



PREMIS SERRA DE TRAMUNTANA D'INVESTIGACIÓ

Estudis sobre el Patrimoni Mundial de la Serra de
Tramuntana

Teledetecció i amidament
de marges i marjades
de pedra en sec de la
serra de Tramuntana

Gabriel Garcies Ramon

Comitè d'Experts i Expertes de la Serra de Tramuntana

Valoració de la comissió d'avaluació

Treball molt ben fet que pot ajudar a establir una metodologia indirecta per ajudar a l'avaluació dels marges i les marjades de la Serra de Tramuntana, un dels seus valors patrimonials més importants. Es sustenta en la premissa que les marjades de la ST estan fets majoritàriament amb la tècnica de pedra en sec.

Aquesta proposta permet obtenir resultats prou fiables que aporten dades bàsiques per a l'anàlisi de la construcció històrica del paisatge de la Serra i la seva evolució morfològica. Entre els aspectes més destacats hi ha la possibilitat de calcular les dimensions del conjunt de quilòmetres de marges existents a la serra, i serà aplicable en projectes de restauració dels marges millorant la planificació dels recursos i, per tant, la seva eficiència.

Útil tant per a la protecció del bé (inventari de sistemes de marjades) com per a la gestió i conservació del patrimoni mundial (eficàcia).

**Teledetecció i amidament de marges i marjades
de pedra en sec de la serra de Tramuntana**

Premis Serra de Tramuntana d'investigació 2024

Gabriel Garcies Ramon

Agraïments

A n'Aitor, en Juan, na Laia, en Marc i en Mateu pel seu suport i assessorament durant el transcurs d'aquesta investigació.



Índex de continguts

AUTORIA I TEMÀTICA	3
INTRODUCCIÓ	5
METODOLOGIA EMPRADA PER A LA RECERCA	9
a. Passos per a la representació dels marges i el càlcul de longituds	
b. Passos per al càlcul de l'alçada i la superfície vertical dels marges	
c. Passos per a la representació de les marjades i el càlcul de superfícies	
RESULTATS	15
a. Longitud dels marges	
b. Alçada dels marges	
c. Superfície vertical dels marges	
d. Superfície de les marjades	
e. Errors detectats	
CONCLUSIONS	26
REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES	28
GLOSSARI	30



AUTORIA I TEMÀTICA

Autoria

Gabriel Garcies Ramon (Palma, 1991). Geògraf especialitzat en tecnologies de la informació geogràfica

Temàtica

Aquest és un estudi enfocat a la detecció i obtenció de paràmetres descriptius dels marges i les marjades mitjançant la utilització de sistemes d'informació geogràfica (d'ara endavant, SIG). Per tant, es tracta d'una recerca que s'emmarca en una de les línies de treball suggerides per les bases dels premis Serra de Tramuntana d'investigació 2024: les construccions de pedra en sec.

L'objectiu diferencial d'aquesta recerca consisteix en el disseny d'una cadena automatitzada de processos per detectar i mesurar les dimensions dels marges i les marjades de la serra de Tramuntana. És coneguda l'existència d'antics treballs de catalogació i amidament de camps marjats (FERRER GARCIA, 1996), però en el dia d'avui es desconeix l'existència d'estudis que hagin aconseguit automatitzar aquest procés de càlcul amb eines de SIG. Els mètodes tradicionals de catalogació dedicaven una quantitat de personal i de temps al treball de camp que en disparava els costos. El treball que es presenta vol aconseguir resultats similars amb una dedicació de recursos significativament inferior.



INTRODUCCIÓ

La idea original de l'estudi sorgí fa uns mesos arran de converses habituals amb companys i amics que es dediquen a la professió de marger. El fet de viure en un poble al bell mig de la serra de Tramuntana, envoltat de l'arquitectura i de persones que es dediquen als oficis tradicionals d'aquest indret, em feu plantejar la possibilitat de calcular les dimensions del conjunt de quilòmetres de marges existents a la Serra. De seguida vaig pensar que, amb els meus coneixements acadèmics i el meu bagatge professional, era capaç de proposar-me un repte d'aquest abast. Posteriorment sorgí la convocatòria dels premis Serra de Tramuntana d'investigació 2024 i fou quan –finalment– vaig animar-me a començar a treballar amb la idea que havia sorgit un horabaixa qualsevol entre amics.

S'estima que aquest tipus de construcció centenària assoleix la xifra de 20.000 km lineals, tenint només en compte la serra de Tramuntana, xifra que equival a la longitud de la faraònica Gran Muralla xinesa.

Degut a l'escàs marge de temps de la convocatòria, des d'un principi s'optà per acotar els primers assajos a una àrea d'estudi reduïda, si bé en tot moment s'ha treballat amb la idea de replicar aquesta metodologia a altres indrets del territori per fer extensiva la investigació a escala municipal, comarcal o, fins i tot, d'illa.

L'àrea d'estudi en qüestió és una finca coneguda amb el nom de na Bernadeta que s'ubica al nord-est del nucli urbà d'Esporles (coordenades geogràfiques: 39°40'04.4"N 2°34'59.3"E). Compta amb un edifici noucentista al seu interior i recentment se n'han recuperat els marges per cultivar-hi vinyes amb finalitats comercials.

Concretament, la finca està formada per nou parcel·les cadastrals en sòl rústic i té una superfície total de 10,51 Ha (excloent-ne la part boscosa). Les referències cadastrals de les parcel·les seleccionades són les següents:

- Referència cadastral: 07020A00500039
- Referència cadastral: 07020A00500040
- Referència cadastral: 07020A00500041
- Referència cadastral: 07020A00500042
- Referència cadastral: 07020A00500046
- Referència cadastral: 07020A00500058
- Referència cadastral: 07020A00500059
- Referència cadastral: 07020A00500103
- Referència cadastral: 07020A00500112

A continuació es presenta el mapa amb la delimitació de l'àrea d'estudi. Val a dir que tota la cartografia que s'adjunta en aquest document, amb motiu de facilitar-ne la interpretació, ha estat impresa amb una rotació de 270° en relació amb el nord geogràfic.

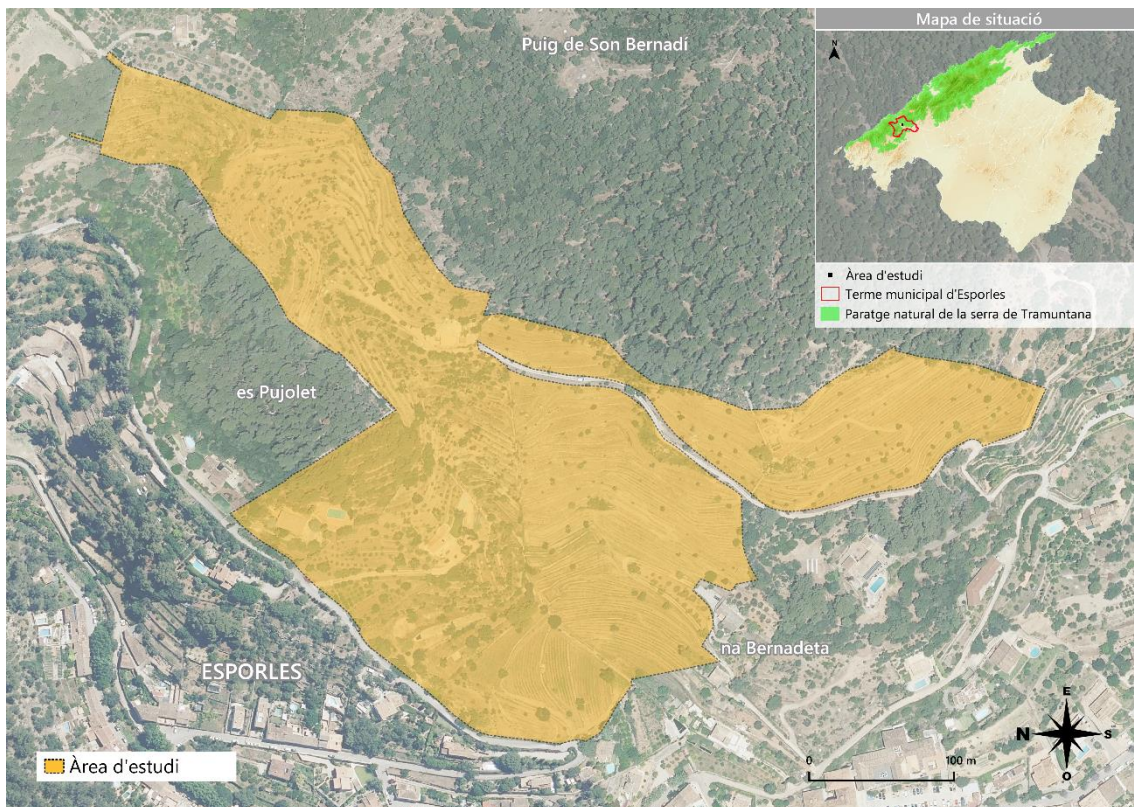
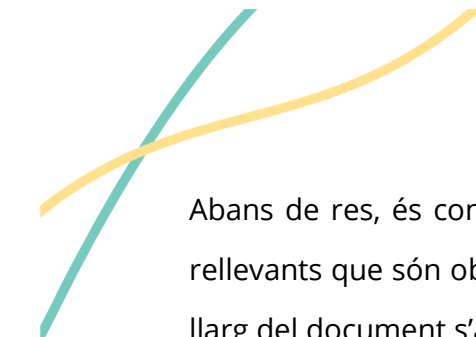


