibilita la continuació, si bé en congela la situació existent i prohibeix la realització d'obres d'ampliació i de millora, llevat de les obres que siguin únicament de conservació.

Així mateix, la directriu del reglament estableix que el planejament urbanístic general, d'acord amb el que determini l'Administració hidràulica, ha de preveure les actuacions necessàries per a la protecció davant dels riscos d'inundació, així com la programació i l'execució de les obres hidràuliques corresponents.

Finalment, també correspon al planejament urbanístic tenir en compte els riscos d'inundació derivats de llacs, llacunes i aiguamolls en l'ordenació del

sòl, i aplicar les limitacions d'usos per motiu d'inundacions dels terrenys, amb les especificitats que estableixi l'Administració hidràulica.

L'administració catalana concreta la preservació davant del risc d'inundació amb el DECRET 305/2006, de 18 de juliol, pel qual s'aprova el Reglament de la Llei d'urbanisme, que en el seu article 6. *Directriu de preservació front als riscos d'inundació*, determina:

6.1 Als efectes de l'aplicació de la directriu de planejament que estableix l'article 9.2 de la Llei d'urbanisme, dins la zona inundable, que està constituïda per la llera dels rius i rieres i per aquelles franges de terreny vinculades a la preservació del règim de corrents i de les planes d'inundació per episodis extraordinaris, s'ha de distingir la zona fluvial, la zona de sistema hídic i la zona inundable per episodis extraordinaris.

6.2 La zona fluvial és la part de la zona inundable que inclou la llera del riu i les seves riberes i que l'instrument de planificació hidrològica corresponent delimita d'acord amb l'avinguda per al període de retorn de 10 anys, tenint en compte els requeriments hidràulics i ambientals i respectant la seva continuïtat.

El planejament urbanístic ha de qualificar els terrenys inclosos en la zona fluvial com a sistema hidràulic i no hi pot admetre cap ús, llevat d'aquells previstos a la legislació aplicable en matèria de domini públic hidràulic.

6.3 La zona de sistema hídic és la part de la zona inundable que l'instrument de planificació hidrològica corresponent delimita d'acord amb l'avinguda per al període de retorn de 100 anys, tenint en compte els requeriments hidràulics i ambientals i respectant la seva continuïtat. En la zona de sistema hídic el planejament urbanístic no pot admetre cap nova edificació o construcció ni cap ús o activitat que suposi una modificació sensible del perfil natural del terreny, que pugui representar un obstacle al flux de l'aigua o l'alteració del règim de corrents en cas d'avinguda.

Es consideren usos compatibles amb aquestes condicions els següents:

a) Els usos agraris, sense que es pugui admetre cap instal·lació o edificació, ni tampoc l'establiment d'hivernacles ni cap tipus de tancament de les parcel·les.

b) Els parcs, espais lliures, zones enjardinades i usos esportius a l'aire lliure, sense edificacions ni construccions de cap mena.

c) Els llacunatges i les estacions de bombament d'aigües residuals o potables.

d) *L'establiment longitudinal d'infraestructures de comunicació i transport, sempre que permeti la preservació del règim de corrents.*

e) *La implantació d'infraestructures de serveis i canonades, degudament soterrades i protegides i sempre que es preservi el règim de corrents i es garanteixi la no afectabilitat a la qualitat de les aigües.*

f) *Aquells altres usos previstos per la legislació aplicable en matèria de domini públic hidràulic. Els plans d'ordenació urbanística municipal, quan estigui justificat per raons de racionalitat i coherència de l'ordenació urbanística, poden incorporar terrenys inclosos en la zona de sistema hídric a sectors de sòl urbà no consolidat i de sòl urbanitzable si aquests terrenys es destinen als usos compatibles amb aquesta zona d'acord amb l'apartat anterior. Tanmateix, aquest règim d'usos deixa de ser d'aplicació quan el planejament urbanístic, amb l'informe favorable de l'administració hidràulica, preveu l'execució de les obres necessàries per tal que les cotes definitives resultants de la urbanització compleixin les condicions de grau de risc d'inundació adequades per a la implantació de l'ordenació i usos establerts per l'indicat planejament. En qualsevol cas, l'execució d'aquestes obres, que no han de generar problemes d'inundabilitat a terrenys externs al sector, ha de constituir una càrrega d'urbanització dels àmbits d'actuació urbanística en els quals estiguin inclosos els terrenys.*

6.4 *La zona inundable per episodis extraordinaris és la part de la zona inundable que l'instrument de planificació hidrològica corresponent delimita a partir de l'avinguda de període de retorn de 500 anys. En aquesta zona, atenent a les condicions d'inundació indicades en la delimitació establerta per la planificació hidrològica, el planejament urbanístic:*

a) *No pot admetre àrees d'acampada ni serveis de càmping, ni cap tipus d'edificació en la part de la zona inundable per episodis extraordinaris en què es produeixi la condició d'inundació greu.*

b) *No pot admetre àrees d'acampada ni serveis de càmping, ni cap tipus d'edificació, amb excepció de les destinades a usos industrials i d'emmagatzematge, en la part de la zona inundable per episodis extraordinaris en què es produeixi la condició d'inundació moderada.*

c) *No està subjecte a limitacions dels usos admissibles en la part de la zona inundable per episodis extraordinaris en què es produeixi la condició d'inundació lleu. En la zona inundable per episodis extraordinaris, el règim d'usos establert deixa de ser d'aplicació quan el planejament urbanístic, amb l'informe favorable de l'administració hidràulica, preveu l'execució de les obres necessàries per tal que les cotes definitives resultants de la urbanització compleixin les condicions de grau de risc d'inundació adequades per a la implantació de l'ordenació i usos establerts per l'indicat planejament. En*

qualsevol cas, l'execució d'aquestes obres ha de constituir una càrrega d'urbanització dels àmbits d'actuació urbanística en els quals estiguin inclosos els terrenys.

6.5 Les limitacions dels usos i construccions admissibles per part del planejament urbanístic que estableixen els apartats 2, 3 i 4 no s'apliquen al sòl urbà, ni a les edificacions o conjunts d'edificacions que siguin objecte de protecció pel seu valor històric, artístic, arquitectònic o industrial. El planejament urbanístic general, d'acord amb el que determini l'administració hidràulica, ha de preveure les actuacions necessàries per a l'adopció de les mesures de protecció front als riscos d'inundació en els referits àmbits, així com la programació i execució de les obres corresponents. El planejament urbanístic general pot condicionar les actuacions de transformació dels usos o de reimplantació d'usos preexistents a l'execució, a càrrec de l'actuació, de les infraestructures necessàries que adequin el risc d'inundació a l'ordenació urbanística.

6.6 El planejament urbanístic general ha de subjectar al règim de fora d'ordenació les edificacions i les activitats preexistents en terrenys inclosos en la zona fluvial que no s'ajustin al que estableix l'apartat 2, sempre que no estiguin incloses en algun del supòsits previstos en l'apartat 5, així com les activitats de càmping preexistents que no s'ajustin al que estableixen els apartats 3 i 4, sens perjudici de la possibilitat, en aquest darrer cas, que les citades activitats de càmping deixin d'estar subjectes al règim de fora d'ordenació si s'executen, a càrrec de la persona interessada i prèvia obtenció de les autoritzacions de les administracions urbanística i hidràulica procedents, les obres necessàries per complir les condicions de grau de risc d'inundació que estableixen els apartats 3 i 4.

6.7 En el cas de llacs, llacunes, aiguamolls, embassaments i altres elements que poden comportar riscos d'inundació, l'ordenació que estableix el planejament urbanístic ha de tenir en compte aquests riscos d'acord amb els criteris previstos en els apartats anteriors d'aquest article, amb les especificitats que determini l'administració hidràulica.

El Decret legislatiu 1/2010 de 3 d' agost, Text refós de la Llei d' urbanisme, al seu article, explicita a l'article 9 diverses directrius per al planejament urbanístic en matèria de prevenció de riscos ambientals, entre les que destaquem:

1. Les administracions amb competències en matèria urbanística han de vetllar perquè les determinacions i l'execució del planejament urbanístic permetin assolir, en benefici de la seguretat i el benestar de les persones, uns nivells adequats de qualitat de vida, de sostenibilitat ambiental i de preservació enfront dels riscos naturals i tecnològics.

2. Està prohibit urbanitzar i edificar en zones inundables i en altres zones de risc per a la seguretat i el benestar de les persones, salvant les obres vinculades a la protecció i la prevenció dels riscos.

5. La pèrdua dels valors forestals o paisatgístics de terrenys com a conseqüència d'un incendi no pot fonamentar la modificació de la seva classificació com a sòl no urbanitzable, la qual s'ha de mantenir durant el termini previst a la legislació en matèria de sòl, llevat que el canvi de classificació estigués previst en un instrument de planejament urbanístic pendent d'aprovació que ja hagués estat objecte d'avaluació ambiental favorable. Aquest punt és molt important per evitar incendis forestals en zones naturals per reconvertir-les posteriorment en zones urbanitzables.

A la Llei 3/2012, de 22 de febrer, de Modificació del Text Refòs de la Llei d'Urbanisme, Planejament urbanístic, es concreta el desenvolupament urbanístic a nivell supraterritorial i municipal.

Així, com ja s'havia desenvolupat anteriorment, el Planejament urbanístic general es compon de plans directores urbanístics, plans d'ordenació urbanística municipal i normes de planejament urbanístic, complementats pels programes d'actuació urbanística municipal.

El principi de jerarquia i coherència (art.13), que comporta que els plans d'àmbit o d'abast inferior han de respectar i adequar-se si s'escau als d'àmbit o abast superior i que els plans urbanístics han de ser coherents amb les determinacions del Pla Territorial General i dels plans territorials parcials i sectorials, instruments de planificació territorial. Tots els plans han de respectar les previsions de la legislació sectorial, sobre una determinada matèria, en aquest cas el sòl.

El principi de competència, que determina que quan hi ha diferents interessos públics en joc s'ha de ponderar quin és el prevalent en cada cas, la qual cosa s'efectua normalment mitjançant els informes preceptius i vinculants.

Plans directores urbanístics (PDU) (art. 56)
Coordinen el planejament urbanístic, concreten l'emplaçament de les grans infraestructures, protegeixen el sòl no urbanitzable, inclouen determinacions sobre desenvolupament urbanístic sostenible i programen polítiques supramunicipals de sòl i d'habitatge, que s'han de concertar amb els ajuntaments en la tramitació específica. Documentació (art.56.2)

Plans d'ordenació urbanística municipal (POUM) (art. 57)
Instrument d'ordenació urbanística integral del territori que pot abastar un o més d'un terme municipal. Correspon als plans, com a mínim, classificar el sòl per establir-ne el règim jurídic, definir el model d'implantació urbana i les

determinacions per al desenvolupament urbanístic, definir l'estructura general del territori i les pautes per al seu desenvolupament i determinar les circumstàncies que poden produir-ne la modificació o revisió.

Determinacions (art.58). Documentació (art. 59)

Normes de planejament urbanístic (NPU) (art. 62)
Instruments de planejament urbanístic general, competència del Departament de Política Territorial i Obres Públiques, que complementen les determinacions dels plans d'ordenació urbanística municipal o els supleixen en els supòsits de suspensió determinats per l'article 63 i en els supòsits de pèrdua de vigència.

Riscos naturals, política territorial i ordenació del territori. La Llei de política territorial de Catalunya

En una escala supralocal, i des d'una perspectiva dels interessos generals i públics a una escala territorial superior a la dels municipis, l'ordenació del territori es una competència de gran importància pel que fa a la planificació de l'ús del sòl. La seva escala o àmbit territorial propi és el global per a tot Catalunya, la demarcació provincial, la comarca o les agrupacions de comarques.

La potencialitat essencial de l'ordenació del territori i dels seus instruments específics de planificació es fa palesa en el fet que la planificació d'ordenació del territori se superposa i se situa per sobre del planejament urbanístic municipal. Així aquest ha de respectar les determinacions i condicionants que l'Administració autonòmica fixa en l'ordenació del territori mitjançant els plans territorials.

Per això, aquest tipus de planificació d'ordenació territorial pot resultar idònia a l'hora de fixar grans directrius i criteris de protecció del territori des d'una perspectiva ambiental, equilibradora de la cohesió i de la coherència territorials, també per establir àrees del territori i sòls susceptibles d'especial protecció. Naturalment, sempre caldrà respectar l'atribució de competències a les entitats locals i no es podrà envair de manera irregular l'autonomia local en la presa de les decisions pròpies i específicament atribuïdes als ajuntaments, pel que fa a model de població, estructura orgànica, criteris de creixement de ciutat, etc.

En aquest sentit, sens dubte l'ordenació del territori pot arribar a tenir un important i extraordinari potencial en matèria de prevenció i protecció de les àrees i zones sotmeses a riscos naturals. La planificació d'ordenació del territori seria un instrument de planificació idoni per delimitar i zonificar a escales adequades les àrees de risc (1:2.000, 1:5.000 o, com a màxim, 1:10.000).

Paradoxalment, fins a dates ben recents, a Catalunya no s'ha desenvolupat ni fet un ús adequat d'aquests instruments d'ordenació del territori, que ja surten numerats, definits i regulats a la Llei 23/1983, de 21 de novembre, de política territorial de Catalunya.

Aquesta llei, però, no regula amb la necessària precisió, ni preveu tan sols de manera específica, els riscos naturals com a element a tenir en compte a l'hora de planificar i programar el territori; es tracta, doncs, d'una legislació susceptible de millora.

Concretament, la Llei de política territorial de Catalunya, que d'acord amb el seu article 1, té per objecte "establir les directrius d'ordenació del territori català i de les accions administratives amb incidència territorial a Catalunya, per tal de corregir els desequilibris que s'hi produeixen i assolir un benestar més gran de la població", és una llei que, amb el pas del temps, ha quedat una mica obsoleta, especialment pel seu enfocament dirigit al desenvolupament urbanístic.

Això és tan evident que nombroses legislacions d'ordenació del territori d'altres comunitats autònomes, promulgades amb posterioritat a la pionera llei catalana, han establert ja els riscos naturals com a element a regular en els instruments i plans d'ordenació del territori de caràcter supralocal. Per contra, l'encara vigent Llei de política territorial catalana no en preveu absolutament res.

L'article 2 ordena a l'Administració de la Generalitat de Catalunya "prendre les mesures necessàries per a assegurar la utilització adequada del territori i per a promoure el desenvolupament socioeconòmic amb criteris d'equilibris social i territorial". A aquest efecte, la llei preveu dos tipus de plans: el Pla territorial general de Catalunya i els plans territorials parcials i sectorials.

El Pla territorial general de Catalunya té per objecte definir els objectius d'equilibri territorial d'interès general per a Catalunya i ha d'incloure, entre d'altres, les determinacions següents:

La determinació dels espais i dels elements naturals que cal conservar per raó d'interès general referit a tot el territori (article 5.1.c).

La definició de terres d'ús agrícola o forestal d'especial interès que cal conservar o ampliar per les seves característiques d'extensió, de situació i de fertilitat (lletra d).

La previsió d'emplaçament de grans infraestructures (lletra e).

La indicació de les àrees del territori en les quals cal promoure usos específics (lletra f).

Segons De Ribot (2008), sembla clar que les àrees sotmeses a riscos naturals, malgrat que la llei no en recull ni el concepte ni la menció específica, i malgrat ésser convenient referir-les de manera expressa en una legislació futura; podrien considerar-se incloses o susceptibles d'incloure's en la lletra c i, en part, en la lletra d, com a espais i elements naturals que cal conservar per l'interès general.

La realització d'infraestructures de defensa i de protecció de riscos naturals (especialment obres de defensa en matèria d'inundabilitat o de riscos d'allaus) podrien també considerar-se incloses en la lletra e.

La Llei de política territorial preveu també els plans territorials parcials, d'abast menor (una comarca, un conjunt de comarques o una demarcació provincial), que despleguen les determinacions del pla territorial general.

Àmbit metropolità: l'Alt Penedès, el Baix Llobregat, el Barcelonès, el Garraf, el Maresme, el Vallès Occidental i el Vallès Oriental.

En aquest sentit, cal destacar que correspon a aquests plans la definició d'àrees de protecció de construccions i d'àrees d'espais naturals, o les determinacions per a la planificació urbanística. Els articles 11.4 i 16.1 de la Llei fixen el principi de jerarquia normativa i la força vinculant d'aquestes plans respecte dels plans urbanístics municipals, aspecte que els fa idonis per incorporar "de cop" i "des de dalt" la protecció del sòl i del territori afectat per riscos naturals.

Els preceptes esmentats disposen el següent:

Article 11.4 Els plans d'ordenació urbanística han d'ésser coherents amb les determinacions del Pla Territorial General i dels plans territorials parcials i facilitar-ne l'acompliment.

Article 16.1

Els espais naturals i les terres agrícoles qualificats d'especial protecció als plans territorials parcials no poden ésser dedicats a utilitzacions que impliquin transformació de la seva destinació o naturalesa o bé que lesionin el valor específic que es vulgui protegir.

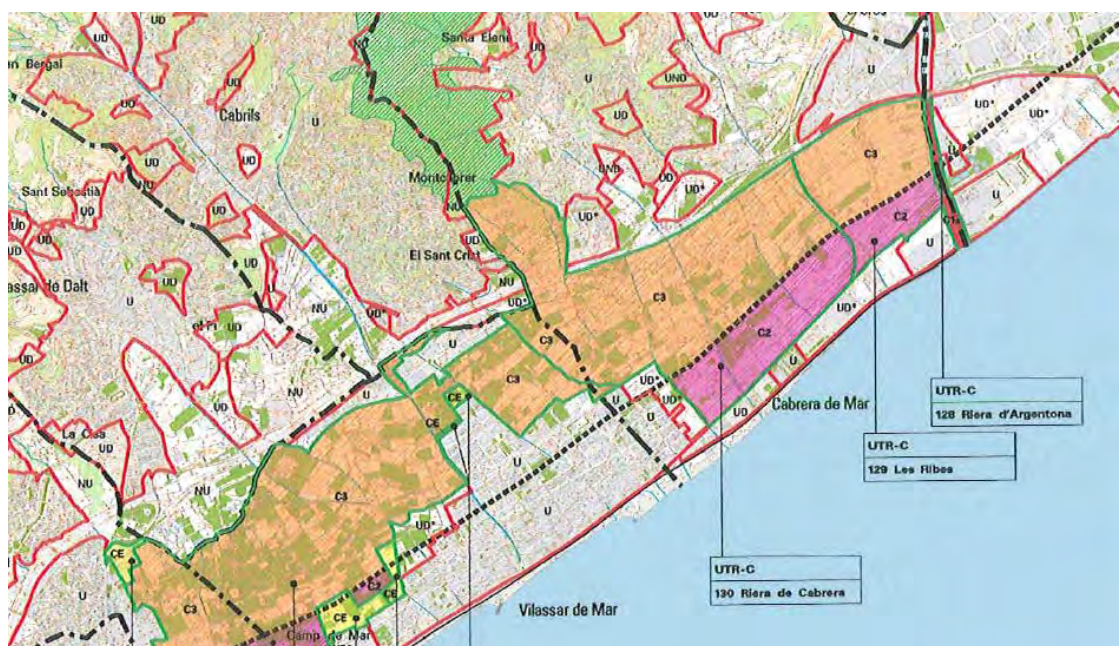
La Llei de política territorial incorpora també la figura dels plans territorials sectorials, que elaboren els departaments de la Generalitat. Tenen aquesta naturalesa el Pla d'espais d'interès natural de Catalunya (PEIN), el Pla territorial sectorial agrari, el Pla d'implantació de l'energia eòlica a Catalunya, etc.

Finalment, el 25 de maig de 2005 es va aprovar el Pla Director urbanístic de sistema costaner. D'acord amb Moisès (2005), el Pla tenia l'objectiu de protegir els espais costaners lliures d'ocupació en una franja de 500 m terra endins, tot i que en alguns casos entrava en la segona línia de costa per assegurar la connexió d'espais naturals i preservar les planes agrícoles i els cursos fluvials.

Per fer-ho possible establí la transformació dels sòls no urbanitzables sense protecció específica i els sòls urbanitzables no delimitats en sòls no urbanitzables del sistema costaner, figura que en faria incompatibles una futura transformació.

A l'àrea objecte d'aquest treball, destaca al terme municipal de Cabrera de Mar les zones classificades com a C2 i C3, classificat com a sòl no urbanitzable costaner C2 i C3 respectivament (Figura 84).

Figura 84. Classificació del sòl del Pla Director Urbanístic del Sistema Costaner a la desembocadura de la riera d'Argentona



Font: Pla Director Urbanístic del Sistema Costaner (PDUSC). Departament de Política Territorial i Obres Públiques (2006).

7.1.5. Marc jurídic a nivell local.

A continuació es presenta la normativa que determina les competències municipals i més específicament en matèria de prevenció de riscos ambientals i matèries associades (Taula 55).

Taula 55. Normativa referent a les competències municipals

Àmbit d'aplicació	Disposició rang/data	Títol	Publicació
ESTATAL	Ley 7/1985, de 2 de abril	Reguladora de las Bases del Régimen Local	BOE 80 03/05/1985
ESTATAL	Ley 27/2013 de 27 diciembre	Racionalización y sostenibilidad de la Administración Local	BOE 312 30/12/2013
		Pla de Prevenció d'Incendis Municipal	
		Plans d'Actuació Municipal per Inundacions	
LOCAL		Planejament municipal. POUM i Normes Urbanístiques	
LOCAL		Ordenances	

Font: elaboració pròpia.

7.1.5.1. Competències municipals.

Concretament, els ajuntaments tenen assignades legalment unes competències bàsiques o serveis mínims a prestar obligatòriament, segons el nombre d'habitants del municipi.

Aquestes competències per a les administracions locals s'estableixen a la Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases del Régimen Local que al seu torn va ser modificada per la Ley 27/2013, 27 diciembre, de racionalización y sostenibilidad de la Administración Local, com es determinen a l'Article 25 i 26, pel que fa a l'àmbit d'aquest estudi.

Concretament, l'article 25 estableix que el municipi, per a la gestió dels seus interessos i en l'àmbit de les seves competències, pot promoure activitats i prestar els serveis públics per a satisfer les necessitats i aspiracions de la comunitat veïnal en els termes establerts en aquest article. El municipi exercirà com a competències pròpies, d'acord amb la legislació de l'Estat i de les Comunitats autònomes, en les següents matèries:

- a) Urbanisme: planejament, gestió, execució i disciplina urbanística. Protecció i gestió del Patrimoni històric.
- b) Medi ambient urbà: en particular, parcs i jardins públics, gestió dels residus sòlids urbans i protecció de la contaminació acústica, lumínica i atmosfèrica en les zones urbanes.
- c) Abastament d'aigua potable a domicili i evacuació i tractament d'aigües residuals.
- d) Infraestructura viària i altres equipaments de la seva titularitat.
- e) Avaluació i informació de situacions de necessitat social i la atenció immediata a persones en situació o risc d'exclusió social.
- f) Policia local, protecció civil, prevenció i extinció de incendis.
- g) Trànsit, estacionament de vehicles i mobilitat. Transport col·lectiu urbà.
- j) Protecció de la salubritat pública.
- ñ) Promoció en el seu terme municipal de la participació dels ciutadans en l'ús eficient i sostenible de les tecnologies de la informació i les comunicacions.

Per implementar aquestes competències municipals s'avaluarà la seva conveniència d'acord amb als principis de descentralització, eficiència, estabilitat i sostenibilitat financera.

A l'article 26 determina els serveis que s'han de prestar pels municipis:

- a) *A tots els municipis: il·luminació pública, cementiri, recollida de residus, neteja viària, abastament domiciliari d'aigua potable, clavegueram, accés als nuclis de població i pavimentació de les vies públiques.*
- b) *En els municipis amb una població superior a 5.000 habitants, a més: parcs públics, biblioteca pública i tractament de residus.*
- c) *En els municipis amb una població superior a 20.000 habitants, a més: protecció civil, avaluació i informació de situacions de necessitat social i l'atenció immediata a persones en situació o risc d'exclusió social, prevenció i extinció d'incendis i instal·lacions esportives d'ús públic.*
- d) *En els municipis amb població superior a 50.000 habitants, a més: transport col·lectiu urbà de viatgers i medi ambient urbà.*

En els municipis amb una població inferior als 20.000 habitants, serà la Diputació provincial o entitat equivalent la que coordinarà la prestació dels serveis següents: abastament d'aigua potable a domicili i evacuació i tractament de les aigües residuals i l'accés als nuclis de població. Aquests serveis es poden prestar directament per la Diputació, o a través de fórmules de gestió compartida, com consorcis o mancomunitats.

7.2. Gestió dels riscos ambientals a la conca de la riera d'Argentona

Considerant la classificació dels Riscos Naturals de Calvo García-Tornell (1984) s'han analitzat els riscos geofísics (climatològics/meteorològics i geològics/geomorfològics) i biològics que més repercussions catastròfiques han presentat a l'àmbit del Maresme i en especial a la conca de la Riera d'Argentona, entre els que destaquen per sobre dels altres inundacions (pluges intenses i rierades), onades de calor i sequeres, i als que hem d'afegir els efectes negatius causats per tempestes de vent fort i incendis forestals.

7.2.1. Gestió en inundacions a l'àmbit de la conca de la riera d'Argentona.

Els plans de protecció civil són eines de planificació que estableixen el funcionament i l'organització dels recursos humans i materials per millorar la resposta davant d'emergències o risc greu. Els plans de protecció civil poden ser territorials, especials i d'autoprotecció.

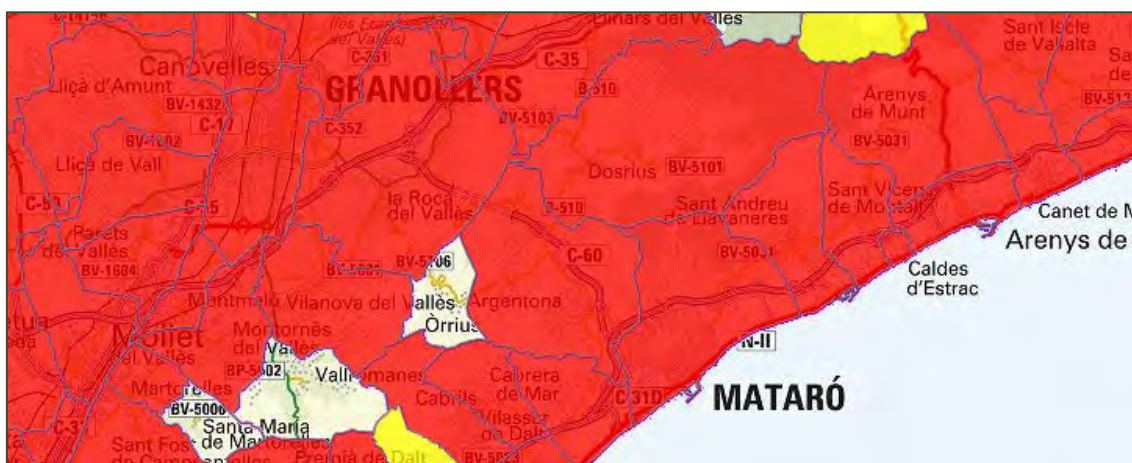
El Pla Especial d'Emergències per inundacions (INUNCAT), aprovat per Acord GOV/14/2015, de 10 de febrer, té com a objectiu fer front a les emergències per inundacions, dins de l'àmbit territorial de Catalunya, establint els avisos, l'organització i els procediments d'actuació dels serveis de la Generalitat de Catalunya, de les altres administracions públiques i de les entitats privades.

El pla INUNCAT quantifica i localitza dins de tot el territori de Catalunya, els aspectes fonamentals per a l'anàlisi del risc, vulnerabilitat, zonificació del territori, establiment de les èpoques de perill i desplegament de mitjans i recursos i localització d'infraestructures de recolzament per als treballs d'actuació en cas d'emergència.

Cal tenir una bona planificació per tal de poder fer front i poder minimitzar els possibles efectes i danys que es puguin produir, per inundacions, sobre les persones, els béns i el medi ambient, i que permeti restablir la normalitat per a la població en el menor temps possible. En aquest sentit, segons el risc i la vulnerabilitat, el pla INUNCAT determina els municipis que tenen l'obligació de redactar el pla d'actuació municipal per inundacions, i aquells que és recomanable.

D'acord amb el Pla Especial d'Emergències per inundacions (INUNCAT), aprovat per Acord GOV/14/2015, de 10 de febrer, els municipis de Mataró i Argentona presenten un Molt Alt Risc d'Inundació, Dosrius un Alt Risc i Òrrius un Baix Risc, d'acord amb la Figura 85.

Figura 85. Obligació de l'aprovació del Pla d'Actuació Municipal per Inundacions segons el Pla INUNCAT



Font: Departament d'Interior (2019). Municipis obligats a disposar del PAM (vermell) i recomanats (groc).

Pel que fa al Pla d'Actuació Municipal per a Inundacions (Taula56), malgrat que Mataró, Argentona i Dosrius estan obligats a disposar d'aquest pla, només Mataró el té actualment homologat.

Taula 56. Caracterització dels municipis segons el risc i l'obligatorietat o recomanació a elaborar el Pla d'Actuació Municipal (PAM) per inundacions i estat actual de planificació

Municipi	Risc	Nivell de Risc	PAM Inundacions	Estat actual
Dosrius	Alt	Obligat	No	Per elaborar
Argentona	Molt Alt	Obligat	No	Per elaborar
Òrrius	Baix	No obligat		
Mataró	Molt Alt	Obligat	17/12/2009	Homologat

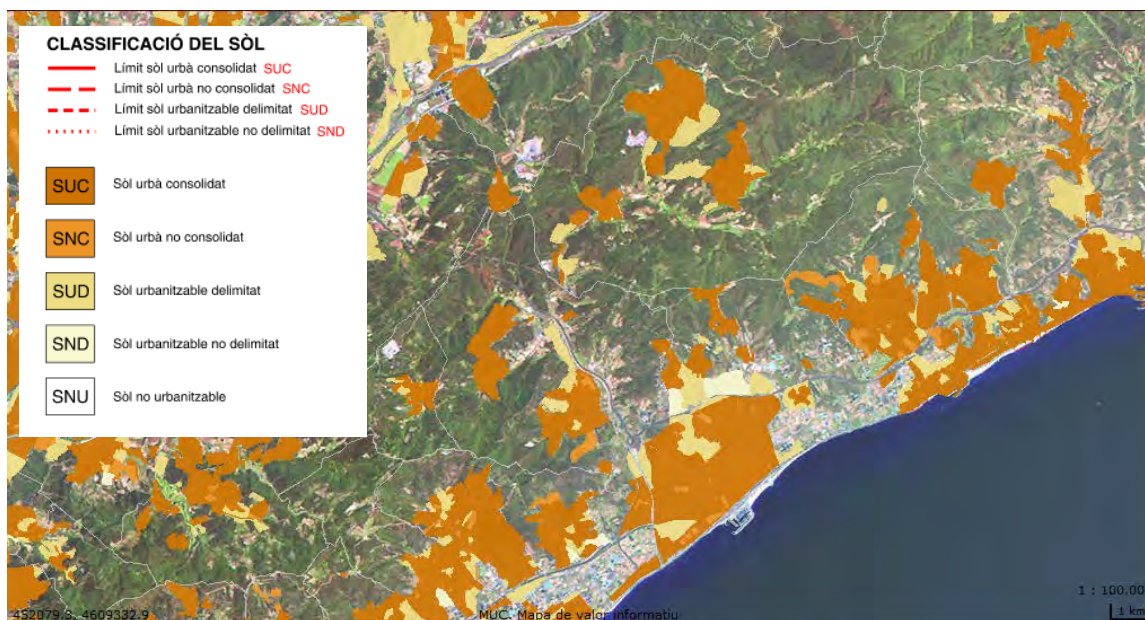
Font. Idescat. Elaboració pròpia.

7.3. El planejament urbanístic com a mesura de gestió de les inundacions

Els Plans d'Ordenació Urbanística Municipal (POUM) són l'eina més important d'ordenació del territori i dels usos del sòl dels espais inundables dels municipis de la conca de la riera d'Argentona. En aquest sentit, l'aprovació del Decret 305/2006, de 18 de juliol, pel qual s'aprova el Reglament de la Llei d'Urbanisme determina clarament la necessitat de considerar els aspectes hidràulics, ambientals i els d'ordenació del territori en la delimitació de les diferents àrees inundables.

Com ja hem descrit al capítol 7.1, la Llei d'Urbanisme distingeix els diferents àmbits en que es classifiquen les zones fluvials i els usos que s'autoritzen en cada cas.

Figura 86. Planejament urbanístic dels municipis de la conca de la riera d'Argentona



Font: REPUC. Departament de Territori i Sostenibilitat. Generalitat de Catalunya (2019).

Pel que fa a la gestió del territori, s'analitza la normativa de planejament vigent a cada un dels municipis de la conca, amb especial atenció al contingut de l'articulat referent als condicionants d'ús de les rieres i a la prevenció del risc d'inundacions.

A continuació es presenta cada municipi, indicant el tipus de normes de planejament vigent, la data d'aprovació i el contingut de la pròpia normativa en els àmbits esmentats.

7.3.1 Normativa urbanística de Dosrius en relació a les inundacions.

El municipi de Dosrius disposa de Normes subsidiàries tipus a i b Text refós: 1997, aprovat el 6 de novembre de 1998. Pel que fa a les rieres, estan classificades com a Sòl No Urbanitzable, respecte a l'Ajuntament codi 5. Protecció de sistemes. D'acord amb el Capítol 6. Determinacions a la zona de rieres i torrents. Clau P.5, Art. 27. Defineix la zona de rieres i torrents està integrada per aquells terrenys que constitueixen llits de corrents d'aigua contínua o discontinua, llits d'embassaments superficials i aquífers que integren el domini públic hidràulic, segons el que disposa la vigent legislació

d'aigües, i l'entorn necessari per a la seva protecció. La delimitació d'aquesta zona es precisa a la documentació gràfica del present Pla Especial.

Els usos admesos estan regulats a l'article 28:

- 1. S'admet la continuïtat dels usos agrícoles existents, sempre que no comportin contaminació de les aigües i abocament de terres o altres materials al llit públic, i es subjectin a la regulació establerta en el capítol 5. D'aquest Text Normatiu per a la Zona Agrícola. S'admet en aquests terrenys el conreu d'arbres de creixement ràpid.*
- 2. S'admeten els aprofitaments forestals sempre que no comportin abocament de branques o altres materials al llit públic, no comprometin el manteniment dels valors botànics, faunístics i hidrològics existents i es subjectin a la regulació del capítol 2. Per a la Zona Forestal Consolidada.*
- 3. S'admet el pas de camins sempre que això no comporti la modificació, alteració o interrupció del recorregut fet per les aigües de les rieres i torrents.*
- 4. S'admet la construcció d'embassaments que l'altura del dic no superi els 5 metres i la seva localització no alteri fonamentalment el conjunt d'ecosistemes de la riera o el torrent o causi un impacte paisatgístic que no pugui ésser corregit.*
- 5. Es prohibeix en aquesta Zona l'ampliació de les edificacions existents o els moviments de terres que no siguin necessaris per a la construcció de nous camins o la recuperació i manteniment dels ja existents. Així mateix, es prohibeix la localització de noves infraestructures i instal·lacions que alterin els espais territorials integrats en aquesta àrea.*
- 6. Els actes d'ús i construcció que es realitzin en aquesta zona, a més d'obtenir les autoritzacions previstes en la legislació d'aigües, queden subjectes a informe preceptiu de projecte tècnic per la Diputació de Barcelona, que haurà d'avaluar el compliment de les condicions esmentades en els paràgrafs anteriors.*

7.3.2. Normativa urbanística d'Argentona en relació a les inundacions.

El municipi d'Argentona té aprovat el Pla General d'Ordenació Urbana des del 14 d'octubre de 1987. Actualment està en la fase de revisió del Pla.

Les rieres tenen el codi 6, Sistemes de Protecció de Camins Rurals, Curses d'Aigua i Fonts. D'acord amb l'article 70, la definició i àmbit de protecció del Sistema de protecció de camins rurals, curses d'aigua i fonts (clau 6) és:

1. *Comprèn els terrenys adscrits a aquest sistema amb la finalitat de protecció de les vores de les rieres i marges de camins rurals (consta com a anul·lat, però no hi ha text alternatiu)*
2. *Queden inclosos en aquest sistema tots els camins, rieres, torrents i fonts que consten a l'annex III d'aquestes Normes; els que estan grafiats en els plànols, així com els que per error no estiguin recollits en cap cas; l'amplada de la protecció a medir des de l'eix respectiu serà:*
 - a) *Els continguts en una amplada total de 150 m. Com a mínim de la Riera d'Argentona*
 - b) *Els continguts en una amplada total de 30m en les rieres de Clarà, Pins o Riudemeia.*
 - c) *Els continguts en una amplada total de 20 m, com a mínim, en totes les demás rieres i torrents del terme municipal.*
 - d) *Els continguts en una amplada total de 20m com a mínim en tots els camins rurals.*
 - e) *Totes les fonts en una àrea de circumferència de 20 m de radi en sòl no urbanitzable.*
3. *Les condicions de protecció definides en aquest capítol s'entenen d'aplicació directa en el sòl no urbanitzable mentre que per al sòl urbà o per al urbanitzable seran d'aplicació les determinacions definides en cada zona amb les limitacions de depuració de residus, abocaments i distàncies que requereixi l'obra urbanitzadora.*

7.3.3. Normativa urbanística d'Òrrius en relació a les inundacions.

El planejament d'Òrrius ve determinat per la Revisió de les Normes subsidiàries de planejament, aprovades el 12 de febrer de 2003.

Pel que fa a l'àmbit fluvial, els classifica com a Sistema General Hidrogràfic, i ve definit per l'article 157 com: *Comprèn el Sistema Hidrològic, els sòls que recullen aconduïxen les aigües superficials. Forment els sistemes de protecció els espais establerts per la legislació sectorial corresponent. I que estan constituïts per les avingudes, franges, terrasses i espais vora de les rieres i torrents del terme municipal i que no constitueixen les seves lleres. S'estableix una franja de protecció mínima d'espai pel sistema de recs i torrents de 10 m a banda i banda dels marges superiors dels cursos d'aigua. S'evitaran, si és possible aquelles obres que dificultin el manteniment i bon funcionament del sistema.*

A l'article 158 es condiona l'edificació: *l'àmbit de protecció s'estén a una franja de 10 metres a cada banda de la vora de les lleres. Queda prohibit qualsevol tipus d'edificació en aquests espais, que als efectes d'aquestes Normes i de la legislació urbanística vigent, tenen la consideració d'espais lliures d'edificació.*

A l'article 159 es condiona la tala d'arbres: *queda prohibida la tala d'arbres de qualsevol espècie a fi de protegir l'entorn i vegetació a les zones indicades. Les plantades artificials de pollancre i arbre blanc, tindran la consideració de cultiu i es podran efectuar tals sempre que es procedeixi a la replantació posterior.*

Pel que fa a les Obres, l'article 160 determina: *els moviments de terres, extraccions de granulats, construcció d'esculleres o espigons, passallissos i altres obres de fàbrica només es permetran quan es demostrï la seva conveniència per a protegir les terres riberenques o facilitar-ne l'accés. Altrament les extraccions necessiten el permís de la Junta d'Aigües. Així com els abocaments de residus a les lleres dels cursos d'aigua que estaran subjectes també a la normativa sectorial Llei d'Aigües.*

A l'article 161. Es tracten els Plans d'emergència: *l'Ajuntament, en conveni amb Protecció Civil o la Generalitat, podrà redactar plans d'emergència en que es contemplaran actuacions de neteja, sanejament i d'altres en aquestes zones, per tal de prevenir inundacions.*

A l'article 162. es descriuen els sòls classificats com a Protecció natural (PEIN). *Es tracta de zones d'interès comunitari que per les seves característiques naturals, amb existència d'espècies biològiques aconsellen protegir i per tant estan inclosos dins l'àmbit de l'espai del PEIN la Conreria-Sant Mateu-Cèllec. Desenvolupa el PEIN un Pla Especial de protecció que regula i ordena els sòls inclosos dins l'àmbit del Pla.*

Tots aquests sòls constitueixen "sòl no urbanitzable d'especial protecció" i s'ordenen i regulen pel Pla Especial del Departament de Medi Ambient de la Direcció General de Patrimoni Natural i Medi Físic de la Generalitat de Catalunya.

Així mateix, a l'article 164. s'introdueix el Sistema de protecció natural (Pn): es tracta de sòl que forma l'àmbit natural de la riera d'Òrrius, i que per les seves característiques naturals, de vegetació i fauna, cal protegir. Es limiten totes les actuacions que comportin la reducció o afectació a les espècies biològiques s'aconsellen protegir. De manera que qualsevol intervenció estava prohibida, quan puguin afectar les espècies i el marc natural on es troben.

7.3.4. Normativa urbanística de Mataró en relació a les inundacions.

El municipi de Mataró disposa del Text refós de les normes urbanístiques del planejament general, aprovat el 16/03/2005.

Les rieres es classifiquen de forma diferent. Així, la riera d'Argentona està classificada com a Sòl No urbanitzable, amb el Codi H, Sistema hidrològic.

La riera de Sant Simó està classificada com a Sòl urbà, Codi H, Sistema hidrològic.

El Torrent Forcat, en canvi, està classificat com a Sòl No Urbanitzable, amb el Codi H-CR. Rieres amb funció complementària a la xarxa de camins rurals.

La definició i identificació del Sistema Hidrològic, clau H, ve determinat per l'article 263: *Constitueix el sistema hidrològic el conjunt compost per les rieres, torrents i fonts naturals i el subsòl de les diverses capes freàtiques. S'identifica en els plànols d'ordenació amb la clau H.*

A l'article 264. Quan parla de la titularitat, concreta: *El sòl qualificat de sistema hidrològic serà de titularitat pública.*

A l'article 265. Es tracta el Règim general: *aquest Pla General contempla el Sistema Hidrològic dins del sistema d'espais lliures únicament per les seves característiques físiques i geogràfiques. Conseqüentment no tindrà consideració de zones verdes, als efectes del que estableix l'article 76 del DL. 1/90. En l'obtenció, el finançament, la construcció, l'ús i la conservació de les instal·lacions d'ordenació dels torrents i rieres, s'observarà allò que disposen aquestes Normes, la legislació sectorial vigent i les corresponents disposicions urbanístiques que es puguin establir mitjançant Planejament Especial, sense perjudici del que determinin aquelles altres administracions amb competències sobre aquesta matèria.*

Les Condicions d'ús d'aquests espais venen determinats per l'article 266: ús dominant: espais lliures, d'acord amb el que estableix l'article 129 d'aquestes Normes. Usos compatibles: *els necessaris per acomplir amb la funció d'adequar els traçats i els marges així com aquells per a dur a terme les canalitzacions oportunes. Aquest Pla General admet el trànsit de vehicles per aquelles rieres que realitzen una funció complementària de la xarxa de camins rurals. Aquests casos en què es dóna la coincidència de sistema hidrològic i viari, s'identifiquen en els plànols d'ordenació de la sèrie 3 a escala 1/2000 amb la clau (H-Cr)*

Pel que fa a les condicions d'ordenació, l'article 267 concreta:

- 1. Els espais adscrits a aquest sistema no són edificables, excepció feta de les instal·lacions al servei del Sistema corresponent.*
- 2. S'estableix una zona de protecció de 5 metres d'ample des del marge superior de la canalització del curs d'aigua que serà exclusivament d'ús públic i es respectaran a més les directrius fixades al Pla director de*

Protecció contra avingudes del Maresme pel que fa referència a zones de reserva i cabals de càlcul.

- 3. De forma expressa es prohibeixen els moviments de terres i les desforestacions de marges.*

Amb caràcter general es garantirà la conservació de la vegetació autòctona de ribera en els torrents i rieres, així com les seves condicions per la seva regeneració i millora.

- 4. L'abocament o conduccions de residus industrials o pecuaris es realitzarà de forma controlada amb la corresponent depuradora i conduccions de forma subterrània assegurant la netedat i continuïtat de les condicions naturals i assegurant la no contaminació de les capes freàtiques.*
- 5. Les Administracions públiques competents per raó de la mateixa, establiran les mesures d'intervenció adequades per a la realització dels projectes de sanejament i de canalització de rieres seguint els objectius i les funcions de regeneració i recuperació dels traçats naturals tot permetent el pas de vianants i el pas restringit de vehicles en aquells casos en que aquest Pla ho preveu expressament o s'estimi pertinent.*
- 6. Les rases que es realitzin per la conducció d'aigua, vinculades a l'activitat agrícola o forestal, no formaran part del sistema hidrològic, tot i això, en la seva execució es garantirà el sistema natural de recorregut de les escorrenties d'aigua, de forma que les actuals conques de les rieres o els torrents, no es vegin afectades significativament pels possibles canvis de superfície de recepció.*

7.4. Factors determinants en les inundacions

7.4.1. Inundacions.

Una inundació és l'acció de cobrir d'aigua un territori o espai, fet pel qual l'aigua passa a ocupar zones i territoris que habitualment es troben secs. Generalment, són causades per l'aportació inusual i més o menys sobtada d'una quantitat d'aigua superior a la que pot drenar el llit del riu o riera, però no sempre és aquest el motiu.

Per entendre les inundacions, hem de parlar de factors tant meteorològics com hidrològics i hidràulics.

Pel que fa als factors meteorològics estan relacionats amb l'extraordinària activitat del clima mediterrani i a les seves intenses i elevades precipitacions (Martín Vide, 1996). Concretament, els cinc municipis de la conca presenten un clima mediterrani subhumit amb influències marítimes que conformen un estiu sec i càlid i un hivern suau, i les precipitacions es concentren a la primavera i a finals d'estiu i inici de tardor. La tardor és l'estació més plujosa, potenciada pels temporals de llevant, de vegades acompanyades del fenomen de la gota freda (Quereda, 1989). Parlem de pluges i tempestes d'extraordinària violència, normalment de curta durada i que afecten a un espai poc extens (Toharia, 1990), especialment de finals d'estiu i principis de tardor, provocant discontinus períodes de precipitacions de caràcter irregular i torrencials que desencadenen les *Flash-Foods*, o Inundacions molt ràpides, que generen crescudes importants de torrents i rieres i inundacions a la primera línia de costa. Generalment estan associades a tempestes localitzades, de tipus unice·l·lular o multice·l·lular. La predicció meteorològica a curt termini de la quantitat, intensitat i lloc afectat per les pluges és molt difícil (Llaçat Botija, 2010). Aquest tipus de precipitacions de tardor són un terç o més de les que podem comptabilitzar cada any (Saurí, Ribas, Roset i Sorribas, 1993; Llasat, Llasat-Botija, Rodriguez, Lindbergh, 2010).

Respecte als factors hidrològics, parlem de la conca hidrogràfica com la superfície de terreny que recull l'aigua o que alimenta parcialment o totalment un corrent d'aigua. Així, tenim conques de resposta lenta, i conques de resposta ràpida, atenent el seu pendent, tipus i ocupació del sòl i substrat geològic, etc. Les conques de resposta lenta són de gran mida, amb una pendent suau i un temps de concentració superior a les 12 hores, i de vegades a les 24h. Les conques de resposta ràpida són de mida més petita, amb un fort pendent i un temps de concentració inferior a les 6 hores, i, algunes vegades, inferior a 1 hora (en aquest cas, tindriem les conques del Maresme). Aquestes diferències geomorfològiques seran essencials quan considerem els diferents tipus d'inundacions que es poden produir.

Un altre dels factors significatius que facilita el risc d'inundació és la implantació territorial de les actuacions humanes poc integrades amb les característiques del territori (Olcina, 2007), concretament a les transformacions dels usos i cobertes del sòl que s'han portat a terme en el paisatge del Maresme i en especial a la Conca de la Riera d'Argentona, on en molts casos s'han convertit espais inundables en zones residencials i industrials, i freqüentment, implementant obstacles pel pas de l'aigua i impermeabilitzant el sòl.

Així, l'ocupació humana de les zones inundables, com indica (Saurí i Ribas, 2006), de vegades al marge de la normativa, es transforma en un dels factors principals que ajuden a l'augment dels fenòmens d'inundació. Especialment perquè el creixement compacte dels nuclis urbans, especialment a la primera línia de costa i a les planes de les rieres, ha propiciat a la vegada la proliferació de diverses formes d'urbanització difusa, especialment als vessants de les muntanyes i a la resta de la plana.

Aquests processos, especialment intensos a Mataró, Argentona, Dosrius i Cabrera de Mar, han ajudat a frenar i obstaculitzar la circulació de les aigües pluvials cap al mar en cas de tempestes, i a més han influït en incrementar els cabals punta en avingudes i en reduir el temps de concentració i han afavorit els processos d'inundació difusa (Saurí i Ribas, 2006).

A la conca de la riera d'Argentona és produeix a partir de 1950 fins a 1980 un increment molt significatiu de la població a causa del creixement de la indústria i els serveis, triplicant la seva població.

Posteriorment, entre el 2000 i el 2010 es produeix un nou creixement, però menor que l'anterior, causat bàsicament per l'augment de les zones residencials i el sector serveis. Aquests dos períodes de creixement són un dels factors essencials en la transformació d'aquests municipis.

Aquests canvis són molt evidents a la mateixa llera de la riera d'Argentona i al seu entorn immediat, concretament al veïnat del Cros, al límit dels termes municipals d'Argentona, Cabrera de Mar i Mataró, com s'observa a la Figura 87, amb els canvis d'usos del sòl, partint de l'ús bàsicament agrícola el 1956, passant per un desenvolupament industrial significatiu el 1994, fins arribar al 2009, on l'ús dominant és industrial i residencial.

Figura 87. Evolució del territori a l'àrea d'estudi. Riera d'Argentona a l'alçada del Veïnat del Cros i Zona Industrial del Cros (Argentona, Mataró, Cabrera de Mar). 1956 (a l'esquerra), 1994 (al centre) i 2015 (a la dreta).



