



**Universitat de les  
Illes Balears**

Facultat de filosofia i lletres

**Memòria del Treball de Fi de Grau**

# La torrentada del 9 d'Octubre de 2018 al nucli de Sant Llorenç des Cardassar. Causes meteorològiques i anàlisi de la influència antròpica

Antoni Escanellas Mora

Grau en Geografia

Any acadèmic 2018-19

DNI de l'alumne: 43190703S

Treball tutelat per Celso García  
Departament de Geografia

S'autoritza la Universitat a incloure aquest treball en el Repositori Institucional per a la seva consulta en accés obert i difusió en línia, amb finalitats exclusivament acadèmiques i d'investigació

Autor		Tutor	
Sí	No	Sí	No
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Paraules clau del treball: inundació, risc, perill, convecció, clima, torrentada,



# ÍNDEX

1. Introducció.....	1
2. Àrea d'estudi.....	2
2.1 Nucli urbà.....	2
2.2 Antecedents.....	3
2.3 Clima.....	5
2.4 Conca hidrogràfica.....	7
3. Metodologia.....	9
4. Resultats, causes i conseqüències de la torrentada.....	10
5. Discussió teòrica.....	19
5.1. Correcció de torrents per a disminuir la velocitat del'aigua.....	23
6. Conclusions.....	24
7. Agraïments.....	25
8. Bibliografia.....	26
9. Annexes.....	27

## ÍNDIX DE FIGURES

Figura 1. Mapa de localització del nucli urbà de Sant Llorenç des Cardassar

Figura 2. Percentatge d'habitants en els nuclis de població respecte el total del municipi

Figura 3. Mapa de la zona inundada el 6 de Setembre del 1989

Figura 4. Climograma de les precipitacions i les temperatures a l'illa de Mallorca

Figura 5. Mapa hidrològic de la conca principal del municipi de Sant Llorenç

Figura 6. Situació sinòptica de dia 9 d'Octubre a les 00:00 UTC. Font: Wetterzentrale

Figura 7. Situació sinòptica de dia 10 d'Octubre a les 00:00 UTC. Font: Wetterzentrale

Figura 8. Mapa d'altura geopotencial a 500 hpa. Font: Wetterzentrale

Figura 9. Gràfic de precipitació registrada en l'estació meteorològica de la Colònia de Sant Pere el dia 9 d'Octubre de 2018 entre les 00 i les 24 UTC.

Figura 10. Gràfic de precipitació registrada en l'estació meteorològica d'Artà el dia 9 d'Octubre de 2018 entre les 00 i les 24 UTC.

Figura 11. Gràfic de precipitació registrada en l'estació meteorològica de Son Servera el dia 9 d'Octubre de 2018 entre les 00 i les 24 UTC.

Figura 12. Àrees de risc potencial significatiu d'inundació

Figura 13. Mapa de les zones amb risc d'inundació i de la zona inundada el dia 9 d'Octubre de 2018.

Figura 14. Direcció que va seguir l'aigua durant la torrentada i principals punts conflictius. Font: Ajuntament de Sant Llorenç des Cardassar i elaboració pròpia.

Figura 15. Correcció de torrents per a disminuir la velocitat de l'aigua

Figura 16. Imatge del radar NOAA el dia 9 d'Octubre a les 15:11 UTC. Font: Wetterzentrale

Figura 17. Interpolació de dades segons les precipitacions registrades.

Figura 18. Imatge d'una casa afectada on es pot apreciar el nivell que va assolir l'aigua. Font: Elaboració pròpia.

## **1. INTRODUCCIÓ**

El dia 9 d'Octubre de 2018 es va produir un episodi de pluges torrencials al llevant de Mallorca que va provocar el desbordament de diversos torrents. Aquests desbordaments causaren nombrosos danys materials, però sobre tot personals, amb la mort de 13 persones. La important precipitació caiguda en poques hores i de manera molt localitzada, juntament amb factors com la morfologia de la conca, la canalització del torrent amb edificacions situades a les seves proximitats i ponts amb una limitació en el seu desguàs, van provocar que en el nucli de Sant Llorenç des Cardassar s'hi produís una inundació de magnitud i violència excepcional. En aquest treball s'analitzaran les diverses causes que provocaren els desbordaments dels torrents de Ses Planes i Sa Blanquera en aquest nucli urbà i, per aquest motiu, s'han establert els següents objectius:

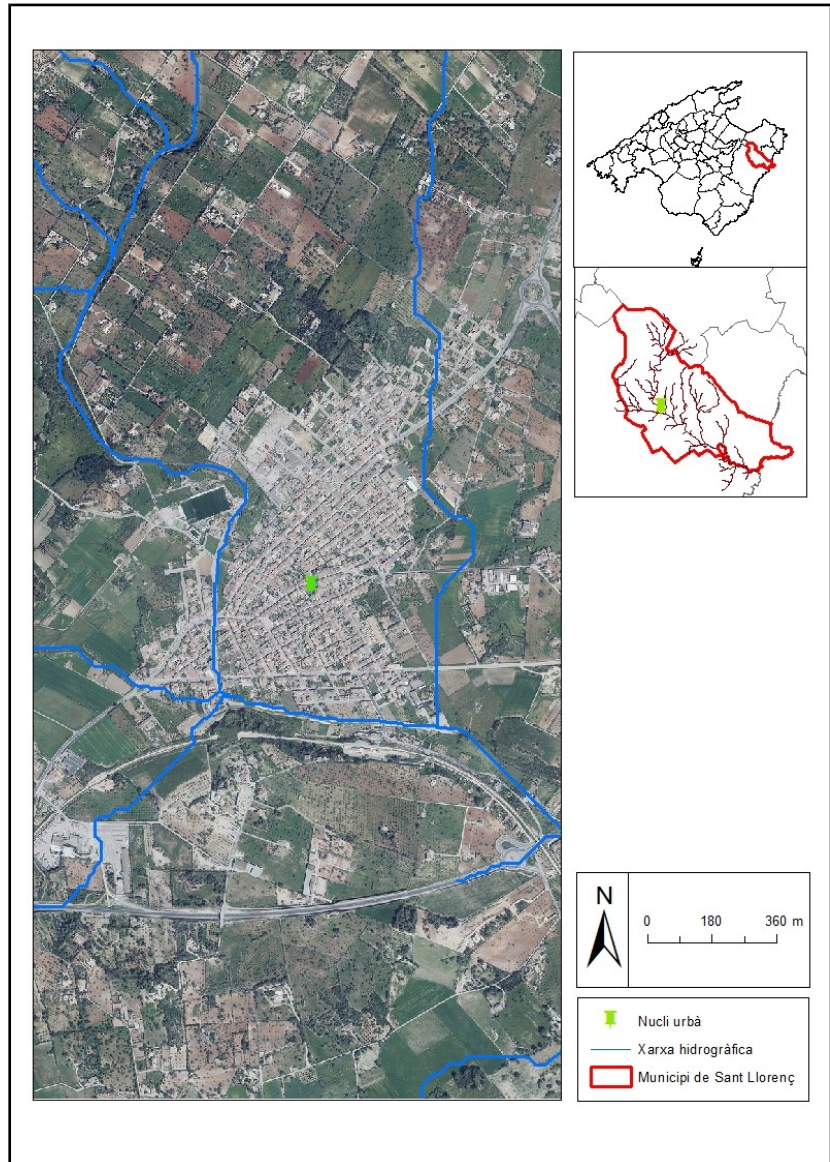
1. Esbrinar les causes meteorològiques que provocaren les inundacions del 9 d'Octubre de 2018 al nord-est de Mallorca
2. Investigar de quina manera van influir les edificacions, canalitzacions i ponts en la inundació del nucli urbà de Sant Llorenç des Cardassar.
3. Esbrinar quines mesures o actuacions es van dur a terme abans, durant i després de la inundació del nucli.
4. Proposar mesures que puguin pal·liar els efectes personals i materials en futures inundacions.

## 2. ÀREA D'ESTUDI

### 2.1 NUCLI URBÀ

Sant Llorenç des Cardassar és un municipi del Llevant de Mallorca que limita a l'Oest amb Manacor, al Nord Oest amb Petra, al Nord amb Artà, a l'Est amb Son Servera i al Sud Est amb la mar. Té una superfície de 82,08 km<sup>2</sup> i una població de 8.405 habitants (2018) segons dades de l'Ibestat. En el municipi de Sant Llorenç hi trobam 5 nuclis de població: Sant Llorenç, Son Carrió, Son Moro, sa Coma i s'Illot.

En el present treball, es farà referència a les inundacions ocorregudes a dins el nucli urbà de Sant Llorenç.



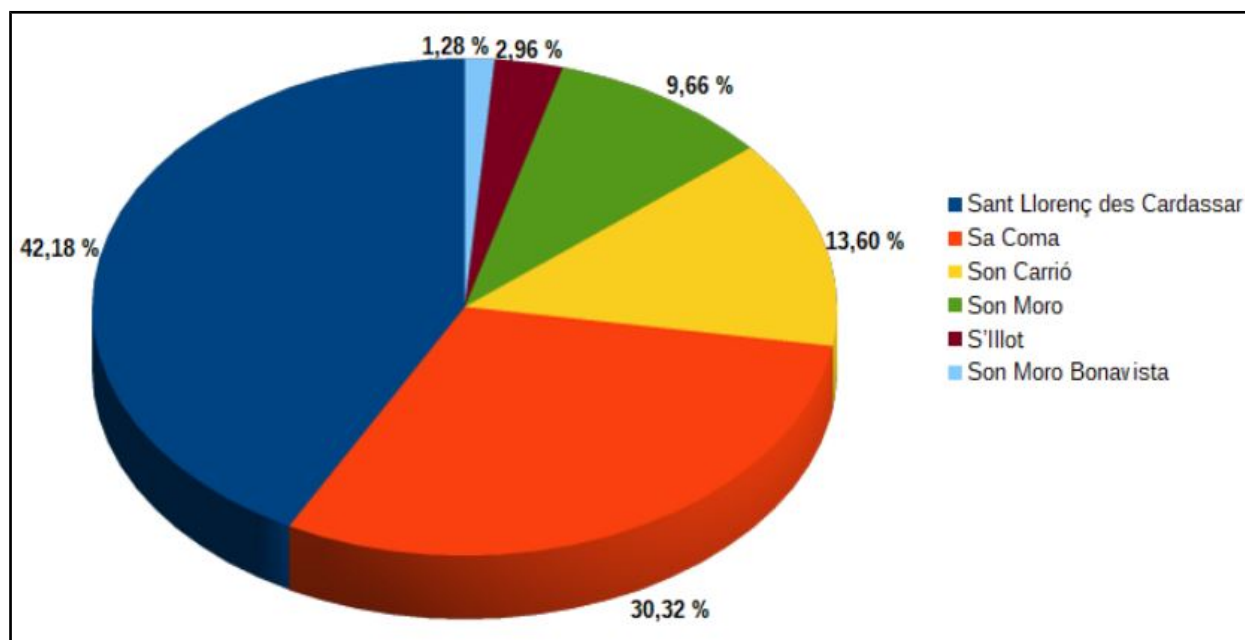
*Figura 1. Mapa de localització del nucli urbà de Sant Llorenç des Cardassar*

Les primeres edificacions del nucli de Sant Llorenç des Cardassar daten del 1578 on s'hi estimen 6 cases poc concentrades. Al 1612 es documenten unes 40 cases properes a l'església, però no fou fins el

*La torrentada del 9 d'Octubre de 2018 al nucli de Sant Llorenç des Cardassar. Causes meteorològiques i anàlisi de la influència antròpica.*

finals del segle XVIII quan el nucli començar a agafar rellevància. Al 1789, Jeroni de Berard (militar i estudiós de la geografia que va realitzar diversos plànols de diferents pobles de Mallorca) documentà que hi havia 62 cases i ja al Segle XIX, s'hi produí un important procés d'expansió. A finals del segle XIX, l'Arxiduc Lluís Salvador hi documentà 200 cases i ja al 1991 el nucli comptava amb 71 ha de superfície urbana i 3.977 habitants (Enciclopèdia de Mallorca).