Figura 1. Mapa de l'àrea d'estudi

Font: elaboració pròpia



Abans de res, és convenient donar una definició precisa dels dos conceptes més rellevants que són objecte d'estudi d'aquesta investigació: el marge i la marjada. Al llarg del document s'aniran repetint aquests dos termes i és important acotar-ne el significat. El *Diccionari d'agricultura de les Illes Balears* els defineix així:

- **Marge (m).** *Paret feta de pedres, generalment en sec, que serveix per contenir la terra d'una feixa o marjada i evitar les esllavissades.*
- **Marjada (f).** *Porció de terra limitada per un marge.*

Una vegada definits els termes objecte d'estudi, és el moment oportú per introduir els objectius de la investigació:

1. Detectar els marges de l'àrea d'estudi a través d'eines de teledetecció
2. Delimitar les marjades existents entre els marges detectats
3. Calcular la longitud dels marges
4. Calcular l'alçada dels marges
5. Calcular l'extensió vertical dels marges
6. Calcular l'extensió de les marjades

Les variables que es pretenen calcular es poden interpretar visualment a la Figura 2:

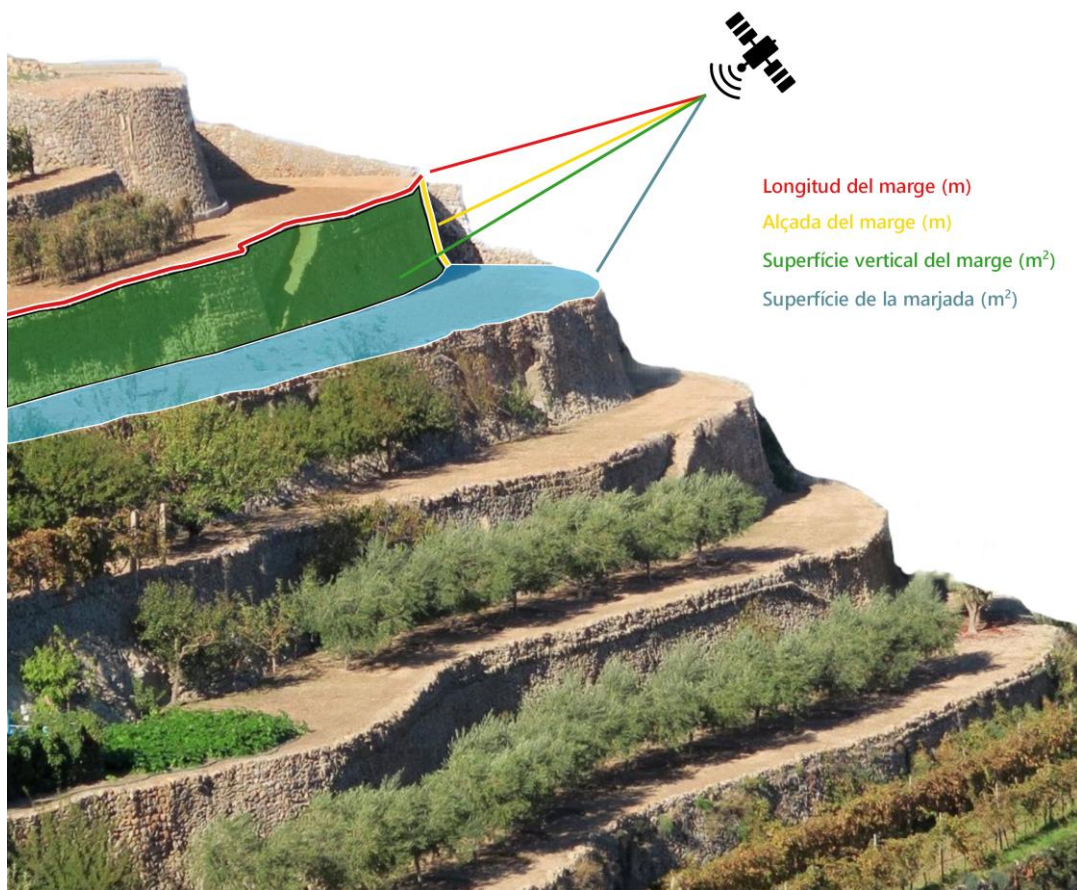


Figura 2. Imatge d'un paisatge de marges i de marjades amb les quatre variables a calcular

Font: elaboració pròpia

METODOLOGIA EMPRADA PER A LA RECERCA

La metodologia emprada durant el projecte s'emmarca en l'ús de tecnologies de la informació geogràfica. Les dades originals, les eines emprades i el processament dels resultats finals (numèrics i gràfics) s'han duit a terme en un entorn de treball de SIG.

El paquet de dades de partida forma part d'un tipus de dades d'alta precisió en l'àmbit de l'anàlisi territorial: els núvols de punts del terreny obtinguts a partir de sensors aerotransportats i equipats amb tecnologia LiDAR (*Light Detection and Ranging*). Aquesta tecnologia permet crear models digitals del terreny amb un grau de detall que fins fa poc era difícil d'imaginar, fet que suposa una revolució del sector geoespacial en termes de precisió i reducció de costos, fins al punt que existeixen paquets de dades obertes (disponibles per a tothom) de molt fàcil accés. Per aquest motiu, s'ha escollit aquesta classe de dades com a punt de partida, ja que la disponibilitat gratuïta de dades d'alta precisió sumada a l'ús de programari SIG lliure permetia tirar endavant un projecte amb cost zero. Plantejar-se una recerca com aquesta sense la disponibilitat d'aquest tipus de dades, en canvi, hauria estat realment complicat.

L'organisme, o la font de dades, que proporciona el núvol de punts és l'Institut Geogràfic Nacional (IGN), en el marc del Pla Nacional d'Ortofotografia Aèria (PNOA). La imatge en qüestió correspon al segon vol de cobertura del PNOA (2019), que ofereix una densitat mínima d'entre 0,5 i 2 punts/m².

El programari seleccionat per tractar les dades i processar els resultats ha estat QGIS –el programa lliure de referència dels SIG–, que funciona com una llibreria d'eines de visualització, tractament i emmagatzematge de dades geogràfiques. S'han utilitzat eines de QGIS corresponents a tres models de dades diferents: els núvols de punts, el ràster i el vectorial. Durant el procés d'anàlisi les dades originals han de

passar per diverses fases de transformació: del format LiDAR original al format ràster i, finalment, al format vectorial.

El procés metodològic d'aquest estudi s'estructura en tres fases:

- a. Passos per a la representació dels marges i el càlcul de longituds
- b. Passos per al càlcul de l'alçada i la superfície vertical dels marges
- c. Passos per a la representació de les marjades i el càlcul de superfícies

a. Passos per a la representació dels marges i el càlcul de longituds

En posar en marxa la cadena de geoprocessos dissenyada per a aquest cas d'estudi, és necessària la transformació inicial de les dades originals per tal de convertir el núvol de punts (en format LiDAR) a format ràster. Abans, però, s'hi aplica un filtre que permet destriar els punts que representen el sòl nu de la resta (la vegetació, les edificacions...).

Una vegada s'ha transformat el núvol de punts a format ràster, s'obtenen dos models digitals del terreny (d'ara endavant, MDT): un model amb informació sobre l'elevació (model digital d'elevacions; d'ara endavant, MDE), en metres sobre el nivell del mar, i un model amb informació sobre el pendent del terreny (model digital de pendents; d'ara endavant, MDP), en graus sexagesimals. Els valors continguts dins del núvol 3D s'emmagatzemen en cel·les ràster (també anomenades *píxels*) amb una resolució espacial d'1 metre i, tot i que així es perden les propietats tridimensionals, s'aconsegueix un arxiu tècnicament més escaient per treballar i dur a terme les anàlisis previstes.