Font: Betaportal ICGC (2019).

Malgrat tot, aquests creixements no es van portar a terme de la mateixa forma a tots els municipis. Mentre que Dosrius i Òrrius van arribar a tenir un decreixement de població temporalment, Argentona i especialment Mataró van desenvolupar un creixement continu que ha marcat l'evolució territorial de tota la conca (Taula 57).

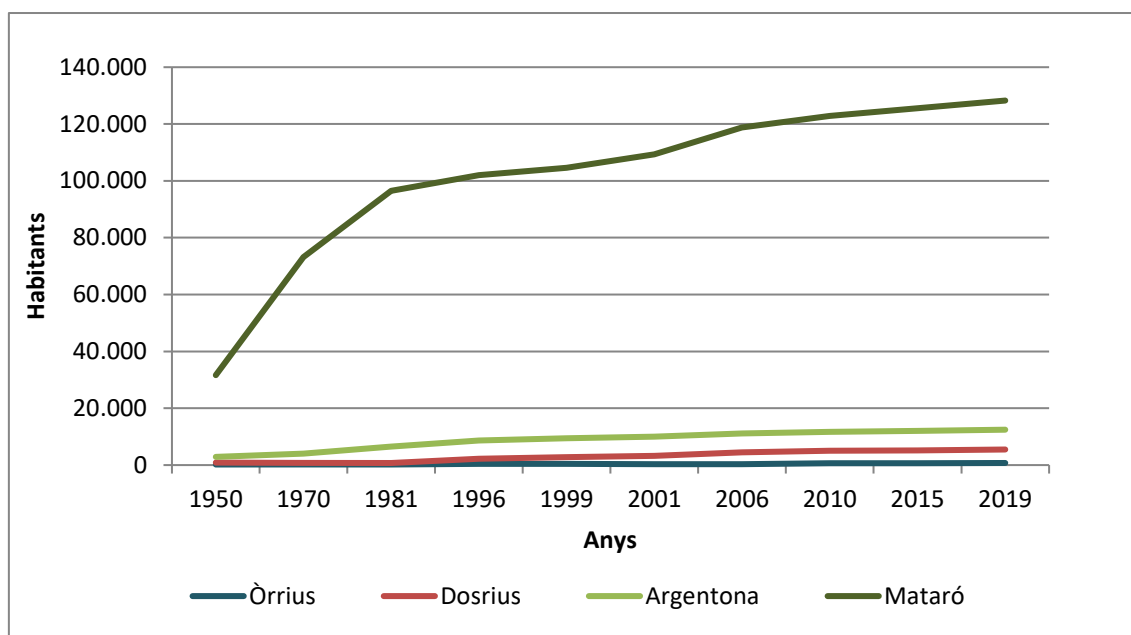
Taula 57. Increment de la població en els municipis de la conca de la riera d'Argentona (1950-2019)

Habitants					
Any	Dosrius	Òrrius	Argentona	Mataró	Total a la conca
1950	921	245	2.889	31.642	35.697
1970	767	218	4.058	73.129	78.172
1981	733	259	6.515	96.467	103.974
1996	2.269	420	8.676	102.018	113.383
1999	2.846	419	9.482	104.659	117.406
2001	3.293	364	10.056	109.298	123.011
2006	4.469	295	11.161	118.748	134.673
2010	5.010	654	11.718	122.905	140.287
2015	5.154	702	12.051	125.517	143.424
2019	5.481	739	12.452	128.265	146.937

Font: Idescat (2020).

Concretament, Dosrius (Figura 88) va passar dels 921 habitants el 1950, als 5.481 habitants el 2019 (x 5,95), Òrrius partia de 245 habitants, fins als 739 el 2019 (x 3,02). Argentona, amb una població de 2.889 habitants el 1950, assoleix els 12.452 habitants el 2019 (x 4,31) essent el major increment percentual de tota la conca. Finalment, Mataró, amb 31.642 habitants el 1956, finalitza el 2019 amb 128.265 habitants (x 4,05).

Figura 88. Evolució dels habitants a la conca de la riera d'Argentona (1950-2019)



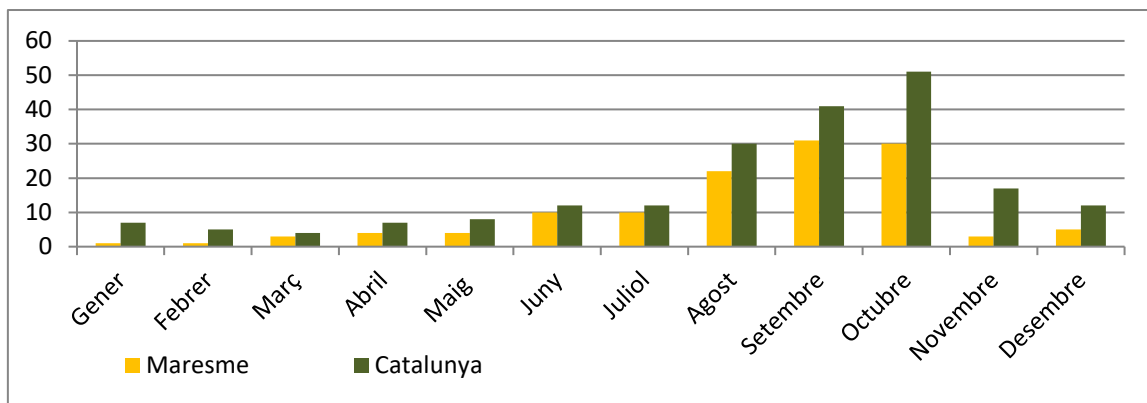
Font: elaboració pròpia a partir de l'Idescat (2020).

L'augment de la població va transformar l'estructura econòmica i social de cada un dels municipis i va determinar la seva especialització econòmica en el corresponent context social i les decisions locals sobre el planejament territorial a desenvolupar. En molts casos, aquest creixement demogràfic ha estat la causa d'un creixement urbanístic ràpid i desordenat, que ha incrementat l'exposició de la població a les inundacions (Olcina, 2007).

Es constata que els condicionants dels episodis d'inundacions es repeteixen a tota la comarca del Maresme, i a la majoria de municipis costaners de la demarcacions de Barcelona, Girona i Tarragona.

Així, les inundacions es produeixen generalment als mesos de tardor i estan associades a l'arribada de gotes fredes o de temporals de llevant (Llaçat et al, 2012), com s'observa a la Figura 89.

Figura 89. Distribució mensual dels episodis d'inundació que han afectat al Maresme i Catalunya (1950-2019)



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'ACA (2019).

Els principals tipus d'inundació que és donen en aquest territori són:

- les fluvials causades pel desbordament de rieres, generades per una forta crescuda,
- difuses, a causa de l'acumulació de l'aigua en superfície a conseqüència de tempestes de gran intensitat i que les aigües acumulades no poden ser assumides pels sistemes de drenatge.
- Temporals de mar, que causen danys directes a la pròpia costa, i de vegades augmenten el nivell superficial de les aigües a les desembocadures de les rieres i rius, evitant que aquestes puguin desguassar al mar i obstruint en molts casos els desaigües fluvials (Barriocanal et al, 2006)

Les dues primeres son les habituals a la conca, la tercera afecta Mataró i Cabrera de Mar i la resta de municipis costaners del Maresme i d'altres comarques litorals de Catalunya.

7.4.1.1. Classificació de les inundacions.

Segons el **GAMA**²⁸ (Grup d'Anàlisi de situacions Meteorològiques Adverses), podem classificar les inundacions segons la durada i el comportament de les precipitacions que les han generat (pluges molt ràpides, pluges moderades de més d'un dia, pluges dèbils durant molts dies), les causes (precipitacions, desbordaments, trencament de barreres...) o el seu impacte (ordinàries, extraordinàries i catastròfiques).

Classificació segons origen i causes

Les inundacions es poden classificar segons el seu origen:

- Precipitacions "in situ": és a dir, precipitacions abundants en el mateix lloc on ocorre la inundació. La pluja caiguda és major que la capacitat del terreny d'infiltrar-la i canalitzar-la. Un exemple són les inundacions d'àmbit urbà.
- Precipitacions per avingudes o desbordaments: les aigües superen la llera dels rius, els llacs o maresmes degut a una crescuda (ja sigui per precipitacions, desgel o obstrucció dels cursos).
- Per ruptura o operacions incorrectes d'infraestructures hidràuliques.

També es poden classificar segons el seu impacte: aquest tipus de classificació és la més emprada quan es volen fer estudis d'inundacions històriques a escala secular, però amb l'interès d'homogeneïtzar criteris, també s'utilitza per l'estudi d'inundacions actuals, especialment quan no hi ha dades de cabal (Llasat et al, 2005). A partir d'aquesta consideració es distingeix entre:

- Inundació o avinguda ordinària: és la que es produeix quan el cabal del riu augmenta de tal forma que pot alterar el ritme de vida quotidiana, afectar infraestructures no permanents situades en el riu (p. ex.: passarel·les) o envair passos per a l'encreuament del riu. No obstant això no produeix danys materials majors. Les avingudes al Maresme, que poden arrossegar cotxes, són d'aquests tipus.

²⁸ GAMA (Grup d'Anàlisi de situacions Meteorològiques Adverses) és un grup d'investigació interdisciplinari del Departament d'Astronomia i Meteorologia de la Universitat de Barcelona. Les seves principals línies d'investigació són: l'estudi de fenòmens meteorològics adversos i riscos naturals (episodis de precipitacions extremes, inundacions, riades, tempestes, sequeres, incendis forestals...); Canvi Climàtic (anàlisi de sèries meteorològiques, tendències i anomalies, impacte del canvi climàtic en els riscos naturals); Previsió hidrometeorològica (nowcasting, estacional); Anàlisi de l'impacte social, percepció i comunicació social dels riscos naturals; Divulgació meteorològica, comunicació i sensibilització enfront als riscos naturals i el canvi climàtic.

- Inundació extraordinària: es produeix quan el riu es desborda i encara que afecta el desenvolupament de la vida ordinària i produeix alguns danys, no genera destrucció completa d'infraestructures. Aquestes inundacions poden ser locals o molt extenses.
- Inundació catastròfica: aquella que produeix pèrdues materials greus, com a destrucció total o parcial de ponts, molins o altres infraestructures, pèrdues de bestiar i collites

Un altre tipus de classificació és segons la seva durada, intensitat i impacte. Així, les inundacions també es poden classificar segons les seves característiques hidrometeorològiques, considerant bàsicament la intensitat i durada de la pluja, el tipus de sistema de precipitació més comunament associat, el tipus de conques afectades i els potencials impactes i la gestió de l'emergència. En aquest cas, (Llasat, 2009) proposa la següent classificació:

- Tipus 1. Inundacions molt ràpides (flash-floods) per pluges molt intenses i localitzades: Inundacions molt ràpides produïdes per pluges d'intensitat molt forta (en alguns moments pot arribar a ser superior a 180 mm/h) però molt curtes (menys d'una hora).

Es tracta d'episodis molt convectius. La quantitat de pluja totalitzada no sol superar els 100 mm. Generalment produeixen inundacions locals a les ciutats i pobles (inundacions de places, garatges, soterranis, etc., a causa de problemes de drenatge o en petites conques amb molta pendent, produint-se les anomenades "flash-floods" o inundacions sobtades.

Aquestes últimes són perilloses per als practicants d'esports de risc (barranquisme, ràfting,...) així com en els pobles costers i zones turístiques pròximes a les muntanyes del litoral. Els principals danys són deguts a cotxes arrossegats, talls d'electricitat i, en algunes ocasions, alguna víctima mortal, sovint per imprudència. En general estan associades a tempestes localitzades, de tipus unicel·lular o multicel·lular. La predicció meteorològica, a curt termini, de la quantitat, intensitat i lloc afectat per les pluges és molt difícil. El radar meteorològic i els models de mesoescala són bones eines per a la seva previsió a molt curt termini. Malgrat aquesta possibilitat la millor previsió davant aquests episodis és l'educació de la població. Aquest tipus d'inundacions tenen lloc principalment a l'estiu i principis de tardor. En general es tracta d'inundacions ordinàries.

Les inundacions produïdes al Maresme a finals d'agost i primers de setembre són d'aquest tipus.

- Tipus 2. Inundacions per pluges molt intenses i continuades: Són inundacions produïdes per pluja d'intensitat forta o moderada (es pot

mantenir per sobre dels 60 mm/h durant bastant temps) i duració entre 1 i 4 dies. Aquestes inundacions tenen lloc principalment a la tardor, tot i que en alguns casos històrics s'han produït durant la primavera o el estiu. Quan aquestes pluges afecten a rius amb molt pendent o amb molt transport sòlid, o bé a zones molt vulnerables, les inundacions poden ser catastròfiques.

Es poden distingir entre dues categories:

- *Tipus 2a. Inundacions molt ràpides (flash-floods) per pluges intenses i quantioses:* Estan produïdes per pluges de forta intensitat durant dues o tres hores, i una duració total de l'episodi inferior a 24 hores. La quantitat de pluja acumulada en poques hores supera els 200 mm. Tot i que la zona més afectada pugui no ser molt gran (conques compreses entre menys de 100 Km² i 2000 Km²), les pluges o el mal temps afecten àrees superiors al 2000 Km². En aquest cas el temps de resposta és molt curt i poden produir-se moltes morts.

Són exemples d'aquests tipus d'inundacions les del Vallès de 1962, amb 815 morts, i les de Biescas de 1986, amb 87 morts.

- *Tipus 2b. Inundacions per pluges quantioses i moderadament intenses:* Són inundacions catastròfiques produïdes per pluges d'intensitat forta i moderada, usualment durant dos o tres dies, i que afecten a conques mitjanes. La zona afectada pot ser molt gran (més de 2000 Km²), i les pluges o el mal temps afecten una gran part del país, o fins i tot, del NE del Mediterrani (Espanya i França, França i Itàlia, o, fins i tot, Espanya, França i Itàlia). En aquests casos és també possible que la part alta de les conques o algunes conques petites experimentin inundacions del tipus 2a. El temps de resposta pot ser molt curt per a la part alta dels rius, però el valor màxim de la crescuda del riu pot arribar un dia després que s'hagin produït les màximes intensitats pluviomètriques.

Són d'aquest tipus les inundacions catastròfiques que van afectar els Pirineus en novembre de 1982, causant greus destrosses i víctimes mortals a Andorra, França i Catalunya.

- Tipus 3. Inundacions per pluges continuades: Les inundacions extraordinàries produïdes per pluges que en terme mig són d'intensitat dèbil, però que poden enregistrar valors alts puntualment, i que tenen una duració aproximadament d'una setmana o més. Són els casos típics de les inundacions a conques grans, com podria ser el Tajo o els rius de Centre Europa. Meteorològicament van associades a pluges estratiformes amb pics convectius. Es disposa d'un temps de resposta suficient per a laminar la crescuda utilitzant els embassaments i per a desplegar els sistemes de socors necessaris. En conques molt grans les prediccions d'avinguda es fan a partir de les avingudes aigües amunt (ex. Danubi). En general no hi ha morts i els danys materials són inferiors als del cas 2. Aquestes inundacions no són freqüents, sent l'estació més típica a l'hivern en el cas de Catalunya o l'estiu en el cas de Centre Europa. Si es produeixen a la primavera solen anar lligades a fusió de neu, i aquest seria el cas d'algunes inundacions històriques enregistrades a l'Ebre al seu pas per Tortosa.

A Catalunya no són molt habituals, però en són un exemple les avingudes del gener de 1996, que es van poder laminar gràcies als embassaments. També són d'aquests tipus les inundacions que van afectar el centre d'Europa l'estiu de 2002.

- Tipus 4. Inundacions produïdes per fusió de neu: Poden estar vinculades amb pluja, com serien les inundacions de tipus 3, o bé produïdes exclusivament per la fusió de neu acumulada durant l'hivern. No són pròpies de Catalunya.

7.4.1.2. Dificultat de previsió.

Al nostre territori és més difícil predir els aiguats que en zones més temperades (Martin Vide i Llasat Botija, 2000). Concretament, els patrons sinòptics de les zones temperades presenten un comportament bastant regular, per tant, previsible. Els vents dominants de l'oest i el sud-est i les depressions frontals són persistents i amb trajectòries conegudes. L'àrea mediterrània, on es troba el nostre territori, suposa com una transició entre la zona temperada i la tropical, de vegades amb comportaments més nítids d'una que de l'altra, augmentant la complexitat en els mecanismes atmosfèrics. En el cas de Catalunya, hem d'incorporar un nou element de complexitat: la presència d'un gran mar, el Mediterrani.

Així, les pertorbacions d'origen atlàntic, molt modificades pel seu pas per la península ibèrica, especialment per la seva elevada altitud, presenten una atenuació definitiva, o bé, en canvi, es vigoritzen en arribar al Mediterrani. D'altres vegades, en canvi, és la pròpia dinàmica atmosfèrica mediterrània, amb les seves depressions de comportament irregular, les que interfereixen els patrons regulars de ponent.

Per tot això (Martin Vide i Llasat Botija, 2000), els factors geogràfics merament locals, són, de vegades, per si sols, capaços d'explicar l'ocurrència de registres pluviomètrics molt elevats, malauradament, a posteriori dels danys causats.

7.4.1.3. Intensitats elevades

En el cas del Maresme, les inundacions s'han produït generalment amb precipitacions de 50 a 100 mm diaris (Taula 58). En molts casos, però, la intensitat de la pluja és molt elevada, com la constatada el 8 de setembre de 2018, on malgrat ploure 51 mm, es van detectar intensitats de 3 litres per minut (Meteomar, 2018) o, el 10 d'octubre de 2016, a Cabrils, va caure una intensitat de 5,6 litres per minut i 82 litres en 30 minuts (SMC, 2019).

Taula 58. Episodis de precipitació d'elevada intensitat que han causat rierades al Maresme en els darrers 30 anys.

Data	Municipi	P mm registrada
11-11-1988	El Masnou, Arenys	139
05-08-1989	Calella, Canet de Mar i Arenys	81,5
31-08-1989	Arenys, Canet, Mataró	60,8
06-08-1990	Premià, Vilassar	60
25-09-1991	Baix Maresme	72
4,5,6-7-1992	Arenys de Mar	52
08-10-1992	Arenys	47
22,23-04-1993	Caldes d'Estrac, Arenys	74
2,3-9-1996 ²⁹	Cabrils, Vilassar de Mar	220
23-09-2002	Arenys, Caldes d'Estrac	80
13-09-2006	Calella, Mataró, Arenys, El Masnou	100
27-09-2010	Arenys, Canet, Sant Pol, Mataró	50
12-04-2011	Dosrius	116,9
24-10-2011	Malgrat de Mar	131,6
28,29-7-2014	Vilassar de Mar, Malgrat de Mar	61,8
12-10-2016 ³⁰	Cabrils, Vilassar, Premià de Mar, el Masnou	220
08-09-2018	Mataró	51
27-10-2019 ³¹	Arenys	55

Font: A la darrera columna hi figuren els valors de precipitació en mm enregistrats en l'estació meteorològica més propera. Font, Gutiérrez, (2014), completat amb les dades obtingudes dels butlletins climàtics anuals del SMC (2011-2019) i de la premsa recopilades pel propi autor.

Només tenim dades d'un episodi de pluges superior als 200 mm, el 12 d'octubre de 2016, que va causar la mort d'una persona i danys als serveis públics per valor de més de 6 M€ als municipis de Cabrils, Cabrera de Mar i Vilassar de Mar, en una àrea inundable molt més reduïda que la que resultaria afectada a la desembocadura de la conca de la riera d'Argentona, amb cabals

²⁹ L'Ajuntament de Cabrils va valorar els danys a la propietat pública i privada en 2,3 M€ (Sala i Benlloch., 1996)

³⁰ Es va produir una víctima mortal a Vilassar de Mar.

³¹ Es va produir una víctima mortal a Arenys de Munt.

molt més elevats pels períodes de retorn de 100 i 500 anys pel 2009 i pels escenaris 2050 B1 i A2.

7.4.2. Espais inundables.

Considerant les inundacions històriques esdevingudes, els usos del sòl i el marc legal, cal conèixer les zones inundables, per tal d'identificar les diferents superfícies de cada ús per cada municipi i pel conjunt de la conca de la riera d'Argentona que és poden inundar, amb l'interès de zonificar aquestes zones i poder, posteriorment, proposar la regulació dels usos admissibles d'acord amb la normativa vigent.

Per poder determinar aquestes zones, primer s'ha elaborat la cartografia dels usos del sòl basant-nos en el Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya (MCSC) elaborat pel Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF).

Es tracta d'una cartografia temàtica d'alta resolució dels principals tipus de cobertes del sòl del país (boscos, conreus, zones urbanitzades, etc.).

A la Taula 59 hem indicat la superfície de cada municipi dins la conca de la Riera d'Argentona, els usos i cobertes que la formen, i posteriorment, quina superfície d'aquests usos és inundable.

Taula 59. Distribució de les cobertes del sòl, usos del sòl i superfície inundable en els municipis de la conca de la riera d'Argentona (2015).

Municipi	Tipologia	Superfície total (S.T)		Superfície total inundable (S.T.I.) a la conca per cada us		S.T.I. sobre S.T. dins la conca
		Km ²	%	Km ²	%	%
	Cobertes i usos del sòl					
Dosrius	Espai agrícola	3,72	9,1%	0,034	9,29%	0,91%
	Espai artificialitzat	2,61	6,4%	0,22	60,11%	8,43%
	Vegetació espontània	34,49	84,5%	0,112	30,60%	0,32%
	Litoral	0	0%	0	0	0
	Total municipi a la Conca	40,82	100%	0,366		0,90%
Argentona	Espai agrícola	4,9	19,43%	0,374	38,20%	7,63%
	Espai artificialitzat	3,04	12,07%	0,27	27,58%	8,88%
	Vegetació espontània	17,28	68,5	0,335	34,22%	1,94%
	Litoral	0	0%	0%	0%	0%
	Total municipi a la Conca	25,22	100%	0,979	3,88%	3,88%
Òrrius	Espai agrícola	0,43	7,87%	0	0%	0%
	Espai artificialitzat	0,36	6,58%	0	0%	0%
	Vegetació espontània	4,76	85,55%	0	0%	0%
	Litoral	0	0	0	0%	0%
	Total municipi a la Conca	5,55	100%	0	0%	0%
Cabrera de Mar	Espai agrícola	0,225	41,28%	0,225	41,28%	100%
	Espai artificialitzat	0,258	47,34%	0,258	47,34%	100%
	Vegetació espontània	0,056	10,28%	0,056	10,28%	100%
	Litoral	0,006	1,10%	0,006	1,10%	100%
	Total municipi a la Conca	0,545	6,06%	0,545	100%	6,06%
Mataró	Espai agrícola	0	0%	0	0,00%	0%
	Espai artificialitzat	1,499	74,43%	0,310	68,13%	20,68%
	Vegetació espontània	0,415	20,60%	0,135	29,67%	32,53%
	Litoral	0,01	4,96%	0,01	2,20%	100%
	Total municipi a la Conca	2,04		0,455	22,30%	22,30%

Font: elaboració pròpia a partir de la informació de l'Agència Catalana de l'Aigua (2019) i el CREAM (2019).

La superfície total inundable pel període de retorn de 500 anys a la conca de la riera d'Argentona és de 2,345 km², que representa un 3,17% del total de la superfície de la conca. Tot i ser un percentatge petit, abasta un territori econòmicament important en referència al sòl industrial i comercial inundable.

Mataró té el 9,04% de la seva superfície municipal dins l'àmbit de la conca de la riera d'Argentona, concretament 2,04 km². D'aquests, 0,425 km² són inundables per la riera d'Argentona. Cabrera de Mar té 0,545 km², que

significa un 6,06% de terme dins la conca de la riera d'Argentona. En canvi, Òrrius, Dosrius i Argentona tenen tot el terme municipal dins la Conca.

La coberta dominant a Mataró i Cabrera de Mar és l'espai artificialitzat. En canvi, a Argentona, Dosrius i Òrrius és la vegetació espontània. L'espai agrícola és el segon en importància a Cabrera de Mar, Argentona, Dosrius i Òrrius, però amb notables diferències entre ells. En canvi, Mataró ja no té actualment sòl agrari en aquesta conca.

La diferència entre els quatre municipis en relació als espais susceptibles de ser inundats són significativament diferents entre ells i afecten a l'impacte de les inundacions.

El 60,11% del sòl potencialment inundable de Dosrius correspon a l'espai artificialitzat, concretament els polígons industrials de La Surera i els Alocs. Una altra part significativa és la vegetació espontània, bàsicament la llera i els marges de la Riera, amb un 30,60%, i finalment l'espai agrícola, amb un 9,29%.

A Òrrius, per la seva orografia, el domini de la coberta de vegetació espontània, bàsicament boscos i la situació a capçalera de conca, no té superfície inundable segons la cartografia de l'ACA pel període de retorn de 500 anys.

Argentona té la major part de sòl potencialment inundable com a sòl agrícola (38,20%), concretament les planes agrícoles de banda i banda de la riera, i com a vegetació espontània (34,22%), on tenim la mateixa llera de la riera i antics conreus actualment abandonats. L'espai artificial ocupa un 27,58% de la superfície potencialment inundable, on hi trobem el Polígon Industrial del Cros i el Polígon Industrial Nord. En aquest ús també hem incorporat el sòl industrial consolidat que encara no s'ha construït polígons.

Cabrera de Mar té la seva superfície potencialment inundable compartida bàsicament pel sòl agrícola (41,28%) i pel sòl artificial (47,34%), format bàsicament per usos comercials, i per la via del tren i la carretera Nacional II.

Mataró té la major part de sòl artificialitzat potencialment inundable (68,13%), especialment per a la urbanització de les Hortes i del Rengle, especialment amb sòl industrial, però també comercial i residencial, la via del tren i la carretera Nacional II. La segona coberta inundable és la vegetació espontània (29,67%), formada bàsicament per la llera i els marges de la Riera d'Argentona que travessen el seu terme. Finalment té una petita zona inundable al litoral, on hi trobem les platges i algunes esculleres.

8. Exposició al risc de la conca de la riera d'Argentona

S'entén per exposició el conjunt d'elements (persones, béns econòmics, infraestructures i altres elements susceptibles) que es poden veure afectats per un fenomen d'inundació. Aquests es converteixen en l'objecte d'estudi d'aquest capítol per tal de poder, posteriorment, calcular el seu perill i la seva vulnerabilitat econòmica.

Davant la impossibilitat material de prendre en consideració la totalitat d'elements inclosos en l'àrea inundable de la conca de la riera d'Argentona i amb l'interès de limitar de manera realista l'abast del projecte, s'ha triat tota l'àrea potencialment afectada per les inundacions, d'acord amb les afectacions obtingudes per la modelització en capítols anteriors.

8.1. Procediment metodològic

Per tal de conèixer l'exposició, es necessari establir les variables que condicionaran l'afectació d'aquests elements. En el nostre cas considerem:

8.1.1. L'alçada respecte a la riera d'Argentona.

L'alçada o cota és la distància vertical d'un element respecte d'un punt d'origen donat, considerat "nivell zero", en el nostre cas la riera d'Argentona. En el cas de les inundacions és una de les variables més importants.

D'acord amb les inundacions que preveu l'ACA (2014), en aquest territori presenten unes cotes d'inundacions màximes de 4 metres, i donat que per a una alçada de 2 metres o superiors l'exposició és molt greu, s'han establert els següents valors (Taula 60):

Taula 60. Valors assignats a la cota de cada element respecte a l'altura a la riera d'Argentona

Metres	≥ 2	$1,5 \leq 2$	$1,5 \leq 1$	$1 \leq 0,5$	$\leq 0,5$
Valor exposició	1	2	3	4	5

Font: elaboració pròpia.

8.1.2. Proximitat a la riera d'Argentona.

La proximitat dels elements a la riera d'Argentona ens permet conèixer l'exposició en relació a la facilitat d'inundació, tant per l'accessibilitat de les aigües pluvials com per la seva velocitat, ja que serà previsiblement major la quantitat d'aigua de la làmina d'inundació i generalment menor la quantitat d'objectes que interceptaran les aigües. Els valors assignats per cada tram es reflecteixen a la Taula 61.

Taula 61. Valors assignats a cada tram respecte a la seva distància a la riera d'Argentona

Metres	25	50	100	200	500
Valor exposició	4	3	2	1	0

Font: elaboració pròpia.

8.1.3. Inundabilitat segons el període de retorn.

Un altre dels paràmetres importants per calcular l'exposició es la seva inundabilitat segons el període de retorn, de manera que les zones que s'inunden amb el període de retorn de 50 anys, tenen la màxima puntuació, ja que segons la pròpia definició del període de retorn, la probabilitat de que una zona s'inundi per una precipitació igual o superior es produirà cada 50 anys, concretament la probabilitat és del 2%. Per al període de retorn de 100 anys aquesta probabilitat és de l'1%, i pel període de retorn de 500 anys és del 0,02% (Taula 62).

Taula 62. Valors assignats segons la seva inundabilitat màxima per cada període de retorn que l'afecta

Inundació	T500	T100	T50	No afectació
Valor exposició	1	3	5	0

Font: elaboració pròpia.

8.1.4. Tipologia d'usos afectats.

Els diferents usos que podrien resultar afectats ens permeten conèixer l'exposició segons on habita la població que pot resultar-ne afectada, o bé el valor econòmic de les instal·lacions. Així disposem de cinc grups, amb valors d'exposició de 1 a 5, com es presenta a la Taula 63.

Taula 63. Taula amb els valors assignats pels usos que poden resultar afectats

Usos	Blocs de pisos, Vies de tren	Centres ensenyament, comercials i indústries	Masies, carreteres	Hivernacles hortes, zones verdes	Conreus de regadiu, fruiters
Valor exposició	5	4	3	2	1

Font: elaboració pròpia.

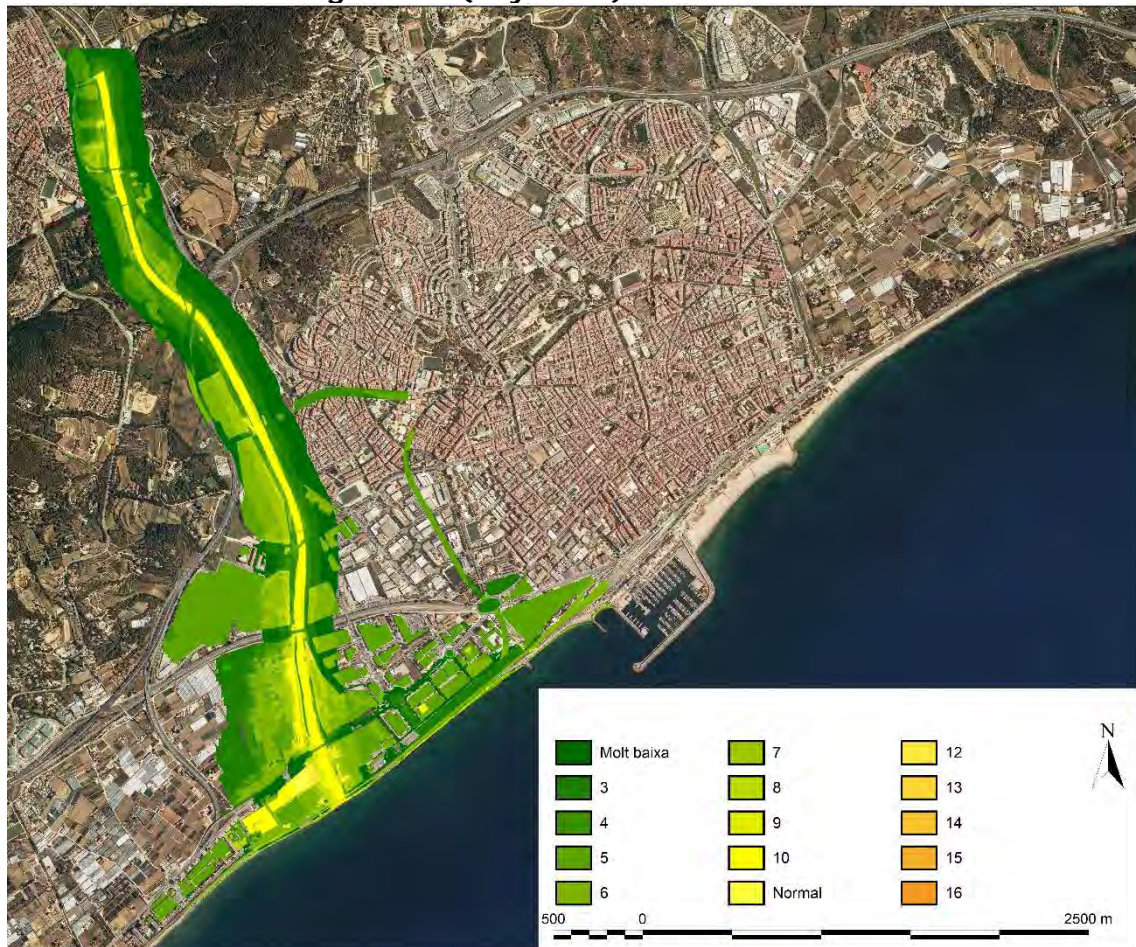
8.2. Càlcul de l'exposició

El càlcul resultant de l'exposició es determina amb la suma de les tres capes descrites, sobre les quals s'ha aplicat una reclassificació prèvia per ajustar-ne els valors de cadascuna d'elles:

- Alçada respecte la riera d'Argentona: valors de 1 a 5
- Proximitat a la riera d'Argentona: valors de 0 a 4
- Inundabilitat segons el període de retorn: valors d'1 a 5
- Tipologia dels usos afectats: valors de 1 a 5

En relació a l'exposició del risc d'inundació de la part inferior de la conca de la riera d'Argentona pel 2009 (Figura 90), s'observa que en general es molt baixa, ja sigui al veïnat del Cros i els polígons industrials paral·lels a la riera, així com al PAU El Rengle. En canvi, és l'exposició al risc d'inundacions és mitjà, amb valors de 10 o similars, a la pròpia llera i a l'entorn dels centres comercials Carrefour, Aki i Brico Depot.

Figura 90. Mapa de l'exposició del risc d'inundació de la part inferior de la conca de la riera d'Argentona (any 2009)



Font: elaboració pròpia a partir de base ortofoto 2018 ICGC (2019).

L'exposició al risc d'inundacions pel 2009 és de 10 als aparcaments dels centres comercials i de 5 a les edificacions (Figura 91).

Figura 91. Imatge aèria dels centres comercials Carrefour, Aki i Brico-Depot a Cabrera de Mar

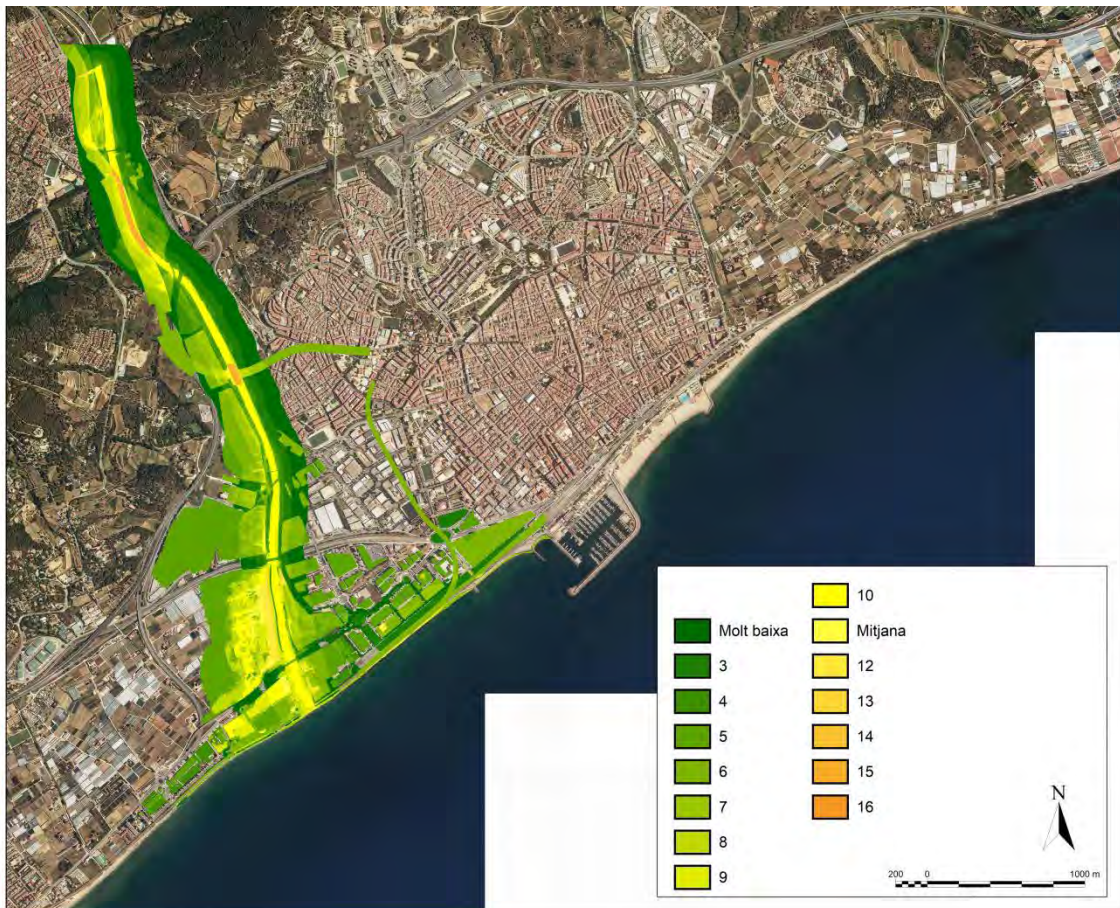


Font: Europa Press (2012).

En canvi, al mapa de l'exposició del risc d'inundació de 2050, escenari B1 (figura 92), observem que l'exposició és mitjana a tota la llera i a la part dreta de la conca, concretament a l'entorn de la zona industrial del Cros i especialment a l'entorn del centre comercial Carrefour, i en canvi, al terme

de Mataró (PMU El Rengle) l'exposició és baixa o molt baixa, amb valors de 8 a 0.

Figura 92. Mapa de l'exposició del risc d'inundació de la part inferior de la conca de la riera d'Argentona (any 2050 -escenari B1-).

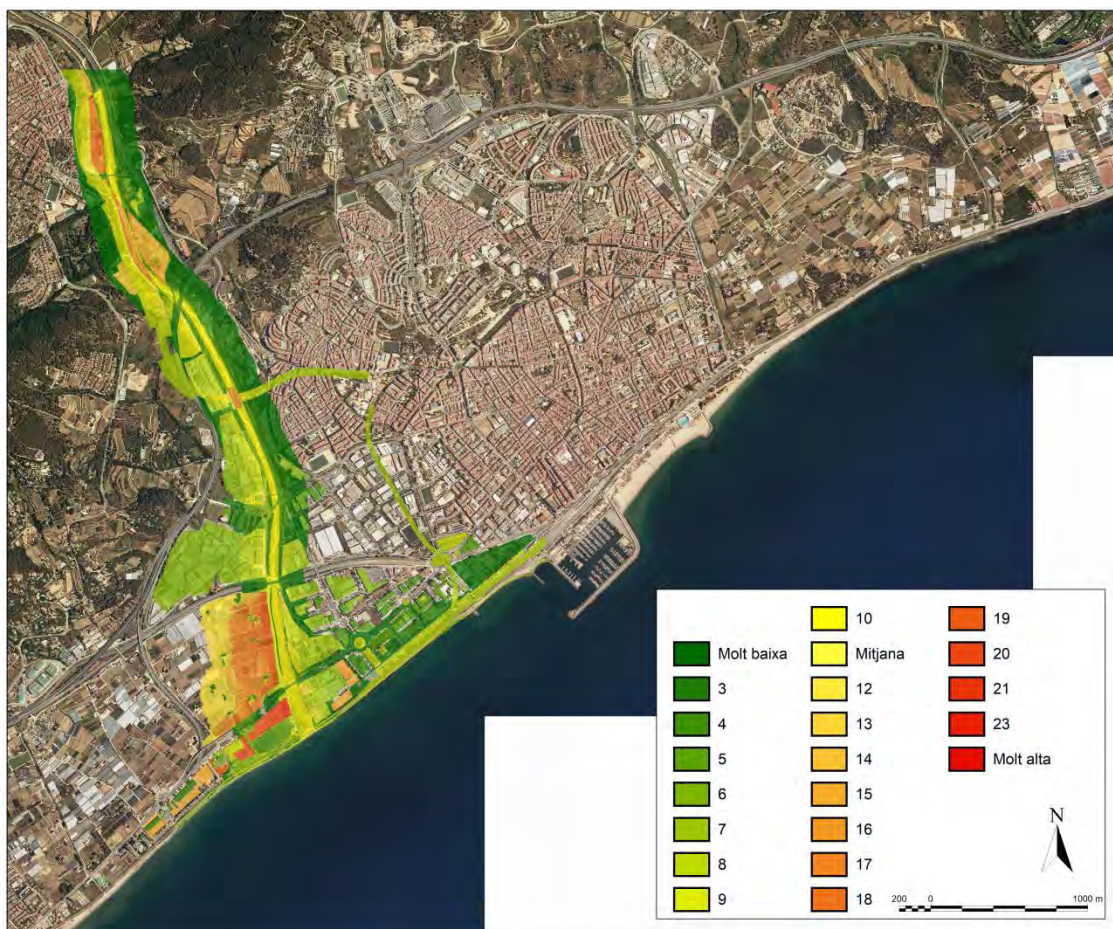


Font: elaboració pròpia a partir de base ortofoto 2018 ICGC (2019).

Finalment obtenim el mapa de l'exposició a les inundacions de la conca de la riera d'Argentona pel 2050, escenari A2. Presenta valors des de 2 com a exposició molt baixa, fins al valor 23 com a exposició molt alta.

Al 2050, escenari A2 (Figura 93), obtenim un territori de baixa exposició situat al marge esquerre de la riera d'Argentona, ocupat majoritàriament per activitats agrícoles, així com la major part del sector del Rengle de Mataró, situat a banda i banda de la carretera Nacional II, al mateix marge esquerre, i la zona industrial de Cabrera de Mar, al marge dret.

Figura 93. Mapa de l'exposició del risc d'inundació de la part inferior de la conca de la riera d'Argentona (any 2050 -escenari A2-).



Font: elaboració pròpia a partir de base ortofoto 2018 ICGC (2019).

Observem que les zones de major exposició són les més properes a la riera d'Argentona, i amb menor alçada respecte a aquesta, especialment a la zona agrícola de l'est del nucli urbà d'Argentona i al Pla de Cabrera, així com els aparcaments més propers al mar i la via del ferrocarril de Mataró a Barcelona.

La proximitat al mar, conjuntament a la cota respecte a aquest, també comporta un increment de l'exposició.

Així mateix, es pot comprovar com la zona comercial del marge dret, concretament l'espai que ocupa el centre comercial Carrefour, té un valor d'exposició molt inferior a zones properes, ja que el programa pren com a referència la cota superior de l'edifici, que està a set metres d'alçada respecte al seu entorn.

En el nostre cas s'ha considerat únicament les aportacions d'aigües pluvials provinents de la riera d'Argentona i de les dificultats de desguàs al mar per la presència de les onades, però no s'ha tingut en consideració les aportacions

de les diverses rieres que es troben al seu entorn, especialment a Cabrera de Mar, amb conques molt petites (Cabrera, amb una conca de 2'60 km², Agell i Molí) o les grans zones urbanitzades i impermeabilitzades de Mataró (veïnats de Cerdanyola, Pla d'en Boet, Centre, etc...) que incrementarien puntualment les zones inundades i podrien actuar conjuntament com un efecte dominó incrementant l'exposició d'algunes de les zones, tant en superfície afectada com en grau d'afectació.

En general, l'exposició al risc és superior el 2050 -escenari A2- respecte al 2009 i el B1. En canvi, entre el 2009 i 2050 -escenari B1- la variació és mínima.

9. Determinació de la vulnerabilitat econòmica per als anys d'estudi (2009 i escenaris de futur)

Referent a la vulnerabilitat, existeixen nombrosos indicadors que fan referència a les seves múltiples definicions (Wisner et al, 2004): la vulnerabilitat física o estructural (fragilitat de les edificacions), social (en funció de la posició socioeconòmica de la població, distribució espacial, edat, discapacitats, origen, gènere, etc.), econòmica (pèrdues, danys directes i indirectes), etc. Davant la diversitat d'interpretacions i la falta de consens, hi ha risc de reduir el concepte de vulnerabilitat a una simple suma d'indicadors (Downing, 2004).

Per tal d'evitar aquesta situació, hem optat per seguir els treballs de Grüntal et al. (2006), basats en els usos del sòl i únicament a través de la vulnerabilitat econòmica. Així, proposem una metodologia senzilla en funció d'indicadors socioeconòmics fàcilment accessibles.

9.1. Resistència socioterritorial al risc d'inundació

La primera de les dimensions de la vulnerabilitat és la resistència, entesa com a la capacitat que té un individu o un grup d'individus per absorbir i tolerar les possibles pèrdues ocasionades per un episodi d'inundacions, així com per la capacitat de restablir-se dels propis efectes i danys soferts, dependrà especialment del nivell de benestar de cada individu o grup social.

A la major part dels municipis del Maresme ha estat significatiu l'augment de la riquesa de la població, generant un augment important dels mitjans disponibles per prevenir i mitigar els impactes causats per les inundacions, i poder-se recuperar de les pèrdues més ràpidament que en el passat.

A la Taula 64 hem presentat les dades de la renda bruta disponible familiar pel període 2011-2014, on, malgrat la crisi econòmica que va afectar aquest territori, es constata el manteniment dels nivells de renda bruta. En canvi, si analitzem les dades per comarques des de l'any 2000 al 2016 disponibles a Idescat (2019)³², sí que es constata aquest creixement, d'11,5 milers €/hab. i el 97,4% respecte l'índex 100 de Catalunya per a l'any 2000, fins als 16,7 milers d'€/hab. i el 98,4 % respecte l'índex 100 de Catalunya, amb un increment de 5'2 milers d'€/hab. en aquest període (2000-2016).

³² Només hi ha la disponibilitat de dades de la renda bàsica familiar per comarques, no per municipis.

Taula 64. Renda bruta disponible familiar per habitant als municipis de la conca de la riera d'Argentona, el Maresme i Catalunya (2011-2014)

Municipi	Milers d'euros per hab.				Índex Catalunya = 100			
	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014
Òrrius	Sense dades							
Dosrius	16,6	16,2	16,4	16,6	99,6	99,6	101,8	100,8
Argentona	17	16,6	15,6	16,6	101,6	102,3	96,7	101,1
Mataró	15,5	15	14,4	14,5	92,6	92,3	89,5	88,3
El Maresme	16,6	16,1	15,7	16	99,5	99,4	97,5	97
Catalunya	16,7	16,2	16,1	16,5	100	100	100	100

Font: elaboració pròpia a partir de les dades d'Idescat (2019).

La conceptualització multidimensional de la vulnerabilitat fa necessari un tractament metodològic molt més complex del que seria considerar la vulnerabilitat com una simple exposició física. El principal repte és trobar un índex de vulnerabilitat que conjugui adequadament el major nombre possible de dimensions presents en el concepte (Sauri, 2003). Aquest índex pot ser quantitatiu, utilitzant l'estadística multivariant, o qualitatiu, en funció dels valors subjectius assignats pel coneixement expert. La cartografia de la vulnerabilitat, a la vegada, pot utilitzar els Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG) i permet disposar de diverses aplicacions potencials molt importants per a la gestió dels riscos.

Seguidament presentarem diferents propostes d'índex de vulnerabilitat amb l'ús dels sistemes d'informació cartogràfica per posteriorment utilitzar el més adequat per cada període d'estudi.

Un primer índex és el de vulnerabilitat residencial al risc de les inundacions, basant-nos en l'índex estudiat per Clark et al. (1988) per al risc d'inundacions provocat pels temporals de mar a l'àrea metropolitana de Boston. Aquesta vulnerabilitat es calcula d'acord amb una matriu de tres files per tres columnes formada per dues dimensions: l'exposició física al risc (definida a partir dels espais potencialment afectats per episodis amb períodes de retorn específics) i la que podríem definir com a vulnerabilitat espacial o intrínseca reflectida en un índex que recull i integra fins a una trentena de variables sociodemogràfiques. La combinació entre exposició física i vulnerabilitat estructural dóna com a resultat un mapa de zonificació del risc que permet definir diferents àrees de vulnerabilitat i identificar les que requeririen major atenció de les administracions, que és aquella en la que coincideix una exposició màxima amb una vulnerabilitat també màxima.

Per tal de valorar la cartografia de riscos múltiples per a un lloc o àrea geogràfica determinada, prenent com a àrea d'estudi el comtat de Georgetown a Carolina del Sud (Cutter et al, 2000), es va determinar la vulnerabilitat biofísica, la qual identifica els fenòmens naturals extraordinaris

i la seva freqüència, i el que es defineix com a vulnerabilitat social, basant-nos en les característiques sociodemogràfiques obtingudes al cens. Els dos mapes se superposen i n'obtenim un amb cinc categories de vulnerabilitat total. Com l'anterior índex, obtenim un alt grau de variabilitat de la vulnerabilitat espacial i que en molts casos no coincideixen les àrees amb major vulnerabilitat biofísica amb les de major vulnerabilitat social. Finalment, s'estableixen els índexs de vulnerabilitat per a les inundacions.

9.2. Procediment metodològic

9.2.1. Determinació de les zones inundables

Per a l'elaboració del mapa de les zones inundables s'han utilitzat les dades geomorfològiques i tècniques avançades de geografia i modelació hidràulica bidimensional.