Actualment, el nucli de Sant Llorenç té 3.545 habitants (2018), el que suposa un percentatge del 42,18 % respecte el total del municipi. Així, doncs, Sant Llorenç des Cardassar concentra gairebé la meitat de la població del municipi.



*Figura 2. Percentatge de d'habitants en els diferents nuclis de població respecte el total del municipi.*

## 2.2 ANTECEDENTS

Històricament el llevant de Mallorca ha tingut diversos episodis d'inundacions similars a les del 9 d'Octubre de 2018. La majoria d'aquests episodis, es produeixen i s'han produït durant la tardor o a finals d'estiu, ja que és quan es donen les condicions meteorològiques idònies per a que es generi una forta convecció d'una massa d'aire humit i per tant és generin precipitacions intenses en un curt període de temps i molt localitzades. Perquè es produeixi una forta convecció es necessari, aire fred en altura i aire calent i humit en les capes més baixes de la troposfera, per tant, durant els darrers mesos

*La torrentada del 9 d'Octubre de 2018 al nucli de Sant Llorenç des Cardassar. Causes meteorològiques i anàlisi de la influència antròpica.*

d'estiu i els primers mesos de la tardor, és quan l'aigua de la mar està més calenta i sovint es produeixen entrades d'aire fred en altura (Homar Santander et al., 2018). El vent de Llevant (vents provinents de l'Est) que afecta a les Illes Balears, és un vent amb un gran recorregut marítim, concretament pot tenir més de 1.000 Km de recorregut i per tant és un vent que pot venir molt carregat d'humitat. Aquest vent, quan arriba a la costa Est de Mallorca, es troba amb les Serres de Llevant, que tot i no tenir grans elevacions, es molt propera a la mar. Les Serres de Llevant, fan de barrera a aquesta massa d'aire molt humit i la fan ascendir. Al ascendir de manera sobtada, aquesta massa d'aire humit, es refreda ràpidament i per tant precipita també de manera intensa. Aquest ha estat el causant de la majoria d'episodis de precipitacions intenses al Llevant de Mallorca.

El dia 6 de setembre 1989 hi va haver una de les inundacions més importants que es recorden a les Illes Balears. Tot i que les precipitacions foren més generalitzades que les de l'episodi del 9 d'Octubre de 2018, al Llevant i Mitjorn de Mallorca s'hi van produir nombrosos danys personals i materials. Aquest episodi de pluges torrencials fou el darrer d'aquesta magnitud fins al del 9 d'Octubre del 2018.

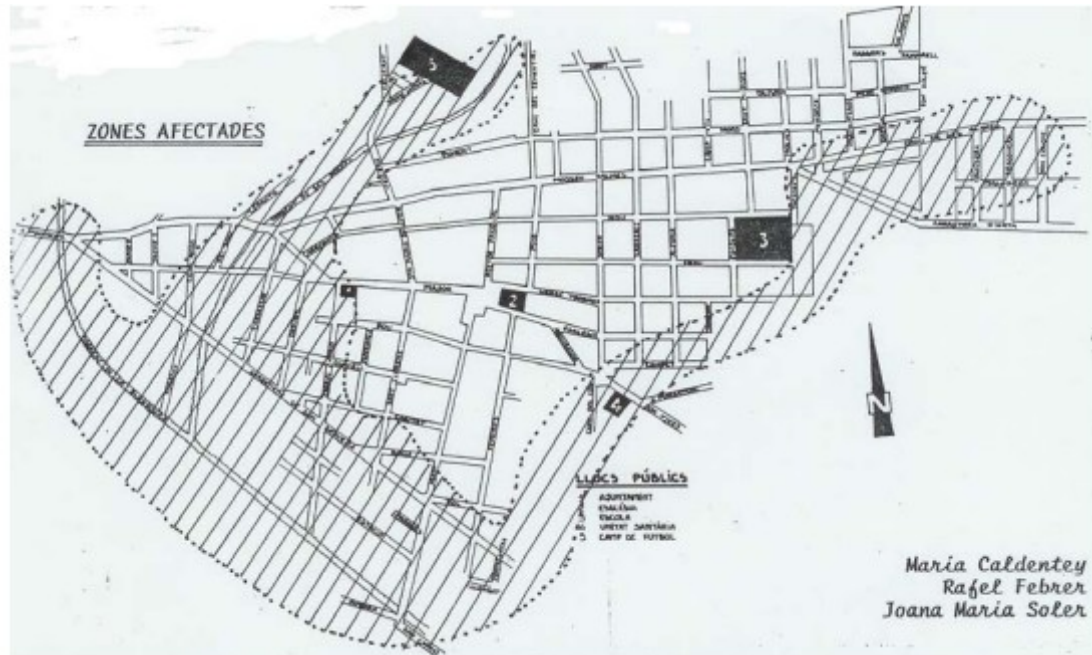
Segons Miquel Grimalt (1989) l'episodi de pluges del 6 de Setembre de 1989 va ser un dels més importants que es recorden, tant per les quantitats de precipitació registrats en diferents estacions meteorològiques sobretot de Manacor i Felanitx, com per les intensitats registrades.

La major part dels observatoris de la zona del Llevant i Mitjorn de l'illa van registrar precipitacions superiors als 100mm durant la matinada del dia 6 de Setembre i les intensitats extremes es varen registrar entre el nord del municipi de Felanitx i el sud del municipi de Manacor (Grimalt 1989). En el cas de Sant Llorenç des Cardassar, que només disposava d'un pluviòmetre, es van enregistrar 171mm, dels quals 156 precipitaren en menys de 2 hores (Grimalt, 1989). Cal afegir que pocs dies abans, (31 d'Agost del 1989) s'havien donat precipitacions importants que desbordaren alguns torrents de la comarca de Llevant, i per tant, el 6 de Setembre, els sòls de les diverses conques que conformen la zona de llevant estaven gairebé saturats, així doncs, tenien poca capacitat de infiltració i aquest fet afavorí que la majoria de l'aigua circulés com a escorrentia superficial. S'estima que el punt màxim del cabal fou de 640 m<sup>3</sup> /s a les poblacions de Son Carrió i s'Illot (Grimalt, 1989) i que els nivells d'aigua al nucli de Sant Llorenç arribaren a més de 1,5 m d'alçada a les parts més baixes del poble (Barceló,



*La torrentada del 9 d'Octubre de 2018 al nucli de Sant Llorenç des Cardassar. Causes meteorològiques i anàlisi de la influència antròpica.*

2004).



*Figura 3. Font: Les inundacions del 6 de setembre de 1989 a Mallorca. Joan Barceló (2004)*

### 2.3 CLIMA

No podem intentar entendre les inundacions del 1989, les del 2018 o altres inundacions ocorregudes a les Illes Balears o al litoral mediterrani peninsular sense analitzar abans el clima mediterrani.

El clima mediterrani es caracteritza per estius calurosos i secs i també per hiverns suaus. Les precipitacions es solen concentrar en els mesos de tardor, hivern i primavera. En canvi, l'estiu pot encadenar setmanes o mesos sense ploure.

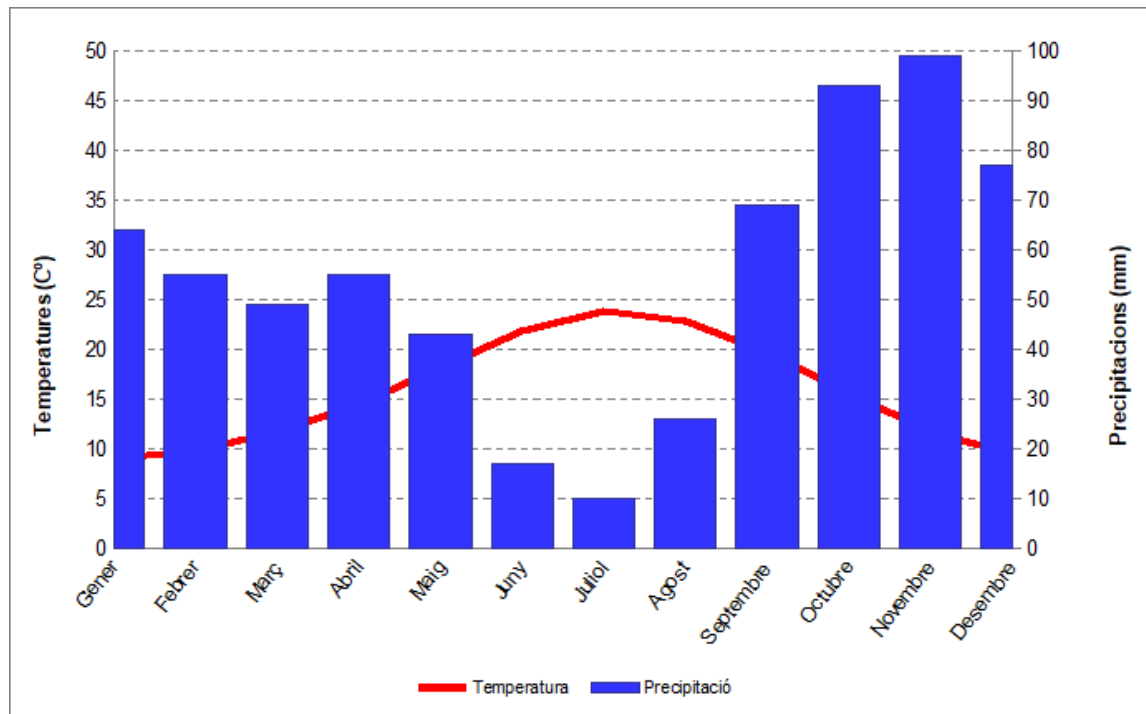
Durant l'hivern, la temperatura mitjana no és inferior als 10°C, excepte en les zones més elevades de la Serra de Tramuntana. Per altra banda, durant els mesos d'estiu, les temperatures mitjanes superen els 23°C i en algunes zones del centre de l'illa, arriben fins als 28°C. Sense cap dubte, la presència de la mar fa que les temperatures siguin més suaus a la costa que a l'interior de l'illa. La temperatura de la mar, oscil·la entre els 13°C i els 29°C segons l'època de l'any, i per tant, la mar, suavitza les

*La torrencada del 9 d'Octubre de 2018 al nucli de Sant Llorenç des Cardassar. Causes meteorològiques i anàlisi de la influència antròpica.*

temperatures de les masses d'aire que estan amb contacte amb ella.

Pel que fa a les precipitacions, els mesos més plujosos són Octubre i Novembre, amb precipitacions que oscil·len entre 90 mm i 100 mm de mitjana mensual. En canvi, durant els mesos de Juny i Juliol, les mitjanes de precipitacions són inferiors a 10 mm al mes (Ferrer, F. X. 2018)

Una de les característiques principals del clima mediterrani pel que fa a les precipitacions, és que aquestes poden ser molt intenses i concentrar-se en un curt període de temps. Generalment, aquests episodis de precipitacions, succeeixen durant els darrers mesos d'estiu i els primers mesos de la tardor, que és quan l'aigua de la mar està més calenta i quan també es solen produir entrades d'aire fred en altura com a conseqüència de la "debilitació" de la "Jet Stream". Aquestes dues situacions, són els "ingredients" idonis per a que es produeixin aquest tipus de precipitacions i que a més poden ser molt localitzades i generar inundacions importants.