Tot seguit es procedeix a transformar els MDT per fer el pas d'un model de dades ràster a un model de dades vectorial. En el cas de l'MDE es du a terme la conversió per mitjà d'una eina que interpola els valors d'altitud emmagatzemats en píxels i traça línies que connecten els punts que comparteixen un mateix valor d'altitud

(isolínies), mètode utilitzat per representar les corbes de nivell en cartografia. Les línies resultants representen els marges de l'àrea d'estudi.

Abans de donar el resultat per definitiu, però, també es converteix l'MDP a un arxiu vectorial de polígons en què un píxel ràster equival a un polígon amb la mateixa resolució espacial que el format d'origen (en aquest cas, 1 metre). L'arxiu resultant permet creuar la informació de pendents per refinar els resultats de les línies de marges obtingudes en el pas anterior. D'aquesta manera es poden identificar, per tal d'eliminar-les, les línies que coincideixen amb extensions de terreny de pendent suau on difícilment hi ha un marge (les parets dels marges registren pendents propers als 90 °).

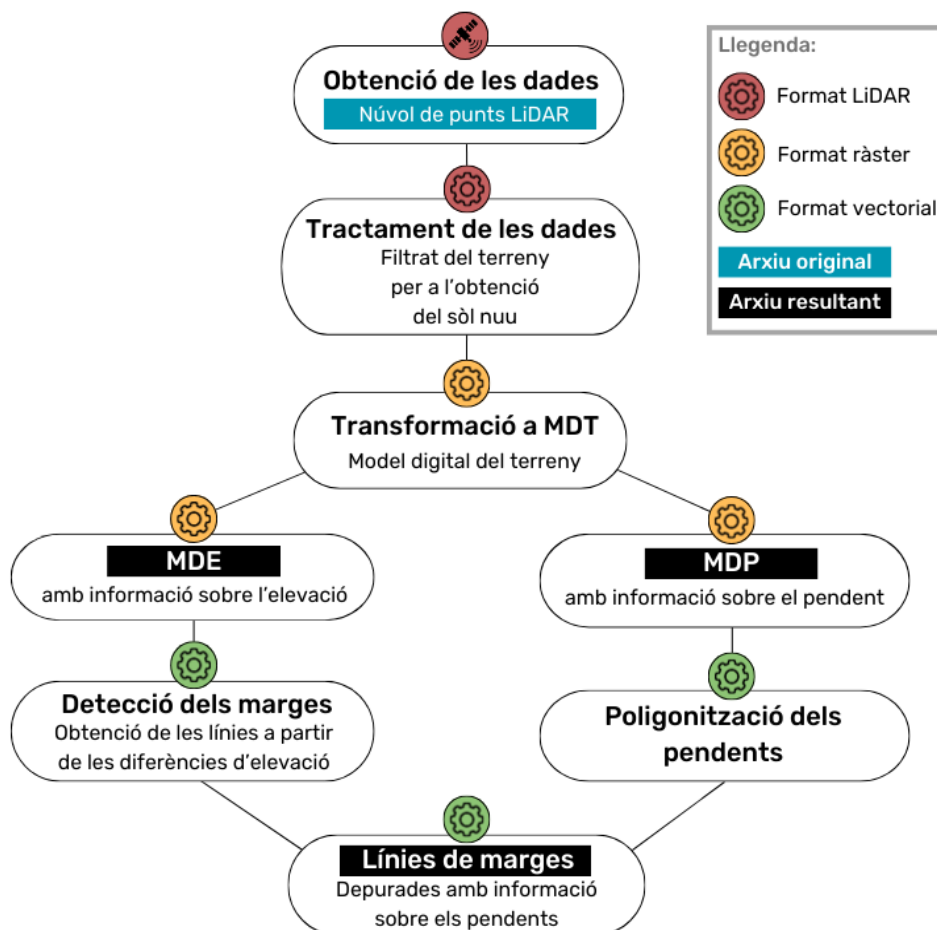


Figura 3. Model conceptual del primer apartat metodològic

Font: elaboració pròpia

b. Passos per al càlcul de l'alçada i la superfície vertical dels marges

Una vegada representades les línies i extrets els seus valors longitudinals, en el segon apartat metodològic es calculen les dimensions dels marges pel que fa a l'alçada, així com també l'extensió vertical dels marges –dada, aquesta darrera, que s'obté a partir del creuament dels resultats obtinguts sobre la longitud i l'alçada.

El procés consisteix a comparar les diferències entre els valors d'elevació a banda i banda de la línia que defineix un marge. S'empra, per tant, un mètode que estudia les relacions de veïnatge de les cel·les de l'MDE pròximes als marges.

Per dur a terme aquest pas és necessària una nova transformació. En aquest cas, es converteixen en polígons (poligonització vectorial) les cel·les de l'MDE i s'obté com a resultat una quadrícula amb valors d'elevació. Tot seguit aquests polígons es converteixen en punts a partir d'una eina que extreu el centroide de cadascun fins a obtenir una malla densa de punts amb valors d'elevació.

Paral·lelament es traça un conjunt d'àrees d'influència (o *buffers*) al voltant de les línies dels marges, que serviran per seleccionar els punts (centroides amb valors d'elevació) més pròxims a cada marge. La selecció s'obté per mitjà d'una operació de geoprocessament anomenada intersecció espacial.

Per calcular l'alçada dels marges es formulen un seguit de sentències en llenguatge SQL (*Structured Query Language*) que calculen els valors mitjans d'elevació de les àrees d'influència a cada banda del marge. Els resultats obtinguts expressen la diferència d'elevació entre la base i la part superior del marge, la qual cosa pot traduir-se en l'alçada de cadascun d'aquests.

A continuació i comptant amb els valors de longitud i d'alçada dels marges (en metres), es calcula la superfície vertical dels marges, és a dir, l'extensió que ocupen verticalment els blocs de pedres superposats. Aquesta és la tercera i darrera dada que es pot extreure dels marges, molt útil per conèixer la quantitat de material

necessari per construir-los. Aquesta variable s'aconsegueix amb el sol fet de crear la informació dels metres de longitud i els metres d'alçada.