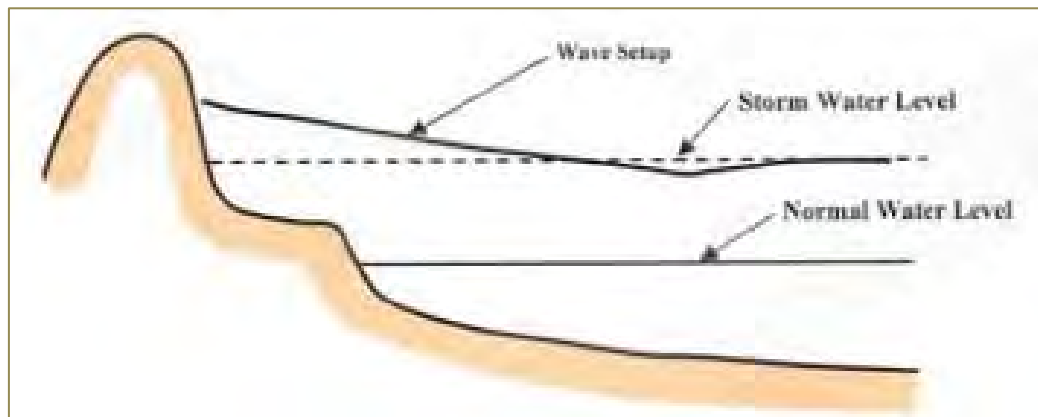
Amb les dades geomorfològiques s'han estimat els cabals de càlcul associats als diferents escenaris de probabilitat per a cada període, que s'utilitzaran amb el model de simulació hidràulica. Per a poder desenvolupar aquest model s'ha disposat de la següent informació:

- El model digital d'elevacions (MDE) que es realitza a partir d'un model digital del terreny (MDT) facilitat per l'Institut Cartogràfic de Catalunya de resolució 2x2 (m), del tram de la riera a estudiar amb la millor resolució disponible. En aquest sentit, s'ha utilitzat la cartografia LIDAR (Light Detection and Ranging).
- Ortofoto actual de la zona d'estudi amb la millor resolució possible (IGCC, 2009).
- Croquis acotats dels elements i infraestructures localitzades a la zona d'estudi que poden afectar la inundabilitat: ponts, marges, canalitzacions), d'acord amb ACA (2013, p 14).
- Identificació dels elements localitzats aigües amunt o avall de la zona d'estudi que defineixen les condicions de contorn de la simulació, concretament el nivell del mar.

Per establir el nivell del mar com a condició de contorn del model hidràulic s'ha considerat que es produeixen temporals de recurrència similar que el mateix esdeveniment de precipitació i d'avingudes de la riera.

En un temporal el nivell del mar s'incrementa per la pròpia marea i del prealçament del nivell del mar que es produeix per l'onatge incident (Figura 94), denominat Set-Up (Dean, 2005).

Figura 94. Esquema d'increments del nivell del mar degut al temporal (Long Straight Beach) Set-Up



Font: Dean, B., Collins, I., Divoky, D., Hatheway, D i Scheffner, C. N. (2005).

En el nostre cas, s'ha establert un nivell del mar diferent per cada un dels tres escenaris objecte d'estudi:

- Pel 2009, es va prendre com a nivell del mar 0'7 m, tal i com ha aplicat l'ACA en les seves modelacions d'inundabilitat.
 - Per l'escenari 2050 A2, que representa condicions ambientals de canvi climàtic més moderades i un desenvolupament de la societat més sostenible, s'han considerat 1,5 m.
 - Per l'escenari 2050 B1, que representa condicions ambientals relacionades amb un canvi climàtic més dur i un desenvolupament de la societat menys sostenible, s'ha considerat 1'7 m.
- Cartografia dels usos del sòl per a la modelització hidràulica, per una banda la del 2009 (ICGC-CREAF) i per l'altra la dels escenaris del 2050, d'elaboració pròpia d'acord amb els condicionants ambientals establerts en capítols anteriors per a cada un d'aquests escenaris.

El model hidràulic s'alimenta de tota aquesta informació per obtenir els valors de calat i velocitats de l'aigua a l'àrea inundable pels diferents períodes de retorn.

D'acord amb el corresponent coeficient de rugositat de Manning segons els usos 2009, 2050 (A2) i 2050 (B1) d'acord amb ACA (2013, p 17), s'estableix que "en Guad2D, la fricció del terreny s'assigna a través del coeficient de rugositat de Manning. A tal efecte, s'elabora una cobertura que permet agrupar usos del sòl per zones i relacionar-les amb una distribució de coeficients de rugositat, tenint en compte el següent:

- L'agrupació d'usos del sòl es realitza prenent com a referència el grau de definició establert en el nivell 3 del Mapa de Cobertes d'Usos del Sòl de Catalunya, facilitat pel Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF, versió 3).
- Per a l'assignació del coeficient de rugositat de Manning s'adopten els valors que figuren en el document "RECOMANACIONS TÈCNIQUES PER ALS ESTUDIS D'INUNDABILITAT D'ÀMBIT LOCAL", d'aquesta Agència, i es complementen amb les utilitzades en el model bidimensional IBER.
- Pel què és pròpiament la llera, s'utilitza la cobertura de l'atermenament estimat i se li assigna a tot el DPH (Domini Públic Hidràulic), el corresponent valor de Manning.
- Per defecte, s'assigna un coeficient de rugositat de 0,01 a les superfícies que no tinguin assignat un valor.

Considerant les condicions topogràfiques de les zones inundables de l'àrea d'estudi es va considerar que les hipòtesis de flux unidimensional no eren les més adequades en general, ja que només consideraven el moviment de l'aigua confinat a la pròpia llera, i es va optar per una modelització bidimensional.

Concretament, els models bidimensionals són especialment útils pel càlcul de les planures d'inundació i per analitzar fluxos amb característiques laminars, com les que tenim a la nostra àrea d'estudi (Gómez, 2014). En aquest sentit, s'ha adoptat el model bidimensional en règim variable Guad2D³³, que permet simular, a més del moviment en la llera, la inundació de les zones planes annexes, incloses les zones urbanes.

9.2.2. Determinació de la perillositat

La perillositat relacionada amb una inundació es determina considerant diferents criteris de la gravetat de les característiques del flux en relació a la seguretat de les persones i els béns materials. Aquesta gravetat està directament relacionada amb la capacitat d'empenta o arrossegament que presenta el flux, el qual es pot definir per la velocitat i el calat que presenta l'aigua a la zona inundada (Gràcia et al, 2010).

³³ El programa Guad2D es un model elaborat pel Departament de Mecànica de Fluids de la Universitat de Saragossa en col·laboració amb el Departament de I+D+I de l'enginyeria INCLAM, S.A. Es tracta d'un model bidimensional de simulació hidràulica dissenyat per l'anàlisi d'onades d'avinguda provocades per la pluja o per la destrucció gradual o espontània de murs i preses de contenció de grans dipòsits d'aigua.

Els danys causats, d'acord amb el calat o altura de l'aigua d'inundació, dependran de l'altura que assoleixi aquesta aigua (Taula 65).

Taula 65. Danys causats per l'aigua durant la inundació o calat en funció del nivell assolit a la inundació

Altura de l'aigua d'inundació	Edifici	Equipament o serveis	Béns
Altura de l'aigua per sota del nivell de la planta baixa 0-0'3 m	Dany mínim a l'edifici principal. L'aigua pot entrar en els soterranis, garatges, piscines, cellers i buits sota l'edifici. Possible erosió de la cimentació. Possible corrosió dels elements metàl·lics. Deformació de la fusta per absorció excessiva d'humitat. Escardat de l'enrajolat a causa de l'augment de supressions. Acumulació de llims contaminats. Aparició de punts febles estructurals i materials a causa d'un assecat inadequat. Pudrició i floridura.	Les preses elèctriques i altres serveis i instal·lacions situats en soterranis, cellers, garatges i piscines poden patir danys importants. Danys en dipòsits d'aigua o combustible i calderes per humidificació o desancorat al poder surar aquests elements.	Danys a béns, mobles, etc. emmagatzemats en soterranis i bodegues. Danys a catifes.
Altura de aigua fins mig metre sobre el nivell de la planta baixa 0,3 - 0,5 m	Danys als acabats interns, com revestiments de parets i façanes. Els paviments i les parets es saturaran. Possibles problemes d'humitat. Potser sigui necessari revocar els revestiments per permetre que les parets s'assequin. El terra, parets i sòcols de fusta probablement s'hagin de substituir. Danys a portes internes i externes i sòcols. Corrosió d'elements metàl·lics.	Danys elèctrics: endolls, comptadors, sistemes de seguretat. Danys als mesuradors de gas i calderes de baix nivell i serveis telefònics. Possibles danys als aïllaments de les canonades.	Danys a mobles i articles elèctrics. Danys a objectes personals petits, com documents, llibres, DVDs, vídeos i fotos. Els mobles baixos de cuina d'aglomerat de fusta probablement requereixen substitució. Es possible que sigui necessari substituir les rentadores, forns, frigorífics, els congeladors, TV, etc.
Altura de l'aigua superior al mig metre sobre el nivell de la planta baixa > 0,5 m	Danys importants a les façanes i parets. Possibles danys estructurals a causa de les supressions. Corrosió, sobretot en inundacions costaneres.		Danys a bens situats a les lleixes més altes i als altells

Font: Office of the Deputy Prime Minister (2003).

D'acord amb el calat i la velocitat, es determina la gravetat de la inundació que es valora. Si tenim major calat i major velocitat la gravetat augmenta. En aquest sentit, l'Agència Catalana de l'Aigua determina la gravetat de la inundació amb els criteris que es presenten a la Taula 66.

Taula 66. Factor de gravetat pel càlcul de la perillositat

Gravetat	Descripció	Rang	Factor de gravetat
Extrema	Zona on les condicions hidràuliques presenten un calat superior a 4 metres, una velocitat major a 6 m/s o el producte de les dues és superior a 2 m ² /s	c>4m v>6 m/s c*v>2m ² /s	6.0
Molt alta	Zona on les condicions hidràuliques presenten un calat entre 2 i a 4 metres, una velocitat entre 3,5 i 6 m/s o el producte de les dues és superior a 1 m ² /s	2<c<4m 3,5<v<6m/s 1c*v<2m ² /s	4.0
Alta	Zona on les condicions hidràuliques presenten un calat entre 1 i a 2 metres, una velocitat entre 1 i 3,5 m/s o el producte de les dues és superior a 0'5 m ² /s	1<c<2m 1<v<3,5m/s 0,5c*v<1m ² /s	2.0
Moderada	Zona on les condicions hidràuliques presenten un calat superior a 0,4 metres, una velocitat major de 0'4 m m/s o el producte de les dues és superior a 0'08 m ² /s	0,4<c<1m 0,4<v<1m/s 0,08<c*v<0,5m ² /s	1.0
Baixa	Zona on les condicions hidràuliques presenten un calat inferior a 0,4 metres, una velocitat menor de 0'4 m m/s o el producte de les dues és superior a 0'08 m ² /s	C≤0,4m v≤0,4m/s c*v≤0,5m ² /s	0,5

Font: Gràcia et al. Agència Catalana de l'Aigua (2014).

Però per poder determinar la perillositat cal incorporar al càlcul de la gravetat de la inundació la freqüència que un event de les característiques en relació al calat i velocitat es pugui produir. Així, la perillositat ve donada per la gravetat d'una inundació i la probabilitat que això passi.

$$PERILLOSITAT = f(\text{gravetat}, \text{probabilitat d'ocurrència})$$

L'Agència Catalana de l'Aigua aplica els factors que es presenten a la Taula 67, els quals multiplicats a la velocitat i període de retorn corresponents al període de retorn corresponent, permeten ponderar la gravetat de la inundació en funció de la probabilitat d'ocurrència.

Taula 67. Factor en funció de la probabilitat d'ocurrència

Període de retorn	Nom	Factor
T10	Període de retorn de 10 anys	2
T50	Període de retorn de 50 anys	1,5
T100	Període de retorn de 100 anys	1
T500	Període de retorn de 500 anys	0,5

Font: Gràcia et al. (2014).

Finalment, el valor de la perillositat és el resultat de calcular la perillositat per a cada un dels períodes de retorn estudiats.

$$PERILLOSITAT = \max(\text{perillositat } T, 50 \dots \text{perillositat } T500)$$

9.2.3. Obtenció dels elements vulnerables a partir del mapa de cobertes del sòl

Dins el programa PEFCAT³⁴ es va desenvolupar una classificació dels elements territorials d'acord amb el seu valor econòmic, estratègic o la seva especial vulnerabilitat. Aquesta classificació s'estructura com una matriu amb diversos nivells d'integració que aporten homogeneïtat de criteris quan es treballa a diferents escales.

Aquestes categories es relacionen de forma directa amb les categories definides al mapa de cobertes del sòl de Catalunya. Es va reclassificar el mapa de cobertes establint equivalència entre el nivell 5 del mapa i el nivell element de la matriu. Aquesta reclassificació es va realitzar d'acord amb una sèrie de criteris d'equivalència considerant l'objectiu que és l'assignació econòmica per establir un nivell de risc i, posteriorment, un cost-benefici de les mesures proposades per a la reducció del risc, com és pot observar a la Taula 68.

Taula 68. Reclassificació del mapa d'usos de Catalunya amb les categories d'elements de punts singulars

Elements de punts singulars	Categoria nivell 5 del mapa de cobertes del sòl
Blocs de pisos	Zones urbanes en construcció
Habitatges plurifamiliars en filera	Urbanitzacions
Habitatges unifamiliars	Habitatges unifamiliars
Masies	Assentament agrícola i residencial
Centres comercials	Complexos comercials i d'oficines
Centres d'ensenyament secundari i FP	Equipaments educatius
Hospitals	Equipaments sanitaris

Font: Gràcia et al. Agència Catalana de l'Aigua (2014).

³⁴ L'Agència Catalana de l'Aigua, va concebre el projecte de Planificació d'Espais Fluvials a Catalunya (PEFCAT) per elaborar i validar els estudis d'inundabilitat on es cartografiaven les zones potencialment inundables. L'objectiu d'aquest projecte és posar aquesta informació a disposició de tots els ciutadans i, en especial, dels organismes competents en la planificació del territori, l'urbanisme i la protecció civil. La metodologia utilitzada per a la realització d'aquests estudis segueix dues línies que es complementen: la primera es basa en la realització d'una anàlisi hidràulica dels cursos fluvials mitjançant la utilització de models numèrics de simulació, i la segona, en la realització d'una anàlisi geomorfològica de l'espai fluvial mitjançant la interpretació de les formes presents en el terreny.

9.2.4. Assignació de valor unitari als elements vulnerables

La vulnerabilitat econòmica d'aquests elements ve definida pel cost econòmic que se li assigna a cada element respecte a la pèrdua de béns materials i a la pèrdua de vides humanes, analitzat per unitat de superfície (m²).

S'han establert una sèrie de valors de referència assignats a uns elements clarament identificables obtinguts d'un estudi realitzat per l'Agència Catalana de l'Aigua i inclosos en el *Protocol d'Estimació de danys potencials per inundació de l'espai fluvial*. Aquests preus corresponent a una anàlisi elaborada a partir de les indemnitzacions que el Consorci de Compensació de Seguros ha atorgat en el cas de danys per inundacions. Per la resta, el valor establert per l'Agència Catalana de l'Aigua és la ponderació d'aquests valors amb diferents fonts (Agència Federal de Gestió d'Emergències (FEMA)³⁵, *Pla d'Acció Territorial sobre prevenció del risc d'inundació a la comunitat valenciana (PATRICOVA)*³⁶, *Plan Especial de Defensa frente a avenidas de Tenerife (PDA)*³⁷, etc) o bé a partir de costos mitjos de construcció i manteniment. Aquesta metodologia s'ha usat per l'estructura i el contingut d'aquests usos del sòl. Els valors de referència són preu base de sòl urbà de 434 euros/m² i preu base de sòl industrial de 458 euros/m². Pel que fa al contingut, s'estableixen preus base de 102 euros/m² pel sòl urbà, i 152 euros/m² pel sòl industrial.

S'ha considerat que la diferència de l'estructura territorial dels Estats Units i Catalunya ha invalidat algunes dades de la informació obtinguda al FEMA, però d'altres s'han pogut utilitzar amb petites modificacions.

³⁵ L'Agència Federal de Gestió d'Emergències (FEMA) és una agència del Departament de Seguretat Nacional dels Estats Units, inicialment creada pel Pla de Reorganització Presidencial núm- 3 de 1978 i implementada per dos ordres executius l'1 d'abril de 1979. L'objectiu principal de l'agència és coordinar la resposta a un desastre produït als Estats Units i que aclapara els recursos de les autoritats locals i estatals.

³⁶ El Pla d'Acció Territorial sobre prevenció del risc d'inundació a la Comunitat Valenciana (PATRICOVA) va ser aprovat el 2003, i té com a objectius: l'obtenció d'un adequat coneixement i avaluació dels riscos d'inundació de la Comunitat Valenciana, establir els procediments àgils i rigorosos per incorporar la variable d'inundació als plans, programes i projectes que tinguin una projecció sobre el territori, coordinar a les administracions i els agents rurals per reduir les conseqüències negatives de les inundacions sobre les persones, els seus béns i el medi i, finalment, obtenir un adequat coneixement i avaluació dels riscos d'inundació al territori valencià.

³⁷ El Plan Especial de Defensa frente a Avenidas de Tenerife (PDA), aprovat el 2005 pel Consejo Insular de Aguas de Tenerife i el Cabildo de Tenerife, té com a objecte la regulació de les actuacions que s'han de realitzar a l'illa per evitar, corregir, atenuar, protegir, prevenir i alertar sobre els afectes adversos derivats de les escorrenties extraordinàries d'aigua, en les seves múltiples manifestacions i formes.

L'estimació dels costos associats a la possible pèrdua de vides humanes és complexa a causa de la gran variabilitat de circumstàncies que poden incidir en el nombre de persones que poden perdre la vida per les inundacions. Factors com la franja horària en la que es produeix l'esdeveniment, la tipologia de la inundació, la formació de la població de com actuar davant una emergència, són aspectes importants que poden incidir en aquesta estimació, però són difícilment avaluables. En aquest cas, d'acord amb Arrabat et al. (2010), s'han utilitzat les dades objectives que ens permeten estimar la pèrdua de vides humanes:

- Càlcul de la població que resideix a la zona possiblement afectada
- Determinació de la vulnerabilitat d'aquestes persones
- Assignació del grau d'exposició
- Càlcul del nombre de morts durant un esdeveniment.

L'estimació de la població que resideix en una zona possiblement afectada s'ha assignat amb una densitat de població característica en funció de la categoria del punt singular. S'han considerat diversos criteris d'edificabilitat, mida mitjana de la habitatge, mida de família mitjana aplicada a les diferents tipologies de construcció residencial o el seu valor equivalent en altres usos del sòl. Com a exemple, tenim:

Blocs de pisos: 5 plantes, 4 habitants/habitatge, 80 m²/habitatge
Habitatges unifamiliars: 1 planta, 4 habitants/habitatge, 500 m²/habitatge

La vulnerabilitat de les persones s'ha determinat seguint els criteris indicats pel Departament for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA) en el que estableix la vulnerabilitat de les persones calculant el percentatge de població possiblement afectada que presenta problemes de mobilitat. En el nostre cas, hem obtingut aquest paràmetre de l'Idescat per l'any 2007, es constata que un 22% de la població catalana té una edat superior als 65 anys i en relació al 78% de la població restant, el 6% té limitades les activitats habituals.

$$VP = \% \text{ persones } > 65 \text{ anys} + \% \text{ persones amb capacitat disminuïda}$$

Per altra banda, en funció de les característiques constructives de les edificacions on habita la població (cases d'una planta, edificacions de pisos,...) les persones estan més o menys exposades als efectes d'una possible inundació. Per això s'ha considerat un factor que ponderi aquesta exposició.

El valor de la pèrdua de vides humanes s'ha obtingut de Gràcia et al. ACA, (2014), d'acord amb la Ley 30/1995, de 8 de noviembre, de Ordenación y

Supervisión de los Seguros Privados, després d'haver-los comparat amb les indemnitzacions del YAK-42³⁸, Biescas³⁹ i l'atemptat de Madrid de l'11 M⁴⁰.

L'obtenció dels costos relacionats amb la pèrdua de vides humanes estan condicionats a l'aplicació d'un conjunt de factors de difícil càlcul i avaluació. Per tot això, els criteris considerats són els que es consideren viables o adequats per treballar en planificació.

³⁸ L'accident del YAK 42, va ser causat per l'avió del vol 4230 de UM Airlines que es va estrellar a Turquia el 26 de maig de 2003. Hi van morir 75 persones, dels quals 62 eren militars espanyols, i la resta, la tripulació ucraïnesa i bielorussa. En la sentència del Procediment Civil 127/04 en el Jutjat de Primera Instància de Saragossa, es va condemnar en ferm a les companyies UM Air, Chapman Freeborn i Bussin Joint a indemnitzar amb 6,1 milions d'euros als 59 familiars dels militars espanyols que van morir a l'accident aeri.

³⁹ La riuada de Biescas, que va tenir lloc el 7 d'agost de 1996, va ser una catàstrofe hidrològica que va afectar dramàticament al càmping Virgen de las Nieves, al municipi de Biescas (Osca). Unes fortes pluges torrencials van generar una ràpida revinguda pel barranc d'Aràs, en la llera del qual hi havia situat el càmping Las Nieves, que va ser totalment arrasat per una allau de fang, roques i arbres en qüestió de minuts. Hi van morir 87 persones i en van resultar ferides 193. La Audiència Nacional va condemnar al Govern de l'Aragó i al Ministeri de Medi Ambient (Confederació Hidrogràfica de l'Ebre) a indemnitzar solidàriament amb 11,2 milions d'euros a 62 de les 87 víctimes mortals de la riuada concretament 180.303 euros per cada víctima.

⁴⁰ L'11 de març de 2004 va haver un atemptat terrorista a Madrid. Va ser comès, per una cèl·lula islamista local que pretenia emular accions d'Al-Qaida. En l'atac van morir 191 persones i cap a 1.700 van resultar ferides de diversa consideració. La indemnització per les víctimes va ser en conjunt de 273 milions d'euros i va ser assumida per l'Estat.

9.2.5. Assignació de valor unitari del dany d'inundació segons el grau d'afecció

A continuació calculem la pèrdua de bens materials en relació a la vulnerabilitat de l'element territorial i a la perillositat de la inundació associada. S'han considerat els 5 nivells en que es classifica la perillositat, assignant un percentual molt baix a l'afecció classificada de perillositat baixa, i la destrucció total a l'afecció en una zona inundable de perillositat extrema, com s'indica a la Taula 69. Els costos associats a la pèrdua de béns materials es calculen a partir del cost de cada element ponderat per un factor en funció de la perillositat de la inundació. En general, els pesos assignats s'obtenen de les gràfiques de la FEMA i el Patricova.

Taula 69. Percentatge dels danys segons la perillositat aplicat a les edificacions destinades a habitatges

Nivell de perillositat	Factor
Extrema	1
Molt alta	0,8
Alta	0,60
Moderada	0,35
Baixa	0,10

Font: Gràcia et al. Agència Catalana de l'Aigua (2014).

L'estimació de la pèrdua de vides humanes s'ha determinat a partir de la densitat de població assignada a cada tipus de sòl, la vulnerabilitat de les persones d'acord a la seva mobilitat o capacitat de resposta, el grau d'exposició i, en conjunt, ponderat per coeficients associats als diferents nivells de perillositat. La determinació de les possibles morts està lligada a la perillositat que representa el flux. En funció d'aquesta perillositat es determina quin percentatge de les persones vulnerables moriria si es produís la inundació. Aquest nombre de morts en funció de la perillositat s'ha obtingut de la publicació *Assessing and Valuing the Risk to Life from Flooding for Use in Appraisal of Risk Management Measures*, Defra (2008).

El cost final és el resultat d'aplicar un cost unitari per mort multiplicat pel número de morts calculat en el pas anterior.

9.2.6. Quantificació dels danys potencials en la zona inundable

D'acord amb Gràcia (2014), a partir del ràster d'elements vulnerables obtingut de la reclassificació del mapa de cobertes del sòl singulars s'assignen els preus unitaris a cada píxel depenent de l'element singular que es tracti, tant de bens materials com d'afecció directa a persones. Per obtenir el cost de dany el valor del preu de l'element es pondera amb el coeficient que depèn

del nivell de perillositat de la zona inundable en aquest píxel. Aquesta operació es realitza a través d'un càlcul GIS creuant ambdós ràsters i obtenint un altre amb els costos per píxel. L'obtenció del grid dels costos associats a cada píxel de la malla obliga a presentar una especial atenció al tractament de la mateixa (redimensionament).

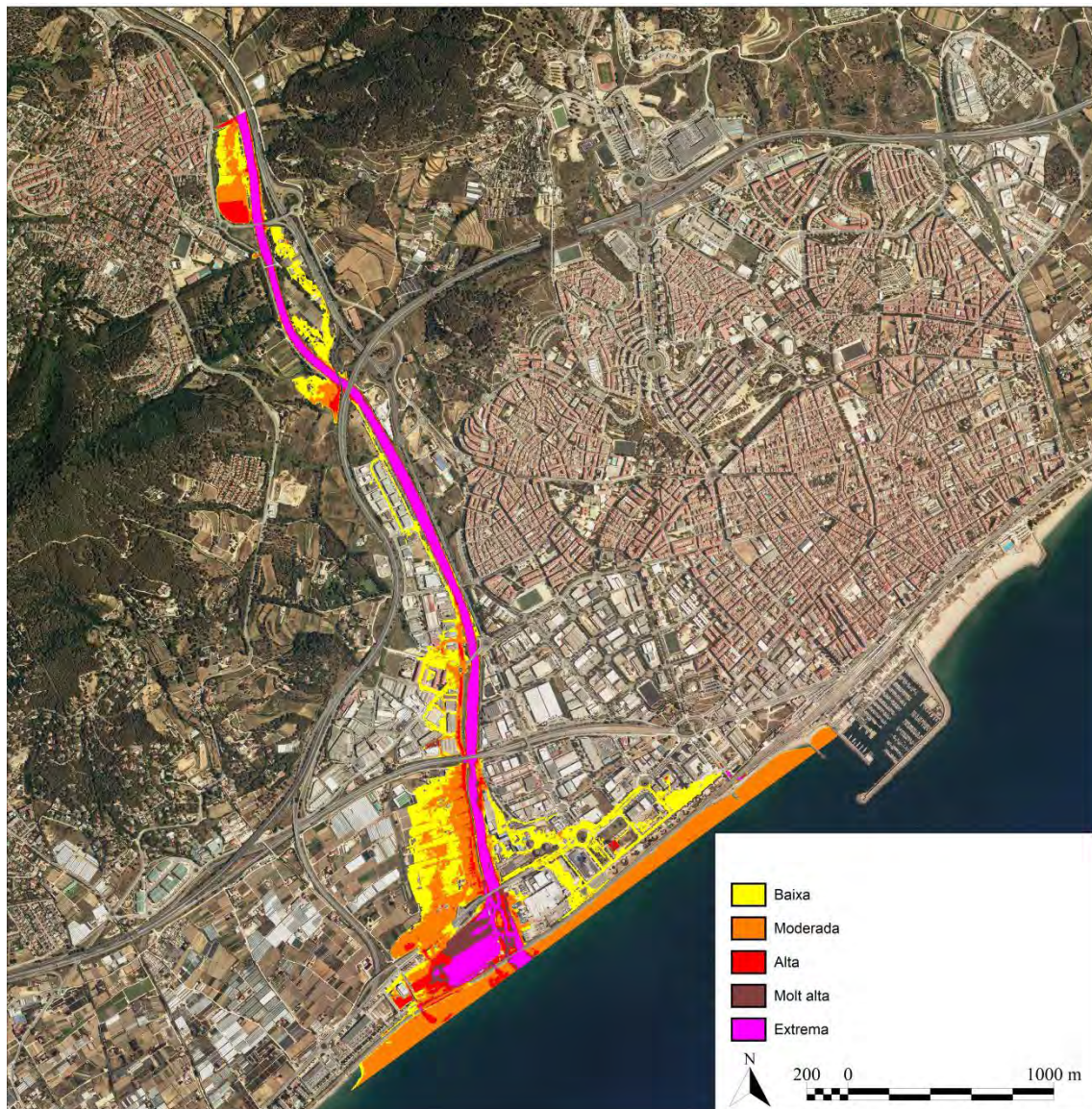
9.3. Resultats

Finalment, obtenim els resultats de l'afectació de les inundacions a la conca de la riera d'Argentona.

9.3.1. Ràster de perillositat.

El primer resultat és la capa que classifica la zona inundable en funció del nivell de perillositat. L'escala de treball és 1x1m, donat que el càlcul hidràulic s'ha realitzat a partir dels Models Digitals del Terreny amb aquesta escala. Aquest model permet calcular calats i velocitats amb suficient grau de confiança per incloure ambdós anàlisis. Amb el sistema d'informació geogràfica calculem la zona inundable de la riera d'Argentona, als termes municipals d'Argentona, Mataró i Cabrera de Mar, pel 2009 i pels escenaris 2050 (A2) i 2050 (B1), es presenten a les Figures 95, 96 i 98.

Figura 95. Ràster de perillositat a la desembocadura de la conca de la riera d'Argentona per a 50, 100 i 500 anys de període de retorn (2009)



Font: elaboració pròpia a partir de la Base ortofoto 2018 ICGC (2019).

La perillositat més baixa comprèn els camps de conreu situats a l'àmbit immediat de la riera d'Argentona, concretament el Pla d'en Gallifa a Argentona i el Pla de Cabrera, i l'entorn de la carretera Nacional II.

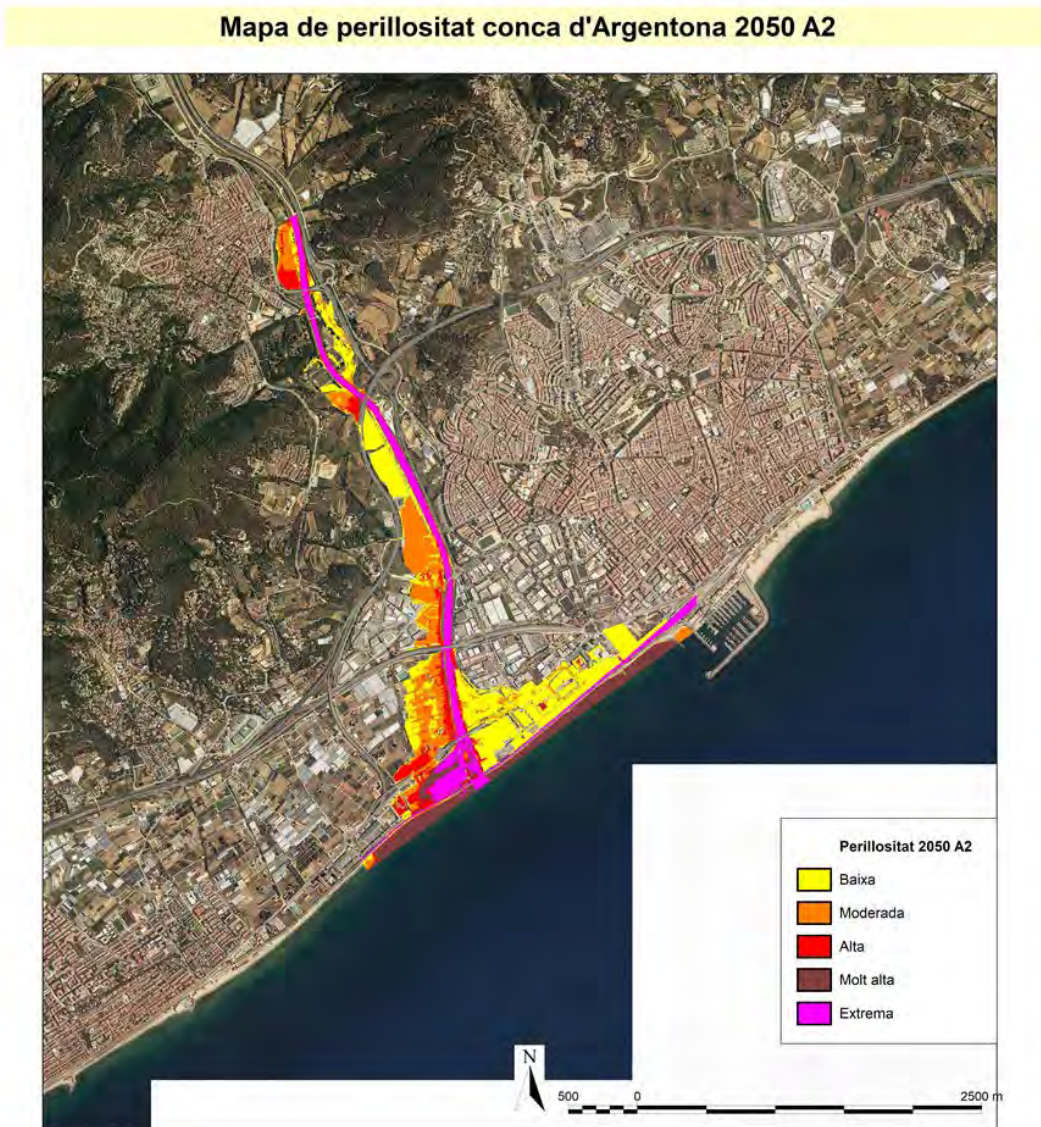
Les zones on la perillositat és moderada són les vies del ferrocarril Barcelona a Mataró i el passeig Marítim de Mataró, fins a les mateixes instal·lacions del port.

La carretera d'accés al Carrefour des del Camí del Mig presenta una perillositat alta. En canvi, el centre comercial Carrefour presenta una perillositat extrema, com el tram del pont del ferrocarril damunt de la riera i la pròpia llera de la riera. En cap cas l'autopista C-32 presenta perillositat, ja

que travessa l'àrea afectada a una altura molt superior al màxim calat estimat.

A l'escenari 2050 (A2) s'incrementa considerablement el territori afectat per la perillositat respecte al 2009 (Figura 96).

Figura 96. Ràster de perillositat a la desembocadura de la conca de la riera d'Argentona per a 50, 100 i 500 anys de període de retorn (2050 A2)



Font: elaboració pròpia a partir de la Base ortofoto 2018 ICGC (2019).

Concretament, tot els sectors industrials, comercials i universitaris del Rengle de Mataró, a banda i banda de la carretera Nacional II, presenten perillositat baixa, conjuntament amb part de la plana agrícola de Cabrera i les zones verdes al sud de l'autopista C-32. La perillositat moderada abasta el polígon industrial del Cros, al marge dret de la riera, i part de la plana agrícola de Cabrera. Finalment, la perillositat molt alta i extrema comprèn la pròpia llera de la riera, a més de les instal·lacions i els aparcaments dels centres comercials Carrefour, AKI i Brico-Depot, situats al marge dret de la desembocadura de la riera d'Argentona, i en menor mesura l'àrea d'hotels i restaurants del Port de Mataró, situats al marge esquerra de la riera.

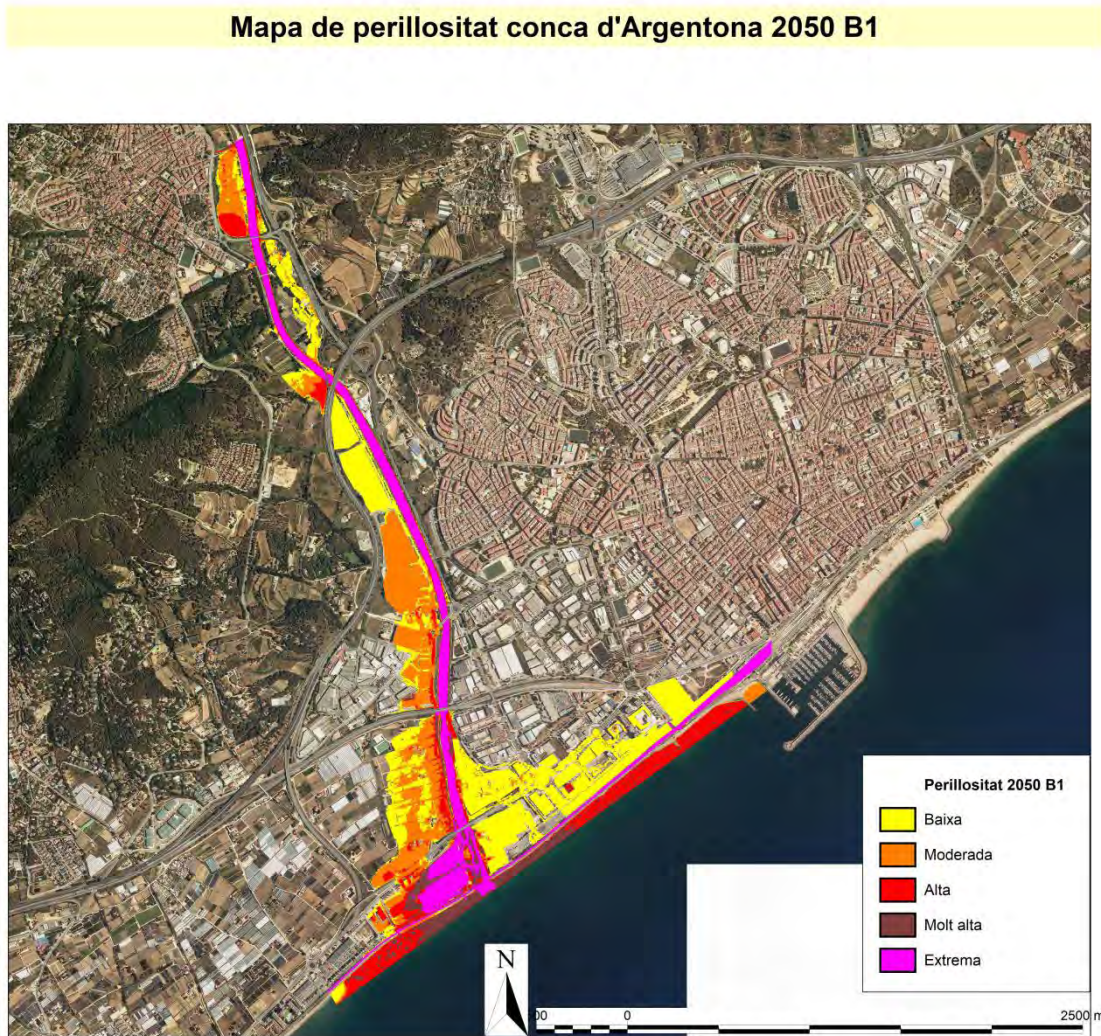
Figura 97. Àmbit afectat per perillositat molt alta i extrema per l'escenari 2050 A2 (marge dret de la desembocadura de la riera d'Argentona). S'expressa sobre l'ortofotomapa de l'any 2018.



Font: ICGC (2019).

A l'escenari 2050 (B1), és molt similar a l'escenari 2050 (A2) (Figura 98).

Figura 98. Ràster de perillositat a la desembocadura de la conca de la riera d'Argentona per a 50, 100 i 500 anys de període de retorn (2050 B1)



Font: elaboració pròpia a partir de la base ortofoto 2018. ICGC (2019).

La perillositat més baixa comprén el sector del Rengle de Mataró, a banda i banda de la carretera Nacional II, i a les planes agrícoles de l'entorn de la riera. La perillositat moderada domina els sectors industrials del Cros i Cabrera de Mar. Finalment tenim la perillositat alta, molt alta i especialment l'extrema que ocupa l'àrea comercial del Carrefour, la via del tren, la zona comercial del Port de Mataró i la pròpia llera de la riera d'Argentona.

9.3.2. Valor unitari dels elements vulnerables (punts singulars).

La classificació dels elements territorials existents a l'àmbit d'estudi ens proporciona la matriu de punts singulars.

En aquest sentit, la cobertura dels usos del sòl en el nivell de màxima disgregació divideix el territori en 233 categories. D'acord amb Gràcia (2014), a aquestes 233 categories se'ls va assignar un element de la matriu de classificació de punts singulars. Seguidament, a la taula 70, es presenta part d'aquestes equivalències:

Taula 70. Classificació dels elements territorials en la matriu de punts singulars

Elements	Categoria nivell 5 del mapa de cobertes del sòl
Blocs de pisos	Zones urbanes en construcció
Habitatges plurifamiliars en filera	Urbanitzacions
Habitatges unifamiliars	Habitatges unifamiliars
Masies	Assentament agrícola i residencial
Centres comercials	Complexos comercials i d'oficines
Centres d'ensenyament secundari i FP	Equipaments educatius
Hospitals	Equipaments sanitaris
FFCC	Vies de ferrocarril
Autopista	Autopistes i autovies
Carretera Nacional	Carreteres
ETAP's	Depuradores i potabilitzadores

Font: Gràcia et al. Agència Catalana de l'Aigua (2014).

9.3.3. Valoració unitària dels danys d'inundació.

9.3.3.1. Costos associats als danys de bens materials.

D'acord amb els preus unitaris (m²) i la valoració del dany per nivell de perillositat s'ha obtingut una matriu dels valors per element vulnerable, com podem observar a la Taula 71.

Taula 71. Percentatge dels danys segons la perillositat pels diferents usos de l'àrea d'estudi

Element	Valor estructura (€/m ²)	Valor contingut (€/m ²)	P extrema	P Molt greu	P Greu	P moderada	P lleu
Blocs de pisos	434	102	1	0,8	0,6	0,35	0,1
Masies	244	57	1	0,8	0,6	0,35	0,1
Centres comercials	367	367	1	0,8	0,6	0,35	0,1
Centres d'ensenyament secundari	403	605	1	0,8	0,6	0,35	0,1
Indústries	458	152	1	0,8	0,6	0,35	0,1
Vies de ferrocarril ⁴¹	497	102	1	1	1	0,5	0,25
Zones d'aparcament ⁴²	200	200	1	1	1	0,5	0,1
Zones verdes	225	112	1	1	1	0,5	0,5
Zones esportives	225	112	1	1	1	1	0,5
Fruiters	3,60	3,60	1	1	1	0,5	0,25
Cultius herbacis de regadiu	1,48	1,48	1	1	1	0,5	0,25
Hortes	3,86	3,86	1	1	1	1	1
Hivernacles	30	30	1	1	1	0,7	0,4

Font: Gràcia et al. Agència Catalana de l'Aigua (2014), documentació aportada per l'ACA no publicada dels mateixos autors (2014) i elaboració pròpia (vies de ferrocarril i zones d'aparcament)

Les vies de ferrocarril poden resultar molt afectades per les inundacions per la seva situació, donat que travessen longitudinalment la riera d'Argentona i les zones potencialment més inundables. En canvi, no s'ha considerat

⁴¹ El preu d'aquest element l'ha establert d'acord amb Gràcia et al. ACA, (2014), així com també s'han revisat els contractes de construccions de vies convencionals de l'empresa pública Administrador d'Infraestructures Ferroviàries (ADIF), www.prensa.adif.es per a diferents vies de la Comunitat Valenciana, de característiques similars a les vies de l'àmbit d'estudi. Concretament, l'import de via convencional és de 4,23 M€ per km, que d'acord amb l'ample de via ibèric, de 8,25 metres d'amplada de la base de la via doble.

⁴² El preu d'aquest element s'ha establert pel propi autor a partir del treball de Martínez Gomariz (2017), que analitza diferents mètodes per avaluar els danys a vehicles estacionats, concretament al municipi de Badalona, i estableix una corba de preus ponderada pels diferents mètodes de valoració.

l'afectació a l'autopista, ja que en la seva construcció ja es van prendre les mesures necessàries per minimitzar la seva inundabilitat.

9.3.3.2. Costos associats a les pèrdues de vides humanes.

Complementàriament es calculen els costos associats a les pèrdues de vides humanes en els elements on es poden produir, d'acord amb la Taula 72.

Taula 72. Valoració i ponderació per pèrdues de vides humanes

Element	Densitat	Vul.	Exp.	Valor (€/p)	P Extrem	P Molt greu	P. Greu	P moderada	P lleu
Blocs de pisos	0,08	0,31	0,25	155.000	0,34	0,225	0,11	0,07	0
Masies	0,0004	0,31	1	155.000	0,34	0,225	0,11	0,07	0
Indústries	0,02	0,31	0,25	155.000	0,34	0,225	0,11	0,07	0
Centres comercials	0,08	0,31	0,25	155.000	0,34	0,225	0,11	0,07	0
Centres d'ensenyament secundari	0,25	0,09	0,20	155.000	0,34	0,225	0,11	0,07	0

Font: Gràcia et al. ACA, (2014) i per a l'element Indústries, elaboració pròpia.

En aquest cas, d'acord amb Gràcia et al. (2014), no consideren la pèrdua de vides humanes en la resta d'elements que no s'han expressat a la Taula 71.

Usant els sistemes d'informació geogràfica, apliquem els valors de danys d'estructura i contingut, i de pèrdua de vides humanes en el ràster dels usos del sòl reclassificat, més la perillositat calculada anteriorment, i obtenim els valors dels danys per m².

9.3.3.3. Quantificació dels danys per inundació segons el grau d'afecció.

Finalment obtenim la cartografia dels ràsters de la quantificació dels danys per m².

Una vegada disposem de la valoració dels danys potencials per a cada ràster, obtindrem el valor dels costos associats als danys per cada un dels elements afectats, per les pèrdues d'estructura i contingut, com de les pèrdues de vides humanes, per a cada un dels períodes analitzats (2009, 2050 escenari A2 i 2050 escenari B1).

El resultat per l'escenari 2009 concreta la vulnerabilitat econòmica especialment a les planes agrícoles de l'entorn de la riera amb valors de 0 a 20 €/m², algunes petites afectacions d'indústries al polígon de Cabrera de Mar, a la depuradora i al sector del Rengle de Mataró, amb valors de 20 a 100 €/m² (Figura 99).

Figura 99. Ràster de valoració de danys potencials en la zona inundable de la conca de la riera d'Argentona (2009)



Font: elaboració pròpia a partir de la base ortofoto 2018 ICGC (2019).

Però on es presenten els danys més significatius és a l'àrea comercial del Carrefour i a la part est de l'àrea de serveis del port de Mataró, amb valors superiors a 200 €/m².

Amb el sistema d'informació geogràfica obtenim les superfícies afectades per les inundacions per les diferents perillositats i d'acord amb els costos associats als danys de bens materials (Taula 71) i als costos associats a la pèrdua de vides humanes (Taula 72) ens permeten conèixer la vulnerabilitat econòmica d'aquestes inundacions per cada un dels períodes estudiats.

Taula 73. Costos associats als danys per pèrdues en estructura i contingut i en vides humanes pel 2009

Període	Element	Àrea afectada (m ²)	Pèrdues econòmiques	Valor (€)
2009	Bloc de pisos	2.836.944	Estructura i contingut	--
			Vides humanes	--
	Masies	627.336	Estructura i contingut	1.472.371,6
			Vides humanes	10732,45
	Centres comercials	152.472	Estructura i contingut	30.773.684
			Vides humanes	11.486.794,56
	Centres ensenyament secundari	332.980	Estructura i contingut	--
			Vides humanes	--
	Zones industrials	1.923.428	Estructura i contingut	16.397.776
			Vides humanes	769.837,88
	Vies de ferrocarril	74.480	Estructura i contingut	2.012.041
			Vides humanes	--
	Aparcaments	606.684	Estructura i contingut	28.300.480
			Vides humanes	--
	Zones verdes	1.880.748	Estructura i contingut	11.981.213
			Vides humanes	--
	Fruiters	263.464	Estructura i contingut	49.133,10
			Vides humanes	--
	Cultius herbacis de regadiu	419.128	Estructura i contingut	739.144,56
			Vides humanes	--
Hivernacles	12.684	Estructura i contingut	487.008	
		Vides humanes	--	
Total danys estructura i contingut			92.212.851,25	
Total pèrdua vides humanes			12.267.364,89	
Total			104.480.216,14	

Font: elaboració pròpia a partir de les dades de càlcul del GIS.

Concretament, els costos associats a aquestes inundacions per pèrdues en béns materials (estructura i contingut) i en vides humanes per a l'any 2009 (Taula 73).

Les pèrdues en vides humanes representen una quantitat significativa de 12.267.364,89 €.

Pel que fa a l'estructura i contingut, els danys més significatius són els dels centres comercials, 30.773.684 €, les zones d'aparcaments i camps de vehicles amb 28.300.480 € i les zones industrials amb 16.397.776 €

En aquest sentit, a la Figura 100 es pot observar el desenvolupament del sòl comercial entre la carretera Nacional II i el mar, i especialment una gran àrea fosca al costat del Carrefour, al 2009 aparcament, que posteriorment seria ocupat per un nou centre comercial; l'Aki.