*Figura 4: Climograma de les precipitacions i les temperatures a l'illa de Mallorca. Font: Tendencias y patrones espacio-temporales de las temperaturas y las precipitaciones en la isla de Mallorca.*

Tal i com podem observar en el climograma anterior, veim com destaquen dues característiques: en

*La torrentada del 9 d'Octubre de 2018 al nucli de Sant Llorenç des Cardassar. Causes meteorològiques i anàlisi de la influència antròpica.*

primer lloc veim com els mesos d'estiu són calurosos, alhora que són també molt poc plujosos. Per altra banda, podem observar com durant la tardor les precipitacions són força destacables tot i que hem de tenir en compte que sovint, els valors de precipitació d'un mes es poden assolir en pocs dies.

## **2.4 CONCA HIDROGRÀFICA**

En el municipi de Sant Llorenç des Cardassar hi trobam bàsicament una conca hidrogràfica que ocupa gairebé tot el municipi. Aquesta conca té una superfície de 78 km<sup>2</sup>. La morfologia de la conca juntament amb els episodis de pluges intenses són les principals causes d'inundacions de la zona. La conca té una forma allargada, amb elevacions superiors als 400m a la seva capçalera. Per ordre de nord a sud: Puig d'Alpara (487m) que connecta amb el puig des Pou Colomer (349), a continuació hi trobam Calicant (476m), que es prolonga a través d'altres cims com el puig den Tard (419m), el turó de sa Moixeta (424m) el puig de ses Llenques (412m) i la muntanya i la muntanyeta de Sos Llulls (391m i 336m). Més pròxims al Torrent de ses Planes, hi trobam el puig Negre i el Telègraf a l'Oest del torrent i el puig de s'Esquerda a l'Est. Tant el torrent de Ses Planes com el torrent de Sa Blanquera neixen prop del nucli de Sant Llorenç i amb elevacions d'altitud considerable als seus voltants. Així doncs, la superfície que drena cap aquests dos torrents es considerable i a més, hi trobam pendents importants, fet que fa que els dos torrents puguin acumular grans volums d'aigua de manera sobtada i que aquesta circuli a gran velocitat.

Tal i com podem observar en la figura 5, la conca té una xarxa hidrogràfica força complexa a la seva capçalera. Com hem dit, les elevacions més importants estan situades al Nord, i els torrents desemboquen a la costa Est. A més, cal destacar que la forma de la conca és més ample en aquesta zona nord i més estreta en la zona costanera. Aquesta forma d'“embut” o “ventall” és un gran factor de risc quan hi afegim precipitacions molt intenses ja que concentra les aigües de manera ràpida. Al disposar d'una superfície major a la capçalera que a la desembocadura, el cabal que pot arribar a dur el torrent pot ser molt elevat. La capçalera de la conca, al ser muntanyosa i disposar de major superfície, va canalitzant l'aigua de tota aquesta superfície en dos torrents principals, el Torrent de Ses Planes i el Torrent de sa Blanquera que a més s'uneixen al nucli de Sant Llorenç des Cardassar. La quantitat de litres per metre quadrat que poden precipitar sobre la superfície nord de la conca és molt elevada, però

*La torrentada del 9 d'Octubre de 2018 al nucli de Sant Llorenç des Cardassar. Causes meteorològiques i anàlisi de la influència antròpica.*

la principal causa del risc elevat d'inundació que té el nucli de Sant Llorenç, és la rapidesa o millor dit, el poc recorregut que té l'aigua de la capçalera per a concentrar-se en un sol torrent (uns 10 Km).

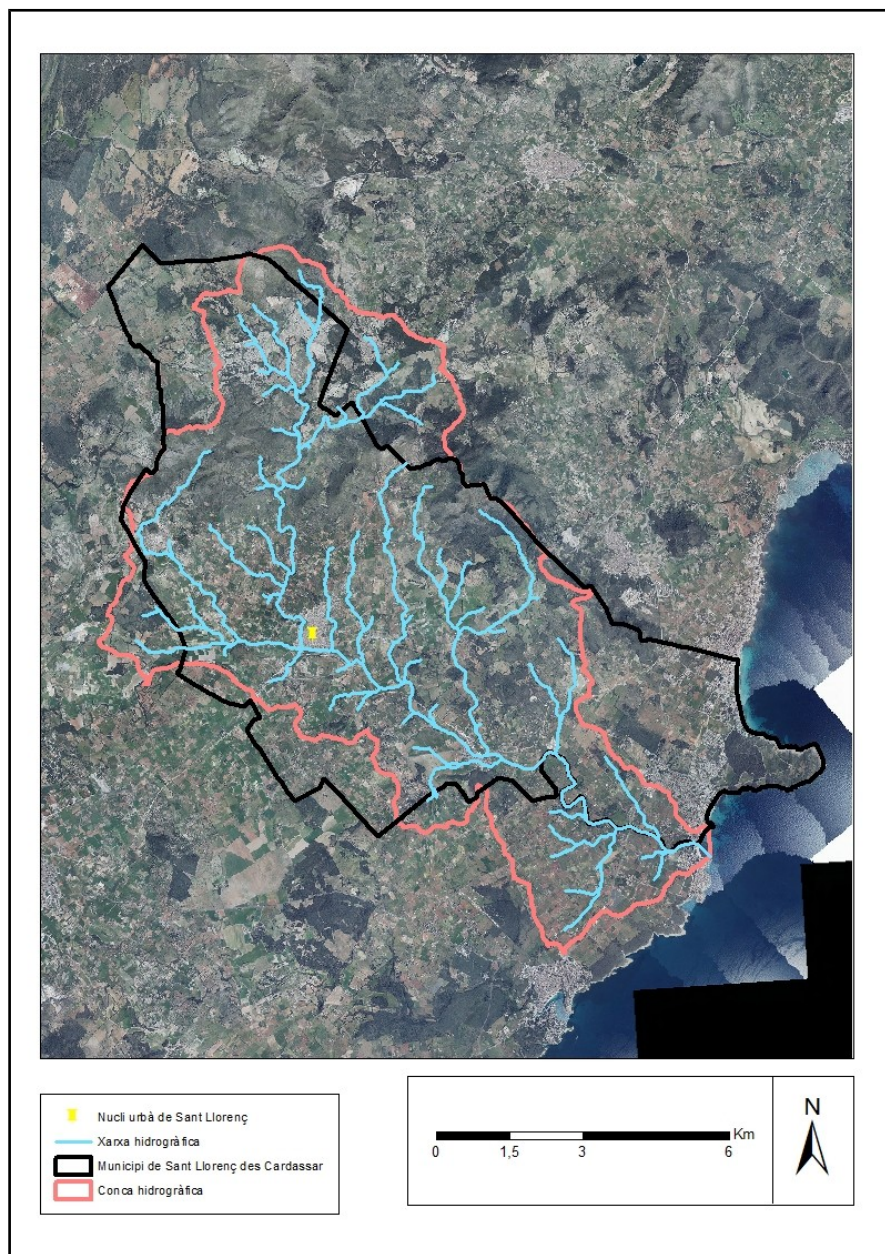


Figura 5. Mapa hidrològic de la conca principal del municipi de Sant Llorenç.

### **3. METODOLOGIA**

Per a la realització del present treball, s'ha duit a terme la següent metodologia.

1. Fase 1: Plantejament d'objectius, recopilació bibliogràfica i estructuració del treball: En aquesta primera fase s'han plantejat els diferents objectius i motivacions que han duit a la realització d'aquest treball. Posteriorment s'ha realitzat una recerca de bibliografia, principalment de articles acadèmics, alguns llibres com l'enciclopèdia de Mallorca i publicacions científiques . Bàsicament s'ha cercat informació sobre les inundacions del llevant de Mallorca del 1989, el nucli de Sant Llorenç i també sobre climatologia de les Illes Balears, inundacions (flash flood) i sistemes de prevenció d'inundacions. A més s'ha establert un index per tal de estructurar el treball de la manera que s'ha trobat més adient.
2. Fase 2 : Delimitació i anàlisi cartogràfic de la zona d'estudi: En aquesta fase s'ha localitzat la zona d'estudi, delimitat la conca i també l'àrea inundada al 2018 que s'ha comparat amb els models de zones inundables del SCNZI.
3. Fase 3: Redacció, anàlisi de resultats i discussió teòrica: A partir de la recerca bibliogràfica i de la realització de cartografia s'han redactat els diferents apartats a més de analitzar-los per tal de extreure'n uns resultats i plantejar així la discussió teòrica. La comparació de les inundacions de l'any 2018 amb les de l'any 1989 ha estat bàsica per poder plantejar la discussió teòrica i poder així proposar algunes mesures preventives per a futurs episodis d'inundacions.



La torrencada del 9 d'Octubre de 2018 al nucli de Sant Llorenç des Cardassar. Causes meteorològiques i anàlisi de la influència antròpica.

#### 4. RESULTATS, CAUSES I CONSEQÜÈNCIES DE LA TORRENTADA

Com hem vist, les precipitacions intenses en un curt període de temps són un fet habitual a les Illes Balears i també a la costa mediterrània peninsular. Tot i així, cal destacar que el 9 d'Octubre es va donar una situació excepcional i molt imprevisible.

En primer lloc, cal fer referència a la situació sinòptica del dia 9 Octubre. Es pot observar en el mapa isobàric en superfície (figura 6) una baixa pressió de 1011 hp situada damunt les Illes Balears, amb un front oclòs al nord d'aquestes. Aquesta baixa pressió no es destacable si la comparam amb les que es poden veure situades al nord est d'Europa, però és suficient per fer arribar vents humits al llevant de les Illes Balears. A més a la figura 7 podem veure com el front passa just per sobre de les Illes Balears a les 00:00 UTC del dia 10 d'Octubre. Per tant, durant el dia 9, aquest front es va anar apropant poc a poc a les Illes Balears, el que creà una situació de forta inestabilitat.