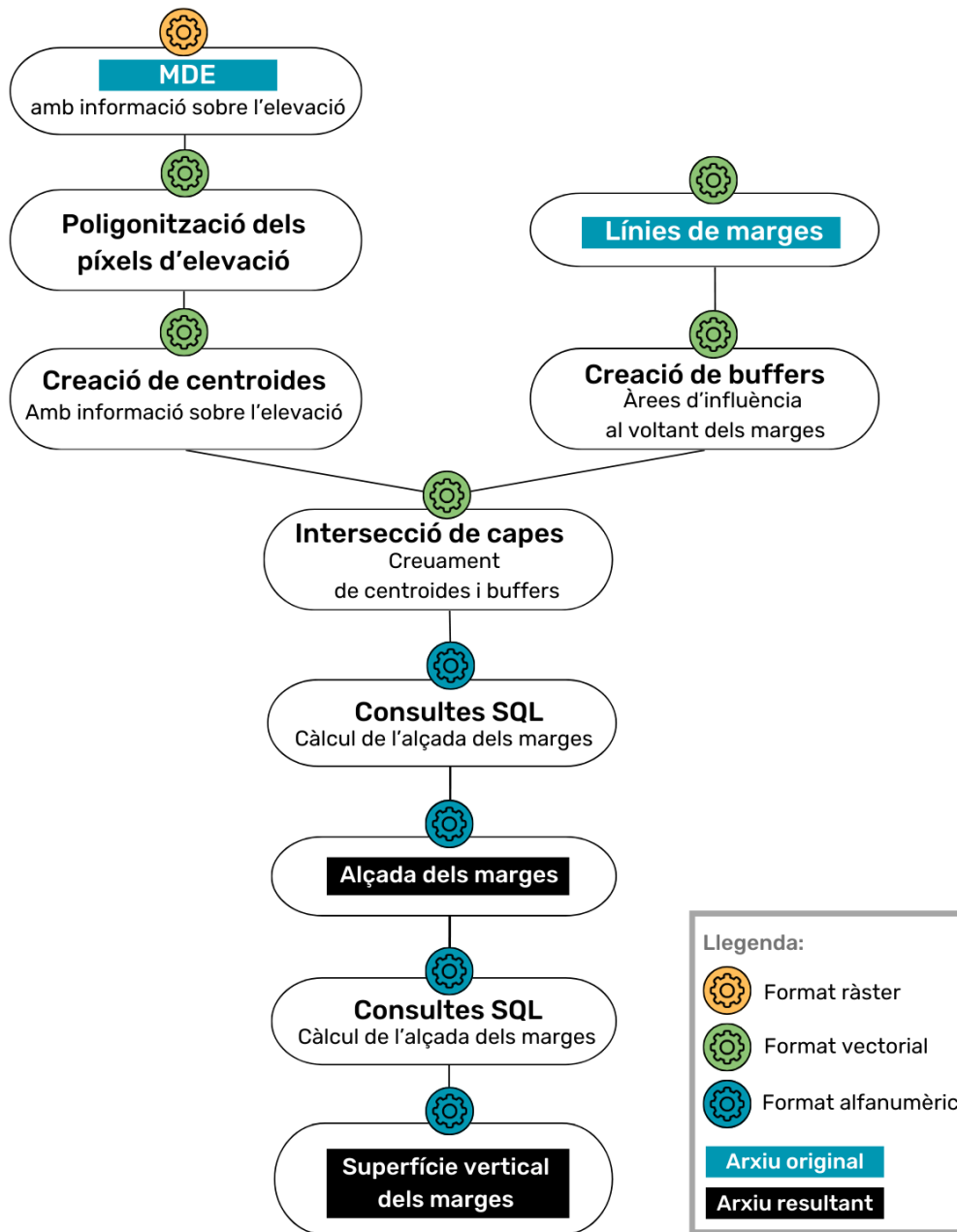


Figura 4. Model conceptual del segon apartat metodològic

Font: elaboració pròpia

c. Passos per a la representació de les marjades i el càlcul de superfícies

El tercer apartat metodològic se centra en el càlcul de la superfície útil cultivable entre els marges: les marjades. L'operació consisteix a creuar les línies dels marges amb l'àrea d'estudi escollida (un element poligonal) i el resultat és la fragmentació de l'àrea d'estudi segons la distribució de les línies obtingudes amb el primer apartat metodològic. No obstant això, en aquest procés de retall s'inclou un conjunt de línies (observades mitjançant una fotografia aèria d'alta resolució) que no són pròpiament marges, sinó que corresponen a altres elements del territori que actuen com a barrera natural o artificial a l'hora de desplaçar-se per les marjades. Així, el resultat és un mosaic de terrasses fraccionat en funció de la configuració dels marges i d'altres elements –arquitectònics o naturals–, a partir del qual es poden calcular les superfícies, estudiar-ne la distribució i avaluar-ne la continuïtat espacial sense obstacles.

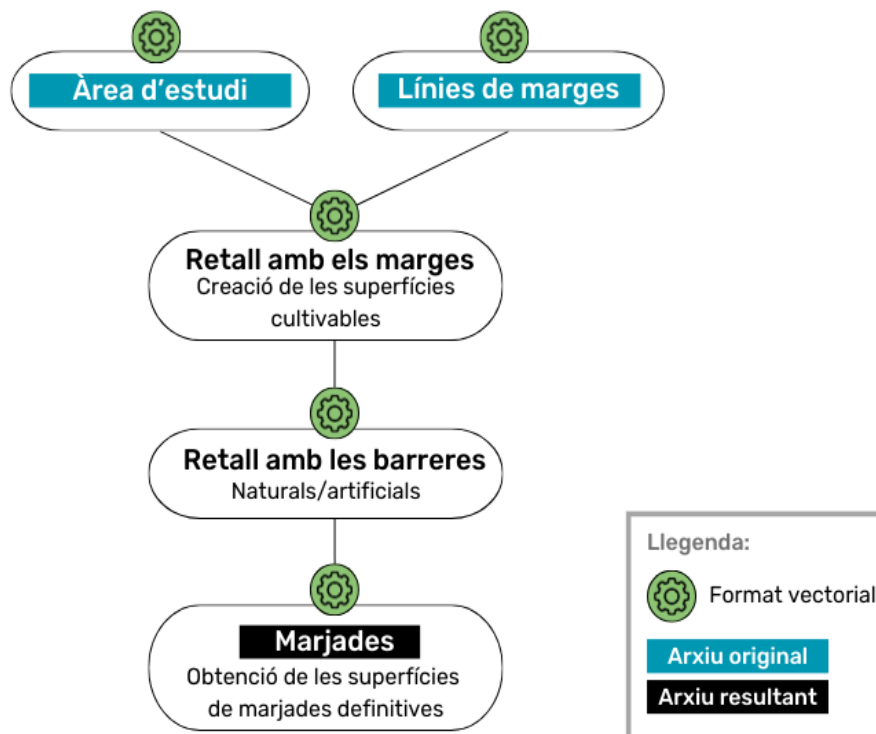


Figura 5. Model conceptual del tercer apartat metodològic

Font: elaboració pròpia

RESULTATS

Els resultats d'aquest treball es presenten estructurats en quatre blocs, en funció de la naturalesa de les dades obtingudes en cada cas. Dins de cada bloc es presenten la cartografia i les dades numèriques que agrupen els resultats més destacats de cada variable. Els quatre blocs s'estructuren així:

- a. Longitud dels marges
- b. Alçada dels marges
- c. Superfície vertical dels marges
- d. Superfície de les marjades
- e. Errors detectats

D'entrada, s'escau comentar que s'han identificat un total de 90 marges amb continuïtat sobre el terreny. Aquests elements lineals són l'element principal de representació cartogràfica i, en funció de cada variable, apareixen representats segons els seus valors i una llegenda associada als rangs de valors de cadascuna d'elles.

a. Resultats sobre la longitud dels marges

Una vegada identificats i representats espacialment els marges mitjançant el procés explicat en el primer apartat metodològic, s'ha calculat la longitud, una dada força rellevant per fer-se una idea de l'envergadura de la finca objecte d'estudi.

En aquest sentit, s'ha obtingut un resultat total de 18,51 km lineals de marges, repartits en un total de 90 estructures marjades contínues.

A banda d'obtenir la xifra que indica el total de quilòmetres de marges, es considera interessant representar cada marge segons la seva longitud individual per distingir a simple vista els marges amb major i menor continuïtat lineal.

En el mapa següent s'observa com els marges del centre de la finca, que tracen recorreguts curvilinis i que passen a prop de les edificacions, han estat identificats amb longituds superiors als 400 metres (representats de color vermell). Els marges situats als extrems de l'àrea d'estudi, representats amb color gris i verd, són els de recorregut menor. Això es deu al fet que aquests marges topen amb els límits de la finca o amb barreres naturals i/o artificials que, en el moment de la seva construcció, impediren fer-los créixer en aquella direcció.

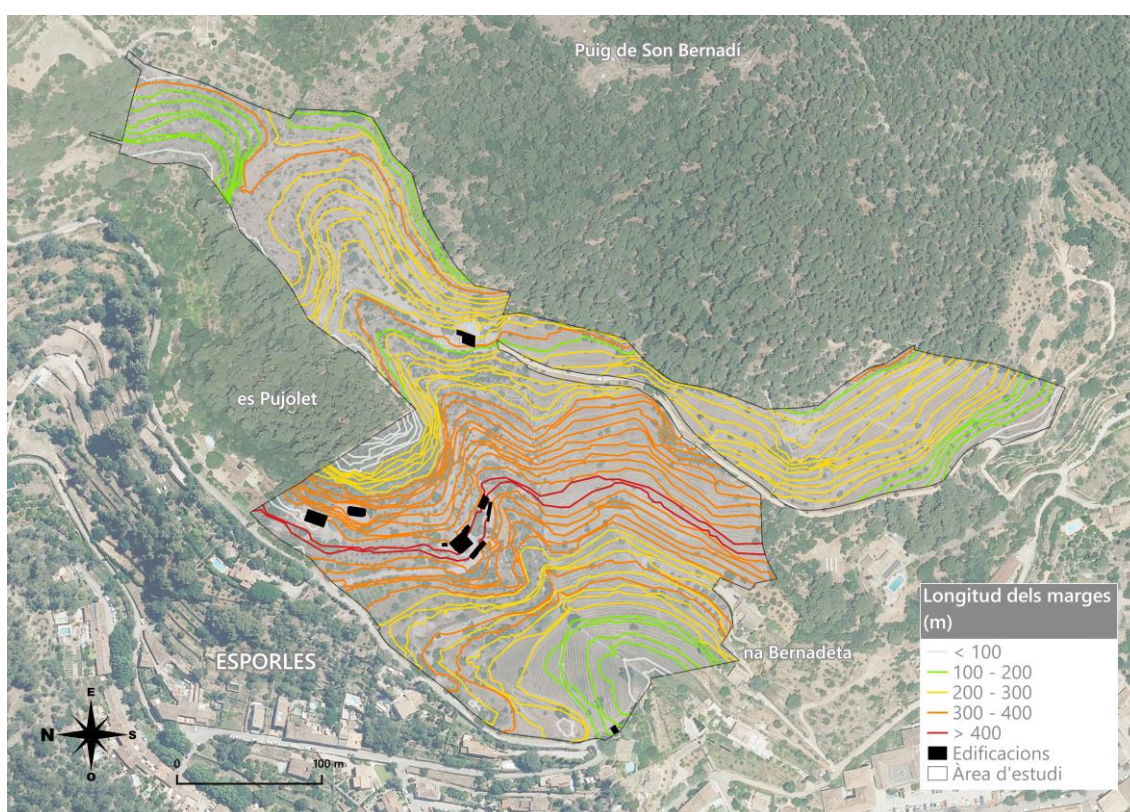


Figura 6. Distribució dels marges segons la seva longitud

Font: elaboració pròpia

A més a més, amb l'objectiu de facilitar-ne la interpretació, s'ha agrupat la variable anterior per categories. En aquest cas s'ha escollit agrupar els marges en funció de l'altitud sobre el nivell del mar per tal de classificar-los en cinc grups. D'aquesta manera s'ha obtingut una informació útil per conèixer com es distribueixen els marges segons aquesta variable. Els resultats són els següents:

Altitud (m.s.n.m.)	Longitud de marges (km)
< 220	1,50
220 - 240	3,40
240 - 260	5,20
260 - 280	5,21
> 280	3,20
Total	18,51

Taula 1. Resultats sobre la longitud dels marges agrupats per categories

Font: elaboració pròpia

b. Resultats sobre l'alçada dels marges

Per resoldre la incògnita sobre l'alçada dels marges de la propietat, resolta al llarg del segon apartat metodològic, es fa ús d'una classificació dels marges en funció de l'alçada de les parets que els conformen, comptant des de la base del marge fins a l'extrem superior del mateix. El resultat obtingut és producte de calcular la diferència d'alçada entre una marjada i la seva marjada contigua.

En aquest cas s'han tractat els resultats amb l'objectiu d'agrupar-los en cinc categories diferents sobre l'alçada. S'observa com el conjunt de quilòmetres de marges es distribueixen de forma força regular entre les categories establertes, essent d'entre 1 i 2 metres els marges predominants i, per contra, d'entre 3 i 4 metres els marges menys comuns. Les categories i la distribució dels quilòmetres de marges segons l'alçada són les següents:

Alçada (m)	Longitud de marges (km)
< 1	4,40
1 - 2	4,83
2 - 3	1,95
3 - 4	3,35
> 4	3,98
Total	18,51

Taula 2. Resultats sobre l'alçada dels marges agrupats per categories

Font: elaboració pròpia

Així mateix, per analitzar-ne la distribució espacial s'ha elaborat un altre mapa que els representa segons els valors d'alçada obtinguts. Les 90 estructures de marges de referència amb què es treballa són fragmentades en parts més petites (així ho requereix aquest apartat de l'estudi), per tal d'associar-los-hi uns valors d'alçada concrets. Òbviament, si l'alçada no variàs al llarg de la línia que descriu un marge, aquesta fragmentació no caldria; però, inevitablement, amb un terreny irregular com el de l'àrea d'estudi, les línies han hagut de patir aquesta fragmentació. El resultat és el següent:

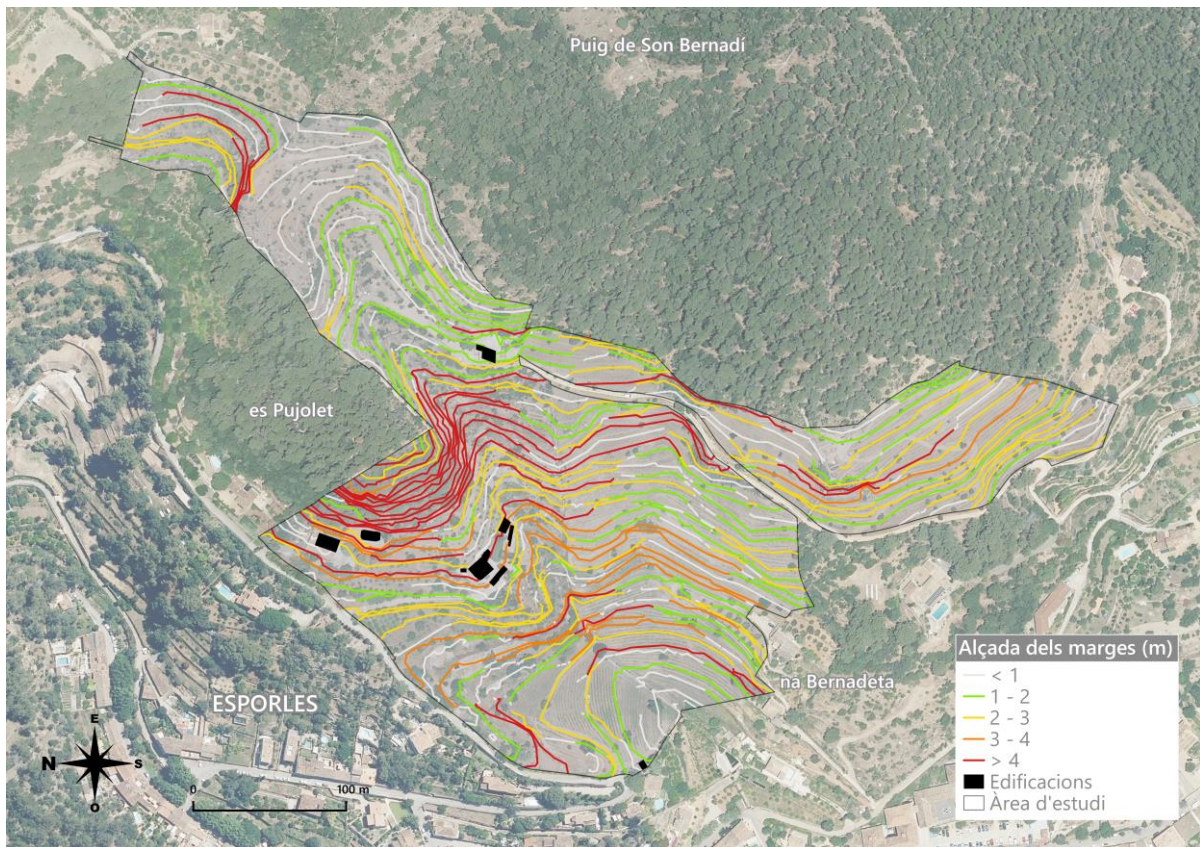


Figura 7. Distribució dels marges segons la seva alçada

Font: elaboració pròpia

A simple vista destaca una zona de marges superiors als quatre metres d'alçada (de color vermell) entre el conjunt de cases i es Pujolet. Aquest sector, amb un desnivell sobtat destacable a causa de la presència del turó tot just esmentat, pot ser un punt difícil de tractar amb la metodologia emprada. Més endavant s'analitzen en profunditat aquest i altres casos identificats com a possibles errors d'anàlisi, per tal d'avaluar les limitacions de les pròpies dades de partida i/o de la metodologia escollida.

c. Resultats sobre les superfícies verticals dels marges

La informació sobre els metres quadrats de marges en vertical és, sens dubte, una dada més valuosa per a qui es dedica a construir i restaurar marges que no pas la longitud dels mateixos. Aquesta nova dada és el resultat de combinar la longitud i l'alçada dels marges i, per tant, té sentit que sigui una dada de més valor. En aquest

sentit, per conèixer la quantitat de blocs de pedra que caldran per cobrir un determinat tram de marge és necessari saber-ne la superfície vertical. En canvi, coneixent només la longitud d'un marge no seria possible planificar els recursos que caldran per aixecar-lo, ja que la variable de la longitud per si sola no aporta informació sobre la quantitat de pedra necessària.

El càlcul de la superfície vertical total de marges (en hectàrees) ha resultat de 4,68 Ha. Els resultats, pel que fa a aquesta variable, s'han agrupat d'aquesta manera:

Superfície vertical (m ²)	Nombre de marges
< 100	19
100 - 500	29
500 - 1.000	31
1.000 - 1.500	10
> 1.500	1
Total	90

Taula 3. Resultats sobre la superfície vertical dels marges agrupats per categories

Font: elaboració pròpia

Resulta interessant comparar espacialment els resultats d'aquesta variable amb, per exemple, els resultats sobre la longitud, operació que permet arribar a la conclusió que la longitud dels marges no té per què ser directament proporcional al volum de pedres necessari per construir-los. És el que succeeix, en molts casos, a l'extrem superior del mapa (direcció est), on representats segons la seva longitud (Figura 6) els marges queden classificats dins la tercera categoria (en groc). En canvi, si s'analitzen des del punt de vista de la superfície vertical, passen a una categoria inferior (en verd), com es pot observar al mapa següent:

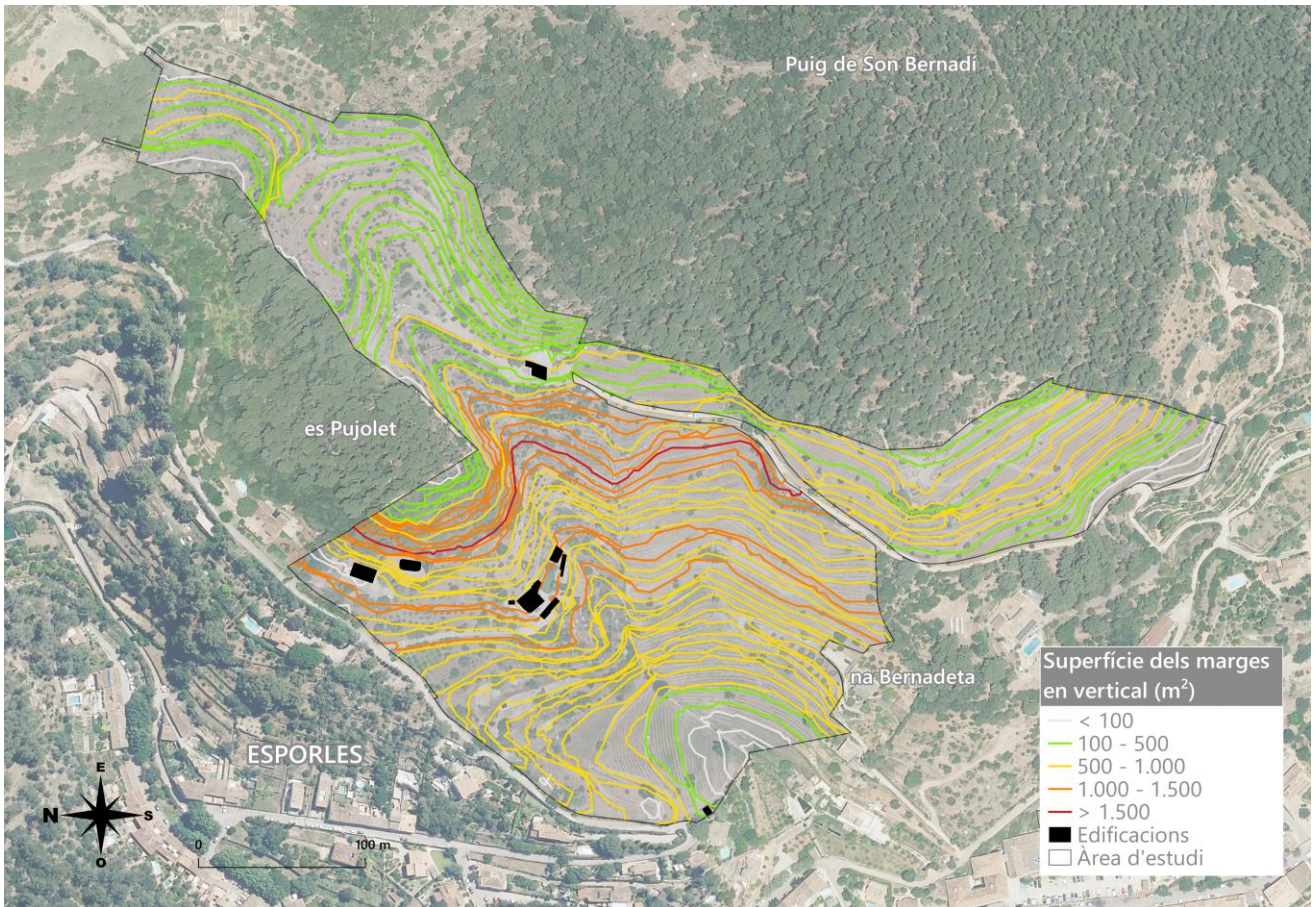


Figura 8. Distribució dels marges segons la seva superfície vertical

Font: elaboració pròpia

d. Resultats sobre les superfícies de les marjades

En darrer lloc es presenten els resultats d'una variable diferent a les anteriors: la delimitació de les marjades, una figura cartogràfica de tipus poligonal (fins ara s'ha treballat únicament amb línies). Tot i que la informació relativa a l'alçada vertical dels marges s'expressa en metres quadrats, aquesta variable s'ha tractat i representat en el punt anterior fent ús de les línies de marges (Figura 8).

L'al·licient principal d'incorporar les marjades a l'estudi respon a la voluntat de resoldre la incògnita sobre els metres quadrats cultivables de què es disposa, així com de la continuïtat sobre el terreny que descriu cada marjada. Aquesta dada

podria ser de gran interès per als propietaris o treballadors responsables de la finca.

Dins les 10,51 Ha de terreny que ocupa l'àrea d'estudi s'han detectat 237 marjades sense barreres que en limitin la circulació. Cal tenir en compte que teòricament hi hauria d'haver el doble de marjades que marges (donat que cada marge separa dues marjades), cosa que s'hauria de traduir en un total de 180 marjades. En aquest cas s'han localitzat fins a 57 marjades més de les previstes a partir dels 90 marges detectats, fet que s'explica perquè durant el procés d'anàlisi també s'han tingut en compte altres barreres naturals i artificials que fragmenten la superfície d'estudi més del que ho farien els 90 marges per si sols.

Amb tot això s'ha considerat oportú presentar les dades sobre superfícies de forma agrupada a partir dels rangs de superfície següents:

Superfície (m ²)	Nombre de marjades
< 100	80
100 - 250	30
250 - 500	33
500 - 1.000	66
> 1.000	28
Total	237

Taula 4. Resultats sobre la superfície de les marjades agrupats per categories

Font: elaboració pròpia

Els resultats s'han cartografiat de manera que es pot analitzar visualment la distribució espacial d'aquesta variable. En el mapa següent s'observa com la concentració de marjades més extenses i contínues se situa a l'extrem nord-est de la finca (de color vermell); per contra, les més fragmentades s'ubiquen a les proximitats de les edificacions (amb tonalitats groguenques i verdoses). Tal com s'ha

esmentat anteriorment, aquesta informació, sumada al coneixement de la superfície disponible dins de cada marjada, pot resultar especialment útil a qui ha de mantenir aquest entorn agrícola en termes de planificació i presa de decisions.

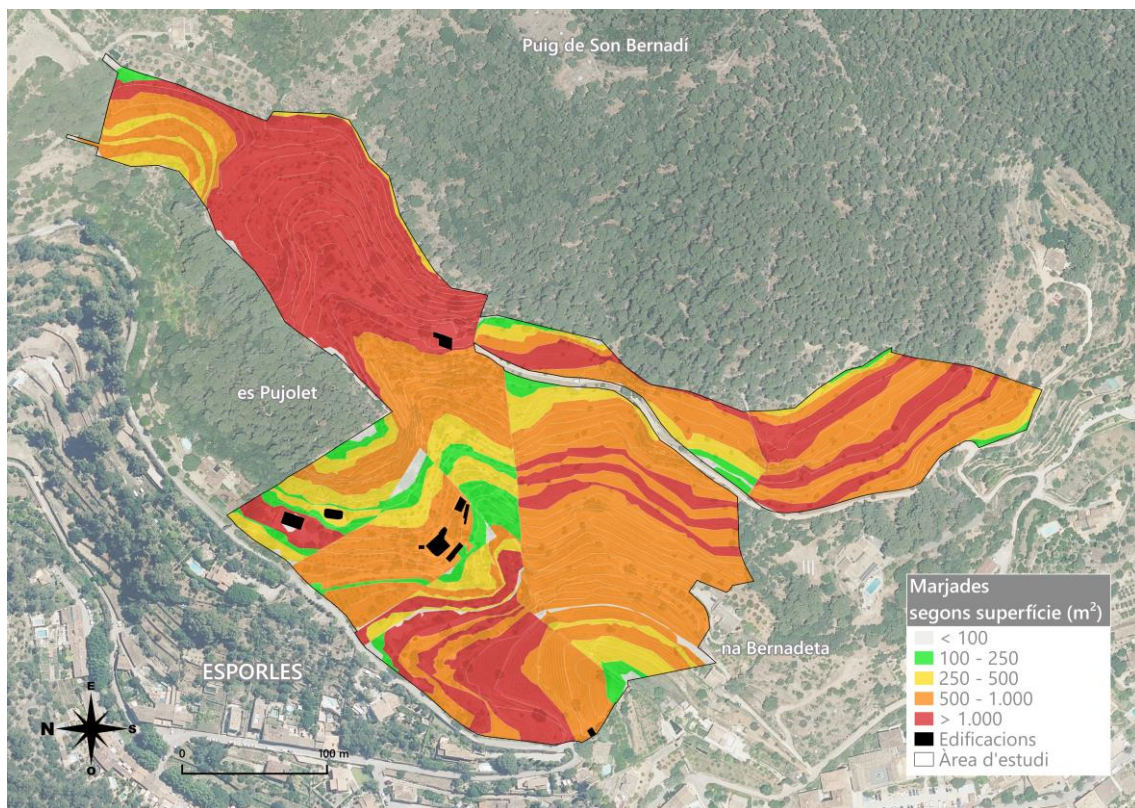


Figura 9. Distribució de les marjades segons la seva superfície

Font: elaboració pròpia

f. Errors detectats

Amb l'objectiu de mantenir un grau elevat de coherència, precisió i rigor en el conjunt de la informació tractada s'han aplicat processos de refinament per prevenir l'aparició d'errors; malgrat això, és habitual detectar-ne quan surten a la llum els primers resultats.