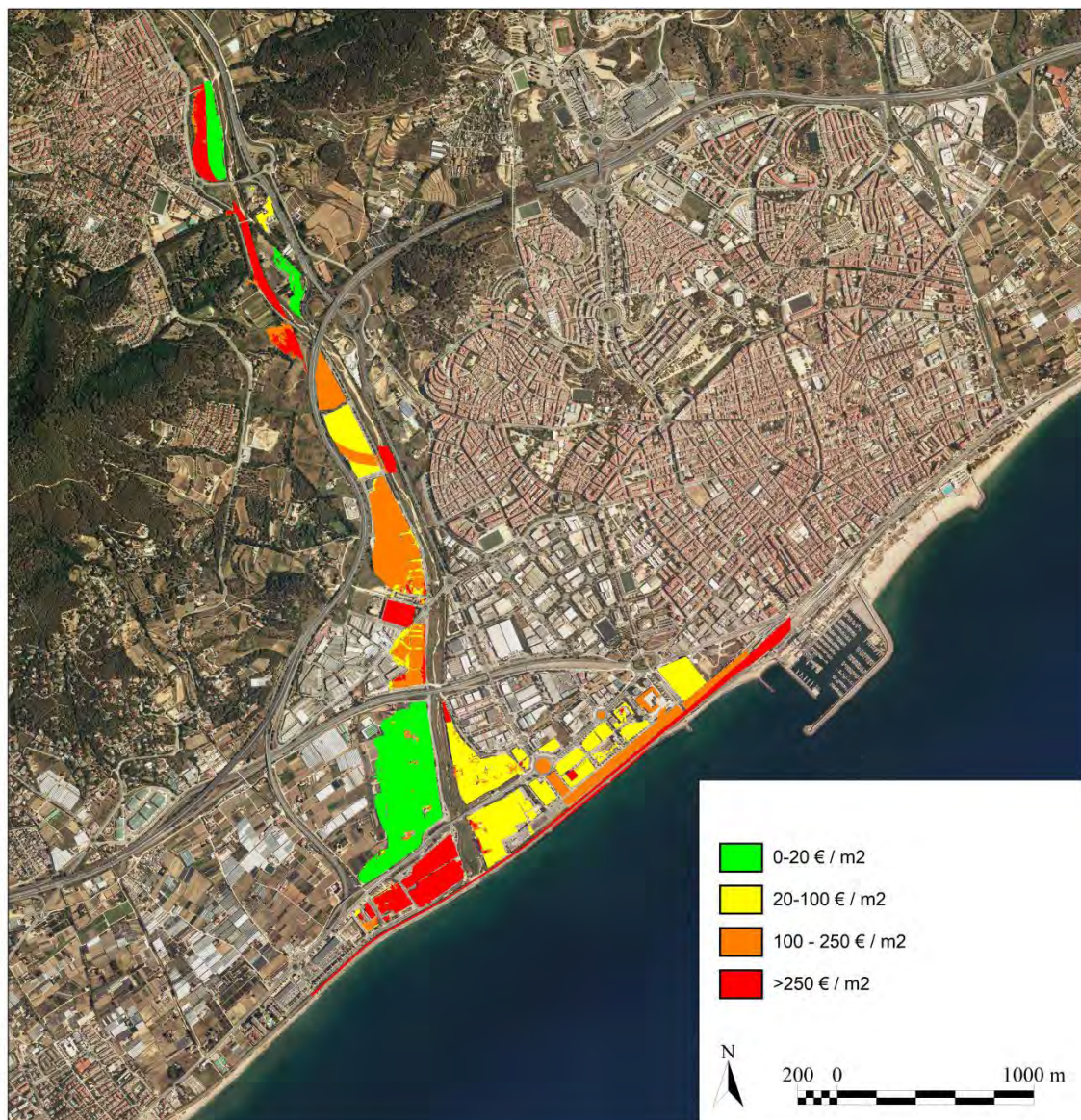
Figura 100. Ortofoto (2009) del marge dret de la riera d'Argentona



Font: elaboració pròpia a partir de la base ortofoto 2009. ICGC (2019).

A l'escenari 2050 (B1) observem un increment dels danys/m² respecte al 2009, especialment a l'entorn urbà de la desembocadura de la riera d'Argentona.

Figura 101. Ràster de valoració de danys potencials en la zona inundable de la conca de la riera d'Argentona (2050 -escenari B1-)



Font: elaboració pròpia a partir de la base ortofoto 2018 ICGC (2019).

Pel que fa a la pèrdua de vides humanes, l'element més important són els centres comercials, amb pèrdues per un import d'11.486.794,56 € (Taula 74) respecte a un total en el seu conjunt de 15.419.777,78 €.

En relació als danys causats en béns materials, els elements més afectats són les vies de ferrocarril, amb 72.758.134 € de pèrdues, les zones industrials amb 42.568.118 €, els centres comercials amb 30.773.684 €, i els aparcaments i camps de vehicles amb 15.665.280 € i finalment les zones verdes amb uns danys de 13.240.056 €.

Taula 74. Costos associats als danys per pèrdues en estructura i contingut i en vides humanes pel 2050, -Escenari B1-

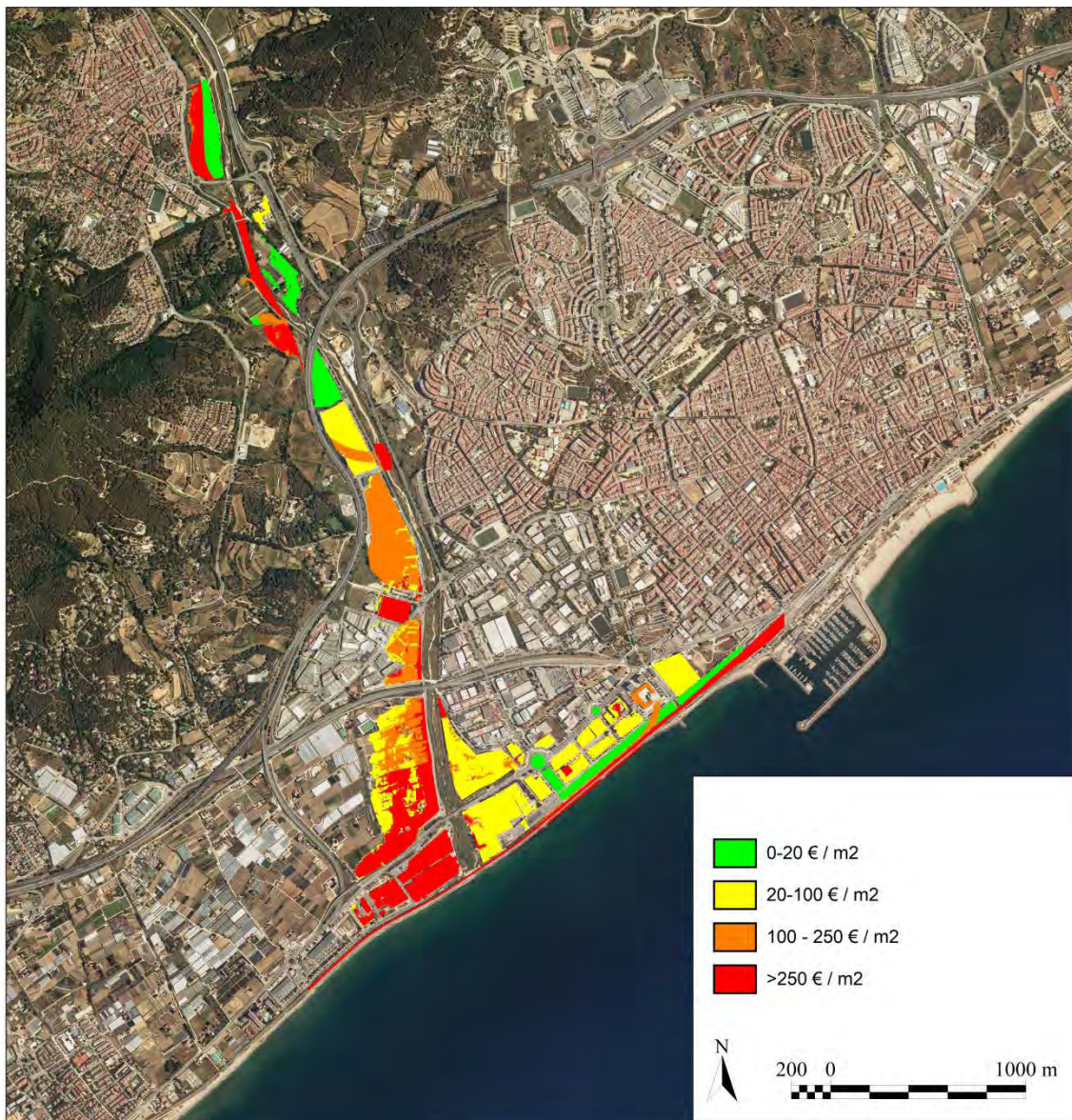
Període	Element	Àrea afectada (m ²)	Pèrdues econòmiques	Valor (€)
2050 Escenari B1	Bloc de pisos	128.240	Estructura i contingut	6.413.454,4
			Vides humanes	1.384.474,26
	Masies	21.452	Estructura i contingut	339.166,8
			Vides humanes	3.723,30
	Centres comercials	158292	Estructura i contingut	30.773.684
			Vides humanes	11.486.794,56
	Centres d'ensenyament secundari	20.460	Estructura i contingut	3.493.728
			Vides humanes	38.209,36
	Zones industrials	625868	Estructura i contingut	42.568.118
			Vides humanes	2.506.576,3
	Zones d'aparcaments	89.804	Estructura i contingut	15.665.280
			Vides humanes	0
	Vies de ferrocarril	417656	Estructura i contingut	72.758.134
			Vides humanes	0
	Zones verdes	97888	Estructura i contingut	13.240.056
			Vides humanes	0
	Hortes	533208	Estructura i contingut	1.954.240,8
			Vides humanes	--
Hivernacles	73.840	Estructura i contingut	--	
		Vides humanes	--	
Total danys estructura i contingut				187.205.862,00
Total pèrdua vides humanes				15.419.777,78
Total				202.625.639,78

Font: elaboració pròpia a partir de les dades de càlcul del GIS.

En determinar els usos de l'escenari 2050 (A2), i d'acord amb la pròpia definició de l'escenari A2 (IPCC, 2014) i en relació al desenvolupament molt heterogeni amb fort creixement de població, desenvolupament econòmic i canvi tecnològic lent; en aquest treball hem considerat com a supòsit que les necessitats de la societat obligarien a desenvolupar nou sòl per a usos comercials i industrials en la pròpia desembocadura de la riera d'Argentona, i concretament al Pla de Cabrera, al marge dret, on hi ha una plana agrícola on ja avui dia hi ha presència puntual d'algunes indústries, i que estaria molt ben comunicada a través de la xarxa viària.

Aquest canvi ens modifica substancialment els usos de la zona inundable i ens determina un increment dels danys per a elements de centres comercials i industrials, així com una reducció dels danys a masies i hortes (Figura 102).

Figura 102. Ràster de valoració de danys potencials en la zona inundable de la conca de la riera d'Argentona (2050 -escenari A2-)



Font: elaboració pròpia a partir de la Base ortofoto 2018 ICGC (2019).

Les pèrdues econòmiques més importants per a l'estructura i el contingut són per les línies de ferrocarril amb 77.560.317 €, els centres comercials, amb 65.149.693,20 € i les zones industrials amb 60.244.942 €.

Taula 75. Costos associats als danys per pèrdues en estructura i contingut i en vides humanes pel 2050 -escenari A2-

Període	Element	Àrea afectada (m ²)	Pèrdues econòmiques	Valor (€)
2050 Escenari A2	Bloc de pisos	125.772	Estructura i contingut	6.775.254,4
			Vides humanes	1.428.411,18
	Masies	21.452	Estructura i contingut	21.611,8
			Vides humanes	177,59
	Centres comercials	388872	Estructura i contingut	65.149.693,2
			Vides humanes	19.603.977,16
	Centres d'ensenyament secundari	20.460	Estructura i contingut	3.493.728
			Vides humanes	38.209,36
	Zones industrials	928.360	Estructura i contingut	60.244.942
			Vides humanes	3.742.037,9
	Zones d'aparcaments	89.708	Estructura i contingut	16.319.040
			Vides humanes	0
	Vies de ferrocarril	417.656	Estructura i contingut	77.560.317
			Vides humanes	0
	Zones verdes	91.888	Estructura i contingut	13.240.056
			Vides humanes	0
Hortes	103484	Estructura i contingut	444.826,4	
		Vides humanes	0	
Hivernacles	73.840	Estructura i contingut	0	
		Vides humanes	0	
Total danys estructura i contingut				243.249.468,80 €
Total pèrdua vides humanes				24.812.813,19 €
Total				268.062.281,99 €

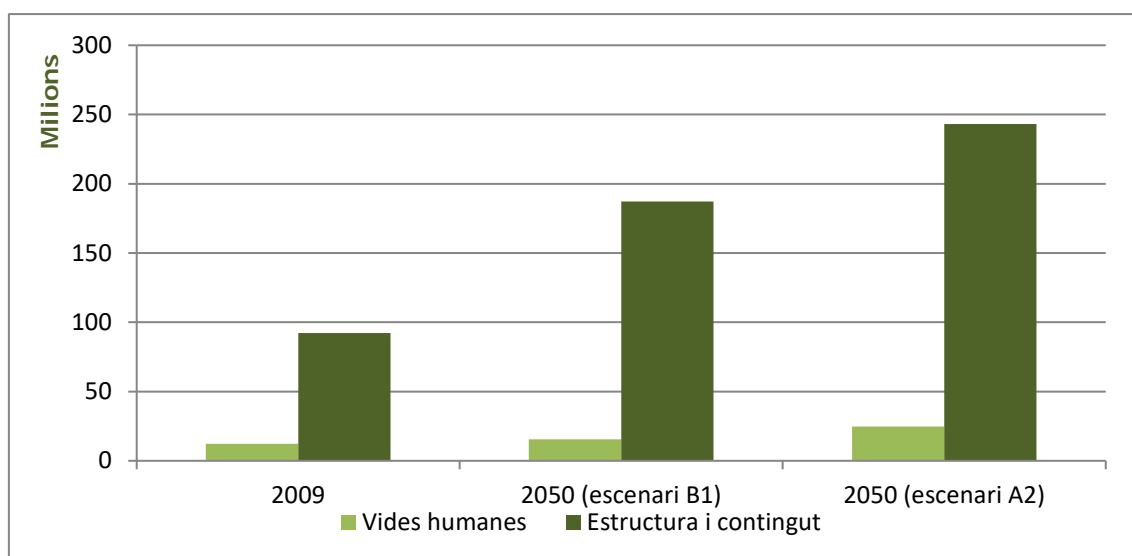
Font: elaboració pròpia a partir de les dades de càlcul del GIS.

També és molt significatiu el cost per pèrdua de vides humanes dels centres comercials, 19.603.977,16 €, i en menor mesura, les zones industrials amb 3.742.037,90 €.

En resum, partim d'uns costos de danys associats a inundacions de 104.480.216,14 € el 2009, que s'incrementarien fins a 202.625.639,78 € per al 2050 (escenari B1) i fins a 268.062.281,99 € per al 2050 (escenari B2), com s'observa a la Figura 103.

Amb les dades obtingudes en aquest capítol, i especialment quan les comparem entre els diferents períodes (Figura 103), podem constatar com els danys per pèrdua de vides humanes i de béns materials augmenten del 2009 al 2050 escenari B1, i continua l'increment fins l'escenari 2050 (A2).

Figura 103. Resum dels costos associats als danys per pèrdues en estructura i contingut i vides humanes pels diferents períodes d'estudi (2009, 2050 (escenari B1) i 2050 (escenari A2))



Font: elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes de les taules de danys a béns materials i persones per cada període.

Si prenem com a indicador únicament la pèrdua de vides humanes, partint del 2009, tenim un increment del 25,70 % al B1, i de 102,27 % per l'A2.

Si prenem com a indicador la pèrdua de béns materials, la variació entre el 2009 i el 2050 B1 és de 103,10 %, i del 2009 a l'escenari 2050 A2 és de 163,79 %.

Si considerem la vulnerabilitat econòmica, en conjunt, del 2009 i la comparem amb els dos escenaris del 2050, obtenim un increment de 93,94% pel B1, i de 156,57 % per l'A2.

En tots els casos es constata que els escenaris futurs significaran un increment substancial de la vulnerabilitat econòmica a la conca de la riera d'Argentona, molt més greu en la mesura que les condicions ambientals causades pel canvi climàtic siguin més desfavorables, i que les mesures de mitigació i adaptació al canvi global adoptades per la comunitat siguin menors.

BLOC 5. DISCUSSIÓ

El cinquè bloc està format únicament pel capítol 10, que desenvolupa la discussió general.

10. Discussió general

10.1. Les modificacions dels usos del sòl i el canvi climàtic en relació a les inundacions

En aquest treball hem estudiat les modificacions dels usos del sòl a la conca de la riera d'Argentona en diferents anys (1956, 2009, 2050 (escenari B1) i 2050 (escenari A2)). Això ha comportat modificacions substancials de les superfícies dedicades a usos agrícoles, forestals i urbans, i, al seu torn, han tingut els seus impactes en el funcionament dels sistemes hidrològics, condicionant la seva dinàmica i afectant a l'exposició i vulnerabilitat del territori al risc d'inundació.

En l'apartat **5.1. Antecedents** s'ha descrit l'evolució d'aquest territori des de l'edat moderna fins al 1956, que ens ha permès conèixer els aprofitaments que han condicionat els usos i cobertes fins a l'inici del present treball. Concretament, durant la segona meitat del segle XIX les vinyes es van veure afectades per l'aparició de tres plagues (Nadal i Piqué, 2008): l'oïdi (1846), la fil·loxera (1880) i el míldiu (1878), que les convertiria en un conreu minoritari. L'arrancada de la vinya obligà a cercar altres cultius, i s'activaren de nou transformacions de secà a regadiu (Badosa, 2013).

És però, a partir del subapartat **5.2.6. Usos i cobertes del sòl a la conca de la riera d'Argentona (1956-2009 i escenaris de futur)**. Resultats., quan disposem d'un estat inicial dels usos i cobertes del territori, concretament a partir de les fotografies del vol americà de 1956, que ens han permès disposar d'una cartografia de base per iniciar l'estudi de l'evolució dels diferents usos i cobertes del sòl amb dades fiables i quantificables.

En aquest mateix subapartat es determinen els usos i cobertes del sòl dels anys 1956, 1992 i 2009, i al **5.2.7 Usos i cobertes del sòl pels escenaris de futur** es determinaran els usos que s'estimen per al 2050, condicionats per dos escenaris diferents del canvi climàtic: l'A2 i el B1.

La transformació dels usos de cada període s'analitzaran posteriorment al subapartat **5.2.8. Evolució dels usos i les cobertes del sòl 1956-1992-2009-2050 (escenaris A2 i B1)**, per tal d'identificar els diferents canvis de superfície entre usos, així com les tendències que es van definint entre els diferents períodes. Concretament, es confirma un decreixement molt important de sòl agrícola, que serà substituït per l'increment notable del sòl

forestal, com es pot comprovar a l'Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya (1997-2019) (CREAF, 2019), però amb un augment sostingut del sòl urbà.

És en aquest subapartat on s'estudia els efectes del canvi climàtic a mig termini, establint el 2050 com a any de referència, a través de dos escenaris alternatius. Concretament hem analitzat els canvis sobre el clima i la vegetació, així com el desenvolupament urbanístic que continuarà modificant la pròpia conca, i establirà nous condicionants per al funcionament dels ecosistemes en general, i de la xarxa hidrològica en especial, que tindran la corresponent incidència sobre les inundacions.

Actualment hi ha un increment de la superfície i de la producció forestal fins a un 32% més que els boscos existents fa vint anys (Alfaro-Sánchez et al, 2019), degut a que els nous boscos creixen sobre en un sòl més fèrtil, fruit de les activitats agrícoles i ramaderes que s'hi desenvolupaven en el passat, i tenen molta més capacitat per segrestar CO₂. En canvi, produeixen fusta menys densa que deixa els arbres en una pitjor situació davant de condicions climàtiques extremes, com pot ser la sequera, o d'altres esdeveniments com les plagues o les ventades.

El canvi climàtic està incrementant l'afectació de plagues als boscos, com ja s'ha constatat en aquesta tesi amb el minador de brots del pi (*Tomicus destruens*) en pi pinyer. Aquestes afectacions s'incrementaran en un futur a causa del canvi climàtic, afectant zones anteriorment no afectades (Oliveira, 2011; Angelats et al, 2017) i allargant el seu cicle reproductiu, com ara la processonària del pi (*Thaumetopoea pityocampa*) (Seixas et al, 2011) o com s'ha demostrat en el cas de les alzines i els roures pels escarabats -*Cerambyx sp.*- (Duque, 2018). Això podria tenir greus conseqüències en els ecosistemes forestals, relacionats no només amb qüestions ecològiques, sinó també en la gestió forestal, i substituir boscos per brolles i matollars, estructures vegetals amb menor retenció de pluges.

És en el **capítol 6** on s'analitzen aquests canvis d'usos del sòl en relació a la resposta hidrològica i hidràulica de la conca, d'acord amb els condicionants establerts per cada un dels períodes (2009, 2050 escenari B1 i 205 escenari A2). La resposta hidrològica d'una conca, amb patrons de precipitació idèntics, variarà depenent de les seves característiques. En aquest sentit, els usos del sòl constitueixen el factor més dinàmic i variable a curt, mig i llarg termini (López et al, 2007). Es procedeix a desenvolupar la modelització hidrològica que ens ha permès estimar les precipitacions màximes, la pluja neta i la producció d'escorrentiu per cada un dels anys objecte d'estudi, d'acord amb els canvis d'usos del sòl. Concretament, comparant els usos del sòl del 2009 al 2050, per cada un dels dos escenaris, es constata que el llinard d'escorrentiu disminueix marcadament per a l'escenari A2, i en menor mesura per a l'escenari B1.

En el moment de determinar la resposta hidrològica i hidràulica de la conca es bàsic disposar de les dades reals de l'àmbit objecte d'estudi. Concretament en paràmetres com el coeficient de rugositat de Manning, que tal i com indica ACA (2003), i s'ha confirmat en aquesta tesi en el capítol 6. (en relació als diferents usos per cada període), el canvi de coberta del llit de la riera de sorra a canyar, modificarà substancialment els seus resultats. A més, cal sumar-hi que els llits no són homogenis tan en el temps com en l'espai, i que poden presentar respostes diferents per cada episodi.

10.2. Els principals factors que influeixen sobre les inundacions a la conca de la riera d'Argentona

Una vegada exposats els canvis en els usos i cobertes del sòl durant els diferents períodes d'estudi, és molt important conèixer els principals factors que tenen influència directa sobre les inundacions a la conca de la riera d'Argentona.

A l'àmbit mediterrani, les condicions meteorològiques que poden propiciar l'acumulació de pluges per obtenir un cabal igual o superior al de període de retorn de T500 no són tan poc probables (Olcina, 2017). Degut a la gènesi de ciclons tropicals o de pluges monsòniques, el litoral mediterrani espanyol és una de les àrees geogràfiques més rellevants del món en el registre d'intensitats diàries i horàries de precipitacions.

Concretament, els episodis d'inundació significatius, amb vides humanes i pèrdues econòmiques elevades des de 1950 han tingut com a causa la proliferació d'episodis torrencials, amb registres de precipitacions molt marcats, generalment per sobre dels 200 mm en 24h, i en alguns casos molt superiors, per sobre de 300 a 400 mm.

En el cas del Maresme, les inundacions s'han produït generalment amb precipitacions de 50 a 100 mm diaris. En molts casos, però, la intensitat de la pluja és molt elevada, com la constatada el 8 de setembre de 2018, on malgrat ploure 51 mm, es van detectar intensitats de 3 litres per minut (Meteomar, 2018) o, el 10 d'octubre de 2016, a Cabriels, va caure una intensitat de 5,6 litres per minut i 82 litres en 30 minuts (SMC, 2019).

Només tenim registres d'un episodi de pluges superior als 200 mm, el 12 d'octubre de 2016, que va causar la mort d'una persona i danys als serveis públics per valor de més de 6 M€ als municipis de Cabriels, Cabrera de Mar i Vilassar de Mar, en una àrea inundable molt més reduïda respecte a la que la que resultaria afectada a la desembocadura de la conca de la riera d'Argentona, amb cabals molt més elevats pels períodes de retorn de 100 i 500 anys pel 2009 i pels escenaris 2050 B1 i A2.

Pel que fa a l'anàlisi de l'impacte del canvi climàtic en la generació de cabals d'avinguda, l'estudi realitzat pel MITECO (ACA, 2019) en una llera pilot mostra que el seu efecte és molt important, obtenint-se increments de cabal per al període de retorn de 100 anys d'entre el 80% i el 100%. Malgrat tot, considerant la diversitat de factors que influeixen en la generació dels cabals d'escorrentiu, els resultats obtinguts per la llera pilot no resulten extrapolables a altres àmbits similars. A més de l'augment en les precipitacions, existeixen altres possibles impactes associats al canvi climàtic que poden incidir de manera negativa en la generació de cabals d'avinguda, com ara, canvis en la morfologia de la llera, en la densitat de la

vegetació en les lleres, en la conservació i gestió dels ecosistemes forestals, així com el canvi en els usos del sòl, i que s'haurien d'incorporar en futurs cicles de la planificació de la gestió del risc d'inundació.

Un dels factors més importants que influeixen a les inundacions són els usos del territori, regulats per la normativa a nivell europeu, espanyol, català i local, com es descriu al **capítol 7**.

A l'apartat **7.3. El planejament urbanístic com a mesura de gestió de les inundacions** s'analitzen els planejaments vigents als municipis de la conca, i es confirma que no s'ha endegat la implementació de mesures d'ordenació del territori per a la prevenció de les inundacions. En canvi, es continuen aplicant actuacions tradicionals. Generalment, les defenses a la xarxa hidrològica suposen a mig i llarg termini una inversió econòmica superior als danys que es volen pal·liar, causant impactes ambientals importants, a més de ser insostenibles econòmicament. En molts casos, provoquen un deteriorament de la situació i un increment del risc.

Les planes d'inundació són clau en la gestió eficient de les inundacions; ha d'estar preparat per inundar-se, però ser funcional per l'entorn de la riera, com ara un espai verd inundable. Per això la Directiva Europea d'Inundacions recomana respectar, conservar i, quan sigui possible, recuperar les zones inundables, per tal d'alentir les avingudes i retenir i controlar l'aigua desbordada. Per reduir el risc, la riera ha de disposar del major espai per desbordar-se i el territori ha d'estar ordenat dins l'espai inundable (Ollero, 2014). Són aquests espais inundables de la conca objecte d'estudi, que es defineixen i quantifiquen als **capítols 8 i 9**.

Tot i així, quan disposem d'un territori on ja tenim nuclis de població, centres comercials i industrials i infraestructures estratègiques dins de les àrees d'inundació, caldrà aplicar mesures de protecció. Malgrat tot, aquestes situacions alteren la dinàmica de la riera i incrementen el risc en altres àrees.

En aquesta tesi es confirma la dificultat d'implementar una correcta planificació a causa, entre d'altres, dels interessos econòmics derivats de l'ocupació massiva del sòl, els quals prevalen per damunt de l'aplicació efectiva de les mesures de mitigació de danys per inundacions (Iglesias, 2007). Més encara per escenaris futurs com el de 2050 B1, on el desenvolupament econòmic no preveu incorporar mesures de mitigació i adaptació al canvi climàtic.

Com en el cas de la desembocadura de la conca de la riera d'Argentona, en no haver considerat en la planificació del territori les zones propenses a inundacions en la mesura que era necessari, el balanç de pèrdues ocasionat per les avingudes s'ha anat incrementant (Gil-Guirado, et al, 2016). Aquests increments de pèrdues són més importants per la contribució que pugui estar

realitzant el canvi climàtic en l'accentuació de la freqüència dels episodis de pluja de forta intensitat horària (IPCC, 2014).

En relació als càlculs d'inundabilitat, hem constatat en aquesta tesi que cal millorar els sistemes de reconeixement i caracterització del terreny utilitzats com a base dels programes d'estudi de l'inundabilitat, ja que presenten alguns problemes que poden afectar en la determinació de la superfície inundada, i al posterior càlcul de les afectacions. Concretament, el LIDAR, determina els punts més elevats del terreny, com observem a la Figura 104, en el cas del centre Comercial Carrefour de Cabrera de Mar (dreta⁴³ de la desembocadura) i la fàbrica Procter and Gamble de Mataró (esquerra de la desembocadura) i això implica que al procedir el càlcul de les zones inundables, amb programes com Gwa2D o HEC-RAS, no es tinguin en compte les primeres plantes dels edificis.

Figura 104. Imatges LIDAR de la desembocadura de la riera d'Argentona



Font: Centro de Descargas. Centro Nacional de Información Geográfica. Instituto Geográfico Nacional. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Gobierno de España (2020)

Tampoc es tenen en consideración els soterranis, donat que LIDAR no pot identificar les edificacions sota el nivell del sòl, com les que existeixen en els blocs de pisos que hi ha al polígon industrial el Rengle de Mataró.

10.3. La vulnerabilitat econòmica causada per les inundacions a la conca de la riera d'Argentona

L'impacte econòmic de les inundacions augmenta en la mesura que, principalment, augmenta el cost dels béns assegurats i del cost de la vida (Barredo et al, 2012). A la desembocadura de la riera d'Argentona els danys són molt importants perquè afecta a infraestructures viàries, àrees comercials

⁴³ Dreta i esquerra en una riera es determina sempre en la direcció descendent de les aigües pluvials.

i zones industrials i instal·lacions de serveis públics. Però no sempre és així, en altres territoris les inundacions afecten especialment a la població de baixos recursos, amb habitatges i béns de qualitat mitjana, amb danys econòmics menys elevats però significatius per la seva capacitat econòmica (Baró et al, 2012)

Concretament, en el **capítol 9** es determina la vulnerabilitat econòmica de la conca de la riera d'Argentona pel 2009, 2050 (escenari B1) i 2050 (escenari A2). Un primer pas, ha estat la determinació de la perillositat, que ens ve donada per la gravetat d'una inundació i la probabilitat de que aquesta succeeixi. A continuació s'ha obtingut els elements vulnerables a partir del mapa dels usos i cobertes del sòl, als quals se'ls assigna un valor unitari per a, finalment, poder calcular els danys potencials en la zona inundable. Els costos associats als danys en béns materials i pèrdua de vides humanes son molt significatius, des dels 104.480.216,14 € per a l'any 2009, fins als 202.625.639,78 € per a l'any 2050 per a l'escenari B1 i 268.062.281,99 € per al mateix any 2050 però per a l'escenari A2.

De l'exercici de quantificació de l'impacte climàtic en la precipitació a partir de les dades de l'estudi elaborat pel MITECO (ACA, 2019), es concreta per un període de retorn de 100 anys, el canvi màxim de la pluviometria acumulada (P) per a la riera d'Argentona seria d'un 33%.

Es considera que, atesa la incertesa associada, no es poden identificar noves Àrees amb risc potencial significatiu d'inundació per pluvials (ARPSIspluvials)⁴⁴ o Trams amb risc d'inundació per pluvials (TRIspluvials), ja que el seu àmbit és d'escala regional. Malgrat tot, i en una primera aproximació, s'ha fet l'exercici d'identificar aquells TRIs en els quals els efectes del canvi climàtic serien més notables, com és el cas de la conca de la riera d'Argentona (TRI núm ES100700_040: Zona occidental de la conca de les rieres del Maresme i rieres Metropolitanes, corresponent al tram final de la riera d'Argentona, des de la confluència amb la riera de

⁴⁴ D'acord amb el web del MITECO (2019), es defineixen com ARPSIs a aquelles zones del territori per a les quals s'ha arribat a la conclusió que existeix un risc potencial d'inundació significatiu o bé en les quals la materialització de tal risc pugui considerar-se probable com a resultat dels treballs d'Avaluació Preliminar del Risc d'Inundació (EPRI), realitzats en l'àmbit de cada demarcació hidrogràfica, en compliment de l'article 5 del Reial decret 903/2010, de 9 de juliol, d'avaluació i gestió de riscos d'inundació, que transposa la Directiva 2007/60/CE, relativa a l'avaluació i gestió dels riscos d'inundació.

La delimitació de les ARPSIs es realitza sobre la base de l'avaluació preliminar del risc inundació, que s'elabora a partir de la informació fàcilment disponible, com a dades registrades i estudis d'evolució a llarg termini, incloent l'impacte del canvi climàtic, i tenint en compte les circumstàncies actuals d'ocupació del sòl, l'existència d'infraestructures i activitats per a protecció enfront d'inundacions i la informació subministrada pel Sistema Nacional de Cartografia de Zones Inundables i per les administracions competents en la matèria.

Òrrius fins a la desembocadura). El resultat és que en aquestes lleres, les projeccions climàtiques indicarien un increment en la precipitació acumulada i, consegüentment, un augment dels cabals d'avinguda, que es traduiria en un previsible augment dels danys associats a episodis d'inundació (ACA, 2019). La importància d'aquests tipus d'anàlisis en un territori com la desembocadura de la riera d'Argentona ve donada per la intensa ocupació humana, el desenvolupament d'infraestructures, instal·lacions industrials i comercials i assentaments fan que els valors exposats als impactes de les amenaces naturals, com les inundacions, siguin molt alts, a semblança del que passa en altres espais del litoral mediterrani peninsular (Barnolas i Llasat, 2007; Fleta et al, 2006; Jiménez, Sancho-García et al, 2012; Llasat et al, 2010a; Llasat et al, 2010b).

En aquesta tesi es calculen uns danys molt importants referent a les xarxes de transports, concretats en la línia de ferrocarril R1, valorats en un màxim de 77 M€ per a l'escenari 2050 A2. Coincideix amb Llasat, Llasat-Botija i López (2009), que determinen que els danys causats per les inundacions a les xarxes de transport poden ser especialment importants, pel fet que afecten la connexió de Barcelona amb les ciutats suburbanas de l'entorn, i que es veuria agreujat per la poca capacitat de resposta de la platja, formada per una escullera rígida (Ballesteros, 2017). Danys recurrents i significatius; especialment important és l'episodi dels dies 23 i 24 d'octubre de 2019, quan les onades van arribar als 3 m d'alçada i van afectar la pròpia xarxa ferroviària (Grau, 2019), o bé els desperfectes causats pel temporal Gloria el gener del 2020, on els aiguats van causar danys per més de 20 M€ a Rodalies (Rovira, 2020). Per prevenir i minimitzar aquests danys al tram objecte d'estudi, el propi gestor d'infraestructures ferroviàries, ADIF, el desembre de 2019, va aprovar una inversió de 12,8 km en el tram de via entre Mataró i Cabrera de Mar, per reparar els danys a les esculleres trencaones per protegir de l'impacte de l'onatge a la infraestructura i a les instal·lacions de seguretat (La Vanguardia, 2019; El Periodico, 2020)

Diversos estudis realitzats per ADIF proposen com adequar les línies ferroviàries existents a les projeccions del canvi climàtic (CEDEX, 2013; Castañares, 2018); s'aconsella dur a terme una revisió general dels protocols actuals de prevenció, manteniment i vigilància de la infraestructura. Es proposa durant la revisió, donar una atenció particular: als talussos i vessants amb risc d'erosió i lliscament a causa de pluges intenses; a l'erosió en ponts per efecte de les lleres; a l'estat de la fonamentació dels pals de tanca i al possible descalçament de les canaletes a la plataforma ferroviària a causa de l'aigua d'escorrentia; a la verificació de el risc d'inundació de la via, túnels, obres de drenatge, camins d'accés i canaletes, així com de col·lapse en ponts/viaductes situats en llocs on es produeixin fortes avingudes; a l'estat de la via, per tal de detectar possibles arrossegaments i deformacions ocasionades per pluges extremes o per l'increment de les oscil·lacions

tèrmiques; a l'estat de la catenària, per tal de detectar danys causats per sobretensió en cas de tempesta elèctrica; a l'estat de les instal·lacions en sub-estacions elèctriques de tracció, per tal d'evitar possibles incendis causats per danys ocasionats per tempestes elèctriques i altes temperatures; i a el control de la vegetació en els marges de la via, per reduir el risc d'incendis en períodes de sequera.

Però en aquesta tesi és demostra que aquestes actuacions no serien suficients per evitar les afectacions greus de la via del ferrocarril en cas d'episodis importants d'inundacions, tant a la pròpia via, com al pont sobre la riera d'Argentona.

Figura 105. Via del ferrocarril Barcelona–Mataró a la desembocadura de la riera d'Argentona.



Font: Condal (2016)

En aquest sentit, una de les actuacions prioritàries per a minimitzar els danys a les infraestructures ferroviàries com s'indica al Pla Territorial Metropolità de Barcelona (2010) seria modificar el seu traçat actual i traslladar-lo més cap a l'interior de la comarca (Mcrit, 2017; Botey, 2017).

Per a protegir els nuclis urbans a primera línia de costa, a més de les platges i infraestructures portuàries i de comunicacions, el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2014) ha elaborat un estudi on s'estudia la dinàmica litoral i es realitzen les propostes d'actuació per cada tram.

Els valors d'exposició alts pel municipi de Mataró que s'obtenen en aquesta tesi es confirmen pels elements de gran valor que es poden veure afectats, que reportarien grans pèrdues, com la via del tren, la carretera, indústries i l'estació depuradora d'aigües residuals (Ballesteros, 2017).

Les afectacions per inundacions de la planta de tractament de residus sòlids urbans del Maresme podrien inundar els fosos d'emmagatzematge de residus sòlids urbans, i aturar el seu funcionament per un termini mínim de 10 a 15 dies, per una planta que tracta 770 tones/dia i dóna servei a més de 300.000 habitants (Consorti de Tractament de Residus del Maresme, 2019), amb els greus perjudicis econòmics que això comportaria.

En una situació similar es podria trobar l'estació depuradora d'aigües residuals de Mataró, que s'emplaça al costat de la planta de tractament de residus, i que dóna servei a prop de 200.000 habitants, i especialment la xarxa en alta del clavegueram dels municipis del Maresme central (Vilassar de Mar, Cabrera de Mar, Premià de Mar, Premià de Dalt i Vilassar de Dalt, que transcorre entre la via del tren i les escolleres que protegeixen la via del tren. Uns danys que en aquesta tesi s'han quantificat dins els elements industrials, i que podrien assolir els 60 M€ en el seu conjunt, sense comptabilitzar els danys complementaris causats per l'aturada i posada en funcionament de les instal·lacions.

Aquests episodis ja han succeït a d'altres territoris mediterranis de característiques similars, com els 8 M€ de danys causats a la xarxa del clavegueram a Ontinyent per la tempesta DANA el setembre de 2019 (Europapress, 2019) o de 2,3 M€ al patrimoni públic i privat del municipi de Cabriils per un episodi de pluges el 2 i 3 de setembre de 1996 (Sala i Benlloch, 1996) i de més de 6 M€ al clavegueram a Vilassar de Mar i Cabriils en un episodi del 12 i 13 d'octubre del 2016, en el qual vaig treballar en la seva valoració com a tècnic comarcal.

Figura 106. Zona de serveis del marge esquerre de la riera d'Argentona on estan situades la planta de tractament de residus sòlids urbans i l'estació depuradora d'aigües residuals



Font: Ortofoto ICGC. Generalitat de Catalunya (2019).

Tradicionalment, tant a la riera d'Argentona com a la resta del Maresme (Pla Director Contra Avingudes del Maresme, 1992), el risc d'inundació s'ha gestionat mitjançant infraestructures de protecció. El pla es va executar en la seva major part segons l'informe elaborat per l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA, 2000), però no ha reduït el risc de la major part de rieres del Maresme, com es pot constatar en aquest treball. Caldria elaborar un nou pla director on a partir de la diagnosi de la situació real de les rieres, s'incorporessin les mesures necessàries per minimitzar els riscos d'inundacions. Malgrat tot, la protecció absoluta es pot considerar inassolible i/o insostenible, degut tant al cost que suposaria, com a la inherent incertesa associada (Schanze, 2006).

Per tal de minimitzar la vulnerabilitat econòmica a valors socialment acceptables, és necessari implantar diverses mesures preventives.

En rieres que desemboquen al mar, és necessari incorporar als càlculs d'inundabilitat els condicionants de la tempesta marina, que en episodis de tempestes poden originar alçades d'onades molt significatives i que poden modificar sensiblement les àrees inundades pel barratge que realitzaran als desguassos de la pròpia riera (Sopelana et al, 2017). En aquesta tesi s'han modificat les condicions de contorn de sortida pel càlcul hidrològic l'alçada de les onades establerta per l'ACA (2013), de 0'70 a 0'78 m, incrementant-les justificadament entre 0'70 i 1'70 m (Figura 94) per cada una de les situacions d'estudi. D'aquesta manera s'han adequat a les tempestes marines importants, que es poden donar conjuntament amb episodis d'inundacions causats per les rieres. En aquest sentit, caldria adequar la cartografia d'inundació de la desembocadura de la riera d'Argentona a les condicions reals de l'onatge marí.

D'acord amb ACA (2019), en el cas de que la tendència a l'augment de la població, activitats i localització de béns en la costa espanyola continués, s'incrementarà l'exposició i la vulnerabilitat costaneres. Els riscos i conseqüències sobre el sistema socioeconòmic deguts a esdeveniments extrems d'inundació ja experimentats en l'actualitat continuaran, i es veuran agreujats pels efectes del canvi climàtic i especialment per la pujada del nivell del mar.

En el cas de costos per pèrdues de vides humanes, s'han quantificat 12.267.364,89 € pel 2009, 15.419.777,78 € per 2050, escenari B1, i 24.812.813,19 € per 2050, escenari A2, les quals es podrien reduir considerablement aplicant les mesures de prevenció establertes a la normativa urbanística, tot i que el risc no pot ser eliminat totalment (Castejon et al., 2014). En aquest sentit, malgrat que Mataró disposa dels plans de prevenció homologats, no és així per a la resta de municipis, i es molt probable que les activitats comercials i industrials afectades no disposin del corresponent pla d'autoprotecció⁴⁵ que obliga la normativa, ni tampoc de l'actualització de les actuals llicències d'activitats de les instal·lacions afectades (centres comercials, etc.).

Una altra de les accions a executar és adaptar els habitatges, polígons industrials i infraestructures al canvi climàtic, per mitigar els seus impactes, especialment referent a les inundacions. Destaquen les propostes del Consorcio de Compensación de Seguros (2017) en relació al disseny d'una solució resilient als edificis ja construïts i al seu entorn per assolir l'adaptació al canvi climàtic, d'acord amb els següents objectius:

1. Evitar la inundació, que consisteix en impedir que l'aigua arribi a l'edifici.
2. Resistir, que consisteix a impedir que l'aigua entri a l'edifici, una vegada que ha arribat a l'exterior de l'mismo.
3. Tolerar, que consisteix en admetre l'entrada de l'aigua a l'edifici, ja que no és possible el contrari, però prenent les mesures d'adaptació necessàries per limitar el dany i reduir el temps per a la volta a la normalidad.
4. Retirar, que consisteix en demolir i / o abandonar l'edifici, en aquells casos en què el risc és massa elevat.

Finalment, cal revisar i adequar o eliminar les obres de defensa de les inundacions que agreugen els danys: murs, esculleres, dics, extraccions de

⁴⁵ La normativa que estableix l'obligació de disposar del pla d'autoprotecció és el DECRET 30/2015, de 3 de març, pel qual s'aprova el catàleg d'activitats i centres obligats a adoptar mesures d'autoprotecció i es fixa el contingut d'aquestes mesures.

sorra i canalitzacions que generen una falsa seguretat que afavoreixen una major ocupació de les zones inundables, augmentant l'exposició al risc (Martínez, 2019), com és el cas, per exemple, del mur que hi ha entre la carretera d'accés a l'entrada del centre comercial Carrefour i la riera d'Argentona. Actuacions de descanalització i renaturalització que ja s'han portat a terme a diversos rius centre europeus, com el Rin a Alemanya, el Skerne a Anglaterra, el Brede a Dinamarca o el riu Thur a Suïssa, i que s'ha elaborat documentació tècnica adequada pels gestors que ho hagin d'aplicar a altres sistemes (Ollero, 2015; González, 1995, 2007; Mende, Müller, Sieber, i Oplatka, 2017). En el cas de les rieres mediterrànies, les actuacions han estat de menor envergadura, i en molts casos dirigit bàsicament a la protecció de marges i recuperació de la vegetació, però s'ha actuat en petits trams d'Òrrius, Montornès del Vallès, Vallromanes, Torà, Ripollet, Polinyà, Cardedeu, Santa Eulàlia de Ronçana i Sant Cugat del Vallès, per exemple.

En definitiva, aquesta tesi ens identifica, d'acord amb les transformacions territorials i el canvi climàtic, els impactes de les inundacions en el present i futur, i dóna llum per a prendre les decisions necessàries per minimitzar els seus danys.

BLOC 6. CONCLUSIONS

El sisè bloc està format pel capítol 11, on es determinen les conclusions i propostes.

11. Conclusions i propostes

Els canvis en els usos i cobertes del sòl de la conca de la riera d'Argentona en el període 1956-2009 han modificat substancialment el funcionament hidràulic i hidrològic d'aquest territori, i especialment quan hi projectem el futur amb els condicionants ambientals que determinarà el canvi climàtic i el desenvolupament social, econòmic i territorial.

11.1. Consecució dels objectius plantejats

En aquest darrer capítol analitzarem com s'han desenvolupat cadascun dels objectius formulats a l'inici d'aquest treball.

Objectiu general: Analitzar els efectes derivats dels canvis en els usos i les cobertes del sòl que s'han donat a la conca de la riera d'Argentona des de 1956 fins al 2016 pel que fa al risc d'inundació, així com quina és la incidència que podria arribar a tenir en aquest mateix sentit el model de desenvolupament territorial futur, considerant diverses alternatives de creixement urbanístic, els impactes del canvi climàtic i l'aplicació de diferents mesures preventives i de mitigació.

A través de l'objectiu general hem identificat les variables associades al canvi climàtic que tenen més impacte sobre el perill d'inundació a la conca; són aquelles relacionades amb el canvi dels usos i cobertes del sòl, el canvi de règim pluviomètric i del nivell del mar.

Els resultats obtinguts són útils per a establir una primera estimació de l'anàlisi de perillositat de la conca de la riera d'Argentona i de la resta de territoris de condicions ambientals, territorials i socioeconòmiques similars, i milloren sensiblement els estudis publicats anteriorment per aquest espai.

Si analitzem els resultats obtinguts, comparant-los amb les dades actuals d'altres estudis d'aquest territori (ACA, 2013), es pot considerar que els mètodes elegits per aquest treball han estat adequats i han permès assolir els objectius indicats inicialment.

La línia determinada per aquest objectiu ens ha permès concloure que els danys per inundacions quantificats per cadascun dels períodes són molt accentuats i tenen relació amb els danys soferts en episodis passats en territoris similars.

Aquestes transformacions territorials, la modificació de les condicions ambientals i els resultats estimats pel 2050, ens determina que cal avaluar permanentment el risc, preparant un sistema d'indicadors dels factors que permetin l'avaluació contínua d'aquests, quantitativament i qualitativa, del nivell de risc resultant. Un exemple és el *FRA (Flood Risk Assessment)* de la Gran Bretanya, on per a qualsevol actuació s'obliga a redactar un protocol previ d'avaluació, identificant els mecanismes d'inundació i mitigació, i assessorar com actuar abans i durant la inundació.

Objectiu específic núm. 1: *Identificar, classificar, cartografiar i caracteritzar els canvis en els usos i les cobertes del sòl en els anys 1956, 1992, 2009 i pels escenaris de futur 2050 (B1) i 2050 (A2).*

Aquest objectiu ha estat fonamental pel posterior assoliment de la resta d'objectius d'aquesta tesi, pel fet que ens ha permès conèixer la situació d'inici per arribar a l'actualitat, i poder estimar els canvis dels usos i cobertes del sòl per diferents escenaris de futur, d'acord amb les modificacions introduïdes pel canvi climàtic.

Així, un primer indicador ha estat el canvi dels usos i cobertes del sòl de la major part del territori de la conca des del 1956 al 2009, on partint d'un domini significatiu del sòl agrícola, s'ha anat evolucionant fins a una preponderància de la superfície forestal de les zones de major pendent i més allunyades dels nuclis urbans.

L'elevada demanda de sòl en aquest territori per a les àrees comercials i industrials i per a les infraestructures de comunicacions i de serveis ha causat la modificació i desaparició del paisatge agrícola, reduint considerablement l'àmbit de la riera, ocupant zones inundables i possibilitant afectació de nous espais que anteriorment no eren inundables.

Un dels resultats del desenvolupament d'aquest objectiu és el fet de que la revegetació de la conca entre 1956 i 2009 ha reduït l'escorrentia i l'erosió, fet que ha permès reduir el risc d'inundació.

Complementàriament, una potencial desforestació de la conca per un gran incendi forestal o una greu plaga forestal, per exemple, comportaria un increment substancial del risc d'inundació.

Per la seva banda, l'increment notable del sòl urbà en el mateix període, amb la corresponent impermeabilització del sòl, ha augmentat considerablement el risc d'inundació, especialment a la desembocadura de la riera d'Argentona.

En general, com es descriurà més exhaustivament en els objectius posteriors, els canvis antròpics soferts a la conca contribueixen significativament a un increment de les inundacions.

Objectiu específic núm. 2: *Determinar i analitzar la resposta hidrològica i hidràulica de la conca de la riera d'Argentona per a cada un dels anys d'estudi indicats anteriorment.*

Els resultats obtinguts amb el model hidrològic que s'ha utilitzat en aquest treball demostren que és útil per a aquesta conca, i per a conques similars (quant a superfície, pendents i usos del sòl). Concretament, el cabal màxim de la riera d'Argentona per període de retorn de 500 anys de 409,7 m³/s calculats pel 2009 són similars als establerts per la pròpia Agència Catalana de l'Aigua (2013), i els estimats pel futur són conseqüents amb les condicions d'ordenació del territori i del canvi climàtic considerades per cada un dels anys estudiats.

La valoració econòmica per les inundacions a la conca de la riera d'Argentona pel 2009, concretament 92 M€ per danys d'estructura i contingut i 12 M€ per pèrdues de vides humanes, són similars als obtinguts en episodis d'inundacions reals a d'altres territoris del mediterrani de l'Estat, com Ontinyent, Tarragona o fins a la mateixa comarca del Maresme (Cabrils, Cabrera i Vilassar de Mar).

En relació als escenaris de futur pel 2050, ens ha permès determinar els augments i reduccions d'escorrentia, que al seu torn, han tingut els seus efectes en les inundacions estudiades, d'acord amb la cartografia de perillositat i els càlculs de danys per inundacions obtinguts per cada un dels anys estudiats.