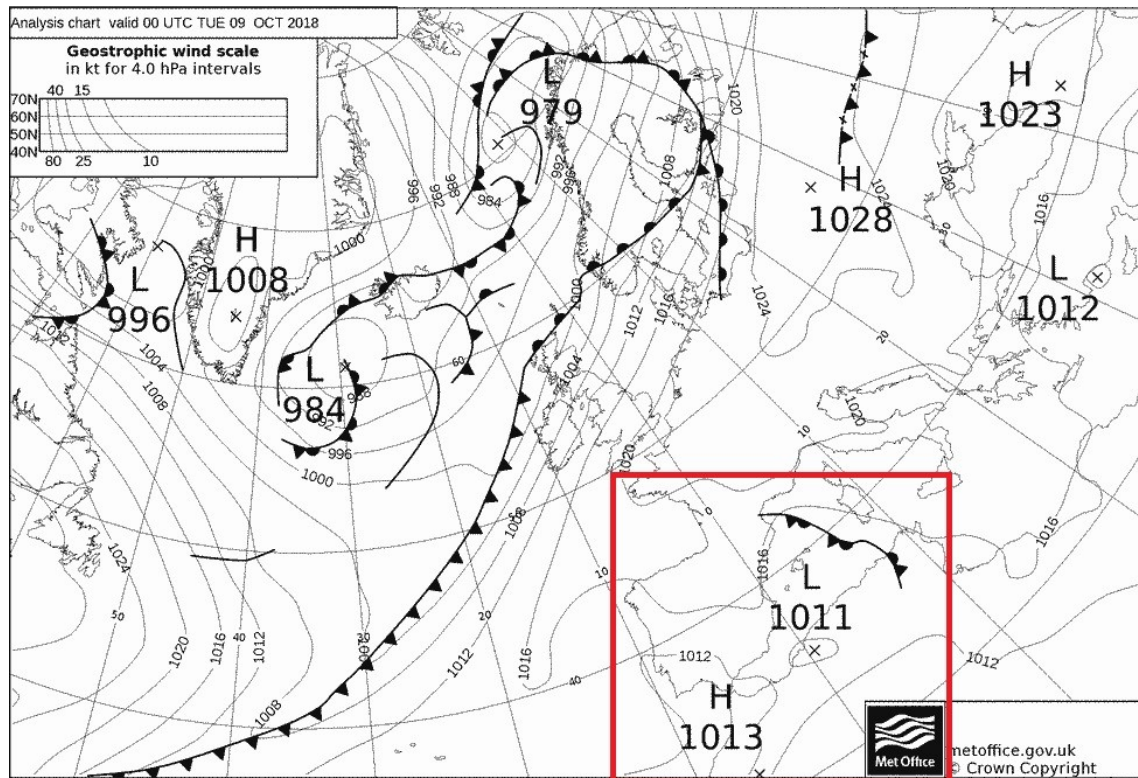
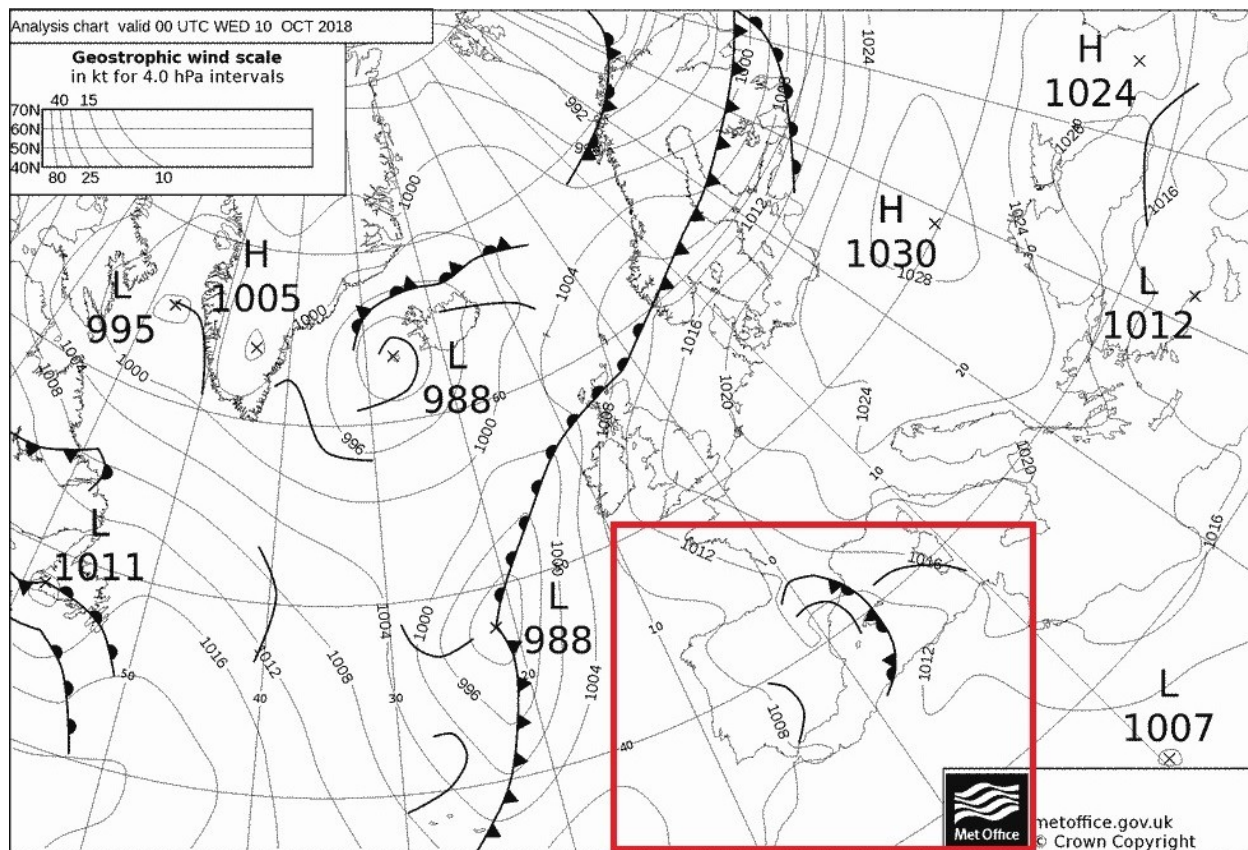


Figura 6: Situació sinòptica de dia 9 d'Octubre a les 00:00 UTC. Font: Wetterzentrale

*La torrencada del 9 d'Octubre de 2018 al nucli de Sant Llorenç des Cardassar. Causes meteorològiques i anàlisi de la influència antròpica.*



*Figura 7: Situació sinòptica de dia 10 d'Octubre a les 00:00 UTC. Font: Wetterzentrale*

Generalment, les fortes precipitacions venen produïdes per cumulunimbus, que són níguls de gran desenvolupament vertical. Per a la formació d'aquests cumulunimbus són necessaris moviments d'aire convectius. Hi ha diversos factors que provoquen aquests moviments convectius (Barceló, 2004):

- Inestabilitat vertical de la massa d'aire
- Aire humit en capes baixes
- Algun element que forci l'ascendència
- Diferències de temperatura entre la superfície i capes més altes

Aquests 4 factors es van donar el dia 9 d'octubre:

En primer lloc, la diferència de temperatura entre les capes baixes de l'atmosfera i les capes altes era suficient per a crear-ne inestabilitat a la massa d'aire, tal i com mostra el mapa d'altura geopotencial (figura 8). Per altra banda, el vent de Llevant aportava humitat i en darrer lloc, les serres de Llevant impulsaren aquest aire humit a ascendir.

La torrencada del 9 d'Octubre de 2018 al nucli de Sant Llorenç des Cardassar. Causes meteorològiques i anàlisi de la influència antròpica.

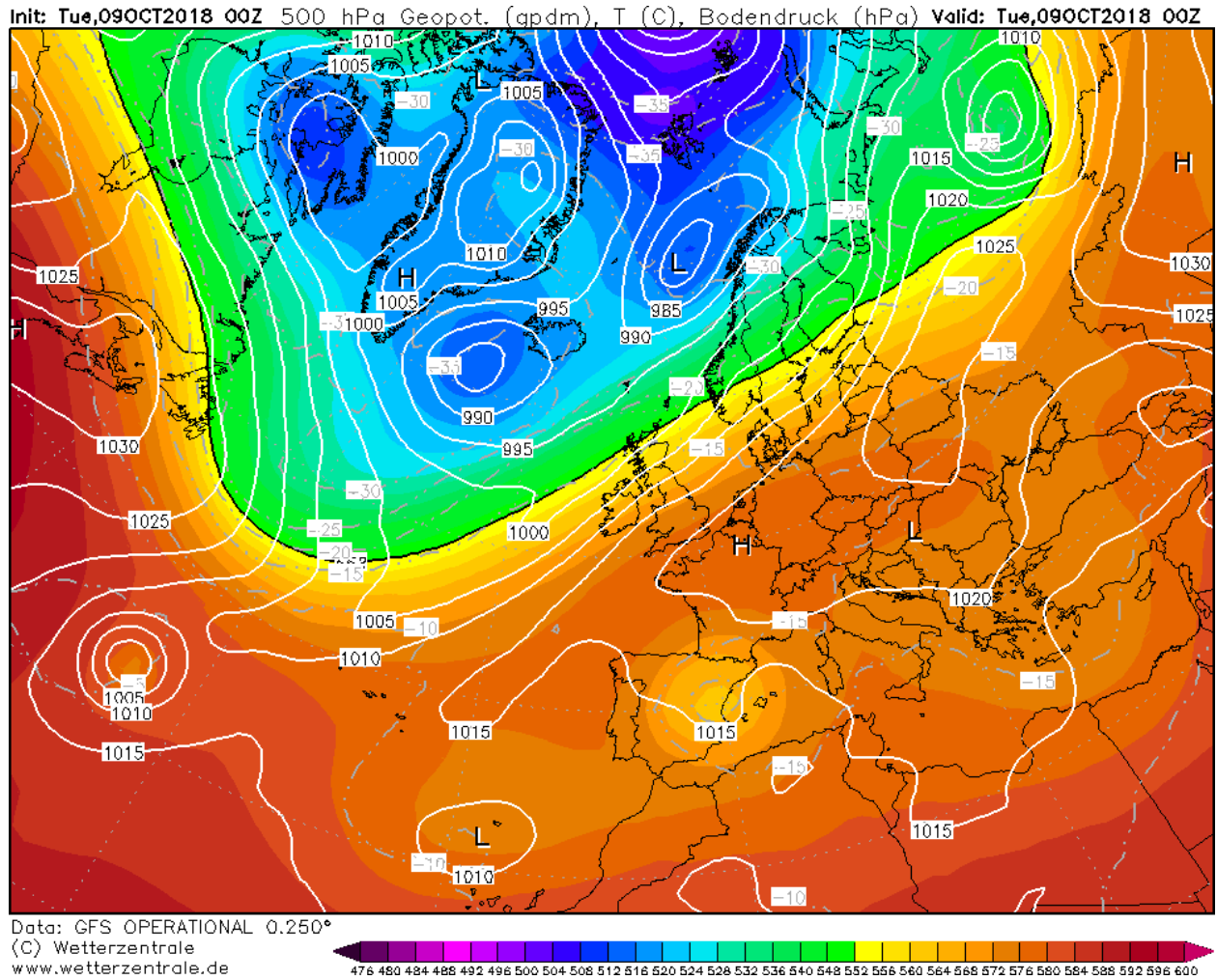


Figura 8. Mapa d'altura geopotencial a 500hpa. Font: wetterzentrale

Normalment, les precipitacions ocasionades per aquests processos convectius solen durar minuts o poques hores i difícilment poden mantenir una intensitat elevada durant tot el temps en que es dona la precipitació. En canvi, les precipitacions del dia 9 d'Octubre van ser molt intenses i durant un període de temps llarg. A continuació podem observar els gràfics de precipitacions de les diferents estacions de la zona.



La torrentada del 9 d'Octubre de 2018 al nucli de Sant Llorenç des Cardassar. Causes meteorològiques i anàlisi de la influència antròpica.

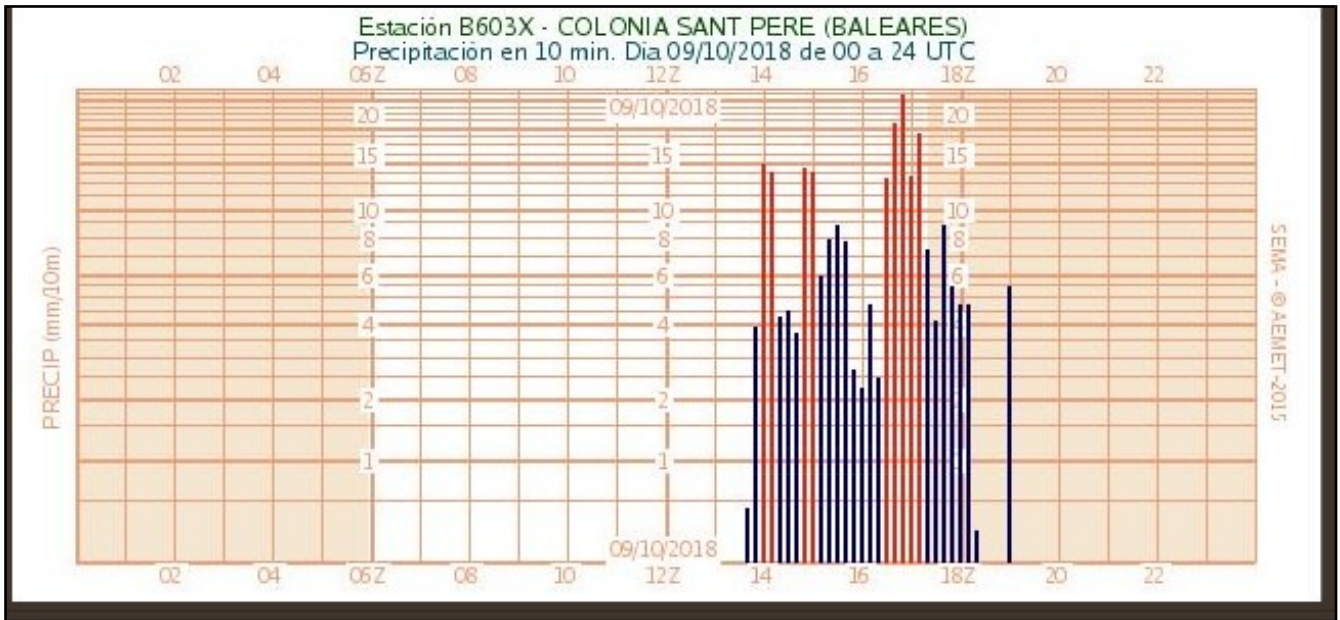


Figura 9. Gràfic de precipitació registrada en l'estació meteorològica de la Colònia de Sant Pere el dia 9 d'Octubre de 2018 entre les 00 i les 24 UTC.