S'ha observat la presència d'errors provocats per imprecisions que poden estar vinculats a deficiències de les mateixes dades LiDAR originals o de la metodologia emprada en la cadena de processos: per exemple, s'han detectat casos en què s'ha

col·locat una línia de marge on no tocaria ser-hi. També s'ha detectat algun traçat de línies que no sempre segueix una direcció coherent, normalment en punts del mapa on el pendent i els canvis d'alçada són sobtats.

La Figura 10 assenjala tres errors procedents de causes diferents:

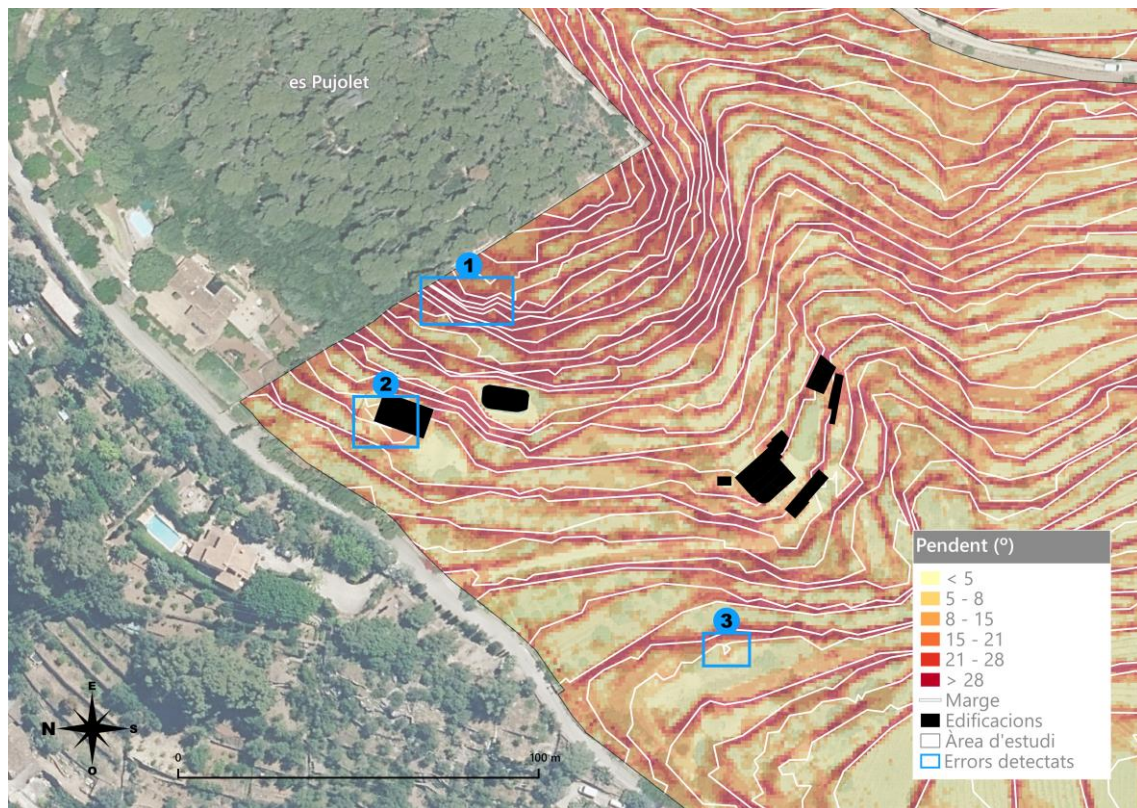
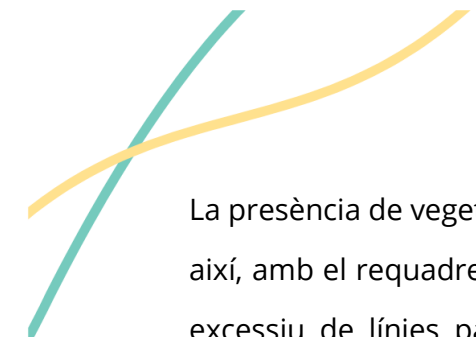


Figura 10. Detecció d'errors derivats del procés de creació dels marges

Font: elaboració pròpia

El requadre indicat amb el número 1 és una zona caracteritzada per un augment sobtat de l'elevació i, en conseqüència, del pendent (representat al fons amb tonalitats vermelloses i groguenques; els valors més alts, de color vermell). A més, es tracta d'un sector de la finca que ha absorbit el pinar que envolta es Pujolet i que es correspon amb un reducte de marges que, de moment, no han estat recuperats per a l'activitat agrícola.



La presència de vegetació no hauria d'alterar la informació de les dades LiDAR. Tot i així, amb el requadre blau s'indica una àrea concreta on s'encavalquen un conjunt excessiu de línies paral·leles a molt poca distància les unes de les altres. S'ha comprovat, de manera visual i des de certa distància, que la zona boscosa des Pujolet compta amb la presència de marges configurats de forma esglaonada a molt poca distància l'un de l'altre (tot seguint la verticalitat del turó), però la quantitat de marges que assenyalava el requadre número 1 sembla excessiva.

El segon error detectat té a veure amb la influència que poden provocar, de vegades, les edificacions presents a l'àrea d'estudi. Les parets, les teulades, les terrasses i les cantonades poden conduir a errors a causa de la seva verticalitat i dels canvis sobtats que representen sobre el terreny.

En tercer lloc, s'han detectat alguns trams de línies que han seguit formes capritxoses: en el moment de traçar-les a través de punts d'elevació equivalent s'han trobat, en alguns casos, zones on l'algoritme no pot escollir el traçat lògic d'una línia perquè es veu influït per punts veïns amb valors d'elevació molt similars.

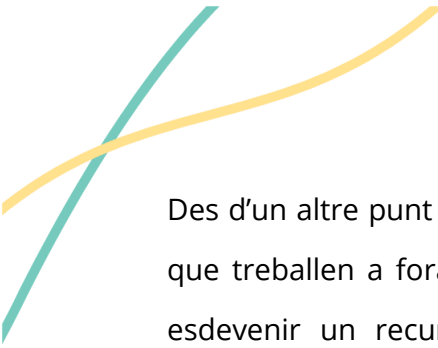
CONCLUSIONS

El fet d'haver donat resposta a cadascuna de les preguntes que plantejaven els objectius inicials de la investigació permet encarar la cloenda d'aquest informe amb satisfacció. El valor d'aquest estudi no rau només en el fet d'aportar resultats gràfics i numèrics, sinó també en la creació d'una eina escalable, és a dir, que pot fer extensiva la investigació a altres territoris.

Un dels avantatges més destacables de les dades LiDAR és la facilitat que donen per identificar, seleccionar i filtrar objectes entre els densos núvols de punts que emmagatzemen aquests arxius. Això és remarcable en el sentit que és un tipus de dades versàtil, capaç de treballar sobre tota classe de terreny i de dur a terme anàlisis fins i tot per sota d'àrees boscoses atapeïdes. Des d'aquí es creu que també seria possible la detecció de marges abandonats que actualment puguin estar coberts per vegetació silvestre.

De tota manera, la complexitat del territori dificulta trobar solucions úniques que resolguin el repte d'haver d'enfrontar-se a terrenys canviants, accidentats, destinats a diversitat d'activitats i amb elements construïts com els que acull la serra de Tramuntana. La importància de la precisió i el nivell de detall de qualsevol conjunt de dades és cabdal en l'àmbit de la geoinformació. El grau de fiabilitat dels resultats que s'obtinguin amb aquestes dades dependrà, en gran mesura, de la qualitat de les dades originals amb què s'ha treballat.

Els resultats d'aquest estudi poden tenir cabuda, de cara al futur, en projectes pluridisciplinars orientats a la conservació dels marges de pedra en sec, un element patrimonial fràgil que pateix les conseqüències d'episodis meteorològics severos i que costa molt de recuperar una vegada es fa malbé o cau en l'abandó. La detecció i catalogació precisa dels marges, combinada amb estudis hidrològics i geomorfològics, permetria treballar amb vista a la prevenció d'esbaldrecs i combatre els riscos associats a aquest fenomen.