Tot i així, es fa necessari revisar la metodologia usada per obtenir la cartografia de la perillositat, ja que només contempla la superfície en planta, però no la superfície dels soterranis, que en cas d'inundació podrien resultar molt afectats.

També caldria revisar els usos del sòl de caràcter temporal, com les camps de vehicles o els magatzems industrials, que podrien generar diferències de danys per continguts en episodis d'inundacions importants.

Objectiu específic núm. 3: *Estudiar com s'han gestionat les inundacions a l'àrea d'estudi en relació als danys causats i d'acord a la normativa i planejament territorial i urbanístic aplicable en cada moment.*

Si ens referim a la normativa de prevenció d'inundacions, s'ha constatat que només l'Ajuntament de Mataró disposa dels documents de protecció civil determinats pel pla especial d'emergències per inundacions de Catalunya (INUNCAT), malgrat que els municipis d'Argentona, Cabrera de Mar i Dosrius també hi estan obligats. Un altre àmbit d'estudi seria conèixer si els centres comercials, activitats industrials i centres educatius de l'àrea afectada disposen del corresponent Pla d'Autoprotecció (PAU) homologat d'acord amb el Decret 30/2015, de 3 de març, pel qual s'aprova el catàleg d'activitats i centres obligats a adoptar mesures d'autoprotecció i es fixa el contingut d'aquestes mesures.

En relació a la part fonamental d'aquest objectiu, el planejament urbanístic vigent dels municipis de la conca no inclou cap estudi d'inundabilitat, però sí en els casos de desenvolupament derivat aprovats els darrers anys.

En les revisions de planejament que s'està portant a terme, sí que inclou, com determina la normativa, estudis d'inundabilitat que confirmen les dades obtingudes per l'ACA (2013) i son compatibles amb els resultats obtinguts en aquesta tesi.

D'acord amb aquest objectiu, s'ha confirmat que amb l'actual planejament es pot continuar l'ocupació de zones inundables als termes de Mataró i Cabrera de Mar, on actualment s'estan desenvolupant actuacions urbanístiques, com el Pla de Millora Urbanística (PMU) El Rengle⁴⁶ (Mataró)

Malgrat l'aprovació el 2010 del Pla director urbanístic de la reserva de sòl per a l'establiment de la Línia Orbital Ferroviària, continua sense solució el trasllat de la via del ferrocarril de Mataró a Barcelona cap a l'interior de la comarca.

⁴⁶ El Rengle és un dels sectors de la ciutat de Mataró que es troba en ple procés de creixement. Aquest àmbit, integrat dins l'estructura del front de mar, inclou zones terciàries, 387 habitatges, espais lliures públics i privats i un sistema viari d'accés i circulació, amb 2.650 places d'aparcament. Aquestes actuacions es concreten al Pla de Millora Urbana (PMU) de El Rengle, aprovat definitivament per la Generalitat de Catalunya al març de 2006. La superfície total afectada pel PMU és de 77.554 m².

Figura 107. Impacte de les onades sobre la via del tren R1 Barcelona-Mataró.



Font: Pujolar, (2019).

S'ha avaluat el planejament urbanístic dels municipis que formen la conca de la riera d'Argentona, conclouent que actualment el planejament d'aquests municipis no està preparat per minimitzar els riscos d'inundacions en el seu terme.

Malgrat tot, cal esmentar que les mesures restrictives determinades per la normativa europea, que tenen la seva translació a les normatives espanyola i catalana, així com el Pla Director Urbanístic del Sistema Costaner (PDUSC), evitaran o almenys frenaran que es continuï urbanitzant en zones inundables, de forma que en aquest cas, no s'incrementi l'exposició de més persones i béns.

Objectiu específic núm. 4: *Calcular i analitzar el nivell d'exposició al risc d'inundació a partir dels diferents factors que intervenen la seva configuració*

Com a desenvolupament d'aquest objectiu s'ha calculat el nivell d'exposició al risc d'inundació i s'ha constatat que s'incrementa a causa de l'ocupació de les zones inundables, de les quantitats de precipitació acumulades i, especialment, per la seva intensitat.

En aquest sentit s'han establert les variables que condicionen l'exposició al risc d'inundacions per àrees d'estudi d'aquestes característiques i d'acord amb els condicionants del canvi climàtic.

Objectiu específic núm. 5: *Determinar les zones inundables, el risc i la vulnerabilitat econòmica de l'àrea d'estudi per a l'any 2009 i pels escenaris de futur 2050 (B1) i 2050 (A2).*

Aquest objectiu ens ha permès determinar les zones inundables per cada un dels períodes estudiats, que al seu torn ha estat l'eina per identificar el risc i la vulnerabilitat econòmica.

Així, en el desenvolupament d'aquesta tesi hem obtingut els costos associats als danys que s'obtidrien per cada un dels anys estudiats, en relació als períodes de retorn de 50, 100 i 500 anys, i que ens ha permès conèixer les zones inundables, el risc associat a cada un dels àmbits afectats, així com la valoració general per a les condicions establertes inicialment.

Els resultats obtinguts ens permeten afirmar que el canvi climàtic incrementarà el risc i la vulnerabilitat a l'àrea objecte d'estudi, especialment perquè, malgrat es redueixi la pluviometria:

- els episodis de tempestes seran més habituals
- per la reducció de la coberta forestal espessa causada per l'increment de la temperatura i la reducció de la pluviometria (que al seu torn comportaran un increment de les plagues i d'incendis forestals), i la reducció de la retenció de les aigües pluvials.

En tot aquest procés, cartografiar les zones inundables ha estat fonamental per avaluar el factor de perillositat i el nivell de risc.

Així hem identificat les zones més afectades pels fenòmens d'inundació, concretament son les zones industrials i comercials de Mataró, Argentona i Cabrera de Mar que hi ha a l'entorn de la riera d'Argentona, a la part inferior de la conca, de menor altitud i que ocupen antics espais agrícoles.

Un cas molt significatiu és l'afectació per les inundacions a la via del tren de Barcelona a Maçanet, paral·lela a la costa, amb costos associats de danys per inundacions valorats fins a 77,5 M€ (2050 escenari A2), sense comptar aquí les pèrdues econòmiques, socials i ambientals que causaria la inutilització d'aquesta via de comunicació per al territori, que serien molt més elevades.

També podrien resultar afectats els sistemes de depuració d'aigües residuals del Maresme Central, que donen servei a més de 200.000 habitants i la planta de tractament de residus sòlids urbans del Maresme, aturant el seu funcionament per un termini mínim de 10 a 15 dies, per una planta que tracta 770 tones per dia i dóna servei a més de 300.000 habitants (Consorti de Tractament de Residus del Maresme, 2019), amb els greus perjudicis econòmics que això comportaria.

Objectiu específic núm. 6: *Proposar estratègies i actuacions per tal de prevenir i mitigar el risc d'inundacions en el futur.*

Per a poder realitzar aquestes simulacions, s'ha pres com a inici la situació de la conca a l'any 1956, la seva evolució fins al 2009, i a partir d'aquí s'han estimat dos escenaris, el B1 i l'A2, incorporant les condicions ambientals establertes per l'IPCC i el desenvolupament urbanístic futur previst en el planejament actual vigent. Els resultats obtinguts ens permeten conèixer l'exposició, el risc i la vulnerabilitat econòmica a les inundacions de la conca de la riera d'Argentona, i per extensió a territoris similars de la resta del Maresme i Catalunya.

Haurem d'aprendre a conviure amb el canvi climàtic i els seus condicionants i impactes. A nivell global, regional i local s'hauran de prendre ràpidament accions per prevenir i reduir les causes del canvi climàtic.

I també a mitigar el canvi climàtic, amb l'objectiu de reduir les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle o bé millorar la capacitat d'embornal dels sistemes.

Aplicar les mesures de prevenció i mitigació del canvi climàtic, en l'àmbit de les inundacions, implica integrar les sinèrgies de les inundacions urbanes i litorals, que en aquest treball ja s'ha tingut en compte. En aquest sentit, a les zones litorals s'ha d'estudiar, cartografiar i planificar la gestió integrant la xarxa hidrogràfica i la costa, concretament les inundacions pels rius i rieres, les inundacions marines i la pujada del nivell del mar.

A les últimes dècades la gestió del risc d'inundació ha anat evolucionant al nostre entorn, des de l'ús dominant de les mesures estructurals a nous models de gestió integrada, encara que aquests són ara per ara incomplets i mantenen inèrcies de les concepcions tradicionals (Ollero, 2014).

Aquests resultats han de permetre ser integrats en un futur amb la vulnerabilitat i l'exposició per estimar el risc de l'àrea, i es poden usar per determinar i cartografiar les àrees amb risc potencial d'inundació per tal d'adoptar mesures preventives i plans d'emergències.

La inundabilitat ha de ser un factor bàsic en la planificació dels usos sobre un espai determinat. L'ordenació del territori ha d'adaptar-se als riscos d'inundació, a la riera i a les seves crescudes, i ha de ser un instrument per reduir l'exposició humana i la vulnerabilitat, i així mitigar el risc. Cal ordenar els usos del sòl existents dins l'espai inundable, impedit nous usos urbans, industrials i comercials en les zones d'alt risc.

Aquest objectiu és considerat bàsic per a minimitzar els danys de les inundacions en un futur a aquest territori, per això es desenvolupa més extensament a continuació.

11.2. Propostes

D'acord amb les conclusions a l'inici d'aquest capítol, seguidament es plantegen diferents propostes amb l'objectiu de minimitzar el risc de les inundacions a la conca de la riera d'Argentona i al seu entorn, d'acord amb quatre principis bàsics: ordenar, millorar, prevenir i educar.

11.2.1. Ordenar el territori.

Ordenar el territori amb l'objectiu de fer-lo resilient i minimitzar la seva exposició al risc d'inundacions.

El planejament urbanístic s'ha d'adaptar al canvi climàtic i en especial al risc d'inundació, establint normes urbanístiques i constructives que redueixin l'exposició i la vulnerabilitat. El planejament actual dels municipis de la conca de la riera d'Argentona no té en compte el risc de les inundacions. Aquesta manca de prevenció implica que en el cas d'inundacions catastròfiques el risc sigui molt alt.

- Revisió dels plans d'ordenació urbana per adaptar-los al risc d'inundació. Concretament, l'avaluació i prevenció dels riscos d'inundació s'han de traslladar al planejament municipal, d'acord amb la normativa vigent.

És essencial frenar el desenvolupament urbà a les zones inundables i no consolidar més espai urbà a l'àmbit fluvial. I procedir a canviar les localitzacions dels usos de major risc existents actualment a les zones inundables, com ara la xarxa de ferrocarril, els centres comercials, les estacions depuradores d'aigües residuals o les plantes de tractament de residus.

També cal restringir les noves infraestructures, xarxes de serveis, col·lectors que no haurien de circular per les lleres o a prop d'elles, ja que consoliden els marges i poden afectar o alterar els processos de desbordament (Ollero, 2014).

Adopció de normes de construcció que minimitzin el risc d'inundació. Com que en algunes zones no podem reduir l'exposició, es pot actuar per reduir la vulnerabilitat establint normes de construcció compatibilitzin les construccions amb la inundabilitat i redueixen els seus danys. Es pot actuar construint amb estructures resistents, protegint les plantes subterrànies, col·locar elements claus com els registres elèctrics i les calderes en punt

elevats, elevar las construccions. S'han de dimensionar totes les mesures en funció dels calats d'inundació estimats.

En relació a les consideracions tècniques a incorporar en el planejament del territori per reduir els riscos ambientals (Normes Bàsiques de Planificació territorial per a la minimització dels riscos ambientals):

- Adaptació del planejament urbanístic municipal al canvi climàtic.
- Incrementar la infiltració i reduir l'escorrentia
- Incloure mesures de prevenció de les inundacions.
 - Establir adequadament els sistemes separatius de transports per separats de les aigües pluvials i residuals, enfront el sistema unitari que caldria substituir a curt termini.
 - Establir estructures de contenció, com els dipòsits de regulació, i les basses de laminació (per regular les aigües pluvials i evitar la seva acumulació a les rieres) i els sistemes anti-DSU (per evitar la sortida d'aigües residuals del clavegueram).
- Crear infraestructures per a l'aprofitament de les aigües pluvials
 - A nivell domèstic, potenciar la recuperació de les aigües pluvials per al rec mitjançant la instal·lació de dipòsits de pluvials
 - A nivell comarcal, establir sistemes de recàrrega dels aqüífers, com les basses de laminació.
 - Obligar, en la creació d'àrees impermeables, com ara aparcaments o grans àrees industrials i comercials, a aplicar sistemes alternatius d'infiltració de les aigües pluvials.
- Recuperar la xarxa de rieres i torrents mitjançant la seva naturalització i recuperació dels valors naturals, així com de la seva capacitat d'infiltració.
- Crear basses de laminació i infiltració per l'excés d'aigües pluvials i recàrregues dels aqüífers.
- Adequar la fiscalitat municipal al compliment i millora de les mesures d'ambientalització de les activitats i les edificacions, així com la prevenció de les inundacions. Cal premiar als que compleixin la normativa, i augmentar la fiscalitat als que la incompleixin.

Implantar i adaptar els plans del cicle de l'aigua a nivell local i regional al canvi climàtic, incorporant mesures eficients i sostenibles, com proposa Olcina et al. (2018), i planificant actuacions com les que es descriuran posteriorment.

Crear espais de resiliència urbana. La integració del risc ens permetria crear espais resilents, que, d'acord amb uns índex de valoració pels condicionants de cada territori, ens proporcionaria eines per una planificació urbana sostenible i responsable, com la que s'ha aplicat al Loira (Préfecture

de la Loire, 2017). Aquest mètode ens permet una nova eina de polítiques urbanes en termes d'integració del risc d'inundació.

En aquest sentit, caldria tenir ben present les consideracions que es fan al document *Cómo desarrollar ciudades más resilientes. Un manual para líderes de los gobiernos locales* (Nacions Unides, 2012):

1.- Necessitat d'una organització administrativa adequada i coordinada per fer front al risc de desastre a nivell local, comptant amb la participació dels ciutadans.

2.- Disposar d'un pressupost i oferir incentius a la població, els sectors econòmics i el sector públic perquè inverteixin en la reducció dels riscos que els afecten.

3.- Actualitzar permanentment la informació sobre amenaces i vulnerabilitats, prenent en consideració en la planificació i les decisions públiques. Tota la documentació relativa a la resiliència ha d'estar a disposició dels ciutadans.

4.- Invertir i mantenir una infraestructura que redueixi el risc i pugui actuar davant del canvi climàtic.

5.- Avaluar i incrementar la seguretat de centres docents i sanitaris.

6.- Fiscalitzar el compliment de les normes i plans que continguin determinacions relatives a el risc, localitzar terrenys segurs per als ciutadans de baixos ingressos i, quan sigui factible, adequar els assentaments informals.

7.- Establir programes educatius i de capacitació sobre la reducció de el risc de desastres, tant a les escoles com a les comunitats locals.

8.- Protegir els ecosistemes i les zones naturals d'amortiment per mitigar les amenaces a conseqüència del canvi climàtic (inundacions ...).

9.- Instal·lar sistemes de alerta ràpida i desenvolupar les capacitats per a la gestió d'emergències a la ciutat, realitzant simulacres en els que també participi la ciutadania.

10.- Després d'un desastre, prioritzar la satisfacció de les necessitats dels seus habitants, la reconstrucció dels seus habitatges i dels seus mitjans de vida.

Establir un nou marc local de gestió de l'aigua, promovent ordenances per aplicar els criteris del nou cicle de l'aigua, i possibilitant mesures de

fiscalitat ambiental per premiar l'aplicació d'aquests sistemes, com ara la reducció de l'impost de béns immobles (IBI) o la bonificació del 100% de l'impost de construccions, instal·lacions i obres (ICIO) en relació a aquestes aplicacions.

Gestió forestal per a prevenir els incendis forestals. En un territori com la conca de la riera d'Argentona, i el Maresme en general, on la superfície forestal és, respectivament, del 78,44% i del 64%, és fonamental gestionar adequadament aquests usos per evitar modificacions de la coberta vegetal que comportarien increments dels escorrentius, i al seu torn, increment del risc d'inundacions per a tota la conca.

La gestió forestal ha d'incorporar el canvi de condicions ambientals que estem experimentant a l'hora de definir les intensitats d'intervenció i la freqüència. Per exemple, reduir les densitats de rebrots en boscos d'alta densitat ha estat demostrat com una mesura efectiva per a disminuir l'impacte de sequeres extremes (Peñuelas et al., 2016). En els anys vinents, les polítiques de reforestació de zones pertorbades i la gestió de l'aforestació d'espais agrícoles abandonats haurien de tenir en compte els canvis que s'estan produint i les condicions que s'estan projectant amb vista al futur immediat. Hi destaca la disminució de les precipitacions i/o l'augment de l'evapotranspiració potencial com de l'increment de la demanda d'uns ecosistemes més fertilitzats i d'una població en augment.

La gestió dels espais forestals ha d'incloure una planificació a gran escala que tingui en compte la combinació de mosaics d'espais de tipus divers, així com l'ús múltiple i l'efecte de les pertorbacions; com ara, per exemple, els incendis forestals.

Per Vilà-Cabrera (2018) una gestió forestal basada en una sòlida comprensió de com les forests estan responent al canvi climàtic podria ajudar a aquests ecosistemes a adaptar-se a les noves condicions previstes, concretament es essencial predir quins individus i poblacions son més vulnerables a les pertorbacions derivades del canvi climàtic.

11.2.2. Millorar.

Es necessari millorar la situació actual per minimitzar el risc d'inundacions. Ens cal millorar la gestió del cicle de l'aigua a nivell local i regional. I també hem de millorar la situació de les nostres rieres.

Implantar sistemes urbans de drenatge sostenible (SUDS). Els sistemes habituals de gestió de l'aigua de pluja que s'utilitzen actualment es basen en transportar l'aigua directament des del punt d'origen (cobertes i paviments) fins a la xarxa general de manera directa, reduint el recorregut de l'aigua, desaprofitant la capacitat d'infiltració de l' terreny i evitant la

reutilització en origen. Amb aquest sistema, quan hi ha pluges torrencials, les canalitzacions es col·lapsen perquè no estan dimensionades per a aquests increments de volums, causant inundacions i alteracions en els cursos fluvials.

El tractament de descontaminació de les aigües es realitza generalment en depuradores situades a la fi del recorregut de l'aigua, sense sistemes previs de tractament passiu o retenció. En aquest cas, en episodis de fortes pluges, la capacitat de tractament de les depuradores es veu superada.

Els sistemes urbans de drenatge sostenible (SUDS) són una eina preventiva de gestió de l'aigua de pluja que minimitza els efectes de les inundacions.

El caràcter preventiu dels SUDS es combina amb la capacitat d'aprofitament de l'aigua de pluja per a feines de reg i neteja, i amb la seva utilització com a element paisatgístic i per a la millora de l'entorn.

Algunes de les actuacions recomanades són:

- **Infiltració de les aigües pluvials als paviments i elements urbans.** Els paviments impermeables incrementen l'escolament superficial generant inundacions. Per altra banda, els paviments permeables permeten que l'aigua discorri a través seu, infiltrant-la al terreny o emmagatzemant-la i detenint-la en capes inferiors.

Figura 108. Paviment permeable vegetal, sobre una estructura d'emmagatzematge d'aigües pluvials



Font: Sánchez et al., (2019).

Amb aquests paviments s'aconsegueix retenir durant un temps el transport d'aigua a la xarxa general. A més, en el cas de que l'aigua no estigui contaminada i les característiques de l'entorn ho permetin, es pot infiltrar l'aigua en el terreny en el mateix punt d'origen, contribuint així a disminuir la quantitat d'aigua a evacuar i recarregar els aqüífers.

- **Infiltrar i emmagatzemar les aigües pluvials.** S'actua en tot el recorregut de la escorrentia, considerant factors com la geomorfologia del terreny (relleu, permeabilitat, vegetació i la capacitat per aturar i emmagatzemar aigua). Existeixen diferents sistemes per aconseguir la ralentització de l'escorrentia. La seva elecció per assolir una major eficiència depèn del clima, la quantitat d'aigua prevista, la permeabilitat del sòl i la capacitat d'infiltració. Concretament tenim sistemes de ralentització superficials o subsuperficials. Els sistemes superficials de ralentització actuen per reduir la velocitat de l'escorrentia a través de filtres naturals. Poden ser puntuals, com els pous i pericons d'infiltració, o lineals, com les rasses d'infiltració.

Per altra banda, també podem crear sistemes per acumular les aigües pluvials, tant per reduir l'escorrentiu que s'acumula al clavegueram i a les rieres i rius, com per facilitar la seva infiltració al terreny. Aquests espais es poden integrar fàcilment en espais verds, creant depressions que s'inundaran puntualment en períodes de pluja.

El seu volum vindrà determinat per la quantitat d'aigua que es pot acumular en un període de pluja important, segons les dades que disposem de l'àrea on es preveu implantar.

Figura 109. Basses d'acumulació i infiltració (esquerra) i rasses d'infiltració



Font: Geonigno Consultores. (2019).

Un altre sistema consisteix en instal·lar paviments permeables. Deixen passar les aigües a través seu per infiltrar-les directament o acumular-les.

Figura 110. Tipus de paviments permeables.



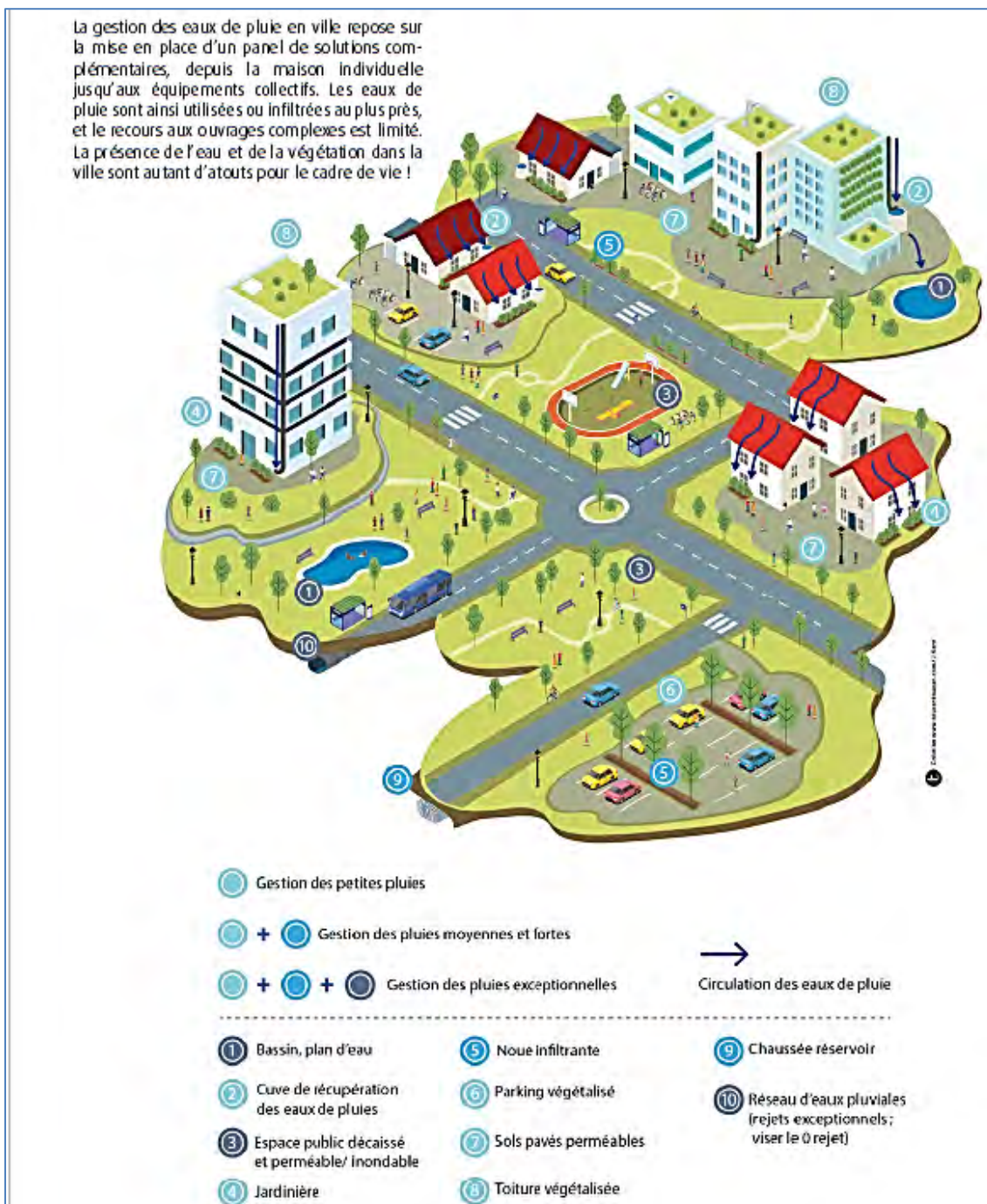
Font: Sánchez et al. (2019).

En el cas de basses i pous d'infiltració i paviments drenants, és molt important evitar que les aigües estiguin contaminades. En aquest cas, caldria fer un tractament previ.

Els criteris de disseny per aquestes actuacions estan determinants segons la climatologia i la permeabilitat del terreny (Sánchez et al. 2019).

Aquests sistemes s'han d'integrar a les noves urbanitzacions i millores existents. A la Figura 111 presentem la integració dels sistemes urbans de drenatge sostenible en un nucli urbà sostenible.

Figura 111. Sistemes urbans de drenatge sostenible (SUDS) per a la gestió de pluges, mitjanes i fortes i excepcionals



Font: Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie d'Île-de-France. (2019)

Creació de zones humides i àrees d'expansió lateral. Continuant amb l'actuació anterior, es proposa crear zones humides que tinguin com a objectiu el tractament terciari de les aigües residuals de la depuradora de Mataró, per tal de recarregar l'aqüífer de la riera d'Argentona, i a la vegada,

integrat a la planura d'inundació, comportaria un paper fonamental en el procés de laminació de les crescudes de la riera d'Argentona.

Devolució efectiva de l'espai a la riera a través d'una gestió adequada dels territoris fluvials, retirant els sistemes de defensa d'aquests trams que impedeixin el normal funcionament de la xarxa hidrològica i atorgar la responsabilitat en la reducció del risc a la pròpia laminació natural per desbordament, com s'ha fet a Suïssa, als rius Thür, Fander i Roine, on s'han d'invertir 39 milions d'euros per triplicar la superfície d'inundació, o a Espanya, a la conca de l'Ebre, al paratge de Tetones, aigües amunt de Tudela, recuperant-se més de 100 ha de superfície lliure per poder ser inundada, o les 13 ha del Parc de la Draga de Banyoles.

Eliminació, redimensionament o trasllat d'obstacles antròpics. Posteriorment a la identificació dels obstacles antròpics, es pot decidir eliminar-los, modificar-los, o bé traslladar-los per minimitzar el risc. En l'àmbit de la restauració fluvial és un objectiu prioritari l'eliminació i redimensionament dels obstacles antròpics, com ara els murs i les repeses⁴⁷.

Revisió de la utilitat i estat de totes les estructures de defensa. Es necessari inventariar els actuals sistemes de defensa, i avaluar la seva utilitat, cost benefici i estat. S'ha de prioritzar la protecció dels nuclis habitats als espais agrícoles. S'han d'establir plans de retirada de les defenses innecessàries i les mesures de manteniment per a les defenses que sigui necessari conservar.

Substitució d'estructures de defensa estructures de bioenginyeria, més sostenibles, més integrades paisatgísticament i generalment més econòmiques.

Fer el seguiment de l'execució dels projectes d'avaluació ambiental de les infraestructures i dels plans urbanístics.

11.2.3. Prevenir.

Disposar de plans d'emergència locals i supramunicipals de conca que incloguin les mesures de prevenció i reducció del risc, i establir sistemes d'alerta dels gestors d'emergència i de la pròpia ciutadania.

Elaborar la planificació municipal de prevenció de les inundacions (DUPROCIM) de les administracions locals i de les activitats (PAU's)

⁴⁷ La demolició de preses per motius de seguretat, econòmics o millores naturals és una practica estesa a Europa i als Estats Units. Concretament, des de 1912 s'han demolit més de 750 preses als Estats Units (Brufao, 2006)

d'acord amb la normativa, amb especial atenció als usos existents a les zones inundables (centres comercials, centres d'ensenyament secundari i indústries, serveis de tractament de residus i aigües residuals, xarxa de ferrocarril).

Cal implantar i mantenir actualitzats els plans de protecció civil, per garantir la seva gestió en cas d'emergència, tant als gestors públics, com al personal de les activitats afectades.

Millorar el sistema d'alerta dels episodis d'inundacions als gestors de protecció civil i a l'administració en general. (Apps específiques als mòbils).

Avaluació d'inundabilitat i impacte ambiental per a qualsevol actuació. És necessari que qualsevol actuació d'urbanització, d'infraestructura o defensa a l'espai inundable disposi obligatòriament de la corresponent avaluació d'inundabilitat i avaluació ambiental, aplicant mètodes adaptats a cada territori i tipus de xarxa hidrològica. Malauradament però, actualment la Llei 21/2013, de 9 de novembre, d'avaluació ambiental, només obliga a fer l'avaluació ambiental als projectes de defensa de lleres i marges quan la longitud total del trama afectat sigui superior als 5 quilòmetres, exceptuant-se les actuacions que s'executin per evitar el risc en zona urbana.

Avaluació i control ambiental de les actuacions post-crescuda. S'han de deixar de portar a terme els programes de reparació urgent després d'un episodi d'inundacions, consistents en treballs de defensa sense projecte, avaluació del risc i avaluació ambiental. En alguns casos, per exemple, aquestes actuacions poden afectar altres zones de la riera, que anteriorment tenien un risc baix. En cas d'episodis d'inundacions que modifiquin la llera, cal estudiar primer perquè el sistema fluvial ha actuat així, i si cal portar a terme actuacions de defensa, o bé adaptar-nos a la nova situació.

Seguiment de l'estat de la xarxa hidrogràfica pel que fa a la vegetació. Es necessari determinar els trams de rieres i torrents més importants per evitar les inundacions, els quals s'han de revisar periòdicament per evitar l'acumulació de vegetació que obstaculitzi el pas de l'aigua.

Seguiment de l'estat de la xarxa hidrogràfica en relació als obstacles antròpics. Cal fer revisions contínues dels punts de major risc (passos de rieres sota de carreteres i vies del tren, sorrers de rieres...)

Disposar d'un bon sistema d'assegurances, per cobrir les pèrdues econòmiques derivades dels episodis d'inundació. Es poden fomentar amb ajudes de les administracions.

11.2.4. Educar i sensibilitzar.

L'educació, sensibilització i formació en el risc són fonamentals per reduir la vulnerabilitat de la societat front nous episodis, especialment perquè estem formant i sensibilitzant a la ciutadania en les dinàmiques naturals, en la precaució i adaptació, augmentant la resiliència de la comunitat.

- Educar per combatre la falsa sensació de seguretat.
- Educar i formar per entendre el risc i els seus factors.
- Formar als tècnics municipals de territori en el risc de les inundacions i les mesures bàsiques per a la seva prevenció.
- Formar a la ciutadania dels riscos causats per a les inundacions.

11.3. Futures línies de recerca

Aquest treball ha permès fer un seguiment i descripció quantitativa i qualitativa de les transformacions territorials a la conca de la riera d'Argentona des de 1956 fins a l'actualitat, i ha estimat com podria ser aquest territori el 2050 per dos escenaris ben diferenciats en relació a la incorporació o no de mesures de mitigació i adaptació al canvi climàtic.

Futures recerques que es desprenen dels resultats obtinguts fins al moment podrien anar dirigides a:

- revisar la cartografia d'exposició i vulnerabilitat al risc d'inundació per incloure aquelles instal·lacions i edificis que no tenen una exposició adequada pel seu risc real, com els soterranis.
- valorar el cost econòmic i social de retirar i replantejar la situació de les infraestructures més exposades i vulnerables al risc d'inundació (depuradores d'aigües residuals, plantes de tractament de residus, etc), centres comercials i indústries.
- Analitzar l'evolució de l'exposició i la vulnerabilitat a les inundacions en base als canvis en els usos i cobertes del sòl que de major manera poden modificar l'escorrentiu (grans incendis forestals, plagues forestals, etc.).
- Avaluar fins a quin punt el desenvolupament de sistemes d'emmagatzament a gran escala d'aigües pluvials ajudaria, en el cas d'estudi, a reduir l'aport d'aigua a la riera en els moments de pluges intenses i permetre'n el seu aprofitament posterior.

12. Bibliografia

ABMJG. (2014). *Estudi d'Inundabilitat del POUM d'Argentona*. Argentona: Ajuntament d'Argentona.

Agència Catalana de l'Aigua. (2000). *Informe sobre l'estat de desenvolupament i vigència tècnica del Pla Director contra avingudes al Maresme. Document de síntesi*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.

Agència Catalana de l'Aigua. (2001). *Delimitació de zones inundables per a la redacció de l'INUNCAT. Conques internes de Catalunya. Càlcul hidrològic i determinació dels Cabals d'Aigua*. Barcelona: Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya. Recuperat de https://aca-web.gencat.cat/aca/documentos/ca/planificacio/inuncat/conquesinternes/calculhidro_vii.pdf

Agència Catalana de l'Aigua. (2003). *Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local. Guia Tècnica*. Barcelona: Departament de Medi Ambient. Generalitat de Catalunya.

Agència Catalana de l'Aigua. (2010). *Estimació de danys potencials per inundació en el espai fluvial*. Barcelona: Departament de Medi Ambient. Generalitat de Catalunya.

Agència Catalana de l'Aigua. (2013). *Estudi hidràulic i hidrològic riera d'Argentona TM Cabrera de Mar, Argentona i Mataró*. Barcelona: Departament de Territori i Sostenibilitat. Generalitat de Catalunya.

Agència Catalana de l'Aigua. (2015). *Programa de mesures de l'àmbit hidrològic del Pla de gestió del risc d'inundació del districte de conca fluvial de Catalunya. Annex I. Fitxes de les mesures*. Barcelona: Departament de Medi Ambient. Generalitat de Catalunya.

Agència Catalana de l'Aigua. (2019). *Revisió i actualització de l'avaluació preliminar del risc d'inundació del districte de conca fluvial de Catalunya (2n. cicle). Annex 07. Incidència del canvi climàtic en el risc d'inundació*. Barcelona: Departament de Medi Ambient. Generalitat de Catalunya. Recuperat de http://aca.gencat.cat/web/.content/30_Plans_i_programes/20_Gestio_del_risc_inundacions/2n-cicle-de-planificacio/APRI/07_Canvi_Climatic_CA.pdf

Ajuntament d'Ontinyent. (2019). *El temporal causa danys per valor de 8 milions d'euros al sistema de depuració d'aigües residuals d'Ontinyent*. Recuperat de <http://www.ontinyent.es/va/report/temporal-causa-danys-valor-8-milions-deuros-al-sistema-depuracio-daigues-dontinyent>

Alcanda, P. (septiembre, 2005). El PORF, un reto de futuro para la integración de la planificación forestal y la ordenación del territorio. Ponencia presentada en el 4^o Congreso Forestal Español. Zaragoza, <http://www.congresoforestal.es/index.php?men=200>

Alexander, D. (1990). Natural Disasters: A Framework for Research and Teaching, *Disasters*, 15 (3), 209-226.

Alfaro-Sánchez, R., Jump, A. S., Pino, J., Díez-Nogales, O., i Espelta, J. M. (2019). Land use legacies drive higher growth, lower wood density and enhanced climatic sensitivity in recently established forests. *Agricultural and forest meteorology*, 276, doi:10.1016/j.agrformet.2019.107630.

Allen, C. D., Macalady, A. K., Chenchouni, H. (2010). A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*, 259, 660-684.

Allix, A. (1921). Les phénomènes torrentiels de la région cévenole, d'après Maurice Pardé, *Annales de Géographie*, 19, 343-349.

Alvarez Seco, A. (2000). Las lluvias y sus incidencias sobre el territorio. Informe Técnico. Protección Civil. *Revista Protección Civil*, 5.

Alzina, P. (2004). Cal cobrir la riera d'Arenys de Munt? *Revista Sostenible Digital*. Diputació de Barcelona. Recuperat de <https://www.sostenible.cat/opinio/cal-cobrir-la-riera-darenys-de-munt-un-article-de-pere-alzina-0>

Andres, J. (1980). *Técnicas y prácticas de las relaciones humanas*. Bogotá: Instituto Latinoamericano de pastoral de juventud-IPLAJ

Angelats, D., Cabaña, A., dir.; Martínez, J. dir. (2017). *Anàlisi espacial de la distribució de la processonària del pi (Thaumetopoea pityocampa) a Catalunya en el període 2007-2016*. Graduat o Graduada en Estadística Aplicada. Recuperat de <https://ddd.uab.cat/record/189576>.

Argüeso, D., Hidalgo-Muñoz, J. M., Gámiz-Fortis, S. R., Esteban-Parra, M. J. i Castro-Díez, Y. (2012). High-resolution projections of mean and extreme precipitation over Spain using the WRF model (2070-2099 versus 1970-1999). *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 117 (D12). doi:10.1029/2011JD017399

Asopa, B., Beye, G. (2001). *Appendix 2: The case method*. Recuperat de <http://www.fao.org/docrep/W7500E/w7500e0b.htm>

Associació Pla Estratègic Litoral (2005). *Pla estratègic per al litoral de la Regió Metropolitana de Barcelona. Síntesi de diagnosi i estratègies sobre: Prevenció*

d'inundacions i restauració de rieres. Associació Pla Estratègic Litoral.
Recuperat de
https://www.diba.cat/en/c/document_library/get_file?uuid=3d89521b-1c28-4916-8957-8e2a7cd85cab&groupId=175591

Ayala-Carcedo, F. J. (2001). La Ordenación del Territorio en la prevención de catástrofes naturales y tecnológicas. Bases para un procedimiento técnico-administrativo de evaluación de riesgos para la población. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 30, 37-50.

Ayala-Carcedo, F. J. y Olcina, J. (2002). *Riesgos Naturales*. Barcelona: Ed. Ariel Ciencia.

Badia, A. (2000). *La incidència dels incendis a l'Àrea Metropolitana de Barcelona i a la comarca del Bages durant el període 1987-1998*. (Tesi doctoral). Universitat Autònoma de Barcelona.

Badia, A., Saurí, D., Cerdan, R., Llurdés, J. C. (2002). Causality and management of forest fires in Mediterranean environments: an example from Catalonia. *Environmental Hazards*, núm. 4, p. 23-32 in *Mediterranean Periurban and Rural Areas. The Case of Catalonia. International Journal of Wildland Fire*, 15 (2), 187-196.

Badosa, R. (2013). Evolució de l'Agricultura de la Comarca del Maresme en els darrers cents anys. *Dossiers Agraris. Institució Catalana d'Estudis Agraris*, 16, 201-209.

Ballesteros, C. Jiménez, J. A. i Viavattene, C. (2017). Evaluación del riesgo de inundación a múltiples componentes en la costa del Maresme, *Ribagua*, 4 (2), 110-129. doi: 10.1080/23863781.2017.1381453

Banqué, M., Grau, A., Martínez-Vilalta, J., Vayreda, J. (2013). *CANVIBOSC: Vulnerabilitat de les espècies forestals al canvi climàtic. Impactes observats i previstos de les espècies arbòries més abundants a Catalunya*. CREA. Oficina Catalana del Canvi Climàtic.

Barnolas, M., Llasat, M. C. (2007). A flood geodatabase and its climatological applications: The case of Catalonia for the last century [Una base de información geológica y sus aplicaciones climatológicas: el caso de Catalunya en el último centenario]. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 7 (2), 271-281.

Baró, J. E., Díaz, C., Calderón, G., Esteller, M. V., Cadena, E., i Franco, R. (2012). *Metodología para la valoración económica de daños potenciales tangibles directos por inundación*. Universidad Autónoma del Estado de México.

Barredo, J. I., Saurí, D., Llasat, M. C. (2012). Assessing trends in insured losses from floods in Spain 1971-2008. *Natural Hazards and Earth Systems Sciences*, 12, 1723-1729.

Barrera-Escoda, A., Cunillera, J. (2011). *Primer informe sobre la generació d'escenaris climàtics regionalitzats per a Catalunya durant el segle XXI*. Barcelona: Equip de canvi climàtic. Àrea de Climatologia. Servei Meteorològic de Catalunya. Generalitat de Catalunya.

Barriendos, M. i Pomés, J. (1993). *L'aigua a Mataró. Inundacions i recursos hídrics (Segles XVIII-XX)*. Mataró: Caixa d'Estalvis Laietana.

Barriendos, M., Coeur, D., Lang, M., Llasat, M. C., Naulet, R., Lemaitre, F. et Barrera, T. (2003). Stationarity analysis of historical flood series in France and Spain (14th-20th centuries). *Natural Hazards and Earth System Science* 3, 583-592.

Barriendos, M., Martin-Vide, J. (1998). Secular Climatic Oscillations as Indicated by Catastrophic Floods in the Spanish Mediterranean Coastal Area (14th-19th Centuries). *Climatic Change* 38, 473-491.

Barrows, H. (1923). Geography as Human Ecology. *Annals of the Association of American Geographers*, 13, 1-14.

Batlle, A., Corominas, J. i Lopez, J. A. (1987). Las aguas subterráneas en la comarca barcelonesa del Maresme. Evolución y estado actual. *Boletín Geológico y Minero*, 98(3), 84-99.

Beck, U. (2000). *Un nuevo mundo feliz*. Barcelona: Paidós.

Beck, U. (2002). *La sociedad del riego global*. Madrid: Ed. Siglo XXI.

Beguiría, S., López-Moreno, J. I., Lorente, A., Seeger, M. i García-Ruiz, J. M. (2003). Assessing the Effect of Climate Oscillations and Land-use Changes on Streamflow in the Central Spanish Pyrenees. *Ambio*. 32. 283-6. Dio:10.1639/0044-7447(2003)032[0283:ATEOCO]2.0.CO;2.

Belmonte, A. M. C. García, J. S. (2008). Peligro, vulnerabilidad y riesgo de inundación en ramblas mediterráneas: los llanos de Carraixet y Poyo. *Cuadernos de geografía*, 83, 1-26.

Benalmoucaffa, A. (1991). *Calila u Dimma*. Madrid: Alianza Editorial.

Beschta R.L. (2000). Peakflow responses to forest practiques in the western cascades of Oregon. USA. *Journal of Hydrology*. 233, 102-120.

Beta Portal ICGC. (2019). *Relleu i ombra. Anàlisi virtual d'orientacions i pendents*. Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. Recuperat de <http://betaserver.icgc.cat/relleuiombra2m/#12/41.5875/2.4893>

Beta Portal ICGC. (2019) *Com era Catalunya?* Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. Recuperat de <https://betaportal.icgc.cat/wordpress/com-era-catalunya-1945-2015/>

Beta Portal ICGC. (2019). *Parcel·les del cadastre pel seu any de construcció*. Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya i Direcció General del Catastro. Recuperat de https://betaportal.icgc.cat/wordpress/parcel%c2%b7les_cadastre/

Bigler C., Bräker O. U., Bugmann H., Dobbertin M., Rigling A. (2006). Drought as an Inciting mortality factor in Scots pine stands of the Valais, Switzerland. *Ecosystems*, 9. 330-343

Birkmann, J. Cardona, O. D., Carreño, M. L., Barbat, A. H. et al. (2013). Framing vulnerability, risk and societal responses: the move framework. *Natural Hazards*, 67, (2), 193-211.

Bisquerra, R. (Coord) (2004). *Metodología de la investigación educativa*. Madrid: Ed. La Muralla.

Boada, M., Saurí, D. (2002). *El cambio global*. Barcelona. Ed. Rubes.

Boholm, Å. (1998). Comparative studies of risk perception: a review years of research. *Journal of Risk Research*, 1 (2), 135-163.

Botey, J. (2017). *Anàlisi de la viabilitat socioeconòmica del trasllat al lateral de l'autopista C-32 de la línia ferroviària R1 en el seu tram Montgat-Mataró*. (Treball Final de Màster). Universitat Politècnica de Catalunya.

Bourguignon, D. (2014). *Événements et territoires-le coût des inondations en France Analyses spatio-temporelles des dommages assurés*. (Tesis doctoral). Université Paul Valéry. Montpellier III.

Brooks, N. (2003). Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework. *Tyndall Centre for Climate Change Research Working Paper 38*, 1-16.

Brufao, P. (2006). Demolición de presas y otras obras hidráulicas: Herramienta indispensable para la restauración de nuestros ríos y humedales. *Informe de AEMS-Ríos con Vida*. Recuperat de www.riosconvida.es

Brun, W. (1994). *Risk perception: Main issues, approached and findings*. En G. Wright., i P. Ayton (Eds), *Subjective probability*. Chichester: John Wiley and Sons.

Burton, I., Kates, R. W., Snead, R. E. (1969). *The Human Ecology of Coastal Flood Hazard in Megalopolis*, *Research paper, 115*, University of Chicago. Department of Geography.

Butlletí Anual d'Indicadors Climàtics. BAIC. Any 2016. (2017). Equip de Canvi Climàtic-Àrea de Climatologia. Servei Meteorològic de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Generalitat de Catalunya.

Butlletí Anual d'Indicadors Climàtics. BAIC. Any 2017. (2018). Equip de Canvi Climàtic-Àrea de Climatologia. Servei Meteorològic de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Generalitat de Catalunya.

Caballero, D. (2004). *Wildland-urban interface fire risk management: WARM project*. Ponència presentada al *II International Symposium on Fire Economics, Planning and Policy: A Global View*. US Forest Service. Universidad de Córdoba. Córdoba, 19-22 April.

Cabello, A., Velasco, M., Barredo, J. I., Hurkmans, R. T. W. L., Barrera-Escoda, A., Sempere-Torres, D., Velasco, D. (2011). *Assessment of future scenarios of climate and land-use changes in the IMPRINTS test-bed areas*. *Environmental Science & Policy* 14 (7), 884-897.

Calvo, E. G. (2003). *El miedo es el mensaje: riesgo, incertidumbre y medios de comunicación*. Madrid: Editor Alianza.

Calvo, F. (2001). *Sociedades y territorios en riesgo*. Barcelona: Ed. del Serbal.

Camarasa-Belmonte, A., López, M. J., Pascual-Aguilar, J. (2006). *Análisis mediante SIG de los parámetros de producción de escorrentía*. Recuperat de https://www.researchgate.net/publication/267863520_Analisis_mediante_SIG_de_los_parametros_de_produccion_de_escorrentia

Carnicer, J., Coll, M., Ninyerola, M., Pons, X., Sánchez, G., Peñuelas, J. (2011). *Widespread crown condition decline, food web disruption, and amplified tree mortality with increased climate change-type drought*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108,1474-1478.

Carnicer, J., Sardans, J., Stefanescu, C., Ubach, A., Bartrons, M., Asensio, D., Peñuelas, J. (2015). *Global biodiversity, stoichiometry and ecosystem*

function responses to human-induced C-N-P imbalances. *Journal of Plant Physiology* 172, 82-915.

Carpenter, S. R. Brock W. A. (2011). Early warnings of unknown nonlinear shifts: a nonparametric approach. *Ecology* 92, 2196-2201

Carpintero, O. Bellver, J. (2014). Ideas para una transición socioecológica para la economía española. *Revista Ecologista* 83.

Castañares, G. (2018). La adaptación al cambio climático en el transporte ferroviario en España. *Revista Digital del Cedex*, 191, 133-140.

Castejon, G. Romero, A. (2014) Inundaciones en la región de Murcia. Biblio 3W. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*. XIX, 1102. Barcelona: Universidad de Barcelona, diciembre de 2014.

Catala, D. F. (1992). *Cálculo de caudales en las redes de saneamiento*. Madrid: Paraninfo Editorial.

Catalán, J., Pla-Rabés, S., Wolfe, A. P., Smol, J. P., Ruhland K. M., Anderson, N. J., Kopacek, J., Stuchlik, E., Schmidt, R., Koinig, K., Camarero, L., Flower, R., Heiri, O., Kamenik, C., Korhola, A., Leavitt, P., Psenner, R., Renberg, I., (2013). Global change revealed by palaeolimnological records from remote lakes: a review. *Journal of Paleolimnology* 1, (23).

Centre Meteorològic de Barcelona. (9 de octubre de 1965). El tiempo en España. *La Vanguardia*, p. 8. Recuperat de <http://hemeroteca.lavanguardia.com/preview/1965/10/09/pagina-8/33567299/pdf.html>

Cervera, T., autor., Tello, E.c, supervisor acadèmic., Pino, J., supervisor acadèmic. (2017). *La transició forestal a Catalunya: causes socioeconòmiques i efectes ambientals : evolució del paisatge agroforestal a la Catalunya Central (1868-2005)*. (Tesi doctoral). Universitat de Barcelona. Recuperat de <https://ddd.uab.cat/record/187196>

Chuvieco, E., Camia, A., Koutsias, N., Bianchini, G., Martinez, J., Margalef, T. (2005). Using remote sensing and GIS for global assessment of fire danger. Ponència presentada a la *XXII Internacional Cartographic Conference (ICC 2005)*.

Clark, G. E. Moser, S., Ratick, S. J. (1998). Assessing the Vulnerability of Coastal Communities to Extreme Storms: The Case of Revere, MA., USA *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 3, (1), 59

Climent J., Prada M. A., Calama R., Sanchez de Ron D., Chambel M. R., Alía R. (2008). To grow or to seed: ecotypic variation in reproductive allocation and cone production by Young female Aleppo pine (*Pinus halepensis*, Pinaceae). *American Journal of Botany* 94. 1316-1320.