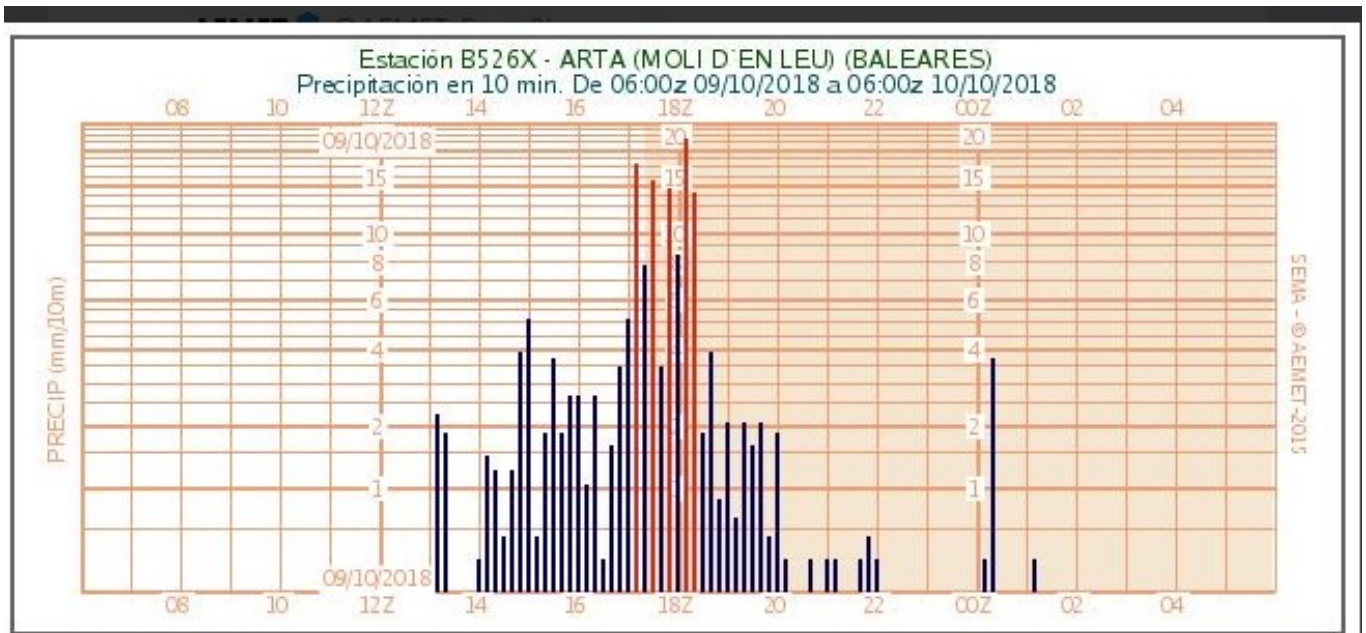


Figura 10. Gràfic de precipitació registrada en l'estació meteorològica d'Artà el dia 9 d'Octubre de 2018 entre les 00 i les 24 UTC.

La torrentada del 9 d'Octubre de 2018 al nucli de Sant Llorenç des Cardassar. Causes meteorològiques i anàlisi de la influència antròpica.

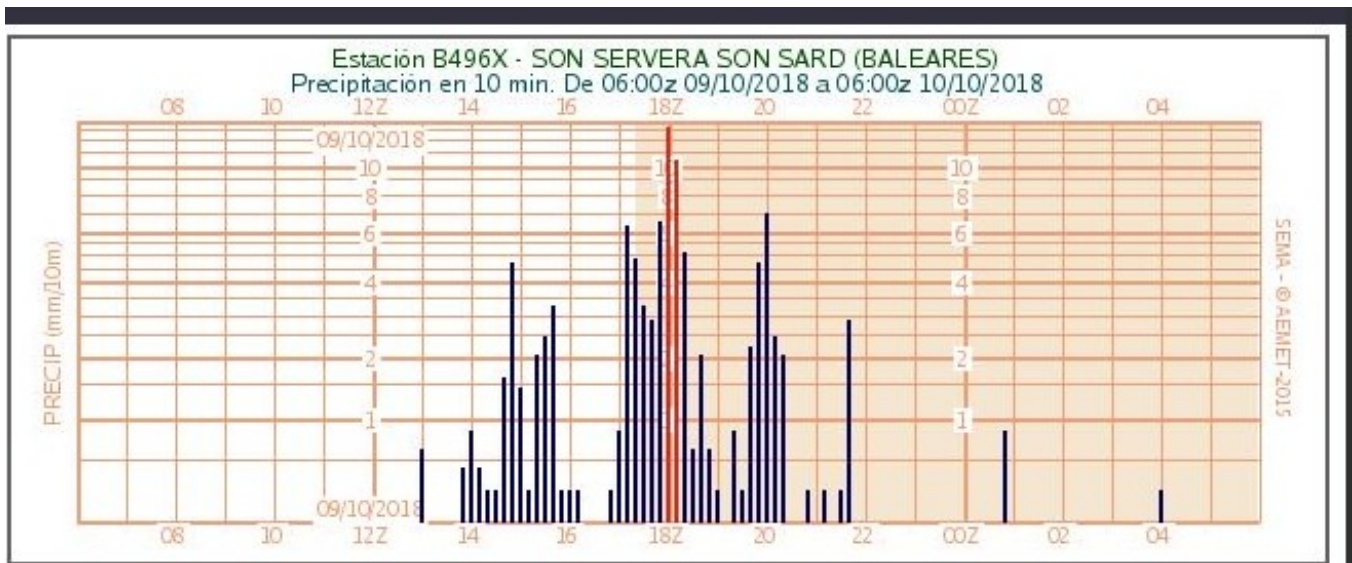


Figura 11. Gràfic de precipitació registrada en l'estació meteorològica de Son Servera el dia 9 d'Octubre de 2018 entre les 00 i les 24 UTC.

La majoria de la precipitació caigué entre les 14:00 i les 20:00 i donant-se els màxims de precipitació al voltant de les 18:00, tot i que en les estacions de Son Servera i Colònia de Sant Pere es pot observar una primera punta de precipitació entre les 14:00 i les 16:00. Cal destacar els màxims de l'estació de la Colònia de Sant Pere i d'Artà, que arribaren a registrar intensitats de quasi 25 l/m<sup>2</sup> en 10 minuts i gairebé superaren els 100 L/m<sup>2</sup> en una hora. Per altra banda, a pobles com Manacor (situat a uns 8,5 km de Sant Llorenç), tan sols hi van ploure 22 l/m<sup>2</sup> en aquella mateixa franja horària.

Així doncs, en vista a la inestabilitat de la situació, l'Agència espanyola de meteorologia (AEMET), va establir diversos avisos i va actuar de la següent manera:

El dia 8 d'Octubre de 2018, l'AEMET va emetre avisos de "Meteoalerta" que venen descrits i classificats al "Plan Nacional de predicción y vigilancia de fenómenos meteorológicos adversos".

Concretament, va emetre avisos de tipus groc per tempestes a totes les Illes Balears entre les 22:00 de dia 8 d'Octubre i les 24:00 de dia 9. A les 16:39 h de dia 9, l'Aemet contacta amb l'112 de les Illes Balears per tal de recopilar informació de rellevància meteorològica, però l'112 comenta que no hi ha hagut cap incidència més que l'impacte de dos llamps. Ja a les 18:30, l'acumulació horària de l'estació automàtica de Colònia de Sant Pere (Artà) ha superat els 50 mm en una hora. A més s'observa una

*La torrentada del 9 d'Octubre de 2018 al nucli de Sant Llorenç des Cardassar. Causes meteorològiques i anàlisi de la influència antròpica.*

estructura convectiva en el radar i l'112 informa que els bombers i policia han hagut d'actuar en algunes carreteres que s'havien inundat.

A les 18:53 h s'augmenta l'alerta groga a taronja en el Nord, Nord Est i Llevant de Mallorca entre aquella mateixa hora i fins les 21:00 ja que s'esperen precipitacions de més de 50 mm en una hora.

A les 22:01 h s'augmenta l'avís a vermell per precipitació acumulada en 12 h de 220 mm en el Nord i Nord Est de Mallorca i fins a les 02:00 h de dia 10.

Segons l'Aemet, l'estació automàtica de la Colònia de Sant Pere va comptabilitzar 233 mm entre les 16 i les 20h, amb un màxim de 90 mm entre les 18:20 h i les 19:20 h .

Per altra banda, l'estació d'Artà va comptabilitzar 157 mm en poc més de 6 h ( 18 h - 22 h) amb un màxim de 71mm entre les 19:20 h i les 20:20 h.

Aquestes importants precipitacions concentrades en poques hores provocaren el desbordament de diversos torrents al llevant de Mallorca. Concretament, el desbordament del Torrent de Ses Planes fou el que provocà els majors danys tant personals com materials. Durant aquest episodi d'inundacions, hi moriren 13 persones (4 en el nucli urbà de Sant Llorenç des Cardassar), la majoria foren sorpreses a casa seva per la revinguda, o quedaren atrapades dins el cotxe al travessar per zones on discorria la torrentada.

El Torrent de Ses Planes neix a uns 10 km al nord del nucli de Sant Llorenç, travessa aquest mateix nucli, passa per Son Carrió i desemboca a la localitat de s'Illot. Durant aquest recorregut de 22 km, diversos afluents es van afegint al torrent de Ses Planes, el més important, el Torrent de Sa Blanquera, s'hi uneix en el seu pas per el nucli de Sant Llorenç des Cardassar. Aquestes característiques hidrogràfiques juntament amb les característiques de la conca com són el pendent, la baixa infiltració en la capçalera de la conca, i la proximitat a la mar de zones amb una elevació considerable, fan que el nucli urbà de Sant Llorenç hi trobem una de les 10 zones de Mallorca catalogades com a inundables segons el Sistema Nacional de Cartografia de Zones Inundables (SNCZI) (figura 12).

La torrentada del 9 d'Octubre de 2018 al nucli de Sant Llorenç des Cardassar. Causes meteorològiques i anàlisi de la influència antròpica.