Des d'un altre punt de vista i pensant en les activitats quotidianes de les persones que treballen a foravila, el producte que es deriva d'aquesta investigació podria esdevenir un recurs per facilitar les tasques relacionades amb les activitats d'agricultors, jardiners, petits i grans propietaris i –evidentment– dels mateixos margers, en tant que serien coneixedors en detall de les característiques i particularitats d'aquests entorns i disposarien d'informació d'interès a l'hora de programar i pressupostar les seves tasques professionals.

Abans d'acabar voldria fer èmfasi en el fet que les fonts de dades i la tecnologia emprades durant aquesta petita investigació avui dia són recursos a l'abast de tothom, ja que es basen en els principis de les dades obertes. Aquesta filosofia ha permès la consecució dels objectius del present estudi, així com els de tantes altres recerques rellevants en aquest àmbit de coneixement. Sense la tasca de les persones que es dediquen a la creació d'eines i la generació de dades en format obert, resultats com els que s'han exposat aquí no serien possibles o bé serien molt difícils i costosos d'aconseguir.

En conclusió, la disponibilitat i la qualitat de les dades de partida, el bon funcionament del disseny metodològic i la solidesa dels recursos informàtics emprats permeten ser optimistes en pensar que –per ventura– en un futur proper serà possible fer extensiva aquesta investigació a altres indrets del territori, amb l'objectiu final d'aportar instruments d'anàlisi per així catalogar, mantenir i preservar, en última instància, el patrimoni de la serra de Tramuntana.

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- **BASSA MARTÍN, Ramon (dir.)** (2011). *Diccionari d'agricultura de les Illes Balears*. [Palma]: Govern de les Illes Balears, Conselleria de Presidència. ISBN 978-84-614-7187-4.
- **Catàleg de la IDEIB** [portal web]. Govern de les Illes Balears. Servei Informació Territorial Illes Balears. Disponible a: <https://ideib.caib.es/cataleg> [darrera consulta 3/6/2024].
- **«Creación y análisis de superficies»** (2021). A: *ArcGIS Desktop* [portal web]. Esri. Disponible a: <https://tuit.cat/M2arp> [darrera consulta 3/6/2024].
- **Datos.gob.es: reutiliza la información pública** [portal web]. Gobierno de España: Ministerio para la Transformación Digital y de la Función Pública. Disponible a: <https://datos.gob.es/es> [darrera consulta 3/6/2024].
- **Diccionario SIG de Esri Support** [recurs en línia]. A: *ArcGIS Desktop* [portal web]. Esri. Disponible a: <https://support.esri.com/es-es/gis-dictionary> [darrera consulta 3/6/2024].
- **DORADO MARTÍN, Gabriel Antonio** (2009). «Metodología GIS para la estimación del área real de superficies escarpadas: aplicación a la restauración de ecosistemas» [treball final de màster]. Disponible a: <https://oa.upm.es/72083/> [darrera consulta 3/6/2024].
- **És Esporles** (2024-) [portal web]. [Esporles]: Ajuntament d'Esporles. Disponible a: <https://coneixesporles.cat/ca/fitxa/151/la-bernadeta/> [darrera consulta 3/6/2024].
- **FERRER GARCIA, Isabel, et al.** (1996). «Catàleg i anàlisi dels camps marjats del terme de Banyalbufar». Fodesma. A: *Ajuntament de Banyalbufar* [portal web]. Disponible a: <https://ajbanyalbufar.net/ca> [darrera consulta 3/6/2024].
- **GELABERT, Pere Joan** (2015). «Noves tecnologies per a l'estudi dels processos en geomorfologia: càlcul de l'erosió del sòl amb dades LiDAR» [treball final de grau]. Disponible a: <https://dspace.uib.es/xmlui/handle/11201/2130> [darrera consulta 3/6/2024].

- 
- **Grass GIS: Bringing advanced geospatial technologies to the world** (1998-2024) [portal web]. Grass Development Team. Disponible a: <https://grass.osgeo.org/> [darrera consulta 3/6/2024].
 - **MAGDALENO, F.; MARTÍNEZ, R.** (2006). «Aplicación de la teledetección láser (LiDAR) en la gestión y caracterización del medio fluvial». A: *Ingeniería civil*. Gobierno de España. Ministerio de Medio Ambiente. Centro Público de Experimentación y Obras Públicas (CEDEX). Núm. 142, p. 29-43. ISSN 0213-8468.
 - **MARTÍNEZ ROMERO, Roberto; MERINO DE MIGUEL, Silvia; MAGDALENO MAS, Fernando** (2009). «Aplicaciones de la teledetección láser (LiDAR) en hidrología forestal y en la gestión de ecosistemas fluviales». A: *Cuadernos de la sociedad española de ciencias forestales*. Núm. 29, p. 23-27. ISSN 1575-2410.
 - **MORA SÓLLER, Joan** (2020). «20.000 kilómetros de 'marges' en la Serra de Tramuntana». A: *Diario de Mallorca*. Editora Balear. ISSN 1131-9518.
 - **NUNES, Joan** (2012). *Diccionari terminològic de sistemes d'informació geogràfica*. Barcelona: Institut Cartogràfic de Catalunya; TERM CAT. ISBN 978-84-393-8863-0.
 - **Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA). Plan Nacional de Observación del Territorio** [portal web]. Instituto Geográfico Nacional. Disponible a: <https://pnoa.ign.es/> [darrera consulta 3/6/2024].
 - **Sede Electrónica del Catastro** [portal web]. Gobierno de España. Ministerio de Hacienda. Vicepresidencia Primera del Gobierno. Disponible a: <https://www.sedecatastro.gob.es> [darrera consulta 3/6/2024].

GLOSSARI

LiDAR (*Light Detection and Ranging*): és una tècnica de teledetecció activa que utilitza un sensor aerotransportat que emet feixos de llum ininterrompudament i en capta el retorn (també denominats ecos o retorns). Coneixent el temps que es torba a tornar el feix de llum emesa, és possible calcular la distància del recorregut que ha fet i se n'obté la informació tridimensional dels elements que ha identificat.

Font: adaptat del web oficial del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea

Llenguatge SQL (llenguatge de consulta estructurada): és un llenguatge de programació utilitzat per emmagatzemar i processar informació en bases de dades relacionals. Una base de dades relacional emmagatzema informació en forma de taules alfanumèriques i estableix una jerarquia entre elles.


Font: adaptat del web AWS. Disponible a: <https://aws.amazon.com/es/what-is/sql> (darrera consulta 3/6/2024)

Model digital del terreny (MDT): estructura numèrica de dades en format ràster que representa la distribució espacial d'una variable quantitativa i continua. El tipus d'MDT més conegut és el model digital d'elevacions (MDE), un cas particular de MDT on la variable representada és la cota del terreny. Un altre cas d'MDT és el model digital de pendents (MDP), el qual s'obté a partir d'un MDE.

Font: adaptat del web *SIG de letras: tecnologías de la información geográfica*. Disponible a: <https://sigdeletras.com> (darrera consulta 3/6/2024)

Model ràster: estructura de dades que consta d'una matriu de cel·les (o píxels) de mida igual, ordenada en files i columnes, i formada per una o diverses bandes. Cada cel·la representa una ubicació de la superfície terrestre i conté un valor numèric que representa un fenomen o atribut concret, com la temperatura o l'elevació. Els grups de cel·les que comparteixen el mateix valor de coordenades representen la mateixa entitat geogràfica.

Font: adaptat del *Diccionario SIG de ESRI Support*



Model vectorial: model de dades basat en coordenades que representa les entitats geogràfiques en forma de punts, línies i polígons. Cada entitat de punts es representa com un parell de coordenades simple, mentre que les entitats de línies i de polígons es representen com llistes ordenades de vèrtexs. Els atributs s'associen a cada entitat vectorial, en contraposició al model ràster que associa els atributs a les cel·les de la quadrícula.

Font: adaptat del *Diccionario SIG de ESRI Support*

Núvol de punts: col·lecció de coordenades x , y , z d'un espai tridimensional que representa les dimensions de la superfície dels objectes del món real. Els núvols de punts es recullen mitjançant mètodes fotogramètrics utilitzant diverses imatges superposades preses des de diferents punts de visualització, o bé mitjançant un dispositiu d'escaneig tridimensional com, per exemple, un LiDAR.

Font: adaptat del *Diccionario SIG de ESRI Support*

Sistemes d'informació geogràfica: un sistema d'informació geogràfica (SIG) és un sistema informàtic, format per maquinària, programari, dades, usuaris i un marc organitzatiu, que permet registrar, emmagatzemar, gestionar, analitzar, consultar, visualitzar, presentar i difondre qualsevol tipus d'informació geoespacial.

Font: adaptat del *Diccionari terminològic de sistemes d'informació geogràfica* (Nunes, Joan 2012)