Condal, G. (2016). *A peu per la costa del Maresme. De Cabrera de Mar a Mataró*. Recuperat de <https://gloriacondal.com/2016/01/10/a-peu-per-la-costa-del-maresme-de-cabrera-de-mar-a-mataro/>

Consorci de Tractament de Residus del Maresme. (2019). *Els residus municipals*. Recuperat de <http://www.cresidusmaresme.com/sec-Els-residus-municipals-5933.html>

Consortio de Compensación de Seguros. (2013). *Estadística. Riesgos Extraordinarios. 1971-2012*. Madrid: Ministerio de Economía y Hacienda.

Consortio de Compensación de Seguros. (2017). *Guía para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones*. Madrid. Edita: Consorcio de Compensación de Seguros. Recuperat de https://www.conorseguros.es/web/documents/10184/48069/guia_inundaciones_completa_22jun.pdf/480edc31-446b-40a5-af5b-2c37daf20a35

CREAF. (2019). *Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya (IEFC) (1997-2019)*. Barcelona: CREAF.

Crichton, D. (1999). *The Risk Triangle*. En J. Ingleton (ed.), *Natural Disaster Management*. London: Tudor Rose.

Cutter, S. L., Mitchell, J. T., & Scott, M. S. (2000). Revealing the vulnerability of people and places: a case study of Georgetown County, South Carolina. *Annals of the association of American Geographers*, 90(4), 713-737.

Daly, H. (2014). From uneconomic growth to a steady-state economy: Advances. *Ecological economics*. Northampton, UK: Edward Elga.

Dauphine, A. (2001). *Risques et catastrophes. Observer, Spatialiser, Comprendre, Gérer*. París: Armand Colin.

Dauphiné, A., Proviloto D. (2007). La résilience : un concept pour la gestion de risques. *Annales de Géographie* 654,115-125.

De Graaf, R. E. (2008). *Reducing flood vulnerability of urban lowland areas*. Ponència presentada al *11th International Conference on Urban Drainage*. Palermo.

De Ribot, E. (2008). *El marc legal en matèria de riscs naturals a Catalunya*. Projecte RISKCAT encarregat pel CADS (Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible) al Grup de Recerca RISKCAT de la Universitat de Barcelona. Barcelona: Consell Assessor pel Desenvolupament Sostenible. Generalitat de Catalunya.

Dean, B., Collins, I., Divoky, D., Hatheway, D., & Scheffner, C. N. (2005). *FEMA Coastal Flood Hazard Analysis and Mapping Guidelines Focused Study Report*. Oakland, CA: FEMA. Recuperat de [https://www.fema.gov/media-library-data/1541612797999-75f9256293d851861a13ad4ad7d3cef2/Guidelines_for_Coastal_Flood_Hazard_Analysis_and_Mapping_for_the_Pacific_Coast_of_the_United_States_\(Jan_2005\)_SUPERSEDED.pdf](https://www.fema.gov/media-library-data/1541612797999-75f9256293d851861a13ad4ad7d3cef2/Guidelines_for_Coastal_Flood_Hazard_Analysis_and_Mapping_for_the_Pacific_Coast_of_the_United_States_(Jan_2005)_SUPERSEDED.pdf)

Defra. (2008). *Assessing And Valuing The Risk To Life From Flooding For Use In Appraisal Of Risk Management Measures*. Recuperat de https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/181441/risktopeople.pdf

Del Rincon, D., Arnal, J., Latorre, A., Sans, A. (1995). *Técnicas de investigación en ciencias sociales. Concepto i característiques de la observació participante*. Recuperat de <https://observacio.wordpress.com/2012/04/09/tecnicas-de-investigacion-en-ciencias-sociales-concepto-y-caracteristicas-de-la-observacion-participante-del-rincon-d-arnal-j-latorre-a-y-sans-a-1995/>

Departament d'Interior. (2019). *Mapa de protecció Civil de Catalunya*. Barcelona: Departament d'Interior. Generalitat de Catalunya.

Departament de Política Territorial i Obres Públiques. (2006). Plànols d'Ordenació. Règim urbanístic del sòl. Pla Director urbanístic del sistema costaner. PDUSC. Barcelona: Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

Díaz-Delgado, R., Lloret, F., Pons, X., & Terradas, J. (2002). Satellite evidence of decreasing resilience in Mediterranean plant communities after recurrent wildfires. *Ecology*, 83(8), 2293-2303.

Diputació de Barcelona. Saurí, D.(Coord.) (1997). Les inundacions. *Quaderns d'ecologia aplicada 14*. Barcelona: Diputació de Barcelona, Àrea del Medi Ambient. Barcelona.

Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie d'Île-de-France. (2019). *Bien gérer les eaux de pluie. Principes et pratiques en Île-de-France*. Prefet de la Region d'Île-de-France. République Française. Recuperat de http://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/plaquette_-_bien_gerer_les_eaux_de_pluies_-_driee_-_2019_vf_.pdf

doi: 10.1111/j.16541103.2004.tb02258.x Published: APR 2004

Döll, P., Trautmann, T., Gerten D., Müller, H., Ostberg, S., et al. (2018). Risks for the global freshwater system at 1.5°C and 2°C global warming. *Environ. Res. Lett.* 13, 044038

Domènech, R., Pastor, E., Planes, E. Centre d'Estudis del Risc Tecnològic (CERTEC) Universitat Politècnica de Catalunya. (2011). Efectivitat dels tractaments de combustible en la reducció del risc de propagació d'incendi. *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, 71-72, (11-34). Barcelona.

Douglas, M. i Wildavsky, A. (1982). *Risk and Culture: An Essay on the Selection of Technological and Environmental Dangers*. Berkeley: University of California Press.

Downing, T. (2004). What have we learned regarding a vulnerability science. In Science in Support of Adaptation to Climate Change. Recommendations for an Adaptation Science Agenda and a Collection of Papers. Presented at a Side Event of the 10th Session of the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change, Buenos Aires (18-21).

Downing, T., Bakker, K. (2000). Drought discourse and vulnerability en D.A. Wilhete (ed) *Drought a global assessment*. 2,(213-230).

Duque, J. (2018). Application of spatial analysis techniques to conservation and restoration of Mediterranean Quercus under future climate change scenarios.

EEA. (2012). *Urban adaptation to climate change in Europe. Challenges and opportunities for cities together with supportive national and European policies*. Luxembourg.

EFE. (2020). *Adif comienza las obras para proteger la vía de tren entre Mataró y Cabrera*. El Periódico. Recuperat de

EFMR.cat. (2019). *Els municipis de la Conca afectats per la riuada valoren en 16 milions d'euros els danys ocasionats*. Esplugua de Francolí: Esplugua FM Ràdio. <https://www.efmr.cat/blog/2019/11/12/els-municipis-de-la-conca-afectats-per-la-riuada-valoren-en-16-milions-deuros-els-danys-ocasionats/>

EM-DAT. (2019). The International disasters database. Louvain: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters – CRED. Université catholique de Louvain. Recuperat de <https://www.emdat.be/>

Enrique, P. (1985). *La asociación plutónica tardihercínica del Macizo del Montnegre, Catalanides Septentrionales (Barcelona)*. (Tesi Doctoral) Universitat de Barcelona.

Escuer, J. (2008). El risc d'inundacions a Catalunya. *Projecte RISKCAT*. Barcelona: Consell Assessor pel Desenvolupament Sostenible. Generalitat de Catalunya.

Europa Press. (2012). *Carrefour invierte cuatro millones de euros para ampliar el centro de Cabrera de Mar*. Recuperat de <https://www.europapress.es/catalunya/agroalimentacion-00463/noticia-agro-carrefour-property-invierte-cuatro-millones-ampliar-centro-cabrera-mar-20120626140839.html>

Europa Press. (2019). *La DANA causa daños de ocho millones de euros en el sistema de depuración de aguas de Ontinyent (Valencia)*. Recuperat de <https://www.europapress.es/comunitat-valenciana/noticia-dana-causa-danos-ocho-millones-euros-sistema-depuracion-aguas-ontinyent-valencia-20190916174404.html>

Faidella, L. (2003). Usos del sòl i cabal d'avinguda a la conca de la riera de Valldeix. *Revista Atzavara*, 11, 97-102.

FEMA. (2001). *Guía 2: Understanding Your Risks: Identifying Hazards And Estimating Losses*. Ed. FEMA.

Fergus, S. y Zimmerman, M.A. (2005). Adolescent resilience: A framework for understanding healthy development in the face of risk. *Annual Review of PublicHealth*. 26,1-26. Fergusson, D.M., Beau.

Ferrer, F. J. (2000). *Recomendaciones para el cálculo hidroterológico de Avenidas*. CEDEX. Madrid: Centro de Estudios y Experimentación en Obras Públicas CEDEX. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Recuperat de <http://hispagua.cedex.es/node/92786>

Fischhoff, B., Slovic, P., i Lichteststein, S. I Combs, B. (1978). How safe is safe enough? A psychometric study of attitudes towards technological risks and benefits. *Policy Studies*. 127-152.

Fischhoff, B., Slovic, P., Lichteststein, S. (1983). The públic vs. "the experts". En V.T. Covello., W.G. Flamm., J.V. Rodricks., i R.G. Tardiff (eds), *The Analysis of Actual vs. Perceived Risks* 235-249. New York: Plenum Press.

Fleta, J., Godé, L., Gomá, J. L., Gracia, À., Gracia, J., Martínez, J., Verdague, I. (2006). Flooding areas and risk analysis of Catalonia (INUNCAT Plan). *Inundación de áreas y análisis de riesgos en Catalunya (Plan del INUNCAT)*, II(1), 458-460.

Fletas, M., Bayona, M., Cervera, T. (2012). *Estructura de la propietat forestal de Catalunya. Anàlisi de les dades cadastrals*. Centre de la Propietat Forestal. Santa Perpètua de la Mogoda.

Font, X., Gutiérrez, J. (2014). Les Rierades al Maresme. Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona Grupo Impulsa, Alger, Algérie. Mataró: Revista Atzavara. Núm 23. Museu de Mataró. Pàg 71.

Funtowicz, S.O., y Revetz, J.R. (2000). *La ciencia posnormal. Ciencia con la gente*. Barcelona: Icaria.

Gallart, F., Llorens P. (2003). Catchment Management under Environmental Change: Impact of Land Cover Change on Waters Resources. *Water International*, 28. 334-340.

Gallois, L. (1911). Sur la crue de la Seine de janvier 1910, *Annales de Géographie*, 20, 112-121.

García, V. (2005). *El riesgo como construcción social y la construcción social del riesgo*. Ed. Desacatos, 19, 11-24.

Garrabou, R. i Saguer, E. (2006). *Propietat, tinença i relacions de producció. Història agrària dels Països Catalans, segles XIX-XX*. Barcelona: ed. Garrabou. R., Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona.

Generalitat Valenciana. (2002). *Plan de acción Territorial de carácter sectorial sobre prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA)*. València: Generalitat Valenciana.

Geonigno Consultores. (2019). *Arquitectura y urbanismo*. Recuperat de <https://geonigno.wordpress.com/arquitectura-y-urbanismo/>

Gil, A. y Morales Gil, A. (eds.) (1989). *Avenidas fluviales e inundaciones en la cuenca del mediterráneo*. Alicante: Instituto Universitario de Geografía de Alicante y Caja de Ahorros del Mediterráneo.

Gil, E. (2003). *El miedo es el mensaje: Riesgo, incertidumbre y medios de comunicación*. Madrid: Alianza.

Gil-Guirado, S., Pérez-Morales, A., López-Martínez, F., Barriandos-Vallvé, M., (2016). Are we safe? A tool to improve the knowledge of the risk areas: high-resolution floods database (MEDIFLOOD) for Spanish Mediterranean coast (1960-2014). *In EGU General Assembly Conference Abstracts*, 18, 4218.

Gomez Fernández, E. (2014). *Modelos hidráulicos en los análisis de riesgos de inundación*. Solares (España). Recuperat de www.altergeosistemas.com

Gonçalves M., Barrera-Escoda A., Guerreiro D., Baldasano J.M., Cunillera J. (2014). Seasonal to yearly assessment of temperature and precipitation

trends in the North Western Mediterranean Basin by dynamical downscaling of climate scenarios at high resolution (1971-2050). *Climate Change*, 122, 243-256.

González de Vallejo, L. I. (1988). *La importancia socioeconómica de los riesgos geológicos en España*. Madrid: en Ayala-Carcedo, Durán Valsero y Peinado edits., Riesgos Geológicos, IGME, 21-34

González del Tánago, M. y García de Jalón, D. (1995). *Restauración de ríos y riberas*. Fundación Conde del Valle de Salazar, E.T.S.I.M., Universidad Politécnica de Madrid, 319 p., Madrid.

González del Tánago, M. y García de Jalón, D. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Ministerio de Medio Ambiente, 318 p., Madrid.

Gonzalez, M. (1997). *Metodología de la investigación social*: Alicante. Ed. Aguaclara.

Goodwin, G.S., MacAdam, J. (2017). *Informe Cambio climático, desastres y desplazamientos*. ACNUR.

Gracia, A, Godé, Ll., Crego, E, Arrabal, M.A. , Guirado, V., García, G, Lobera, C., González, S., Martínez, E. (2014). Riesgos y cuantificación de daños por inundación. Agència Catalana de l'Aigua. Ponència presentada a les *Jornadas de Inundaciones*. Lisboa.

Gracia, C, Sabate, S, Martinez, J. M., Albeza, E. (1999). Functional responses to thinning. En: Roda F, Retana J, Gracia C, Bellot J, editores. Ecology of the Mediterranean Evergreen Oak Forests. *Ecological Studies*, 137. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 329-337

Gracia, M., Ordóñez, JL. (eds.) (2009). Els alzinars. (2010). Les pinedes de pi blanc (2011). Les pinedes de pinassa (2011). Les pinedes de pi roig (2011). Les pinedes de pi negre (2012). Les pinedes de pi pinyer (2013). Les fagedes (2013). *Manuale de gestió d'hàbitats*. Barcelona: Diputació de Barcelona.

Grau, X. (2018). El seguro ha pagado más de 82 millones de euros por tempestades e inundaciones en Catalunya en la última década. *La Vanguardia*.

<https://www.lavanguardia.com/seguros/empresa/20180724/462106321845/el-seguro-ha-pagado-mas-de-82-millones-de-euros-por-tempestades-e-inundaciones-en-catalunya-en-la-ultima-decada.html>

Green, C. H.; Tunstall, S. M.; Fordham, M. H. (1990). The Risks from Flooding: Which Risks and Whose Perception?, *Disasters*, 3(15), 227-236.

Grotberg, Edith. (1997). La resiliencia en acción. Ponència presentada al *Seminario Internacional sobre aplicación del concepto de resiliencia en proyectos sociales*.

Grünthal, G., Thieken, A. H., Schwarz, J., Radtke, K. S., Smolka, A., & Merz, B. (2006). Comparative risk assessments for the city of Cologne—storms, floods, earthquakes. *Natural Hazards*, 38(1-2), 21-44.

Gutiérrez, J. (1992): *Les rierades del Maresme: problemàtica de la interacció entre els medis natural i antròpic com a pas previ per a l'ordenació de l'espai torrencial*. (Tesi de Llicenciatura). Facultat de Geologia de Barcelona.

Herrera, S. M., Moutahir, H., Sánchez, J. R., i Bellot, J. (2010). *Possibles escenaris climàtics en la Serra de Prades: Base de la gestió forestal sostenible*. Recuperat de https://www.academia.edu/29180328/Possibles_escenaris_clim%C3%A0tics_en_la_Serra_de_Prades_Base_de_la_gesti%C3%B3_forestal_sostenible

Hewitt, K. (1997). *Regions of Risk. A Geographical Introduction to Disasters*. Edinburgh: Longman.

https://elpais.com/ccaa/2020/01/30/catalunya/1580414185_504249.html
<https://www.elperiodico.com/es/mataro/20200113/adif-comienza-las-obras-para-proteger-la-via-de-tren-entre-mataro-y-cabrera-7805968>

Hydrologic Engineering Center. (2000). Hydrologic Modeling System HEC-HMS. *Technical Reference Manual*. HEC. Davis.

Iglesias, F. (2007). *Urbanismo y democracia. Alternativas para evitar la corrupción*. Fundación Alternativas.

Indovina, F. (2004). La metropolització del territori. Noves jerarquies territorials. In Font, A. (Ed.). *L'explosió de la ciutat*. Barcelona: COAC, 9, 20-47.

Indovina, F., (2007). La metropolización del territorio: nuevas jerarquías territoriales. In Font, A. (ed.). *La explosión de la ciudad: transformacionesterritoriales en las regiones urbanas de la Europa Meridional*. Col·legi Oficial d'Arquitectes de Catalunya. Barcelona.

INM-OECC. (2007). *Generación de escenarios regionalizados de cambio climático en España*. Primera Fase. INM-OECC.

IPCC. (2007). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. NY. USA: Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.

IPCC. (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (C. B. Field, V. Barros, T. F. Stocker, & Q. Dahe, Eds.). Cambridge, UK, and New York, NY, USA: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9781139177245

IPCC. (2014). Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad –Resumen para responsables de políticas. Contribución del *Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. (C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, ... L. L. White, Eds.). Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial.

IPCC. (2019). *Climate Change and Land: An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Summary for Policymakers*. (Almut Arneth and others). IPCC.

Jiménez, J. A., Sancho-García, A., Bosom, E., Valdemoro, H. I., & Guillén, J. (2012). Storm-induced damages along the Catalan coast (NW Mediterranean) during the period 1958–2008 [Daños inducidos por tormentas a lo largo de la costa catalana en el noroeste del Mediterráneo durante el período de 1958 al 2008]. *Geomorphology*, 143-144, 24–33.

Johnston, R. J.; Claval, P. (Edit.) (1986). *La Geografía actual*, Barcelona: Ariel.

Jordan Fuchs, R., Sabatini Downey, F. (1988). Economía política de los desastres naturales: prevención y capacitación. Santiago: *Revista EURE* XIV (43), 53-77.

Junta d'Aigües de Catalunya. (1985). *Memòria del Pla Hidrològic dels Pirineus Orientals. El Maresme*. Memòria interna de la Junta d'Aigües de Catalunya. Inèdit.

Junta d'Aigües de Catalunya. (1994). *Recomanacions sobre mètodes d'estimació d'avingudes màximes*. Barcelona: Departament de Política Territorial i Obres Públiques.

Kasperson, R. E., Kasperson J. X., Dow, K. (2001). Vulnerability, Equity and Global Change, en Kasperson, R. E., J. X. Kasperson (eds): *Global Environmental Risks*. Tokio y Londres, United Nations University Press y Earthscan, 247-272.

Kottek, M., et al. (2006) World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift* 15.3: 259-263.

Lampin-Maillet, C, et al. (2010). *Wildland Urban Interfaces, Fire Behavior and Vulnerability: Characterization, Mapping and Assessment*, en Sande, J., Rego, F., Fernandes, P., Rigolot, E. (eds.) Towards Integrated Fire Management- Outcomes of the European Project Fire Paradox. European Forest Institute, Finlandia,

Lara San Martin, A. (2012). *Percepción social en la gestión del riesgo de inundación en una àrea mediterrània (Costa Brava España)*. (Tesi doctoral). Universitat de Girona.

Leff, E. (2004). *Racionalidad ambiental: La reapropiación social de la naturaleza*. México: XXI editores, 181-231.

Levante-emv Ontinyent. (2019). *Ontinyent cifra en 15 millones de euros los daños en bienes públicos por la DANA*. València: Diario de Levante. Recuperat de <https://www.levante-emv.com/costera/2019/09/19/ontinyent-cifra-15-millones-danos/1923417.html>

Linares, J. C., Delgado-Huertas, A., Carreira, J.A. (2010). Climatic trends and different drought adaptive capacity and vulnerability in a mixed Abies pinsapo–Pinus halepensis forest. *Climatic Change*. DOI 10.1007/s10584-010-9878-6.

Llasat Botija, M. D. C. (2010). *Una aproximació a l'estudi dels aiguats des de una perspectiva hidrometeorològica*. Acam.cat

Llasat Botija, M.C. (1997). *Meteorología Agrícola i Forestal a Catalunya*. Barcelona: Dept. Agricultura, Ramaderia i Pesca.

Llasat Botija, M.C. et al. (2017). *Tercer informe sobre el Canvi Climàtic a Catalunya. 6. Riscos d'Origen Climàtic*. Barcelona: Oficina del Canvi Climàtic. Generalitat de Catalunya.

Llasat M.C. Corominas J. et al. (2010). *Cap.7. Riscos Associats al clima. Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. CADS. Barcelona: Consell Assessor pel Desenvolupament Sostenible. Generalitat de Catalunya.

Llasat, M. C., Llasat-Botija, M., Rodríguez, A., Lindbergh, S. (2010). Flash floods in Catalonia: a recurrent situation. *Advances in Geosciences*, 26, 105–111.

Llasat, M. C., Llasat-Botija, M., & López, L. (2009). A press database on natural risks and its application in the study of floods in Northeastern Spain [Una base de datos de la prensa sobre riesgos naturales y su aplicación en el estudio de las inundaciones en el noreste de España]. *Natural Hazards and Earth System Science*, 9, 2049–2061.

Llasat, M. C., Llasat-Botija, M., Rodríguez, A., & Lindbergh, S. (2010). Flash floods in Catalonia: A recurrent situation [Inundaciones rápidas en Catalunya: una situación reocurrente]. *Advanced Geosciences*, 26, 105–111

Llasat, M.C., Llasat-Botija, M., Gilabert, J., Marcos, R. (2012). Trienta años de inundaciones en Catalunya: la importància de lo cotidiano. Ponencia presentada al 8º Congreso Internacional de la Asociación Española de Climatología: Extremos e impactos. Salamanca.

Llasat, M.C., Rigo, T., Barriendos, M. (2005). Floods in Catalonia (NE Spain) since the 14th century. Climatological and meteorological aspects from historical documentary sources and old instrumental records. *J. Hydrol.* , 313, 32-47.

Llebot, J.E. et al. (2010). *Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. CADS.

Lleonart, P., Ardèvol, R., Macias, P. (1981). *El Maresme: les claus de la seva contínua transformació*. Barcelona: Banca Catalana.

Llobet, S. (1955). De geografía agraria de la comarca del Maresme (Barcelona), en *Estudios Geográficos*, 16,(58), 23-71 i 215-297.

Lloret, F., Penuelas, J., Ogaya, R. (2004). Establishment of co-existing Mediterranean tree species under a varying soil moisture regime. *Journal of vegetation science*, 15 (2), 237-244

López Gómez, A. L., García González, T., y Antentas, J. M. (2016). *Cambio climático y conflictos ecológicodistributivos en regiones indígenas de México. El caso de la industria eólica en el Istmo de Tehuantepec*, Oaxaca.

López, J., Lujan, J., (2000). *Ciencia y política del riesgo*. Madrid: Alianza Editorial.

López-García, M. J., Camarasa, A. M., & Mateu, J. (2007). Cambios en los usos del suelo y producción de escorrentía en ramblas mediterráneas:

Carraixet y Poyo (1956–1998). Boletín de la Asociación Española de Geógrafos, 44, 69–94. Recuperat de <http://age.ieg.csic.es/boletin/44/04-lopez-garcia.pdf>

Luthar, S. S. (2006). Resilience in development: A synthesis of research across five decades. En Cicchetti, Dante (Ed); Cohen, Donald J. (Ed). *Developmental psychopathology: Risk, disorder, and adaptation*, 3, 739-795. Hoboken, NJ, US: John Wiley & Sons Inc, xvi.

Luthar, S. S., Cicchetti, D. y Becker, B. (2000). The construct of resilience. A critical evaluation and guidelines for future work. *Child Development*, 71, 543-562.

Mach, E. y Corbera, J. (2003). Els alocs de les rieres del Maresme. Un projecte per al seu estudi i conservació. *Revista L'Atzavara*, 11, 103-108.

Manrique, A. et al. (2017). *Guia para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a las inundaciones*. Consorcio de Compensación de Seguros. Madrid. Recuperat de https://www.conorseguros.es/web/documents/10184/48069/guia_inundaciones_completa_22jun.pdf/480edc31-446b-40a5-af5b-2c37daf20a35

Marris, C. Langford, L. I O'Riordan, T. (1997). Integrating sociological and psychological approaches to public perception of environmental risks: detailed results from a questionnaire survey. *CSERGE Working Paper*. GEC 96-07.

Marti, C. (2005). *La transformació del paisatge litoral de la Costa Brava* (Tesis doctoral). Universitat de Girona.

Martin Vide, J., Brunet, M. Prohom, M., Rius, A. (2010). Els climes de Catalunya. Present i tendències recents. A: Llebot J. E. (cur) 2010. *Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Barcelona. CADS i Institut d'Estudis Catalans. 243-307.

Martin Vide, X. (1984). Interpretación de los mapas del tiempo. *Col·lecció Amplia, nº 1*. Barcelona: Ed. Ketrés.

Martín Vide, X. (1985). Plugues i inundacions. *Col·lecció Ventall, 5*. Barcelona: Ed. Ketrés.

Martín Vide, X., Llasat Botija, MC. (2000). Las precipitaciones torrenciales en Cataluña. *Serie Geografica*, 9, 17-26.

Martínez Alier, J. (2004). Los conflictos ecológico-distributivos y los indicadores de sustentabilidad. *Revibec: revista de la Red Iberoamericana de Economía Ecológica*, 1, 21-30.

Martínez Alier, J. (2009). *El ecologismo de los pobres. Conflictos ambientales y lenguajes de valoración*. Tercera edición. Barcelona: Icaria.

Martínez De Pisón, E. (1998). El concepto de paisaje como instrumento de conocimiento ambiental. In Paisaje y medio ambiente: Ponencias presentadas al *Seminario Paisaje y Medio Ambiente*, Soria del 2 al 6 de Julio de 1996. (pp. 9-28). Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial.

Martínez Gomariz, E., Gómez, M., Russo, B., Sánchez, P., Montes, J. (2017). Metodología para la evaluación de daños a vehículos expuestos a inundaciones en zonas urbanas. *Ingeniería del Agua*. 21(4), 247-262. doi:10.4995/ia.2017.8772

Martínez, J. (2008). Interacciones entre cubierta vegetal i processos hidrològics bajo condiciones ambientales mediterraneas. *Curso Hidrología de cuencas forestales: retos científicos y gestión*. La Alberca. Salamanca.

Martínez, J. (2019). Porque estan aumentando los daños por las inundaciones. Agenda_Pública. Madrid. *El País*. Recuperat de <http://agendapublica.elpais.com/por-que-estan-aumentando-los-danos-por-las-inundaciones/>

Martín-Vide, J. (1997). Els factors físics: Inputs pluviomètrics i resposta del sistema fluvial, en Les Inundacions. *Quaderns d'Ecologia Aplicada*, 14, Barcelona: Diputació de Barcelona.

Martin-Vide, J., Puig-Godes, O., Queralt-Bassa, A., Ros-Aragonès, J., i Samitier-Martí, S. (2016). *Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Barcelona: Generalitat de Catalunya i Institut d'Estudis Catalans.

Masson, E. (2008). Entre Aléa et Vulnérabilité, la place de l'enjeu dans l'analyse SIG des risques, *Col.loqui Vulnérabilités sociétales, risques et environnement*, Toulouse.

MCRIT, Estudi Ramon Folch, Gabinet Estudis Econòmics (2007). *Pla estratègic del Maresme 2015*. Mataró: Consell Comarcal del Maresme.

Meehl, G. A. i Tebaldi C. (2004). More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st Century. *Science*, 305, 994-997.

Mende, M., Müller, M., Sieber, P., & Oplatka, M. (2017). Restoration of the Eggrank bend at the Thur River in Andelfingen ZH. ResearchGate. Recuperat

de

https://www.researchgate.net/publication/312494807_Restoration_of_the_Eggrank_bend_at_the_Thur_River_in_Andelfingen_ZH_key_words_Instream_River_Training_Micro_Groynes/citation/download

Meyer, W. B., & BL Turner, I. I. (Eds.). (1994). *Changes in land use and land cover: a global perspective, 4*. Cambridge: Cambridge University Press.

Millot, J-A. (1913). Les crues du Niger. *Annales de Géographie*, 22, 68-93.

Ministeri per a la transició ecològica. MITECO. Pendent de publicació. *Canvi Climàtic i Directiva d'Inundacions. Estudis realitzats a nivell europeu, consideració del canvi climàtic en altres països i metodologia pròpia desenvolupada per l'Estat espanyol*.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2014). 3.3. *Estudios de dinámica litoral, defensa y propuestas de mejora en las playas con problemas erosivas, considerando los efectos del cambio climático. Estrategia de actuación en el Maresme*. Clave CEDEX: 22-414-5-202. Madrid: Centro de Estudios de Puertos y Costas. Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Gobierno de España.

Ministerio de Fomento (1999). Máximas lluvias diarias en la España Peninsular. Ministerio de Fomento. Series monografías. Madrid: Ministerior de Fomento. Dirección General de Carreteras. Recuperat de <http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/ABE22688-F967-4902-BA96-51FE8AB76145/55856/0610300.pdf>

Ministerio de Obras Públicas y Transportes (1991). *Directrices ambientales para la planificación y gestión de asentamientos*. Madrid: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos.

Mitlin, D. i Satterthwaite, D. (2013). Urban Poverty in the Global South: Scale and Nature. London and New York: Routledge. *International journal of urban and regional research*, 38, 370-371.

Moisès, J. (2005). Pla Director urbanístic del sistema costaner. *Territori. Observatori de projectes i debats territorials de Catalunya*. Recuperat de http://territori.scot.cat/cat/notices/pla_director_urbanIstic_del_sistema_cos_taner_839.php

Mokrech, M., Kebede, A. S., Nicholls, R. J., Wimmer, F., & Feyen, L. (2015). An integrated approach for assessing flood impacts due to future climate and

socio-economic conditions and the scope of adaptation in Europe. *Climatic Change*, 128(3-4), 245–260. doi:10.1007/s10584-014-1298-6

Monlleó, M et al. (2017). *Pla Clima. Estudis dels Impactes del Canvi Climàtic a Barcelona. Capítol III. Inundabilitat Urbana*. Barcelona: Barcelona Regional. Agència de Desenvolupament urbà. Ajuntament de Barcelona.

Montávez Gómez, J. P., et al. (eds.) (2018). *El clima: aire, agua, tierra y fuego*. Madrid: Asociación Española de Climatología; Agencia Estatal de Meteorología, 837-847

Montoya Fernández, M. (2019). *Adaptación al cambio climático de las áreas industriales: zona duranguésado*. (Trabajo fin de grado). Universidad del País Vasco. Escuela de Ingeniería de Bilbao.

Montserrat, P. (2007). Una mirada de botànic i ecòleg a les muntanyes del Maresme. *Revista L'Atzavara*, 15, 115-132.

Montserrat, P. (2014). Les muntanyes del Maresme a mitjan segle XX. Una visió ecobotànica. *Revista L'Atzavara*, 24, 5-70, <https://www.raco.cat/index.php/Atzavara/article/view/302761>

Montserrat. (1956-1964). Flora de la cordillera litoral catalana (porción comprendida entre los ríos Besòs y Tordera). *Collectanea Botanica*, 4(3), 351-398; 5(1), 1-86; 5(2), 297-351; 5(3), 613-657; 6(1-2), 1-48; 6(3), 387-453.

Moreno, J. M. (2008). Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. *Boletín CF+ S*, (38/39).

Muchielli R. (1970). *El método del caso*. Madrid: Europea de Ediciones.

Muñoz, Francesc (2004). *Urbanalització. La producció residencial de baixa densitat a la província de Barcelona, 1985-2001*. (Tesi doctoral). Universitat Autònoma de Barcelona.

Nació Digital. (2016). *Una víctima mortal a Vilassar de Mar pel fort temporal*. <https://www.naciodigital.cat/noticia/117691/victima/mortal/vilassar/mar/fort/temporal>

Naciones Unidas (2012). *Cómo desarrollar ciudades más resilientes. Un Manual para líderes de los gobiernos locales. Una contribución a la Campaña Mundial 2010-2015. Desarrollando ciudades resilientes – ¡Mi ciudad se está preparando!*, Ginebra: Naciones Unidas.

Nadal, F., Urteaga, L. (2008). L'impacte geogràfic de la plaga de l'oidi sobre el vinyar català: el cas de la comarca del Maresme (1852-1862). Valencia:

Cuadernos de Geografía, 83, 39-60.
http://www.uv.es/cuadernosgeo/CG83_039_060.pdf

Nirupama, N. i Simonovic, Slobodan. (2007). Increase of Flood Risk due to Urbanisation: A Canadian Example. *Natural Hazards*. 40. 25-41. doi: 10.1007/s11069-006-0003-0.

Nogué, J. (2011). Paisatges de frontera. Mètode. Revista de difusió de la investigació de la Universitat de València. Divulgació científica. Mètode. València: *Revista de difusión de la investigación de la Universitat de València. Divulgación científica*.

Nubiola de Castell Arnau, X. (2016). La veritable història de la locomotora de Mataró. Ponència a la *XXXIII Sessió d'Estudis Mataronins*. 33. Mataró.

O'Riordan, T. (1986). Doping with environmental hazards. (En) Kates, R.W. y Burton, I. (Eds.): *Geography, Resources and Environment, II*, University of Chicago Press, Chicago, 272-309.

Office of the Deputy Prime Minister. (2003). *Preparing for Flood, Interim guidance for improving the flood resistance of domestic and small business properties*. London. UK: Office of the Deputy Prime Minister. Environment Agency.

Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres. (2015). *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030*.

Olcina, J. (1994). *Riesgos climáticos en la Península Ibérica*. Madrid: Ed. Penthalón.

Olcina, J. (2009). Cambio climático y riesgos climáticos en España, *Investigaciones geográficas*, 49, 197-220.

Olcina, J. (2009). España, territorio de riesgo. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 17, (3), 1132-9157, 242-253.

Olcina, J. (2012). Adaptación a los riesgos climáticos en España: algunas experiencias. *Nimbus*, 29-30, 461-47.

Olcina, J. (2013). Riscos climàtics i canvi climàtic en el litoral mediterrani espanyol: un escenari d'incerteses *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, 76, 181-203.

Olcina, J. (2017). *Incremento de episodios de inundación por lluvias de intensidad horaria en el sector central del litoral mediterráneo español*:

análisis de tendencias en Alicante. Universidad de Santiago de Compostela.
Recuperat de
<https://www.usc.es/revistas/index.php/semata/article/view/4213>

Olcina, J. y Gimenez, J.M. (2002). Riesgo de Inundaciones en tierras Alicantinas. Método y resultados. *Revista NIMBUS*, 9-10, 99-123.

Olcina, J. y Rico, A. (1998). Los riesgos climáticos en la ordenación urbana, *Arquitectura Técnica*, 33, 37-44.

Olcina, J., Campos, A., Casals del Busto, I., Ayanz, J., Rodríguez, M., y Martínez, M. (2018). *Resiliencia en el ciclo urbano del agua. Extremos pluviométricos y adaptación al cambio climático en el ámbito mediterráneo*.

Olcina, J., et al. (2017). La importancia de la vulnerabilidad y la exposición en el aumento del riesgo de inundaciones en el litoral mediterráneo. *Revista Digital Consorseguros*, 7.

Olcina, J., i Ayala, F. (2002). *Riesgos Naturales, en Riesgos Naturales*. Barcelona: ed Ariel.

Olesti, O., (1992). *El territori del Maresme en època republicana (s.III-I a.C.)*. (Tesi doctoral) Estudi d'Arqueomorfologia i Història. Facultat de Lletres. Universitat de Barcelona.

Oliveira, P., Oliveira, I., Santos, J., Leite, S. (2011). Climate change and forest plagues: The case of the pine processionary moth in Northeastern Portugal. *Forest Systems*. 20. doi: 508-515. 10.5424/fs/20112003-11394.

Ollero, A. (2014). *Guía metodològica sobre buenas prácticas en gestión de inundacions. Manual para gestores*. Sud'eau2. Programa de cooperación territorial del sudoeste europeo (SUDOE). Universidad de Zaragoza (OTRI). Fundación Ecología y Desarrollo.

Ollero, A. (2015). *Guía metodològica sobre buenas prácticas en gestión de inundacions. Manual para gestores*. Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales, Universidad de Zaragoza. Centro Ibérico de Restauración Fluvial. Recuperat de http://contratoderiomatarranya.org/documentos/guia-restauracion-fluvial_web.pdf

Palahí, M., Mavsar, R., Gracia, C., Birot, Y. (2008). Mediterranean forests under focus. *International Forestry Review* 10, 676-688.

Parcerisas. Ll. (2013). L'evolució dels usos del sòl a la comarca del Maresme entre 1850 i 2007, i el paper de la petita pagesia. *Jornades d'Estudi de la Vinya*. La Fassina. Espluga de Francolí.

Parde, M. (1948), *Etudes américaines sur les crues*, La Houille Blanche, 93-101.

Paül, V. (2006). *L'ordenació territorial dels espais agraris metropolitans. Plans, gestions i conflictes territorials a la regió de Barcelona*. (Tesi doctoral). Universitat de Barcelona, Departament de Geografia Física i Anàlisi Geogràfica Regional.

Paül, V. (2010). El cambio de los usos agrarios del suelo en el actual ámbito metropolitano de Barcelona (del siglo xviii a la actualidad), *Investigaciones Geográficas*, 53, 145-188.

Pavón D., Ribas, A. (2008). Els sistemes d'informació geogràfica al servei de la protecció del patrimoni cultural enfront les inundacions. Un exemple d'aplicació al cas del Pla d'espais fluvials de la Muga. *Segon Congrés Català de Geografia*. 29-31 de maig de 2008, 80.

Pelagio i Brualla, M. (1998). Les rierades del Maresme. Planejament, gestió i risc d'avingudes. *Col·lecció Monografies Geogràfiques*. Barcelona: Ed. Congrés.

Peñuelas J., Boada, M. (2003). A global change-induced biome shift in the Montseny mountains (NE Spain). *Global Change Biology* 9, 131-140.

Peñuelas, J., Filella, I., Lloret, F., Piñol, J., & Siscart, D. (2000). Effects of a severe drought on water and nitrogen use by *Quercus ilex* and *Phillyrea latifolia*. *Biologia Plantarum*, 43(1), 47-53.

Peñuelas, J., Filella, I., Llusia, J., Siscart, D., Piñol, J. (1998). Comparative field study of spring and summer leaf gas exchange and photobiology of the Mediterranean trees *Quercus ilex* and *Phillyrea latifolia*. *Journal of Experimental Botany*, 49(319), 229-238.

Pintó, J. Serra, I., Martí, C., Crous, A. (2002). *El paisatge de Pinya de Rosa*. A Sardà, R. (dir.). Blanes: L'Espai Natural de Pinya de Rosa. Informe científic. CSIC-Blanes i Universitat de Girona.

Platt, R.H. (1986). Floods and Man: a Geographer's Agenda, Kates, R.K.; Burton, I. (Edits.), *Geography, Resources and Environment*, 2. Themes from the Work of Gilbert F. White, Chicago, University of Chicago, 28-68.

Pomés i Vives, J (1991). *Les "Mataró's Potatoes" i el cooperativisme agrari al Maresme (1903-1939). La Federació de Sindicats Agrícoles del Litoral* (Premi Iluro 1990), Mataró: Caixa d'Estalvis Laietana, 1991.

Pomés, J. (2007): *L'agricultura i els sindicats pagesos de Malgrat*, Malgrat de Mar: Ajuntament de Malgrat de Mar.

Prefecture de la Loire. (2017). *Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles inondations du bassin versant du Gier et de ses affluents*. Direction Départementale de l'Équipement et de l'Agriculture de la Loire. Service Aménagement et Planification Cellule Risques. Recuperat de <http://www.loire.gouv.fr/le-plan-de-prevention-des-risques-naturels-a6268.html>

Protección Civil. (2003). *Folletos de divulgación de medidas de prevención y autoprotección ante las situaciones de: Inundaciones, Terremotos, Nieve y frío intenso, Incendios forestales, Vientos Fuertes, Tormentas*. Madrid: Ministerio del Interior.

Pryce, G., Chen, Y., Macay, D. (2009). *Flood Risk, Climate Change, Housing Economics, and the Four Fallacies of Extrapolation*. *ISA Conference*. Glasgow.

Pujolar, J. ACN. (2019). *L'onatge posa en perill els trens d'un tram de la R1*. *La Vanguardia*. Recuperat de <https://www.lavanguardia.com/local/maresme/20190425/461854554559/maresme-trenes-renfe-adif-retrasos-oleaje-vilassar-mataro.html>

Queralt, A., Llasat M.C. (2012). *L'impacte potencial del canvi climàtic en la planificació, prevenció i gestió de les emergències a Catalunya. Informe 1/2012*. Consell Assessor pel Desenvolupament Sostenible (CADS). Generalitat de Catalunya.

Quereda, J. (1989). *La ciclogénesis y las gotas frías en el mediterráneo occidental*. Castelló de la Plana: Diputació de Castelló.

Räisänen, J., Hansson, U., Ullerstig, A., Doescher, R., Graham, P., Jones, C., ... Willén, U. (2003). *GCM driven simulations of recent and future climate with the Rossby Centre coupled atmosphere - Baltic Sea regional climate model RCAO (RMK, Rapport Meteorologi och Klimatologi)*. SMHI. Recuperat de <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:smhi:diva-2344>

Recuperat de <http://www.ub.es/geocrit/b3w-1102.htm>

Redacción Mataró. (2019). *Adif repara la escollera para proteger la vía del tren entre Mataró y Cabrera*. *La Vanguardia*. Recuperat de

<https://www.lavanguardia.com/local/maresme/20191218/472329896381/mataro-cabrera-escollera-trenes-via-adif-r1-macanet.html>

Riba, O. (1997). Les rieres del Maresme: Consideracions sobre aspectes geomorfològics, hidrològics i sedimentològics. In: Les Inundacions. *Quaderns d'Ecologia Aplicada*, 14, 123-151.

Ribas, A. (1988). Natura, societat i calamitat. Una aproximació a les inundacions històriques de la ciutat de Girona. (Tesi doctoral). Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Geografia. Recuperada de <https://www.tesisenred.net/handle/10803/4985#page=1>

Ribas, A. (2000). *Gestió Integral del Risc d'Inundació*. Projecte Rivermed.

Ribera, J.M. (1945). Observaciones sobre el cuaternario de la comarca del Maresme. *Miscel. Almera. Publi. Inst. Geol. Prov. Barcelona*, 7(1), 213-292.

Ribera, L. (2017). *La vulnerabilitat del comerç de la ciutat de Girona a les inundacions del riu Onyar* (Tesi doctoral). Universitat de Girona.

Roca, J.L., Casas, A., Viladevall, M. (1978). Estudi geoelectric del subsòl del sector N.O. del Maresme. *Revista Instituto de Investigaciones Geológicas*, 33, 71-79.

Rodríguez de la Torre, F. (2002). *Metodología de la investigación histórica de los desastres naturales*. Barcelona: Ayala-Carcedo y Olcina eds. Riesgos Naturales, Ariel, 211-242.

Rosés, J. (director) (1989). El Maresme. Diversificació econòmica i aprofitament intensiu del territori. Barcelona: Caixa d'Estalvis de Catalunya. Col. Catalunya comarcal, XII.

Rovira, M. (2020). Adif cifra en 20 millones de euros los destrozos de Gloria. *El País*. Recuperat de

Sabater, F., Benaiges, N., Valls, I. (1997). La recent transformació del paisatge a la conca de la Riera d'Argentona. Anàlisi de l'evolució del paisatge dècada a dècada des de l'any 1967 fins el 1994. *Revista Atzavara*, 7, 29-37.

Sala, L., Benlloch, F.J. (1996). *Informe valoració dels danys produïts pels aiguats del 2 i 3 de setembre de 1996 al terme municipal de Cabriels*. Ajuntament de Cabriels, Cabriels. Recuperat de https://www.cabriels.cat/pdf/GdT/Aiguats_de_2i3_de_setembre_a_Cabriels.pdf

Salvador, P. (2001). *Recensió: Ciencia y política del riesgo*, de J.A. López, y J.L. Barcelona: Universitat Pompeu Fabra.

Samuels, P. G., Branley, M. E., Evans, E. P. (2010). *Reducing Uncertainty in Conveyance Estimation. Flood Risk Management short course*. The Netherlands: UNIESCO-IHE.

Sánchez, F.J., Aparicio, M. et al. (2019). *Guías de adaptación al riesgo de inundación: sistemas urbanos de drenaje sostenible*. Madrid: Ministerio para la Transición Ecológica. Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones.

Saurí, D. (1988). Cambio y continuidad en la geografía de los riesgos naturales: la aportación de la geografía radical, *Estudios Geográficos*, 191, 257-270.

Saurí, D. (2003). Tendencias recientes en el análisis geográfico de los riesgos ambientales. Areas. *Revista Internacional de Ciencias Sociales*, 23, Universidad de Murcia, 8-30.

Saurí, D., Ribas, A., Roset, M. i Sorribas, J (1993). *Inundacions i Societat al Baix Ter*. Girona: Dalmau Carles Pla.

Schanze, J. (2006). Flood Risk Management-A Basic Framework, Schanze, J, Zeman, E, Marsalek, J (Eds), *Flood Risk Management –Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures (Serie IV. Earth and Environmental Science, 67, 1-20)*. Dordrecht, The Netherlands: Springer Publisher.

Scharz, M. and Thompson, M. (1990). *Divided we Stand: Redefining Politics, Technology and Social Choice*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press.

Schumm, S.A. (1977). *The fluvial System*. Willey Interscience.

Sebastià M.T., Llurba, R, Plaixats J., Dominguez G., Lloveras J. (2015). *El canvi climàtic a Catalunya. 16. Agricultura, ramaderia i silvicultura. Segon Informe*. CADS. Generalitat de Catalunya.

Seixas Arnaldo, P. et al. (2011). Climate change and forest plagues: the case of the pine. *Forest Systems*, 20, (3), 508-515. Available at: Recuperat de <<http://revistas.inia.es/index.php/fs/article/view/2527>>. Date accessed: 04 dec. 2019. doi:<http://dx.doi.org/10.5424/fs/20112003-11394>.

Servei Meteorològic de Catalunya. (2006-2015). *Butlletí Climàtic Anual*. Servei Meteorològic de Catalunya. Generalitat de Catalunya. Barcelona. <https://www.meteo.cat/wpweb/climatologia/el-clima-ara/butlleti-anual/>

Serveis Jurídics de l'ACM. (2015). Ponència: les competències municipals en matèria dels denominats riscos naturals o ambientals. *Jornades de riscos ambientals i canvi climàtic al Maresme. Consell Comarcal del Maresme*. Maig 2015.

Sjöberg, L., Moen, B., Rundmo, T. (2004). *Explaining risk perception. An evaluation of the psychometric paradigm in risk perception research*. Trondheim, Norway: Rotunde.

Sopelana, J., Cea, L., y Ruano, S. (2017). Determinación de la inundación en tramos de ríos afectados por marea basada en la simulación continua de nivel. *Ingeniería del agua*, 21(4), 231-246.

Sowby, F. D. (1965). Radiation and other risks. *Health Physics*, 11, 879-887.

Starr, C. (1969). Social benefit versus technological risk. What is our society willing to pay for safety?. *Science*, 165, 1232-1238.

TAGSA. (1985). Memoria explicativa del mapa litològic del Quaternari del Maresme (Vessant litoral) a escala 1:25.000. Informe intern del Servei Geològic de la Generalitat de Catalunya.

Témez, J.R. (1978). *Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales*. Madrid: MOPU.

Thompson. M., Ellis. R., i Wildavsky. A. (1990). *Cultural Theory*. Boulder. Co: Westview Press.

Toharia, M. (1990) El "mini-monzón" mediterraneo: gota fria. *Estratos*, 18, 4-9

Trigo, R.M. and Palutikof J.P. (2001). Precipitation Scenarios over Iberia: A Comparison between Direct GCM Output and Different Downscaling Techniques. *J.Climate*, 14, 4422-4446.

Turner, B. L., Skole, D., Sanderson, S., Fischer, G., Fresco, L., & Leemans, R. (1995). Land-use and land-cover change: science/research plan. In Unknown Host Publication Title. International Geosphere-Biosphere Programme, Stockholm; Report, 35.

Turner, B.L. (Ed.). (1990). *The earth as transformed by human action: global and regional changes in the biosphere over the past 300 years*. CUP Archive.

UNISDR. (2015). *Poverty & Death: Disaster mortality 1996-2015* SOURCE: UNISDR; CRED.

UNITED NATIONS/International Strategy for Disaster Reduction (UN/ISDR). (2009). *Terminologia sobre reducció del riesgo de desastre*. Geneva, Switzerland: UN/ISDR.

UNITED NATIONS/International Strategy for Disaster Reduction (UN/ISDR). (2009). *Global assessment report on disaster risk reduction*. Geneva, Switzerland: UN/ISDR.

UNITED NATIONS/International Strategy for Disaster Reduction (UN/ISDR) (2015). *Global assessment report on disaster risk reduction*. Geneva, Switzerland: UN/ISDR.

Velasco, M., Cabello, A., Russo, B. (2015). Flood damage assessment in urban areas. Application to the Raval district of Barcelona using synthetic depth damage curves. *Urban Water Journal*. 13, 1-15. doi: 10.1080/1573062X.2014.994005.

Velasquez, A., Jimenez, N. (2004). La gestión de Riesgo y Ordenamiento Territorial: Inundaciones en Cali. La C.V.C. y el fenomeno enso, en *Seminario Internacional Ambiental C.V.C. 50 años*. Colombia

Vila (10 d'octubre de 1965). Violentos temporales en Cataluña. *La Vanguardia*. Recuperat de <http://hemeroteca.lavanguardia.com/preview/1965/10/10/pagina-5/33567344/pdf.html>

Vila, P. (1928). *Resum de geografia de Catalunya*, Barcelona: Barcino, 1928-1936.