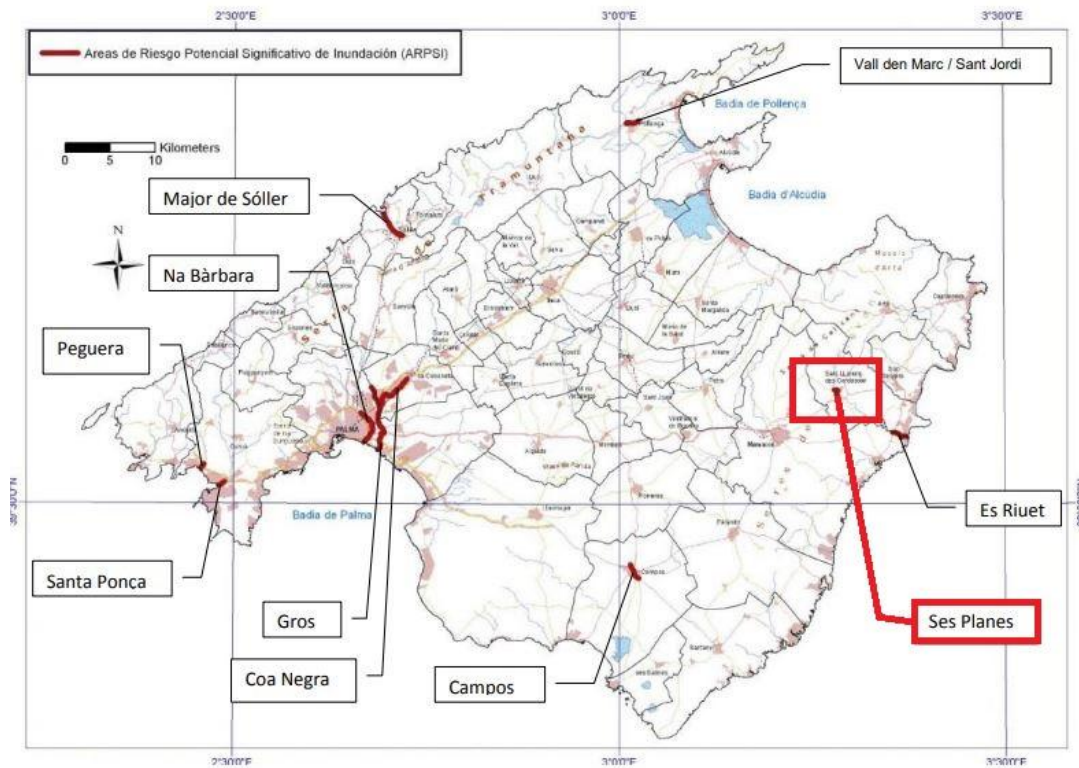


Figura 2 - Àrees de Riscan Potencial Significatiu en la isla de Mallorca.

Figura 12. Àrees de risc potencial significatiu d'inundació. Font: SNCZI

Aquest informe, realitzat l'any 2016, identifica i representa cartogràficament les principals zones inundables del país. Aquesta cartografia, representa les zones inundables en forma de períodes de retorn de revingudes. El període de retorn (T) es defineix com la “freqüència estadística en que es produeix una inundació”. “Es calcula en base a la probabilitat de que un esdeveniment d'una determinada magnitud, pugui ocórrer com a mínim un vegada en un interval de temps determinat.” Així doncs, com major sigui l'interval de temps, major probabilitat hi haurà de que es produeixi una inundació de major magnitud que no pas amb un interval de temps menor.

Per tal de comparar la inundació del nucli de Sant Llorenç amb la cartografia de zones inundables realitzada pel Ministeri, s'ha realitzat el següent mapa on hi podem trobar la demarcació de la zona afectada per la revinguda (realitzada a partir del mapa de l'àrea inundada proporcionat pel departament d'urbanisme de l'Ajuntament de Sant Llorenç des Cardassar) i els diferents períodes de retorn realitzats

*La torrentada del 9 d'Octubre de 2018 al nucli de Sant Llorenç des Cardassar. Causes meteorològiques i anàlisi de la influència antròpica.*

per el SNCZI on T10 és el període de retorn de 10 anys, T100 el de 100 anys i T500 és el de 500 anys.

A més el SNCZI estableix els següents graus de probabilitat segons el període de retorn:

- Zona inundable amb alta probabilitat (T=10 anys)
- Zona inundable d'inundació freqüent (T=50 anys) (aquesta no s'ha afegit al mapa anterior ja que el SNCZI no l'havia realitzat en la zona que s'està analitzant)
- Zona inundable amb probabilitat mitjana o ocasional (T=100 anys)
- Zona inundable amb probabilitat baixa o excepcional (T=500 anys)

Com podem observar en la figura 9, la zona inundada ocupa una superfície similar al model de la T500 realitzat per el SNCZI. Tot i així podem veure com la inundació, afectà alguns carrers i zones que no estaven prevists per cap dels tres models (T10, T100 i T500).



La torrentada del 9 d'Octubre de 2018 al nucli de Sant Llorenç des Cardassar. Causes meteorològiques i anàlisi de la influència antròpica.

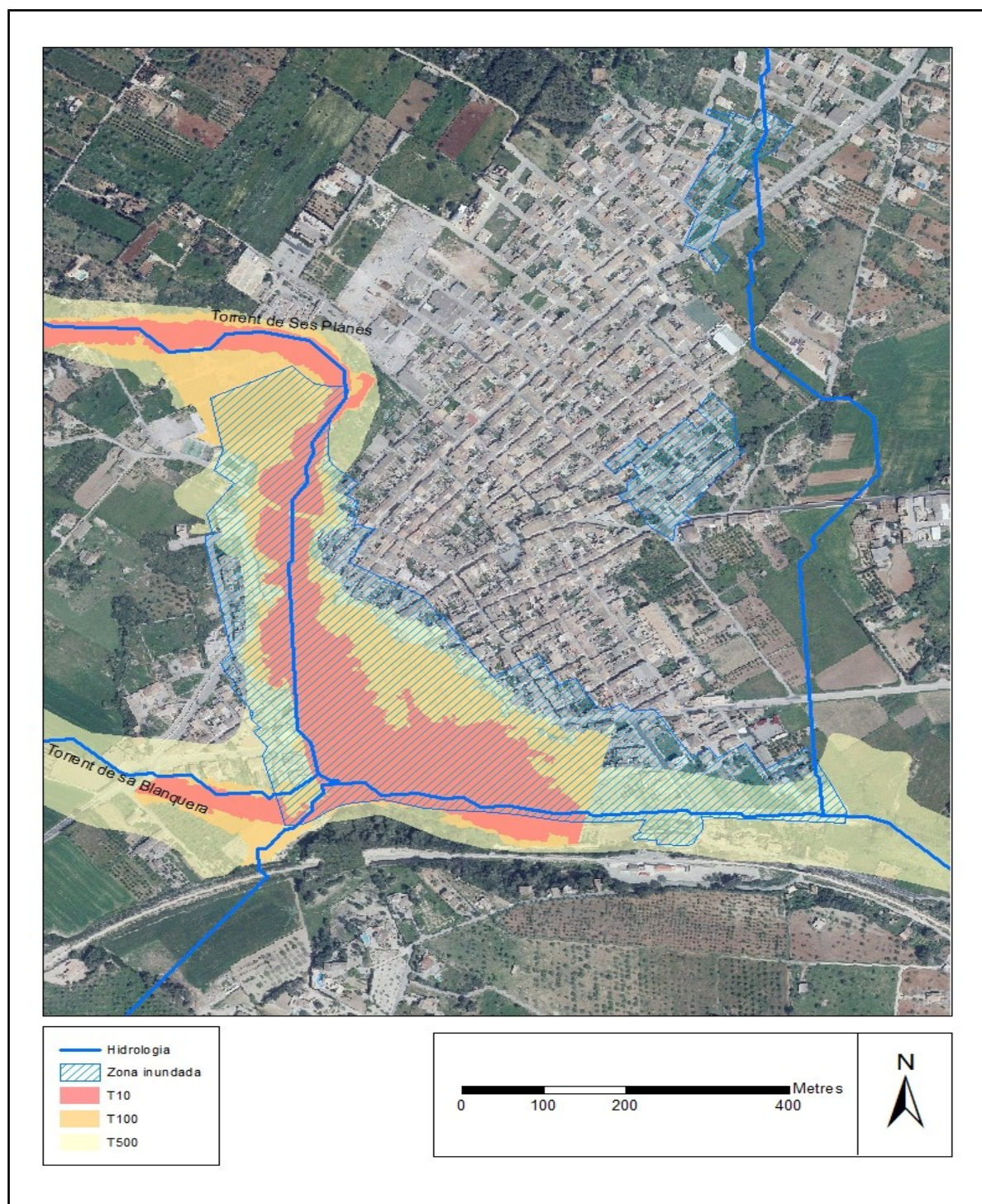


Figura 13. Mapa de les zones amb risc d'inundació i de la zona inundada

Així doncs, la inundació va afectar a unes 19,9 ha del nucli urbà, el que suposa un 38 % del total del nucli.

*La torrentada del 9 d'Octubre de 2018 al nucli de Sant Llorenç des Cardassar. Causes meteorològiques i anàlisi de la influència antròpica.*

## **5. DISCUSSIÓ TEÒRICA. Influència del factor humà en la torrentada i propostes de millora per a futurs episodis.**

L'episodi de pluges del 9 d'Octubre de 2018 al llevant de Mallorca fou excepcional i difícilment previsible. La situació meteorològica de dia 9 d'Octubre de 2018 a les Illes Balears, era clarament una situació de inestabilitat atmosfèrica i on hi trobàvem tots els “ingredients” per a que es produïssin pluges torrencials molt localitzades i difícils de preveure amb hores d'antelació. L'AEMET va establir l'avís groc per precipitacions intenses per al dia 9 d'Octubre, i no va ser fins que la torrentada ja s'estava produïnt (al voltant de les 19:00) que s'incrementà el nivell d'alerta a taronja i posteriorment, quan la torrentada ja s'havia produït (al voltant de les 22:00) s'incrementà l'alerta a vermella. En la figura següent podem veure de color vermell els 5 punts que hi trobam en el nucli de població i que van ajudar a que la torrentada es dividís per diversos carrers, ja que aquests van fer obstaculitzar l'aigua. Per altra banda, de color groc està assenyalat el punt on s'uneixen el Torrent de Ses Planes i el Torrent de Sa Blanquera. A més també es pot veure la direcció que va seguir l'aigua per dins els carrers del nucli urbà.



La torrentada del 9 d'Octubre de 2018 al nucli de Sant Llorenç des Cardassar. Causes meteorològiques i anàlisi de la influència antròpica.

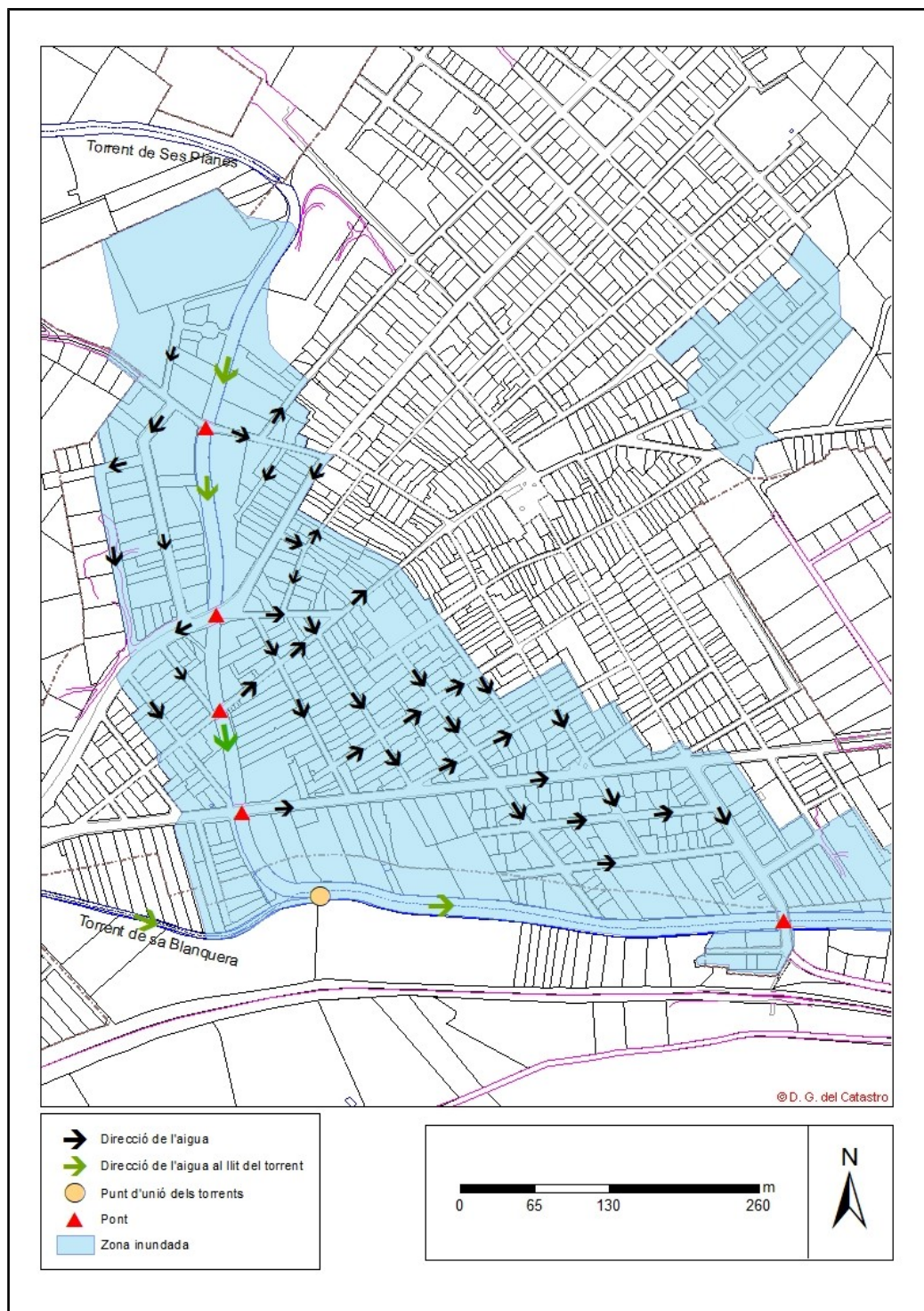


Figura 14. Direcció que va seguir l'aigua durant la torrentada i principals punts conflictius. Font: Ajuntament de Sant Llorenç des Cardassar i elaboració pròpia



*La torrentada del 9 d'Octubre de 2018 al nucli de Sant Llorenç des Cardassar. Causes meteorològiques i anàlisi de la influència antròpica.*

Segons estimacions aparegudes a diaris, el cabal del torrent de ses planes arribà fins quasi 700 m<sup>3</sup>/s, quan el llit només en pot assolir uns 180 com a màxim, per tant, el desbordament del torrent era inevitable.

El desbordament dins el nucli urbà va començar al camp de futbol, tot i que ja venia desbordat des d'abans. El camp de futbol va quedar completament anegat i seguidament va anar ocupant carrers. Els ponts (insuficients per el cabal que duia el torrent) i algunes edificacions van fer d'obstacles que provocaren la divisió de la torrentada i per tant, van fer que ocupés més superfície. El cabal era tant important i la velocitat de l'aigua tan elevada, que fins hi tot hi havia carrers on l'aigua els hi venia dels dos costats o carrers on l'aigua pujava carrer amunt quan no trobava sortida. A alguns carrers, l'aigua arribà fins als dos metres d'alçada, i van assolir cabals de fins a 75 m<sup>3</sup>/s al carrer Lepanto o 70 m<sup>3</sup>/s al carrer Rei Sanç (Grimalt 2019).

La característica més important que va assolir la tempesta, fou la seva duració: durant unes 4h es va quedar estancada damunt del municipi de Sant Llorenç. L'estancament de la tempesta fou la conseqüència d'una retroalimentació continua (precipitava i es formava contínuament), produïda pels processos convectius que s'han explicat en l'apartat anterior. Tot i l'estancament de la tempesta durant 4h, segons Grimalt (2019), només van ser necessàries 1h i mitja i uns 150 l/m<sup>2</sup> per a provocar l'"onada" que va desbordar el torrent. A més, així com moltes de les inundacions tenen un punt màxim de cabal i als poc minuts van tornant a la normalitat, la torrentada del 9 d'octubre trigà més de l'habitual en tornar a un cabal que pogués assolir el llit del torrent, ja que les intensitats de precipitació es van mantenir durant diverses hores, inclús quan el torrent ja s'havia desbordat.

Aquest fet tant localitzat era molt difícil de preveure amb els mitjans tecnològics d'avui en dia. Tot i així són diverses les mesures preventives que s'haguessin pogut prendre i que s'haurien de tenir present en el futur davant situacions de risc com la que hi havia dia 9 d'Octubre al Llevant de Mallorca. En primer lloc, cal destacar que l'any 1989 es va viure una situació similar, amb conseqüències humanes i materials i, per tant, aquesta hauria d'haver servit com a punt de partida per establir protocols de prevenció en casos d'alerta per precipitacions intenses. A més, des de l'any 2016 es disposa de cartografia de les principals zones inundables del país. Tot i la incertesa del que podia passar

*La torrentada del 9 d'Octubre de 2018 al nucli de Sant Llorenç des Cardassar. Causes meteorològiques i anàlisi de la influència antròpica.*

dia 9 d'Octubre, no hauria de ser un motiu suficient per a no prendre mesures preventives per a reduir les possibles conseqüències d'una torrentada i més tenint una cartografia i una localització de les zones amb major risc potencial d'inundació.

Es difícil d'entendre que després de tantes inundacions que hi ha hagut a l'illa de Mallorca al llarg de la història, encara no haguem après a conviure amb el risc. Al igual que en alguns països que tenen un elevat risc de terratrèmols, com es el cas de Japó, han après a conviure amb el risc educant a la població i creant infraestructures que poden aguantar perfectament els terratrèmols o establint sistemes d'evacuació, per què no s'ha fet el mateix a Espanya i concretament a Mallorca amb l'important risc d'inundació que hi trobam en algunes zones? De fet, dóna la sensació que quan es parla amb testimonis de les inundacions del 1989, ho veuen com un fet excepcional i que es gairebé impossible que torni a passar o que ells ho puguin tornar a viure, i per tant li lleven importància a les mesures que s'haurien de prendre. De fet, en certa manera es normal que si un fet no succeeix amb freqüència li llevem importància i ens plantejem si val la pena realitzar una inversió de temps i diners en intentar paliar les conseqüències d'aquest fet que no sabem si tornarem a veure.

Personalment, quan parlam de vides en perill, no s'ha de llevar importància a cap fet, i menys si es coneix que el perill és elevat, per tant, s'haurien de prendre les mesures necessàries per poder pal·liar-ne els possibles efectes.

En el cas de les inundacions del 9 d'Octubre, coneixent les zones de major risc i la situació d'instabilitat i l'alerta groga que havia establert l'AEMET, s'haguessin pogut dur a terme algunes mesures preventives com:

- Prohibir aparcar a les zones més pròximes al torrent
- Tallar els carrers més propers als torrents, així com ponts i zones més perilloses.

Aquestes dues mesures senzilles, probablement haguessin evitat que molts de cotxes fossin arrossegats per la crescuda. Els vehicles i els arbres arrancats per la crescuda es van acumular en alguns punts, fent de tap al curs que seguia l'aigua, i impactant i fent malbé diverses infraestructures, a més de ser un perill per a la població.

Altres mesures que es podrien prendre són de caire més general i poden requerir una inversió important de temps i diners. Aquestes podrien ser:

- Conscienciar, educar i donar a conèixer el risc d'inundació per a la població que habita en zones

*La torrentada del 9 d'Octubre de 2018 al nucli de Sant Llorenç des Cardassar. Causes meteorològiques i anàlisi de la influència antròpica.*

inundables.

- Establir un pla d'evacuació per a cada zona amb risc potencial d'inundació
- Inserir un sistema d'alerta per tal de poder avisar a la població, amb la major antelació possible, davant una crescuda del cabal del torrent.

Que la població conegui el risc és bàsic alhora de saber com actuar en el cas d'una revinguda, així com conèixer cap a on dirigir-se per estar més segur. A més, amb la tecnologia de la que disposam actualment, es podria crear un sistema d'alerta d'inundacions per tal d'avisar a la població en el cas d'una revinguda. Per exemple, es podria crear una aplicació de mòbil que ens informés de les alertes amb situacions de precipitacions intenses que podrien desbordar torrents, amb un avís instantani davant una crescuda i poder així tenir major temps de reacció que el que tenim avui en dia. Aquests sensors, podrien emetre un senyal quan la revinguda assolís un nivell determinat i per tant tothom que tengués l'aplicació podria estar informada de la situació.

Els torrents de les Illes Balears son curts i amb un pendent considerable i per tant, el temps de reacció davant una revinguda és molt petit. Per aquest motiu, el telèfon mòbil seria un bon sistema d'avis així com una senyal acústica en els principals nuclis de població. També es podria inserir un sistema d'avis de tipus sonor, amb diversos altaveus que advertissin a la població en cas de que fos necessària una evacuació

## **5.1 CORRECCIÓ DE TORRENTS PER A DISMINUIR LA VELOCITAT DE L'AIGUA.**

Una de les principals causes de la gravetat de la torrentada del 9 d'Octubre fou la velocitat a la que circulava l'aigua. Els importants pendents a la capçalera de la conca i en concret el pendent del torrent de Ses Planes va fer que la torrentada arrassés tot el que trobava al seu camí. Per tant, aplicar mesures per a reduir la velocitat de l'aigua davant revingudes, pot ser una bona manera de reduir les conseqüències d'una torrentada.

A l'estudi "Obras hidráulicas para la corrección de torrentes", José Manuel Díez Hernández proposa dos sistemes per a reduir la velocitat de l'aigua dins el llit del torrent.

- Construcció de dies de consolidació: Consisteix en la col·locació de dies dins el llit del torrent, que frenin el flux d'aigua.
- Construcció de llandars de fons: Consisteix en l'esglaonament del llit del torrent. D'aquesta

manera es redueix el pendent i per tant la velocitat a la que circula l'aigua.

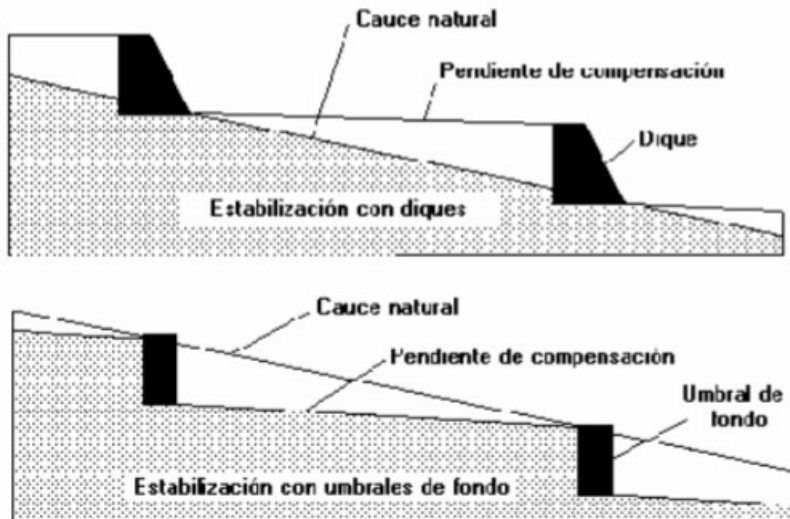


Figura 15. Correcció de torrents. Dics de consolidació i dics de compensació

Partint de la base de que la canalització dels torrents redueix la infiltració de l'aigua i n'augmenta la velocitat, seria interessant aplicar algunes d'aquestes mesures correctores per tal de reduir-ne la velocitat i minimitzar els efectes d'una inundació. De les dues opcions que proposa Hernández, J, la d'escalonar el torrent Ses Planes hauria de ser una opció a tenir en compte. Tot i que s'haurien de realitzar diversos estudis, ja sigui d'impacte ambiental o de com afectaria l'obra al transport de sediments. Aquesta mesura s'ha adoptat amb èxit a diversos zones de Catalunya i França a més de molts altres llocs del món.