Vilà-Cabrera, A., Coll, L., Martínez-Vilalta, J., Retana, J. (2018). Forest management for adaptation to climate change in the Mediterranean basin: A synthesis of evidence. *Forest Ecology and Management*, 407, 16-22.

Vilà-Cabrera, A., Galiano, L., y Martínez-Vilalta, J. (2015). Vulnerabilidad de los bosques ibéricos de pino albar ante el cambio climático. *Los Bosques y la Biodiversidad frente al Cambio Climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España*, 283-293.

Villa, E., Gómez, L., y Gallardo, A. (2018). Efectos de la interacción del cambio climático y los patógenos exóticos sobre los ciclos biogeoquímicos de bosques mixtos mediterráneos. Asociación Española de Ecología Terrestre. *II Simposio del Grupo de Trabajo "Interacciones Planta-Suelo"*, (2018).

Vinet, F. (2010). *Le risque inondation. Diagnostic et gestion*, Éditions Tec & Doc Lavoisier, coll. Science du Risque et du Danger (SRD).

Vitousek, P. M. (1994). Beyond global warming: ecology and global change. *Ecology*, 75(7), 1861-1876.

Waddell, E. (1983). *Coping with Frosts, Governments and Disaster Experts: some reflections based on a New Guinea Experience and a perusal of relevant literature*, Boston: HEWITT, K. (Edit.), *Interpretations of Calamity*, Allen & Unwin.

Wamsler, C. (2014). *Cities, Disaster Risk and Adaptation. Routledge Critical Introductions to Urbanism and the City*. London: Routledge.

Weinstein, N.D. (1980). Unrealistic optimism about life events. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39 (5), 806-820

Werterling A., Hidalgo, H. G., Cayan, D. R., Swetnam T. W. (2006). Warming and earlier spring increase western US forest wildfire activity. *Science* 313, 940-943.

White, G. F. (1942). *Human Adjustment to floods*. (Tesi doctoral). University of Chicago.

White, G. F. (1945). Human adjustment to Floods: A Geographical Approach to the Flood Problem in the United States, *Research Paper*, 29, Department of Geography, University of Chicago.

White, G. F., Calef, W. C., Hudson, J. W., Mayer, H. M., Sheaffer, J. R., Volk, D.J. (1958), Changes in Urban ocupance of Flood Plains in the United States, *Research Paper*, 29, Department of Geography, University of Chicago.

Wilches-Chaux, G. (1993). *La vulnerabilidad global en Los desastres no son naturales*. Panamá: Red de Estudios Sociales en Preveneción de Desastres de America Latina. La Red.

Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I. (2004). *At risk. Natural hazards, people's vulnerability and disasters*, 2.

World Meteorological Organization. (WMO) (2009). *Flood Mangement in a Changing Climate*. Technical Document. Flood Management Policy Series. Geneva: Associated Programme on Flood Management (APFM).

Zevenbergen, C, Cashman, A, Evelpidou, N, Pasche, E, García, S, Ashley, R (2010). *Urban Flood Management. Leiden*. The Netherlands: CRC press

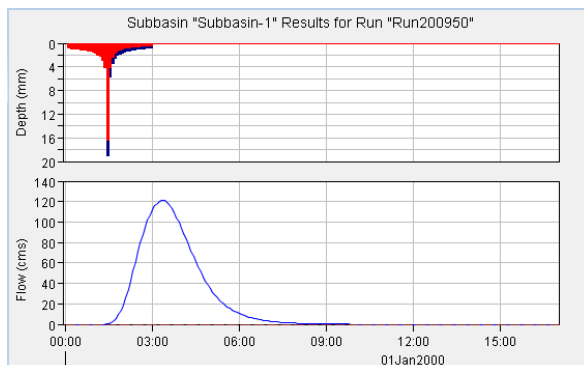
Zhang L., et al. (1999). *Predicting the effect of vegetation changes on catchment average water balance*. Clayton: Vic.: CRC for Catchment Hydrology.

Zhang, L., Dawes, W. R., i Walker, G. R. (2001). Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale. *Water resources research*, 37(3), 701-708.

Annexos

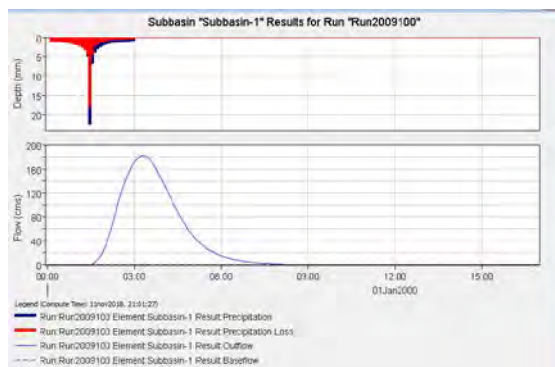
Annex 1. Hidrogrames de dissenys pels diferents anys i períodes de retorn objecte d'estudi

Figura 112. Hidrograma de disseny pel 2009 i pel període de retorn de 50 anys



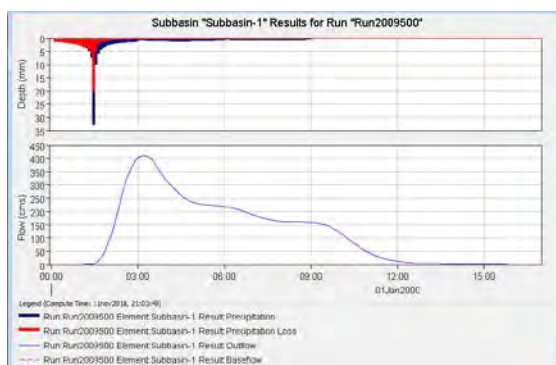
Font: elaboració pròpia.

Figura 113. Hidrograma de disseny pel 2009 i pel període de retorn de 100 anys



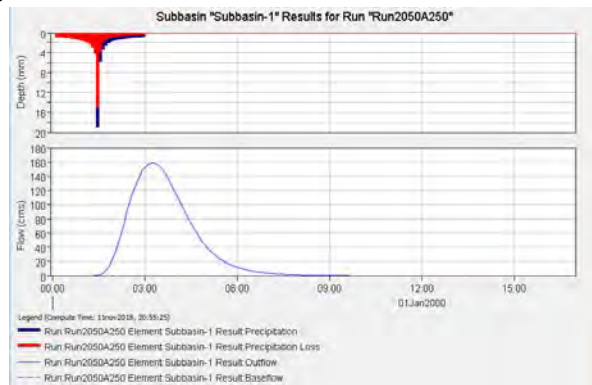
Font: elaboració pròpia.

Figura 114. Hidrograma de disseny pel 2009 i pel període de retorn de 500 anys



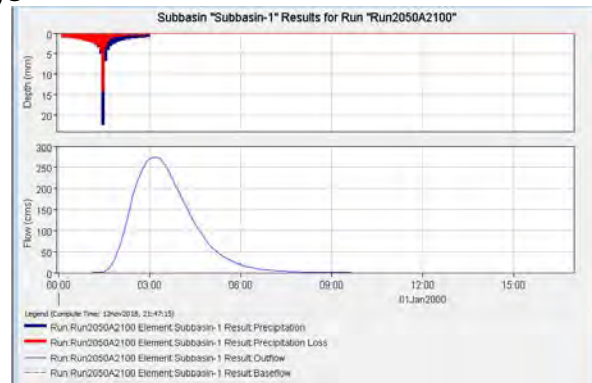
Font: elaboració pròpia.

Figura 115. Hidrograma de disseny pel 2050, escenari A2, i pel període de retorn de 50 anys



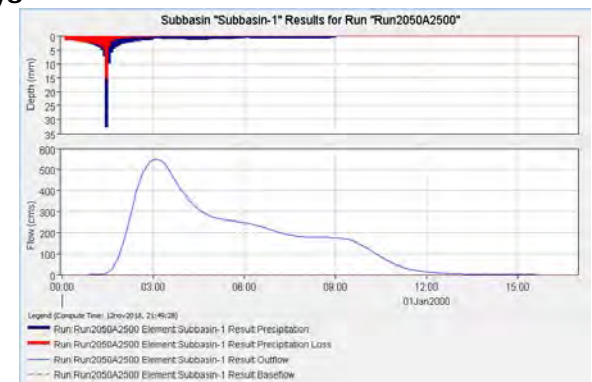
Font: elaboració pròpia.

Figura 116. Hidrograma de disseny pel 2050, escenari A2 i pel període de retorn de 100 anys



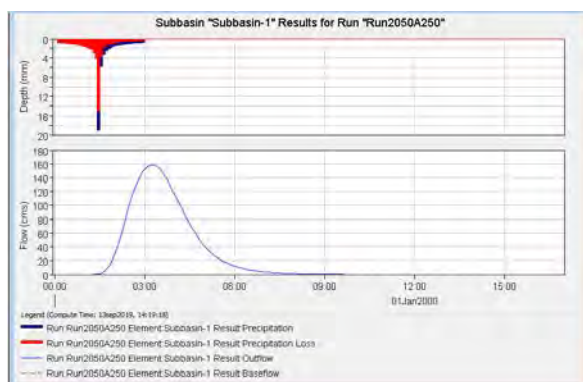
Font: elaboració pròpia.

Figura 117. Hidrograma de disseny pel 2050, escenari A2 i pel període de retorn de 500 anys



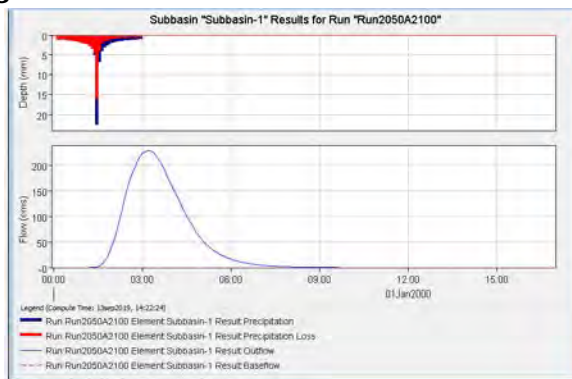
Font: elaboració pròpia.

Figura 118. Hidrograma de disseny pel 2050, escenari B1 i pel període de retorn de 50 anys



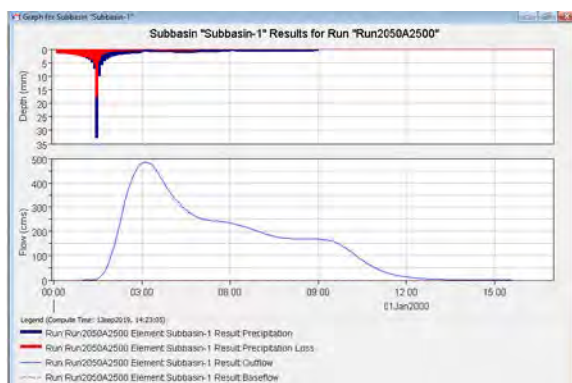
Font: elaboració pròpia.

Figura 119. Hidrograma de disseny pel 2050, escenari B1 i pel període de retorn de 100 anys



Font: elaboració pròpia.

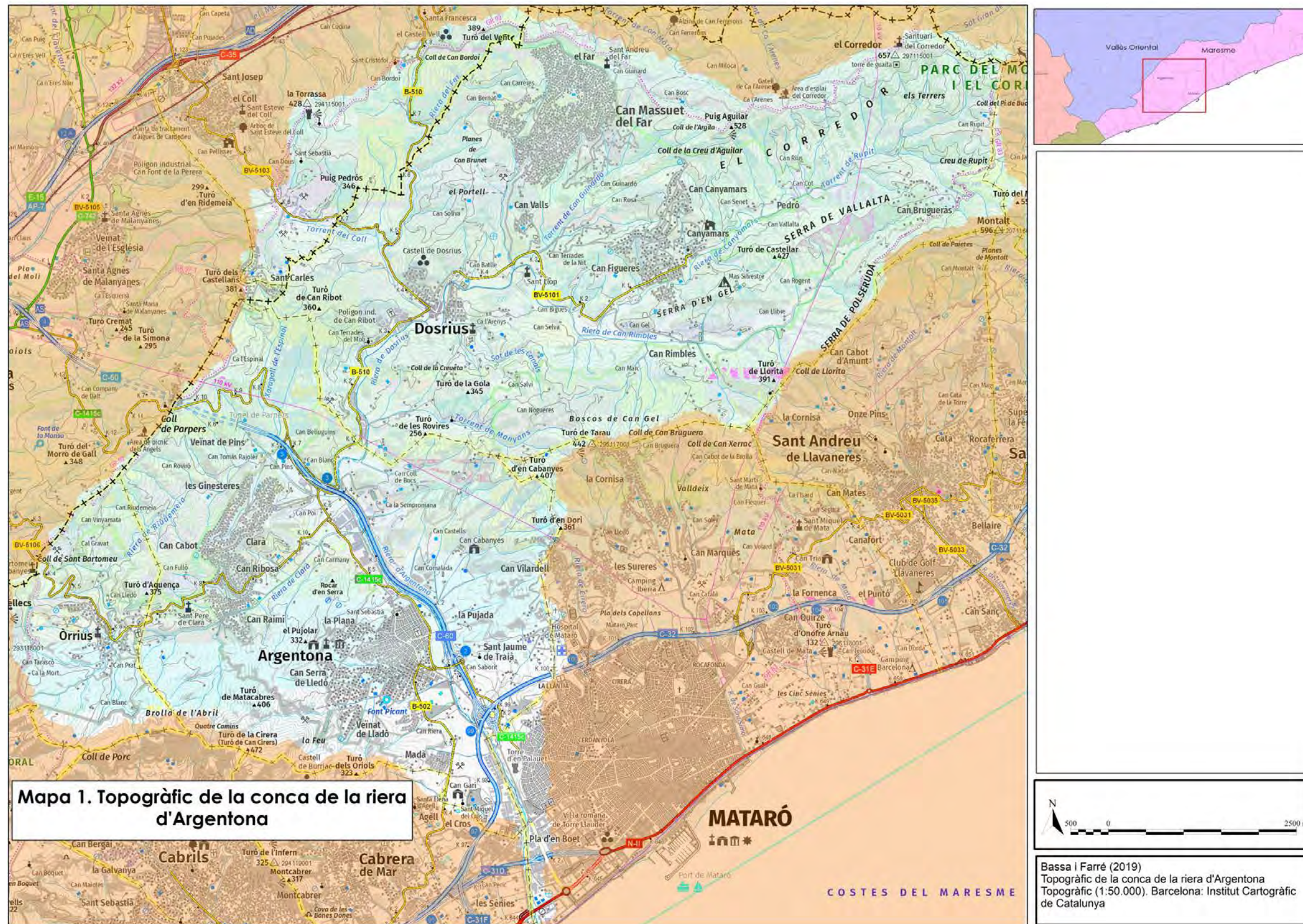
Figura 120. Hidrograma de disseny pel 2050, escenari B1 i pel període de retorn de 500 anys



Font: elaboració pròpia.

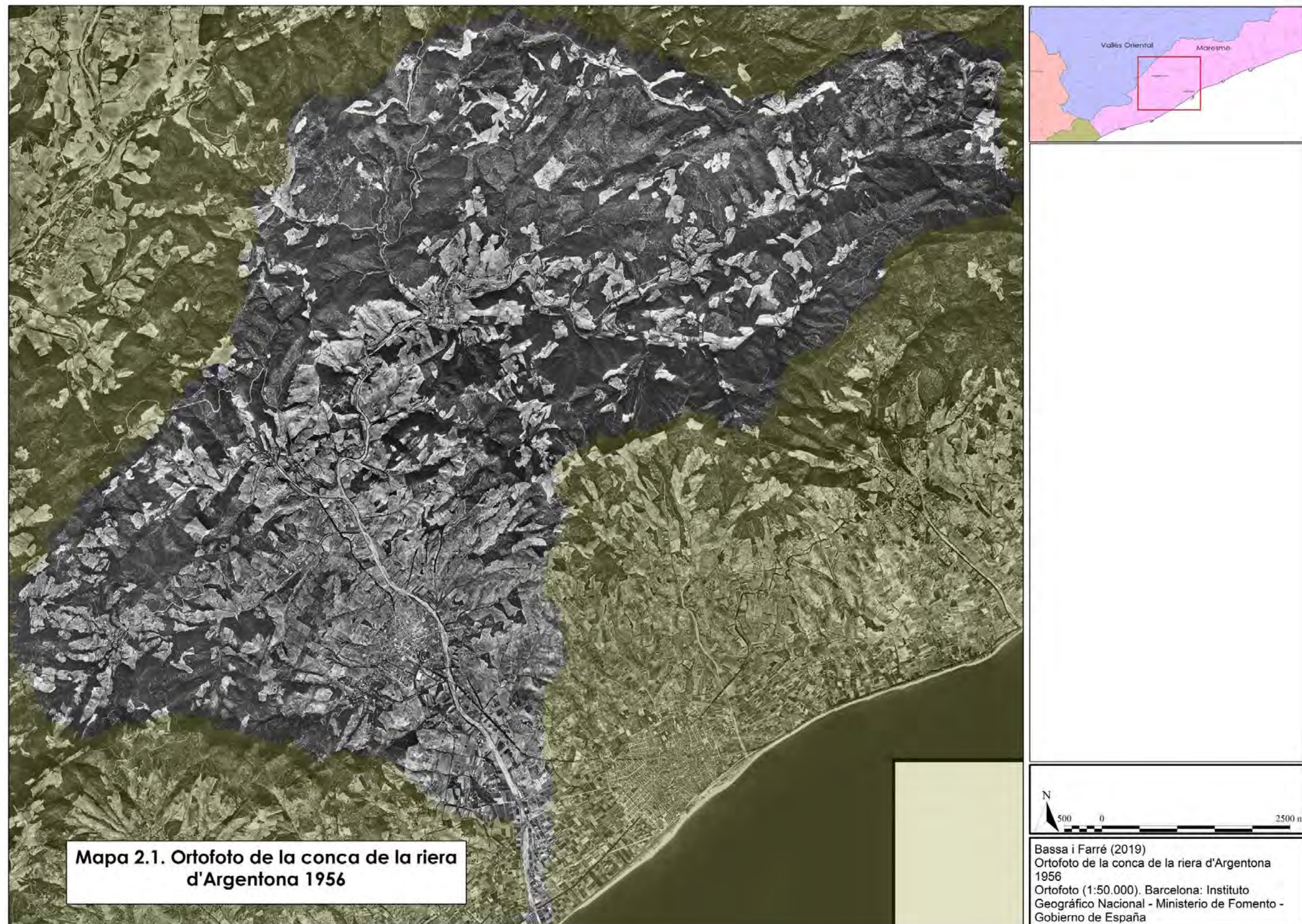
Cartografia

Mapa 1. Topogràfic de la conca de la riera d'Argentona

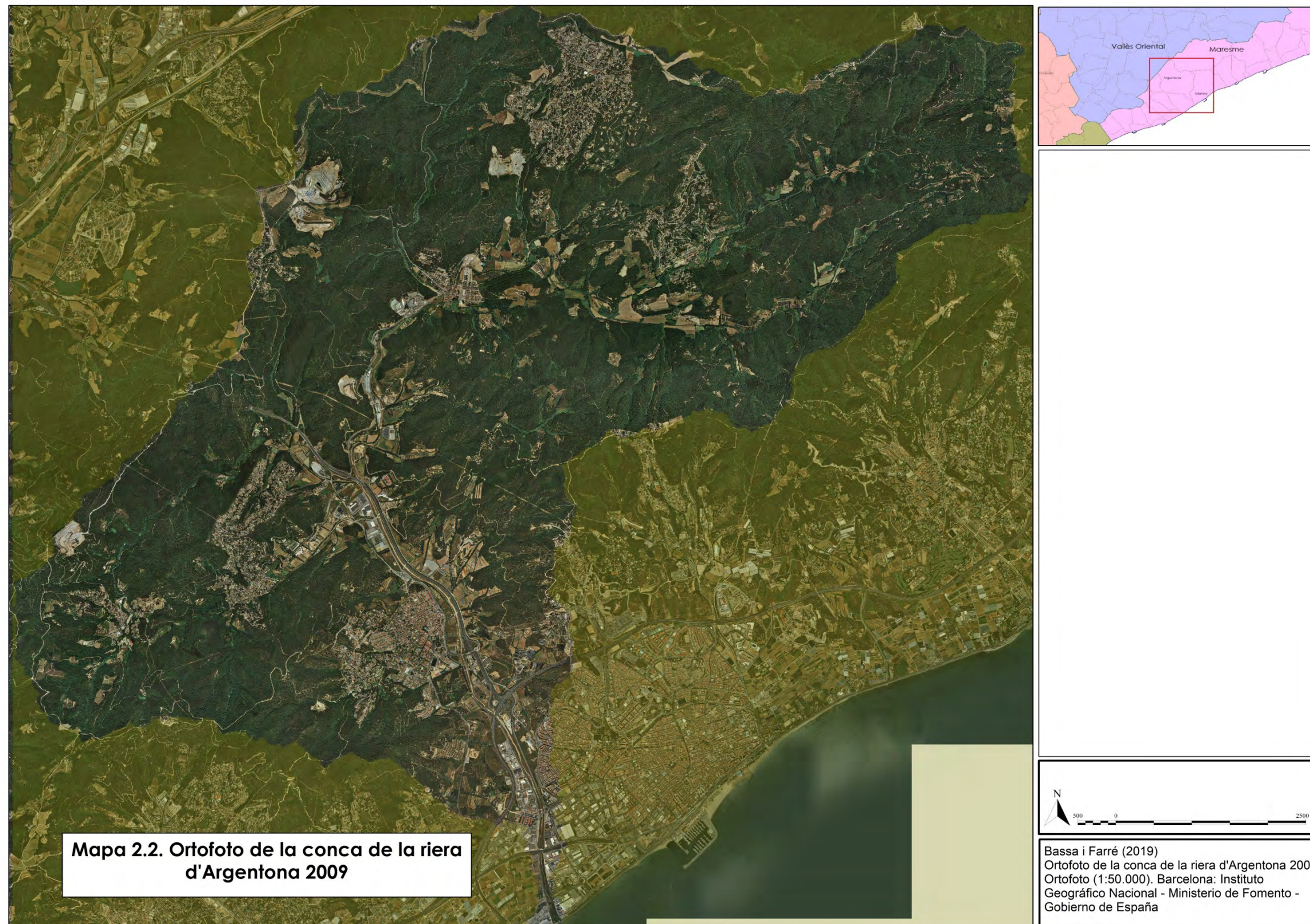


Mapa 2. Ortofoto de la conca de la riera d'Argentona

Mapa 2.1. Ortofoto de la conca de la riera d'Argentona (1956)

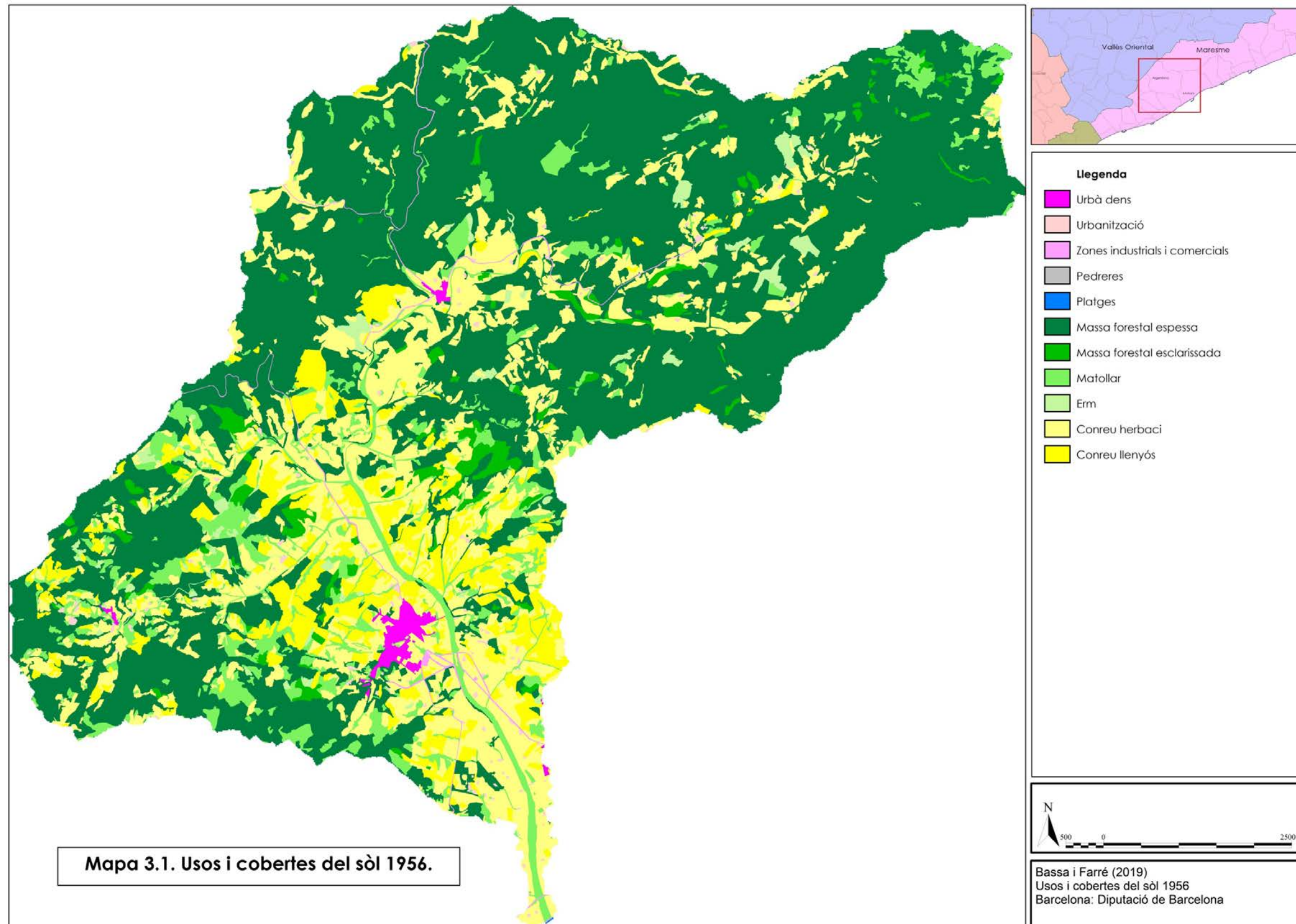


Mapa 2.2. Ortofoto de la conca de la riera d'Argentona (2009)

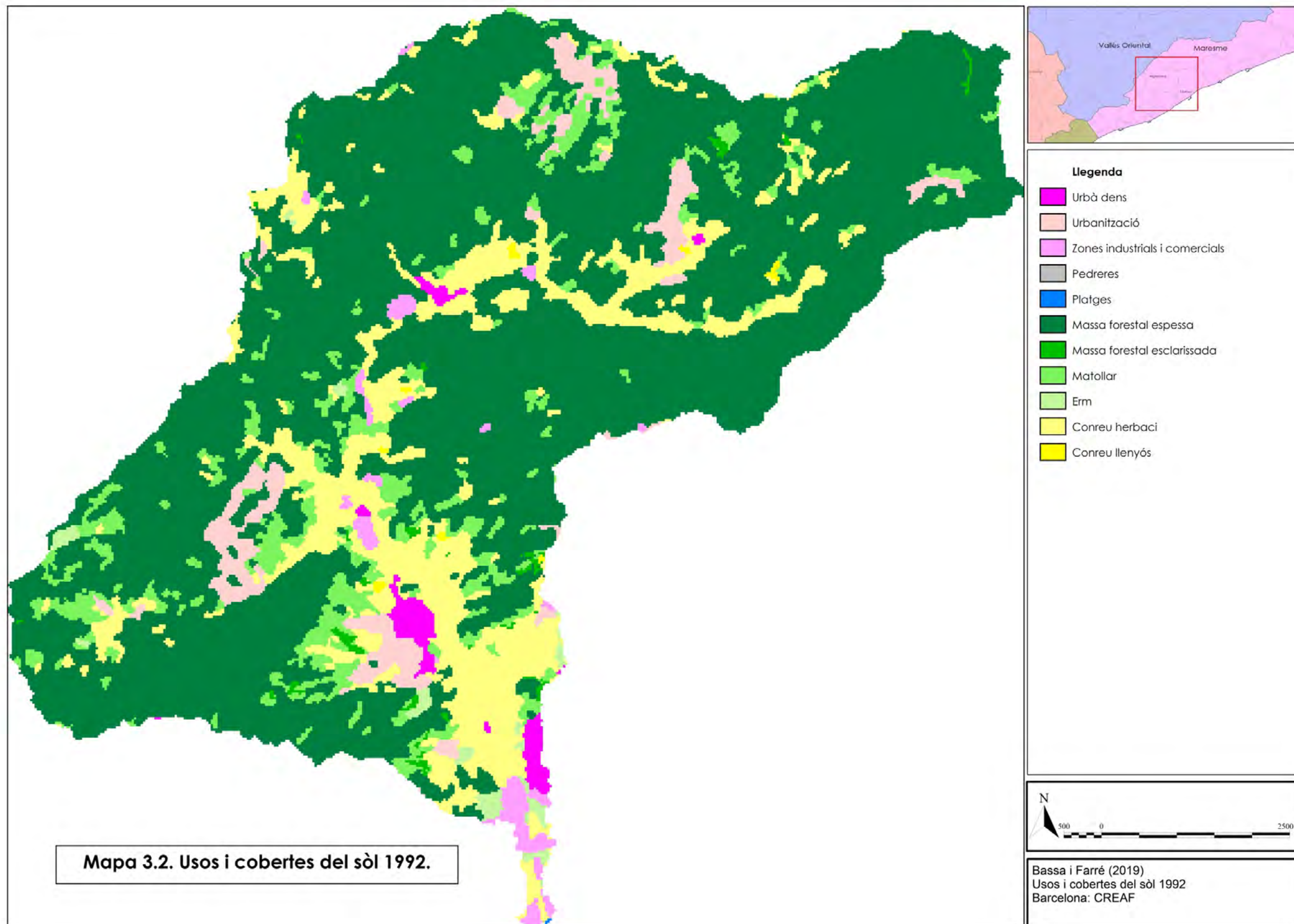


Mapa 3. Usos i cobertes del sòl

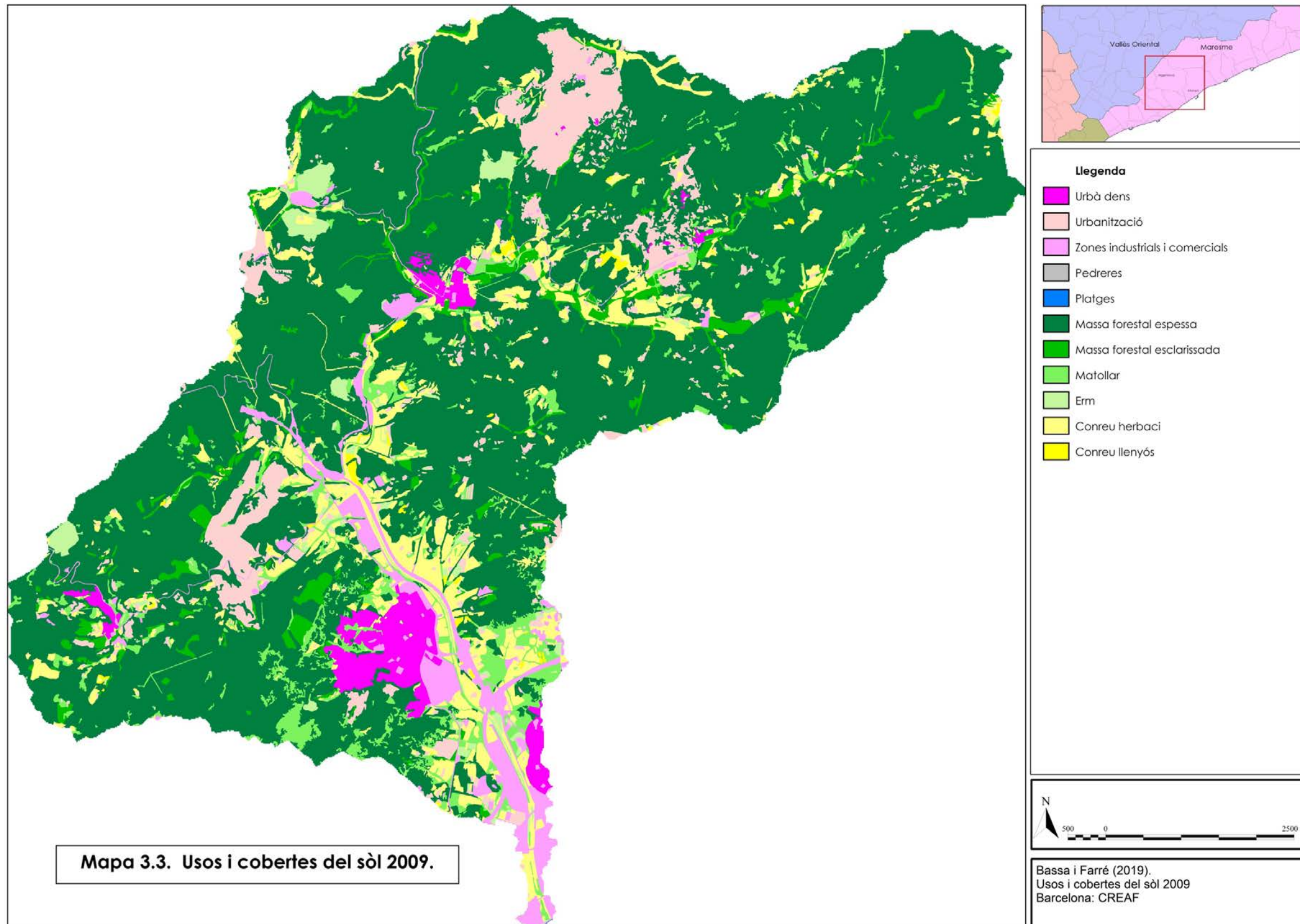
Mapa 3.1: Usos i cobertes del sòl (1956)



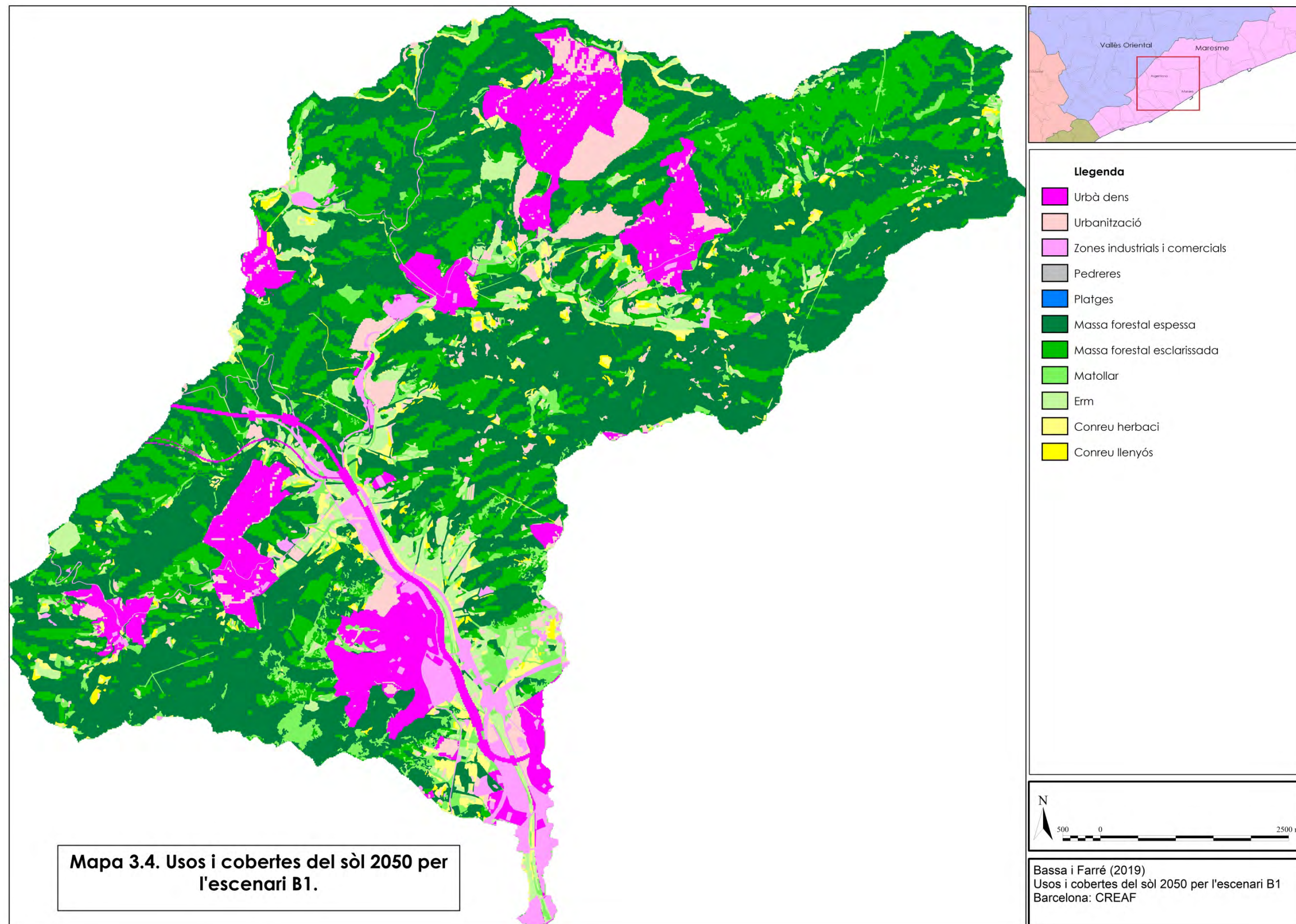
Mapa 3.2. Usos i cobertes del sòl (1992)



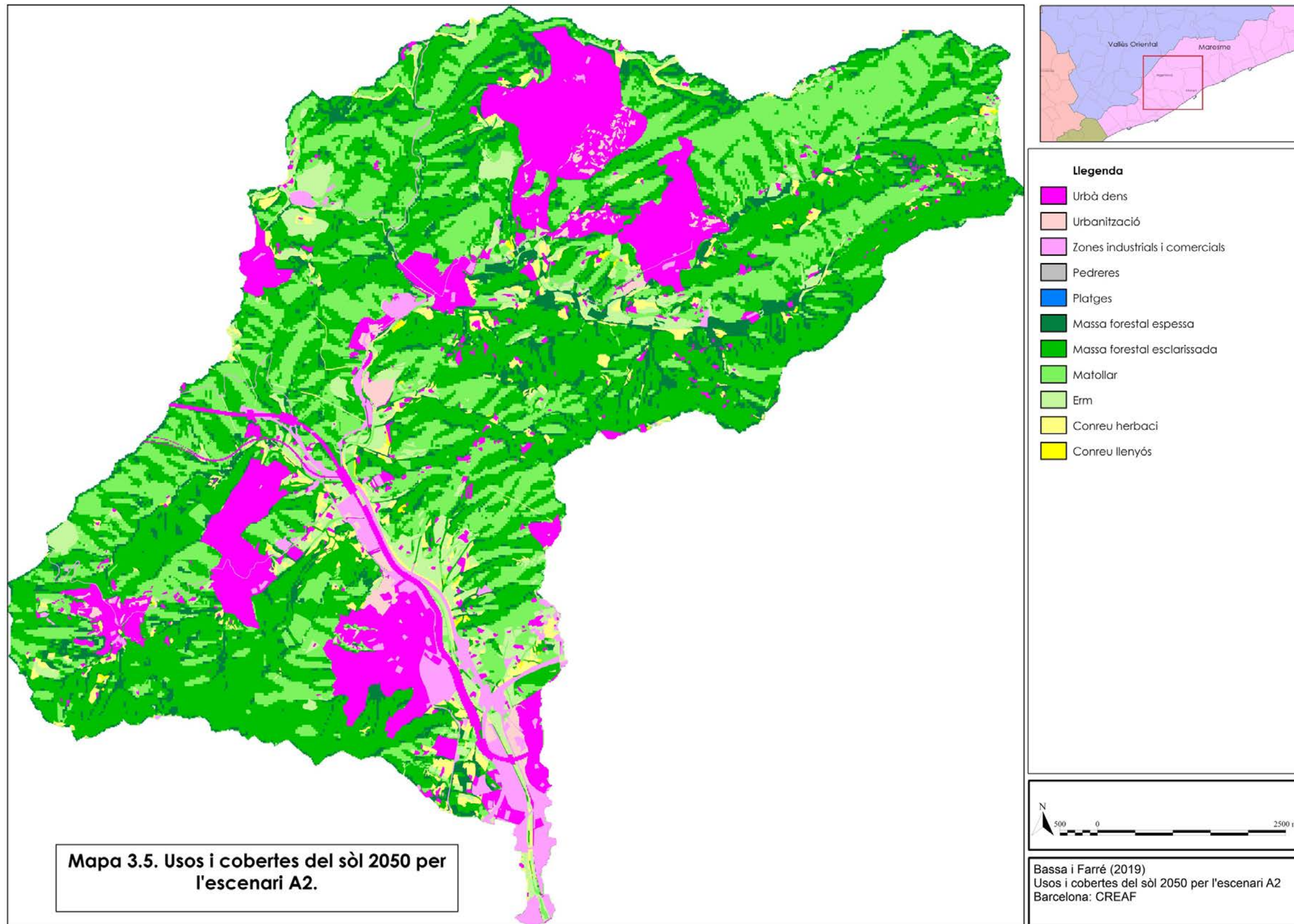
Mapa 3.3. Usos i cobertes del sòl 2009.



Mapa 3.4. Usos i cobertes del sòl 2050 per l'escenari B1

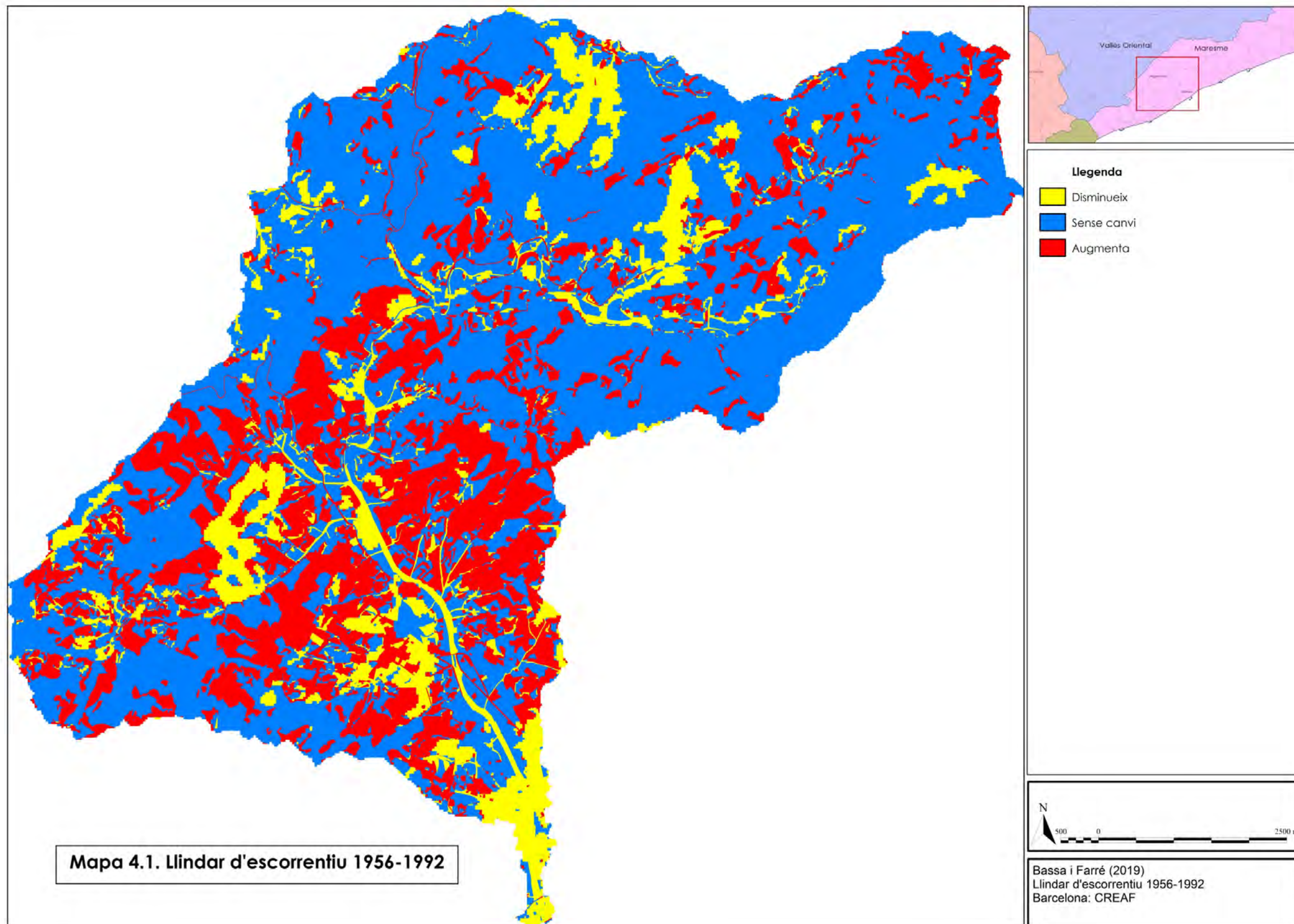


Mapa 3.5. Usos i cobertes del sòl 2050 per l'escenari A2.

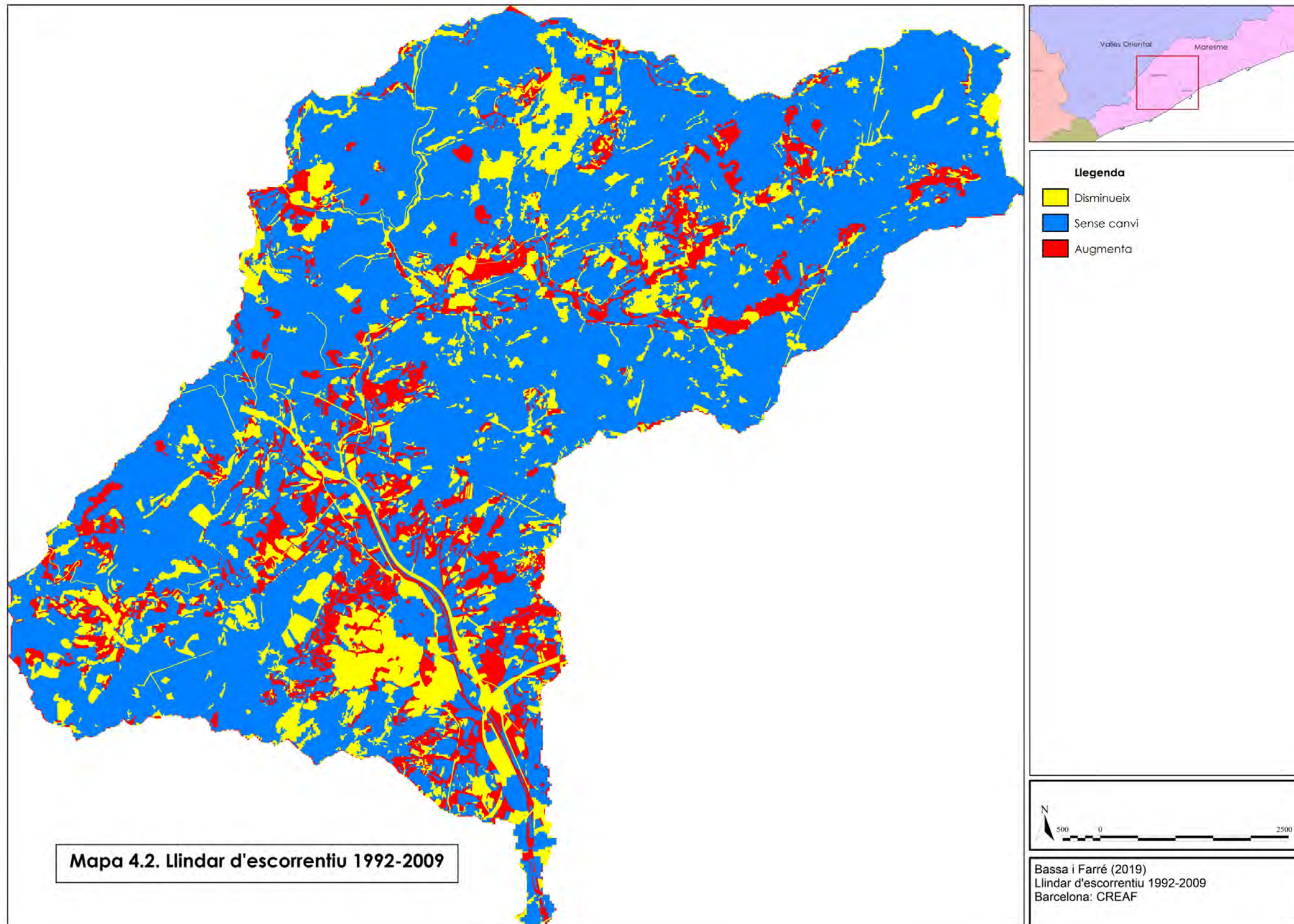


Mapa 4. Llindars d'escorrentiu.