## 6. CONCLUSIONS

Les característiques del clima mediterrani fan que tant les Illes Balears com la costa mediterrània peninsular siguin propenses a precipitacions intenses que poden provocar inundacions. L'ocupació de les planes al·luvials fa que a la majoria d'aquestes zones inundables hi trobem edificacions i infraestructures, com és el cas de Sant Llorenç.

El 9 d'Octubre de 2018 es va viure una situació meteorològica excepcional que va provocar greus inundacions a diversos indrets del llevant de Mallorca. El nucli de Sant Llorenç fou el més afectat i tot hi haver eixamplat el torrent després de les inundacions del 1989, aquestes modificacions no van ser

*La torrentada del 9 d'Octubre de 2018 al nucli de Sant Llorenç des Cardassar. Causes meteorològiques i anàlisi de la influència antròpica.*

suficients per suportar els quasi 700 m<sup>3</sup> /s que s'estimen que van arribar a circular. Els ponts, inevitablement van obstaculitzar l'aigua, i aquesta es va endinsar per els carrers del poble fins a ocupar un 38 % del nucli de població.

Tot i haver sofert dues inundacions de magnituds extraordinàries en 30 anys de diferència i tenir una cartografia de les zones amb major risc d'inundació, ni els habitants ni les infraestructures estaven preparades per suportar una torrentada d'aquestes magnituds. Així doncs, aquest esdeveniment, ha de servir per plantejar que podem fer per pal·liar els efectes d'inundacions futures. Lògicament, no es pot evitar que ploquin 150 l/m<sup>2</sup> amb una hora i mitja, però si es pot implantar un protocol d'evacuació, mesures preventives, implantar un sistema d'alerta o conscienciar (educar) a la població del risc que suposa viure a les proximitats del torrent. El que va passar dia 9 d'octubre, fou una desgràcia, i tothom va actuar i va reaccionar de la millor manera possible, però tot i així, amb aquest treball, m'agradaria haver deixat la porta oberta a plantejar si es va actuar de la manera més eficaç i sobretot què podem fer davant futures torrentades d'aquesta magnitud per tal de pal·liar al màxim les seves conseqüències.

## **7. AGRAÏMENTS**

La realització d'aquest treball de final de grau, ha estat sens dubte un llarg i satisfactori camí que ha necessitat també d'un gran esforç. Durant aquesta darrera experiència com a estudiant de geografia, voldria agrair a tots els que m'han donat suport i m'han motivat en la realització d'aquest treball. En primer lloc, voldria agrair al meu tutor Celso García per el seu suport i atenció davant els dubtes que m'han anat sorgint, i també voldria valorar el bon tracte que ha tengut amb mi. També voldria agrair als meus pares (Jaume Escanellas i Mercè Mora) i als meus germans (Jaume Escanellas i Mercè Escanellas) a na Francina Velasco, i als meus amics i companys de classe per el seu continu suport que m'han donat durant la realització d'aquest treball i també durant tot el meu procés universitari. En darrer lloc, voldria agrair a na Marina Velasco per la seva implicació, proporcionant-me articles i cartografia realitzada per l'Ajuntament de Sant Llorenç des Cardassar que tan útils han estat.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- Barceló, J. (2004). Les inundacions del 6 de setembre de 1989 a Mallorca.
- Ferrer, F. X. (2018). Tendencias y patrones espacio-temporales de las temperaturas y las precipitaciones en la isla de Mallorca.
- Grimalt, M., & Rodríguez-Perea, A. (1989). Cabals màxims al Llevant i Migjorn de Mallorca durant les revingudes del setembre de 1989. *Treballs de Geografia, Departament de Ciències de La Terra, Universitat de Les Illes Balears.*, 42, 7–18.
- Grimalt, M. (2019). La torrentada d'octubre de 2018 a Sant Llorenç: causes, cabals i processos. Conferència 29/04/2019 a l'Espai 36, Sant Llorenç des Cardassar.
- Hernández, J.M. (2007). Obras Hidráulicas para la Corrección de Torrentes. Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias. ETSIIAA., (m), 1–12.
- Promomallorca Edicions, S.L.(1991).Gran enciclopèdia de Mallorca (volum 15, 370-396). Inca. Promomallorca.
- Santos Burguete, C., Homar Santaner, V., Jansà Clar, A., & Romero March, R. (2018). Sistemas de predicción por conjuntos en el Mediterráneo. *La Física Del Caos En La Predicción Meteorológica*, 531–550. <https://doi.org/10.31978/014-18-009-x.32>
- Promomallorca Edicions, S.L.(1991).Gran enciclopèdia de Mallorca (volum 15, 370-396). Inca. Promomallorca.

*La torrentada del 9 d'Octubre de 2018 al nucli de Sant Llorenç des Cardassar. Causes meteorològiques i anàlisi de la influència antròpica.*

## **FONTS ELECTRÒNIQUES**

- Agència Catalana de l'Aigua. Enllaç:

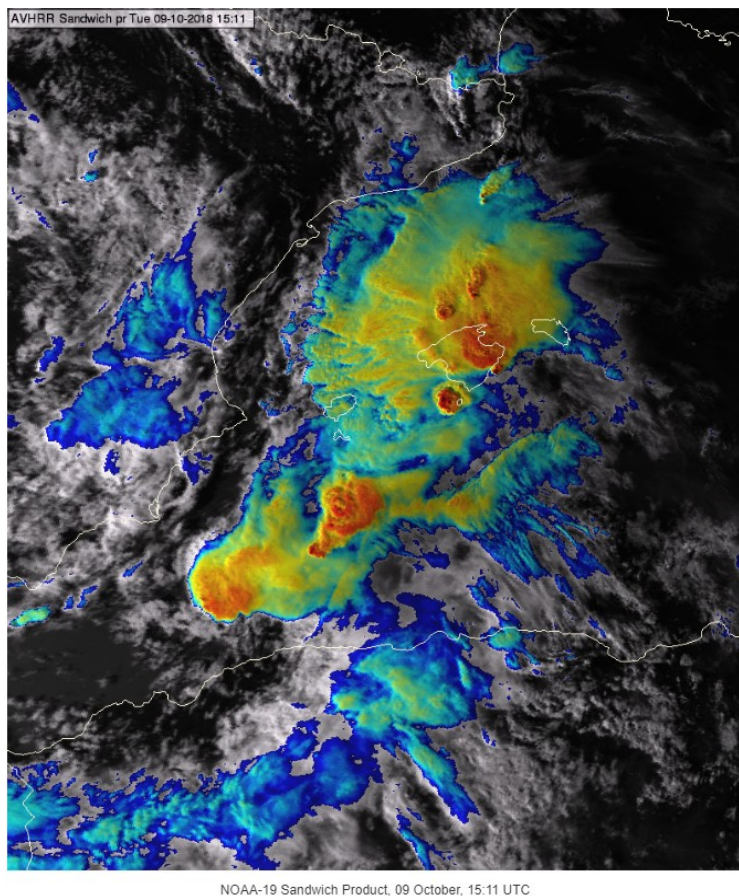
[http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/publicacions/espais\\_fluvials/inundabilitat/inundabilitat.htm](http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/publicacions/espais_fluvials/inundabilitat/inundabilitat.htm)

- Ajuntament de Sant Llorenç des Cardassar. Enllaç: <https://www.santllorenc.es/ca>

- Visor del Sistema Nacional de Cartografia de Zonas Inundables (SNCZI). Enllaç: <https://sig.mapama.gob.es/snczi/visor.html?herramienta=DPHZI>

- Wetterzentrale. Enllaç: <https://www.wetterzentrale.de/>

## **9. ANNEXES**



*Figura 16. Imatge del radar NOAA el dia 9 d'Octubre a les 15:11 UTC. Font: Wetterzentrale*



La torrentada del 9 d'Octubre de 2018 al nucli de Sant Llorenç des Cardassar. Causes meteorològiques i anàlisi de la influència antròpica.

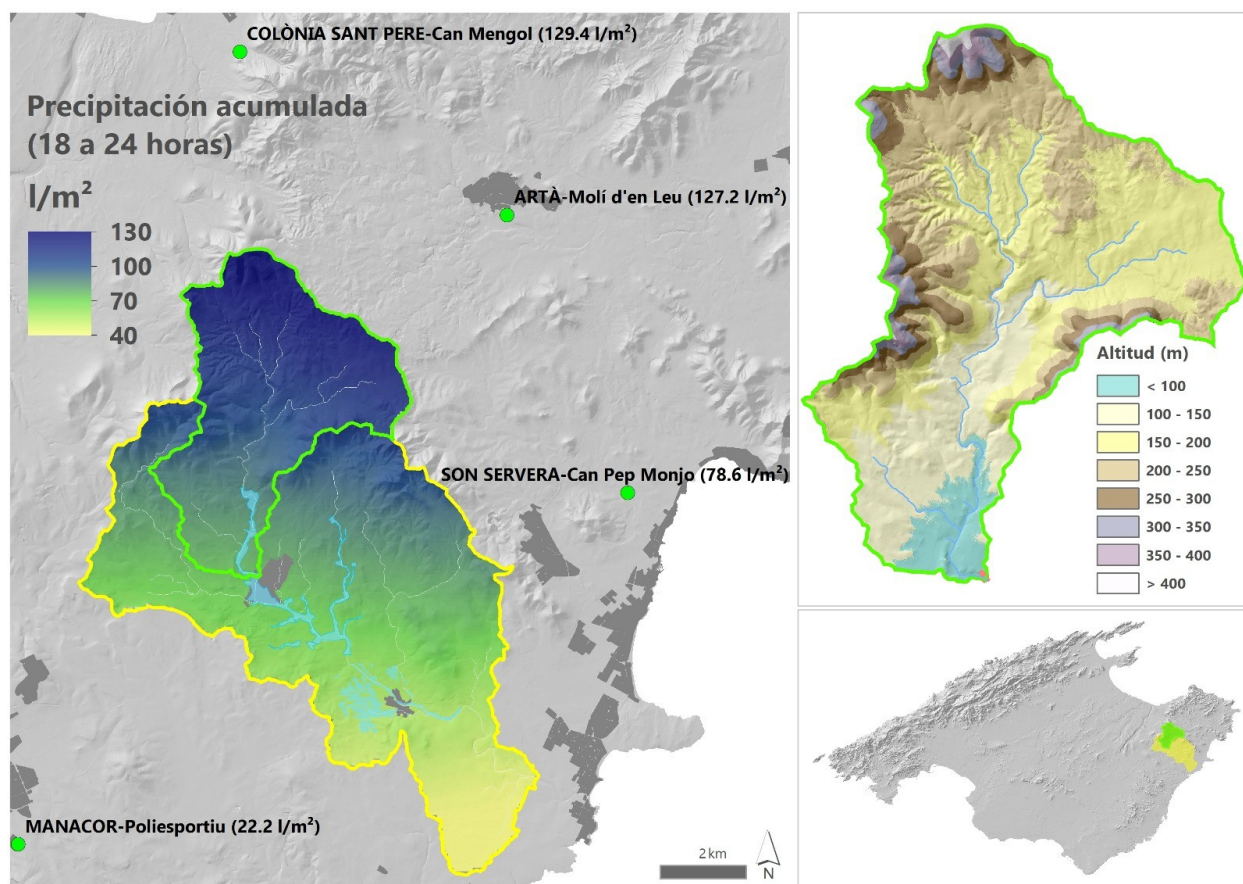


Figura 17. Interpolació de dades segons les precipitacions registrades.



*La torrentada del 9 d'Octubre de 2018 al nucli de Sant Llorenç des Cardassar. Causes meteorològiques i anàlisi de la influència antròpica.*



*Figura 18. Imatge d'una casa afectada on es pot apreciar el nivell que va assolir l'aigua. Font: Elaboració pròpia.*