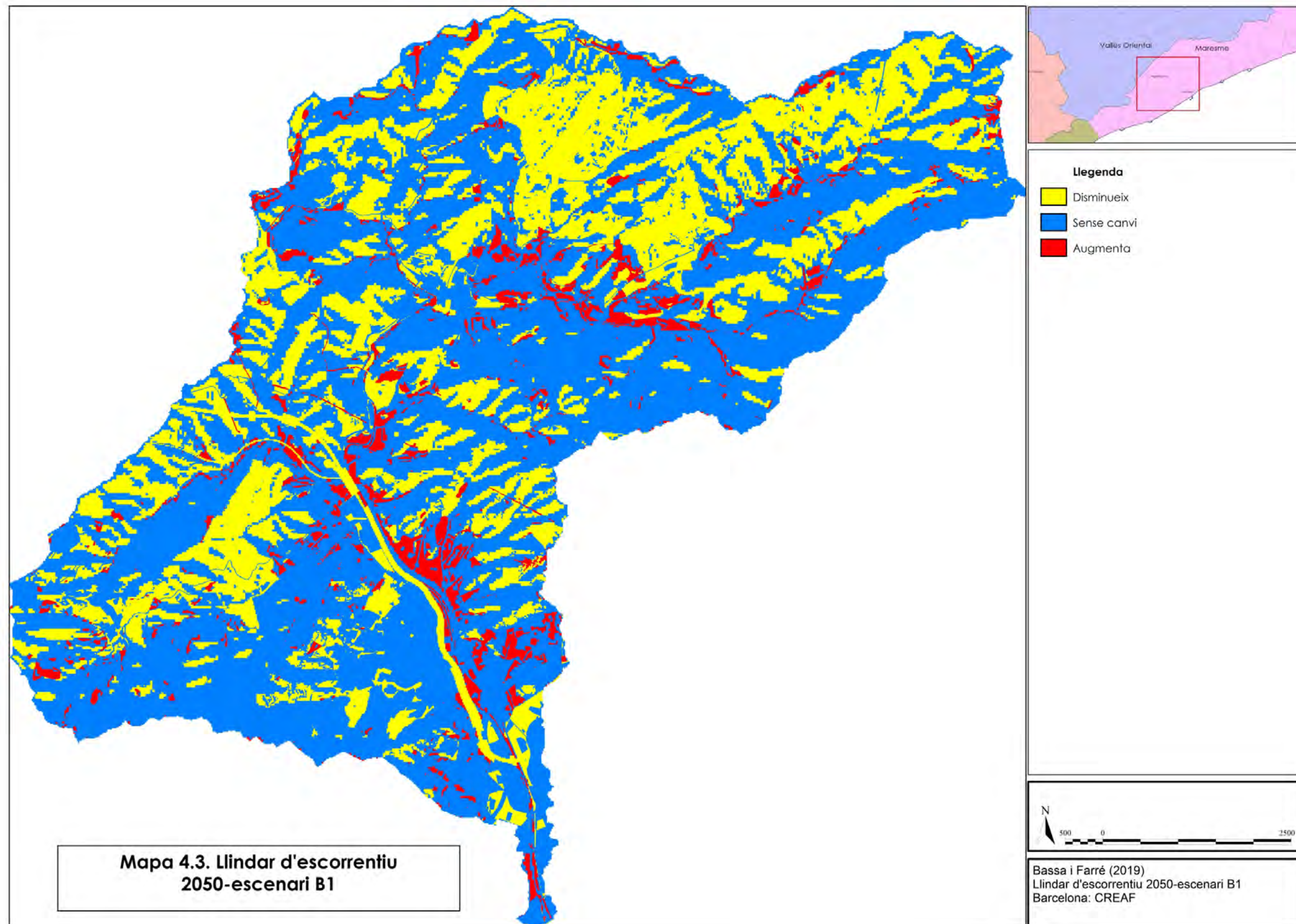
Mapa 4.1. Llindars d'escorrentiu (1956-1992)



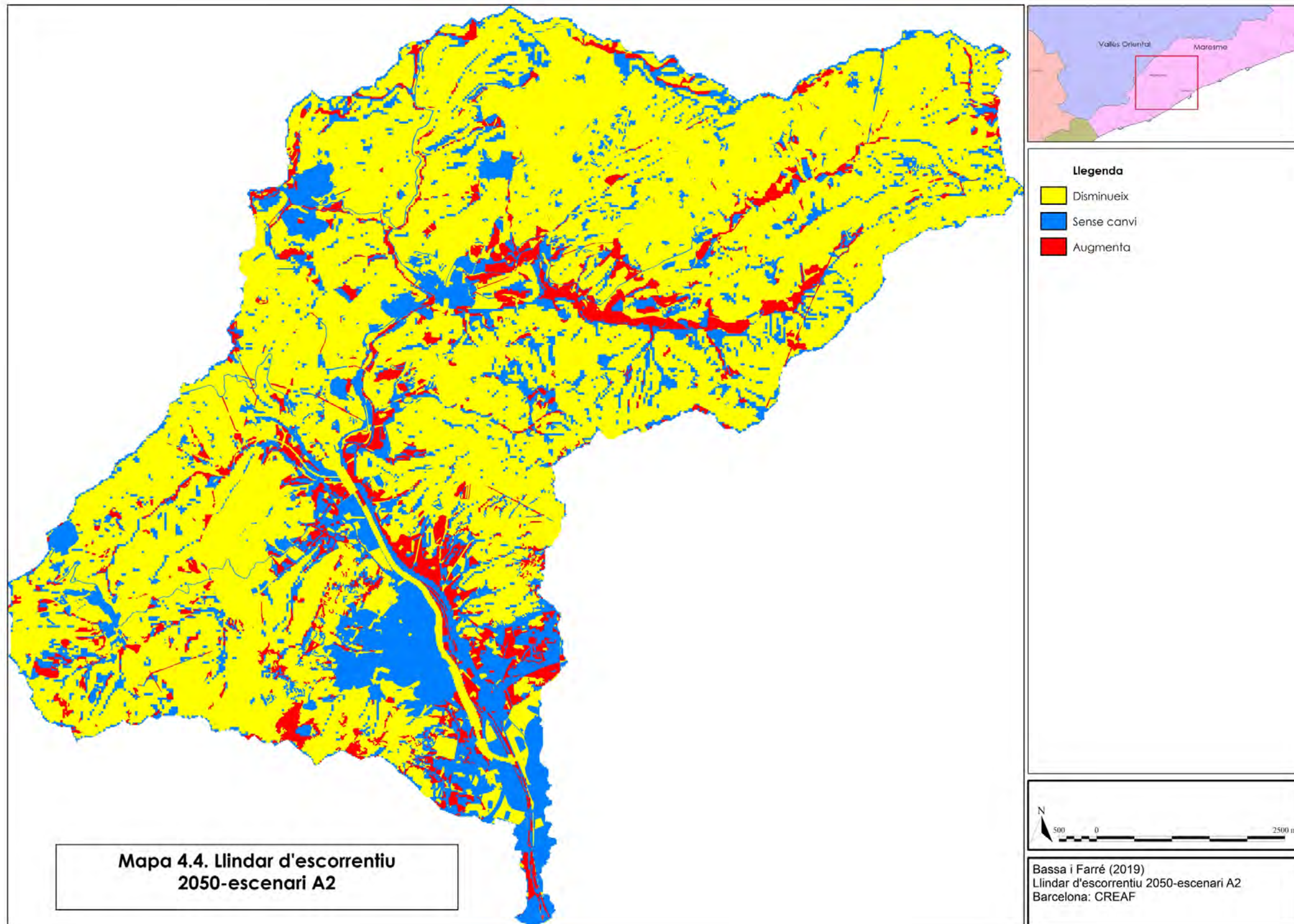
Mapa 4.2. Llindars d'escorrentiu (1992-2009)



Mapa 4.3. Llindars d'escorrentiu (2009-escenari B1)

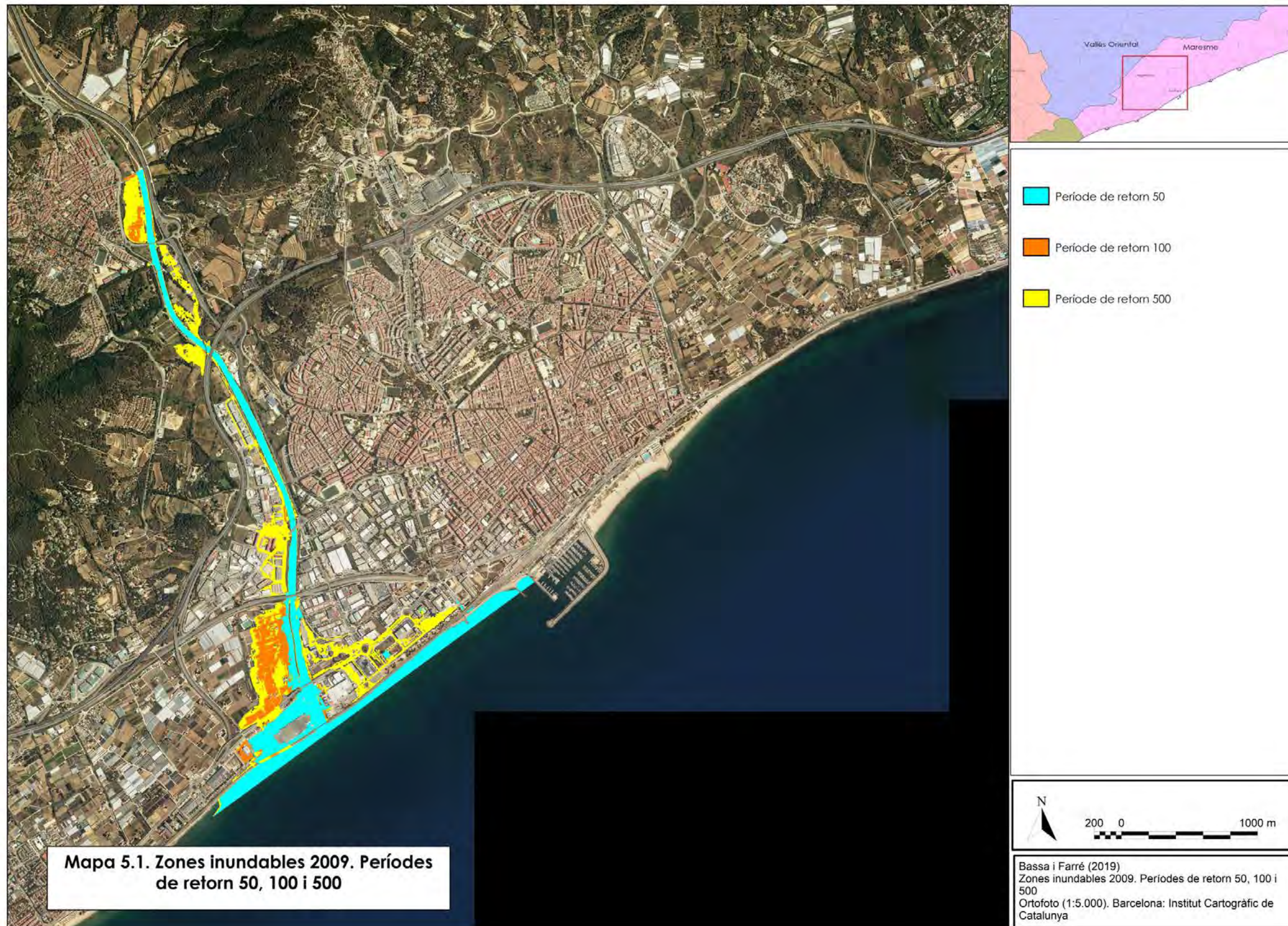


Mapa 4.4. Llindars d'escorrentiu (2050-escenari A2).

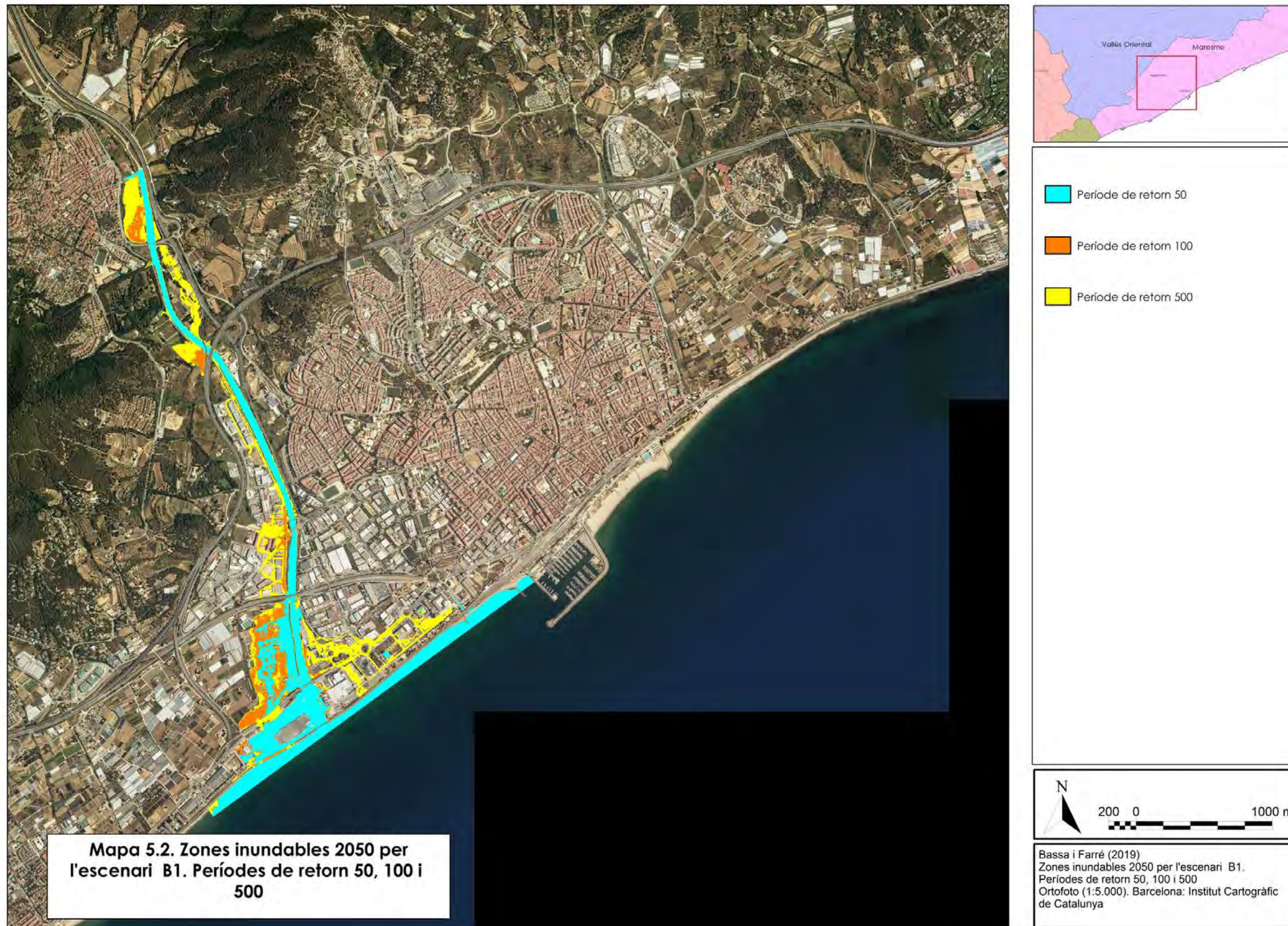


Mapa. 5. Zones inundables. Períodes de retorn 50, 100 i 500

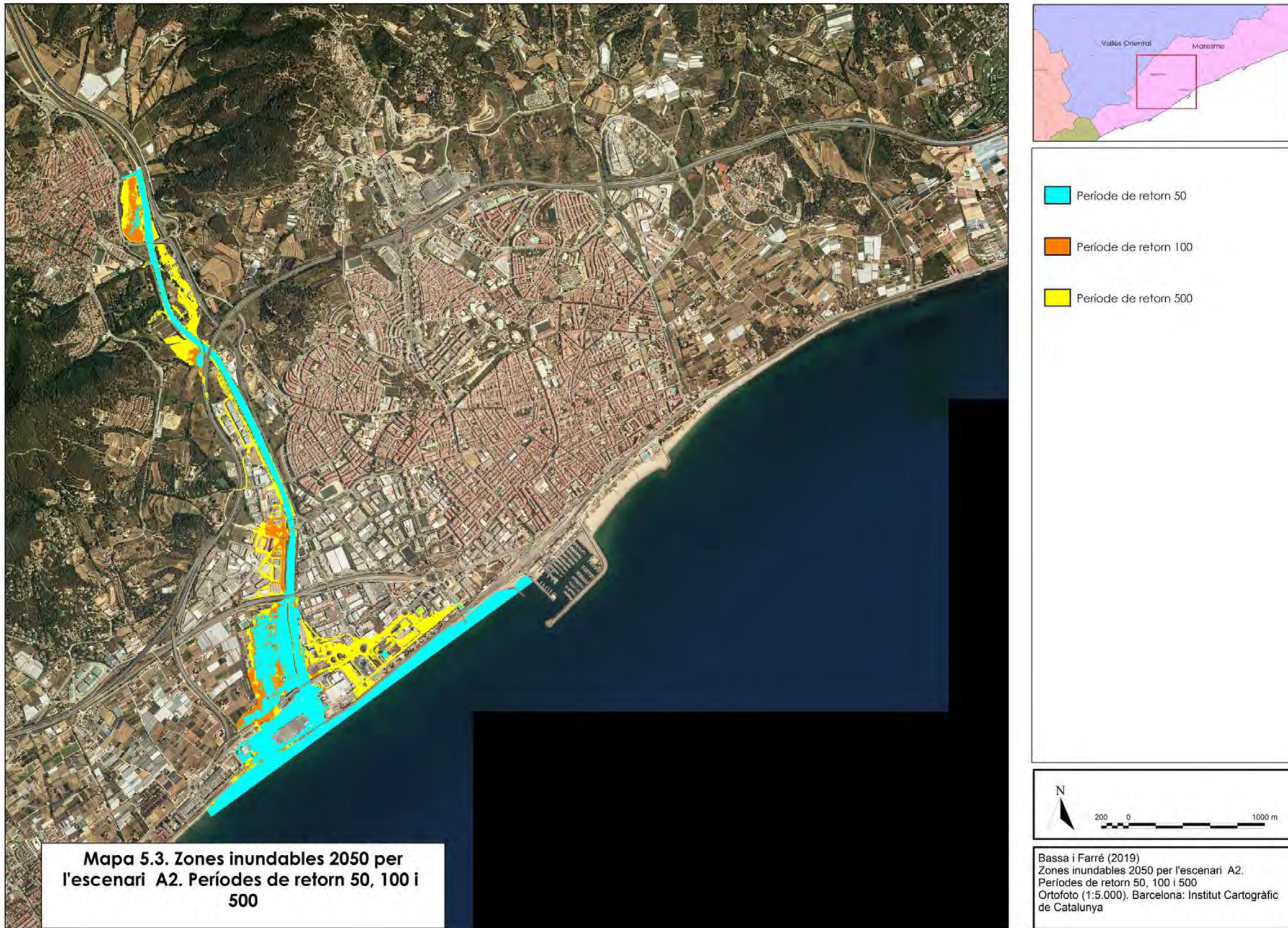
Mapa 5.1. Zones inundables 2009. Períodes de retorn 50, 100 i 500



Mapa 5.2. Zones inundables 2050 per l'escenari B1. Períodes de retorn 50, 100 i 500

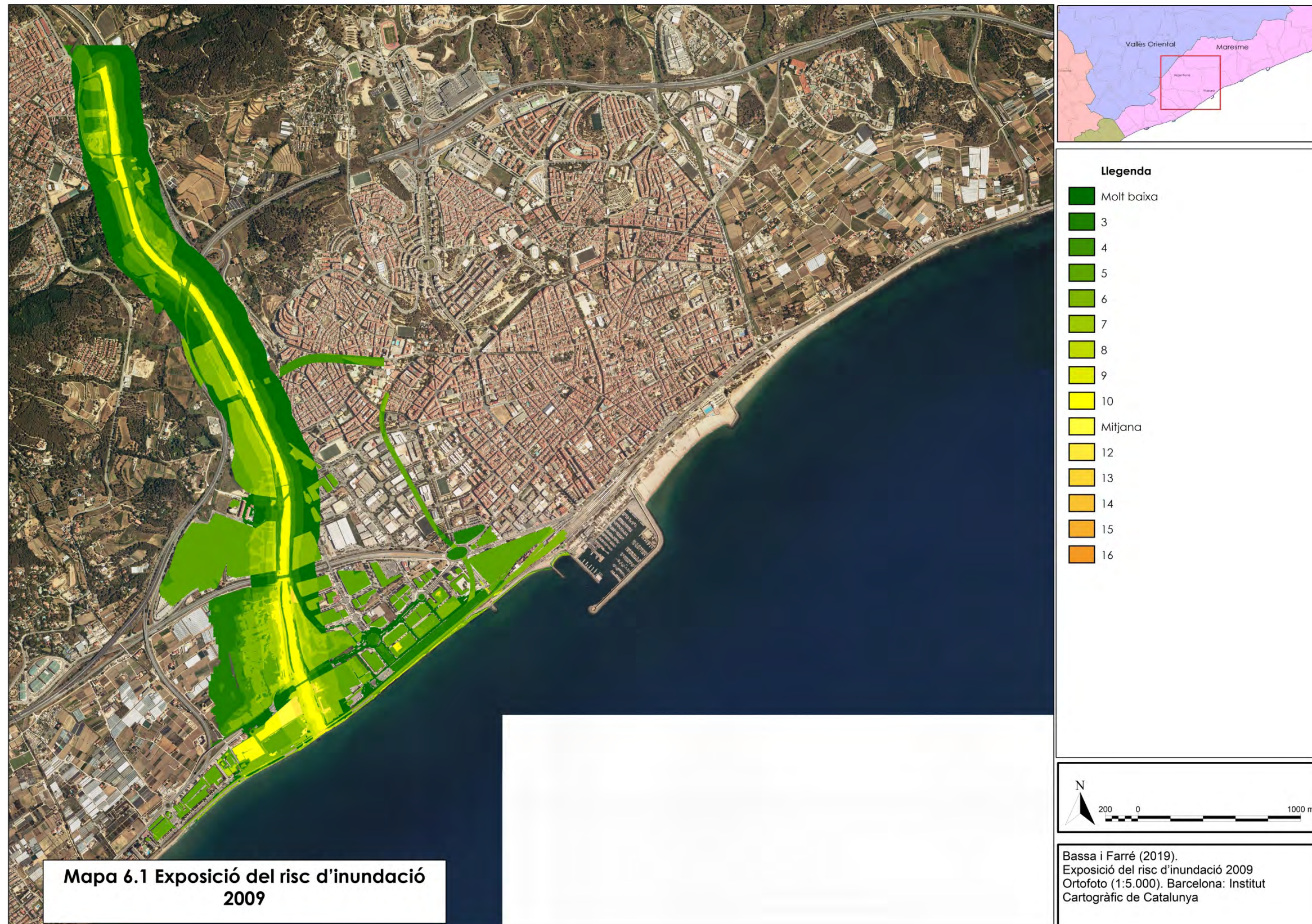


Mapa 5.3. Zones inundables 2050 per l'escenari A2. Períodes de retorn 50, 100 i 500

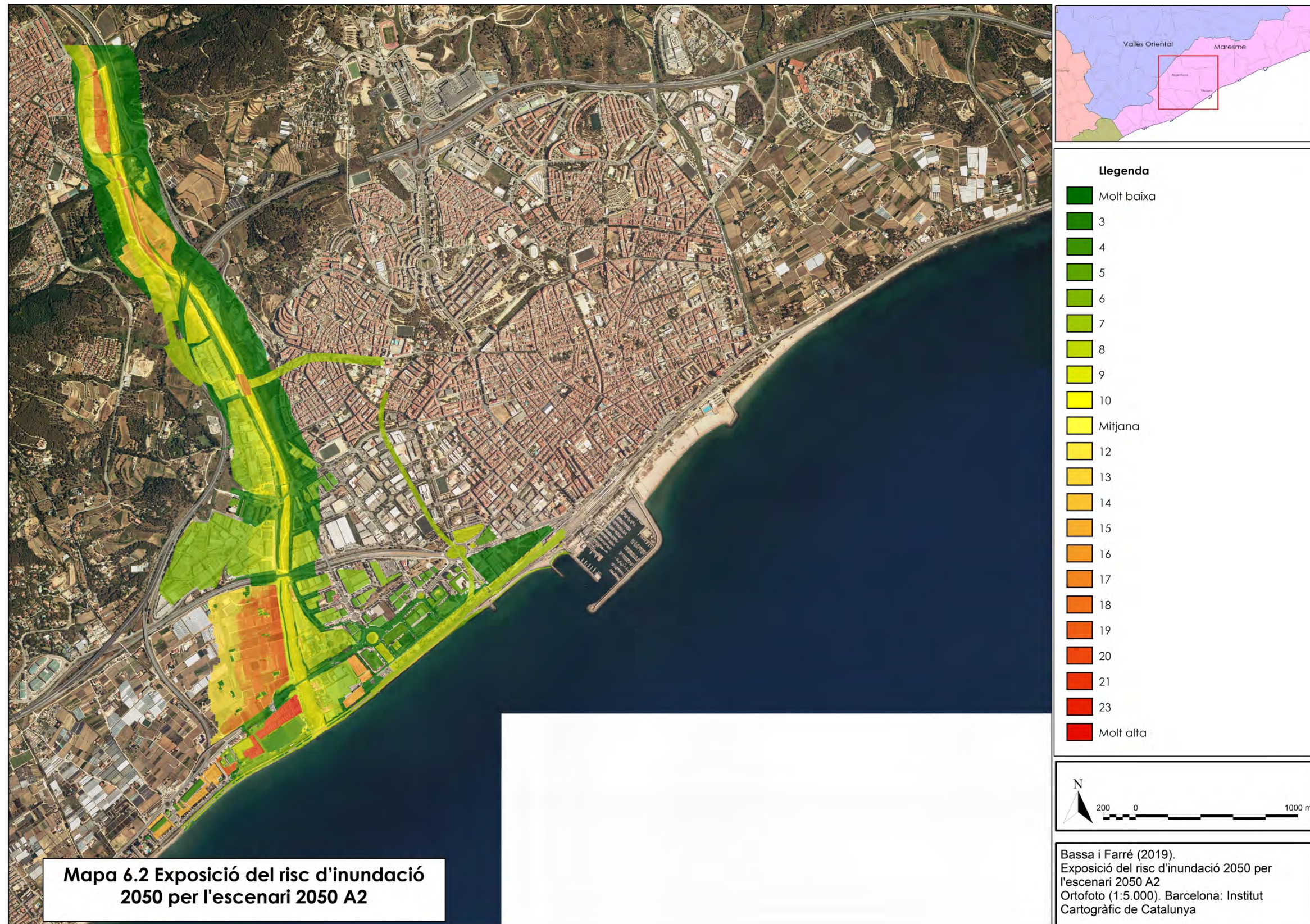


Mapa 6. Exposició del risc d'inundació

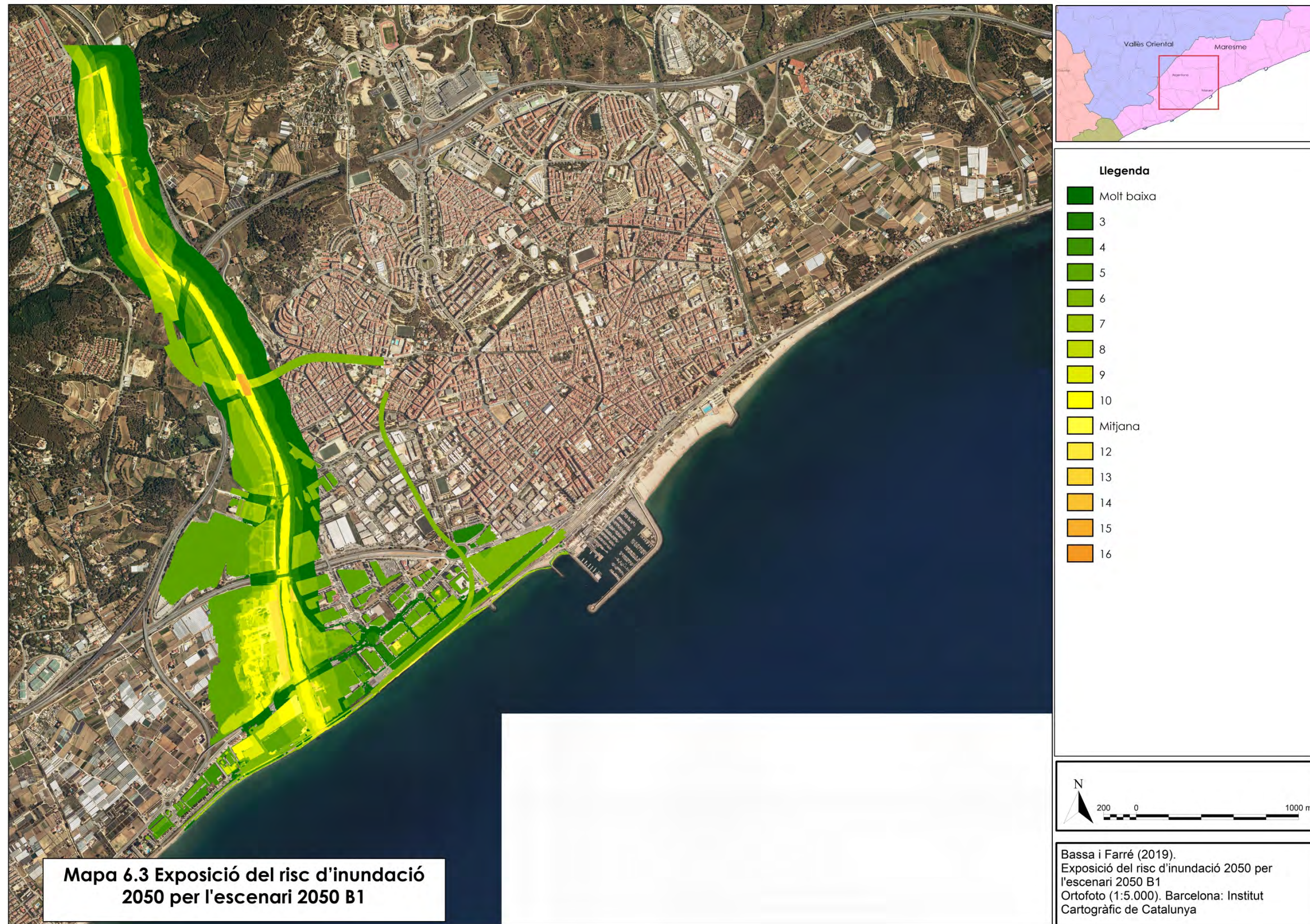
Mapa 6.1. Exposició al risc d'inundació 2009



Mapa 6.2. Exposició al risc d'inundació 2050, escenari A2

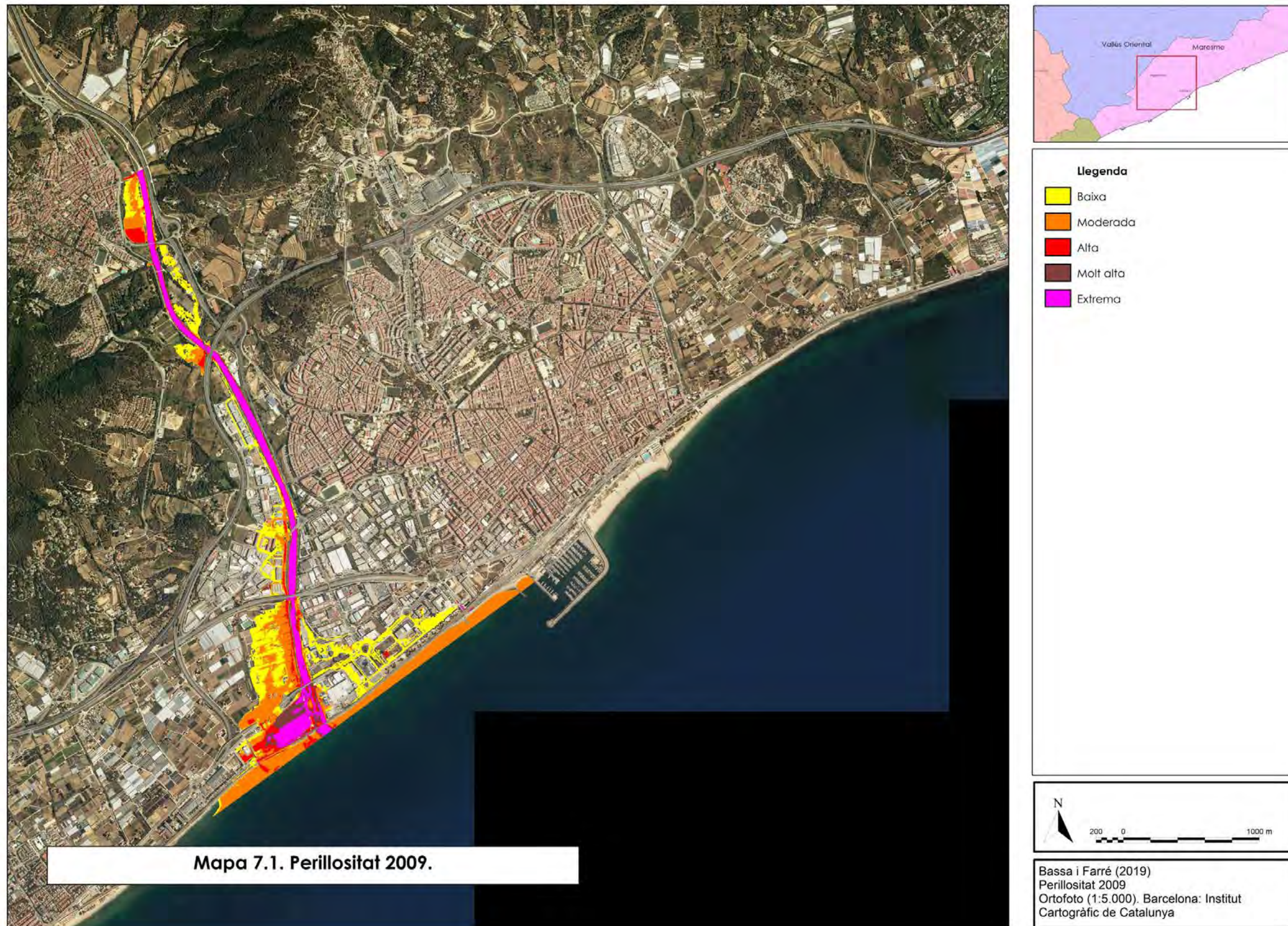


Mapa 6.3. Exposició al risc d'inundació 2050, escenari B1

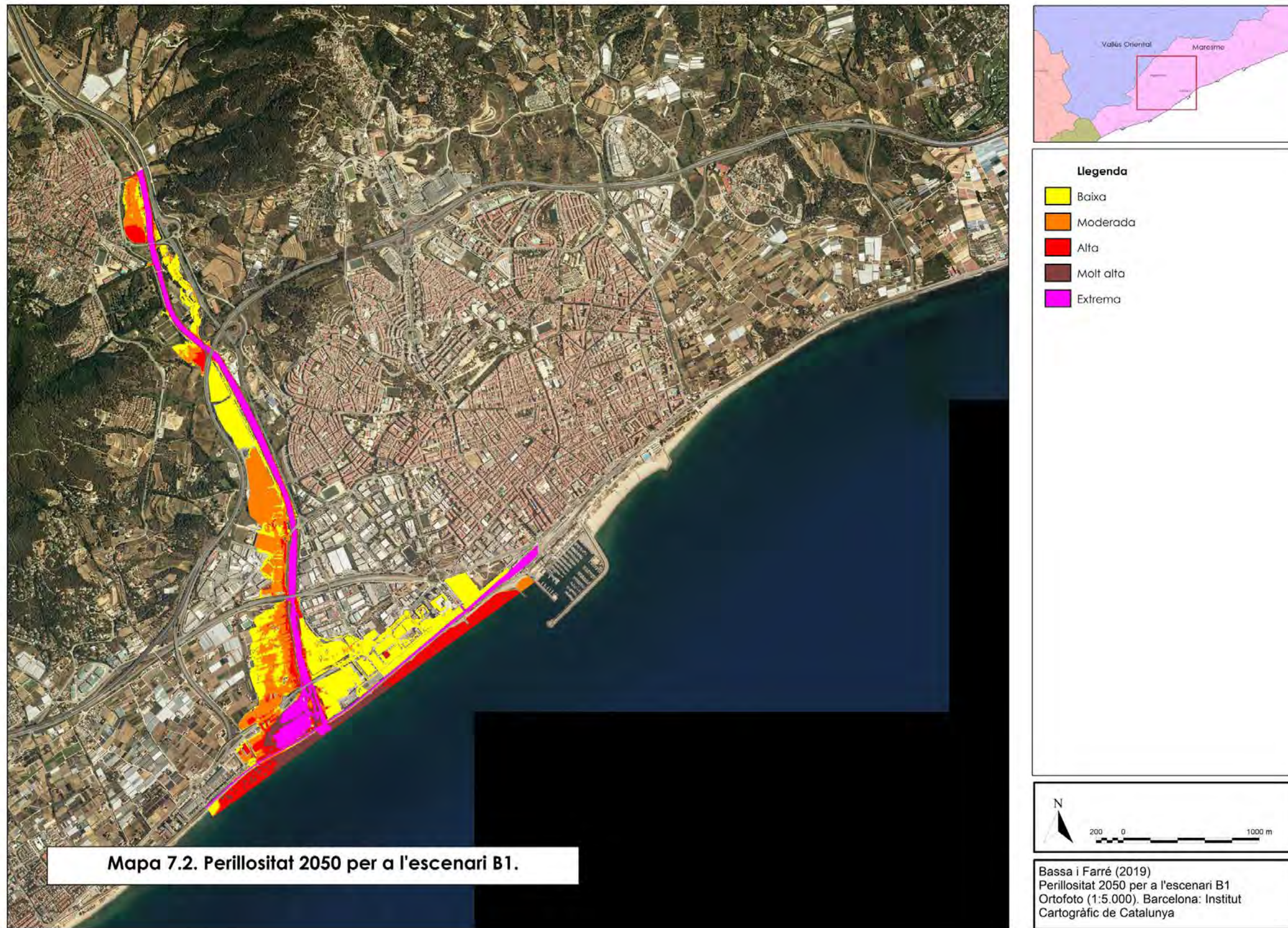


Mapa 7.Perillositat.

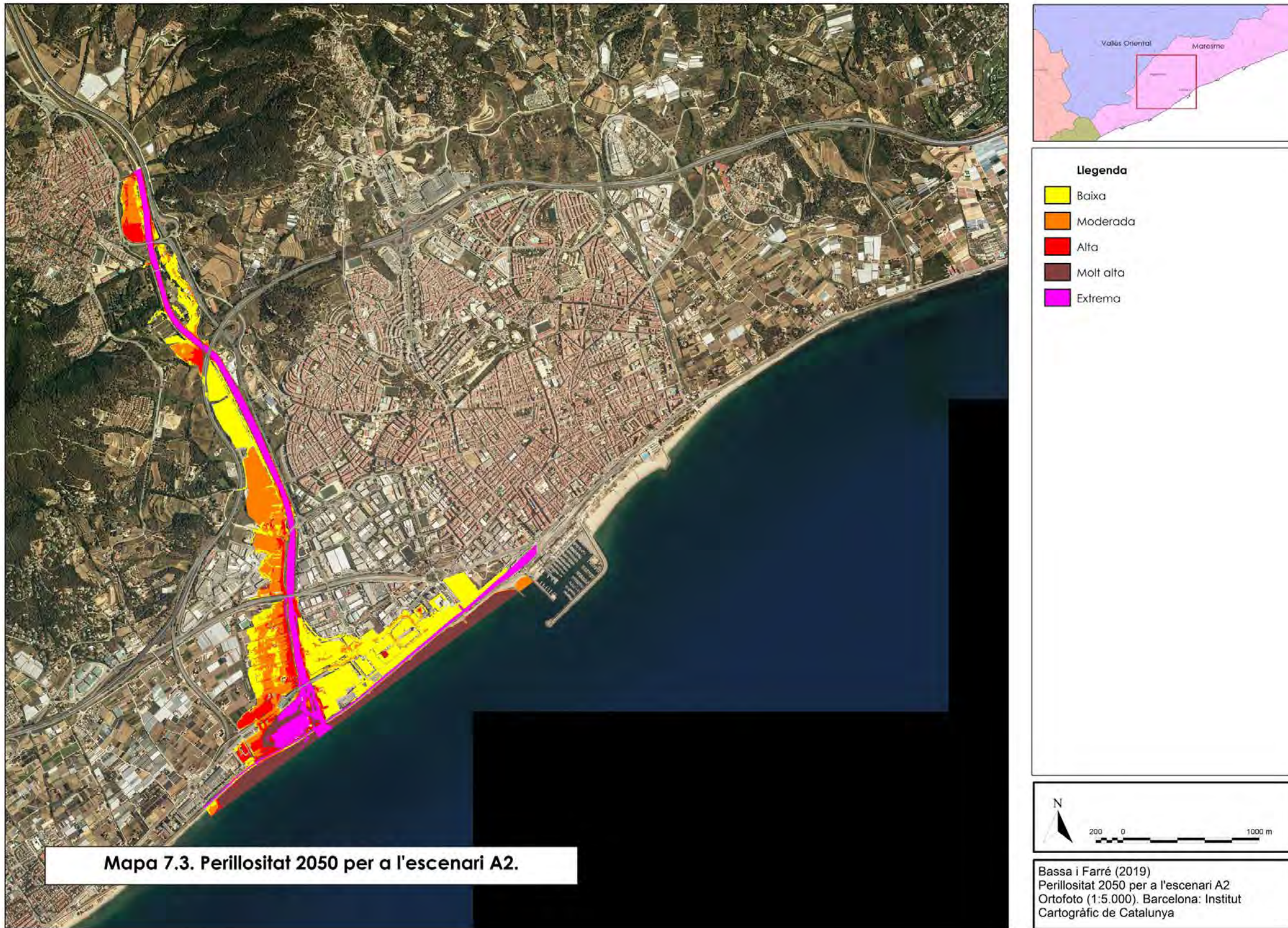
Mapa 7.1. Perillositat 2009.



Mapa 7.2. Perillositat 2050 per a l'escenari B1.

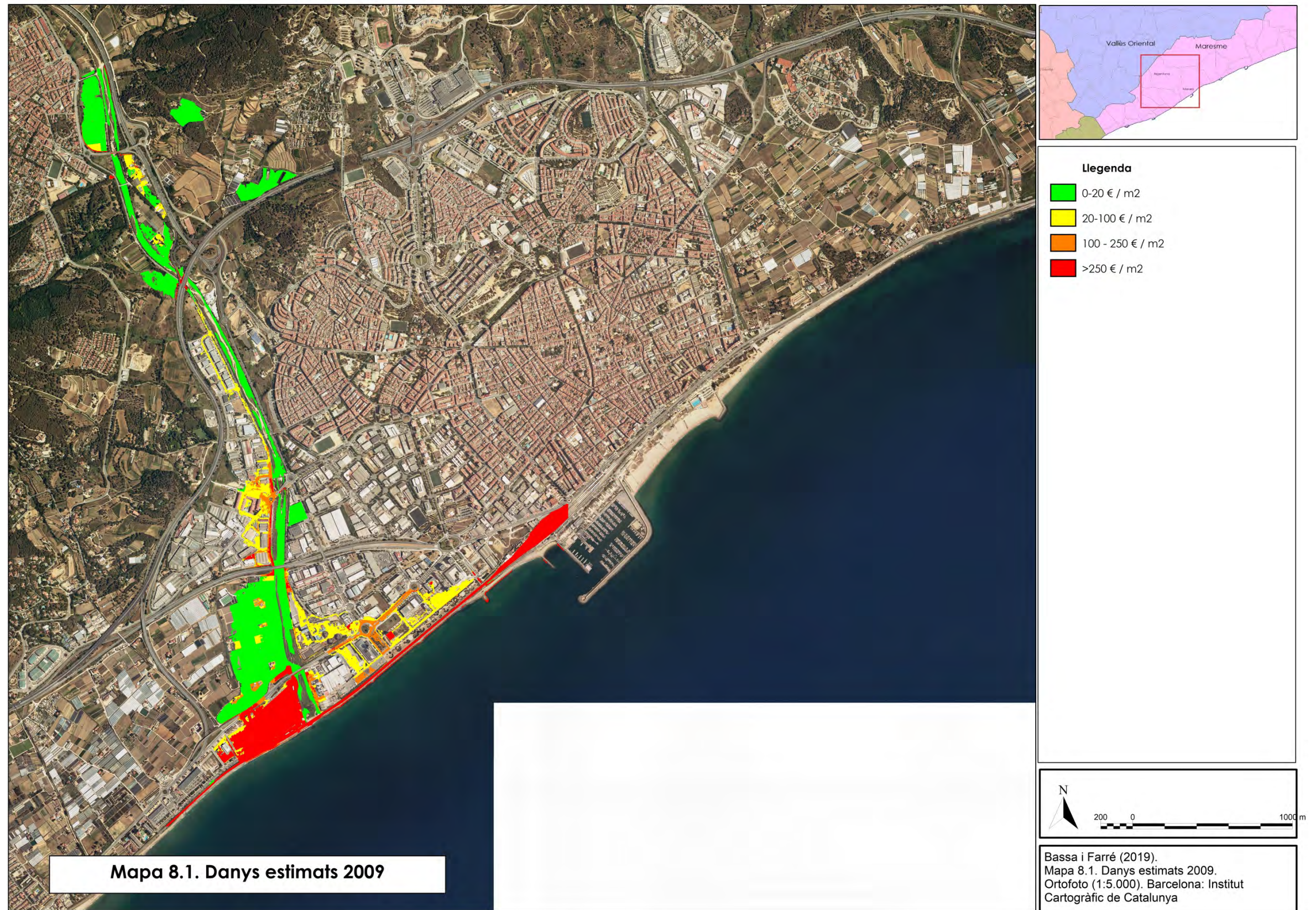


Mapa 7.3. Perillositat 2050 per a l'escenari A2.

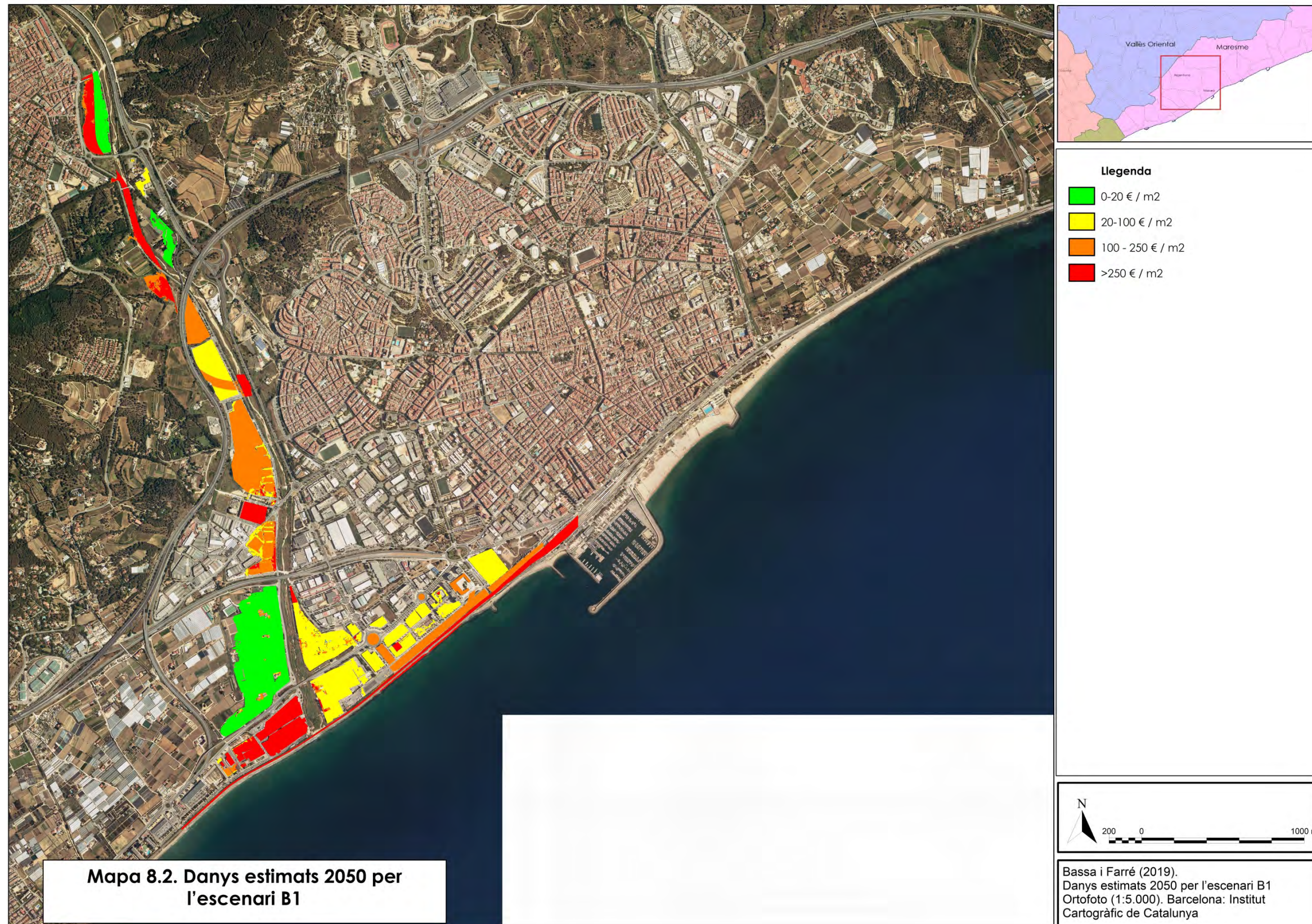


Mapa 8. Danys.

Mapa 8.1. Danys estimats 2009.



Mapa 8.2. Danys estimats 2050 per l'escenari B1.



Mapa 8.3. Danys estimats 2050 per l'escenari A2.

