

Títol del treball:

Modelització dels marges entre camps a partir de l'anàlisi i tractament paisatgístic pel municipi de Vilademuls

Estudiant: Marcel Guillem Lenz Castelló

Grau en Biologia

Correu electrònic: marcellenzcastello@gmail.com

Tutor: Núria Roura Pascual

Empresa / Institució: Universitat de Girona, UdG

Vistiplau tutor (i cotutor):

Nom del tutor: Dra. Núria Roura Pascual

Empresa / institució: Universitat de Girona, UdG

Correus electrònics: nuria.rourapascual@udg.edu

Data de dipòsit de la memòria a secretaria de coordinació: 24/07/2019

Índex

Resum	3
Resumen	4
Abstract	5
Paraules clau.....	5
Introducció	6
Objectius	8
Metodologia	9
1. Revisió cartogràfica.....	10
1.1 Àrea estudiada	10
1.2 Cartografia Vilademuls	10
2. Tractament cartogràfic	12
2.1 Individualització dels fragments.....	12
2.2 Transformació a raster	12
3. Anàlisi del paisatge	13
3.1 Selecció de les variables	13
3.2 Extracció dels valors	14
3.2.1 Altitud	14
3.2.2 Extracció amb FRAGSTATS.....	15
4. Anàlisi estadístic.....	14
4.1 PCA o Anàlisi de Components Principals.....	15
4.2 Classificació jeràrquica	16
Criteris ètics i de sostenibilitat	16
Resultats	18
Anàlisi de components principals pel marge.....	18
Classificació jeràrquica del model pels marges	20
Anàlisi de components principals pel camp herbaci	21
Classificació jeràrquica del model pels camps herbacis	25
Discussió	26
Anàlisi de components principals	26
Anàlisi de clústers	28
Procediment cartogràfic	28
Selecció de variables	29
Model conceptual	29
Conclusions.....	30
Agraïments	31
Bibliografia.....	31

Resum

Els marges són un ús del sòl que pot tenir diferents conformacions segons els fragments annexes, i que presenten importància ecològica pels serveis ecosistèmics que ofereixen.

No obstant, a causa del procés d'intensificació els fragments que anteriorment eren marges de camp estan desapareixent en favor de la unió dels camps de cultiu. Aquest procés s'ha identificat en el municipi de Vilademuls a partir d'un estudi cartogràfic i estadístic dels usos del sòl.

L'estudi es centra en el tractament i anàlisi cartogràfic per la categoria dels marges entre camps a partir de les dades de l'estudi de Vilademuls. D'aquest procés s'ha extret un model teòric que categoritza els marges, i s'ha comprovat realitzant el mateix procediment mitjançant l'anàlisi de la categoria camps herbacis.

L'obtenció del model ha començat per la revisió de les dades cartogràfiques i seguidament del tractament d'individualització dels fragments i posterior transformació. Per l'anàlisi del paisatge s'han seleccionat les variables a utilitzar i s'han extret els valors als índexs, a continuació s'han analitzat estadísticament els valors per cada parcel·la mitjançant un anàlisi de components principals i finalment s'han agrupat les parcel·les amb una classificació jeràrquica.

Els resultats per l'anàlisi estadístic PCA pel model dels marges mostra que les variables que tenen més pes són l'àrea calculada per la categoria d'ús del sòl marges, i l'àrea, l'índex de fractalitat i l'índex "Largest Patch Index" calculat per tots els fragments paisatgístics de la parcel·la. En comparació pel model dels camps herbacis, les variables són la cohesió obtinguda per les parcel·les amb la categoria camps herbacis, i les variables d'equitativitat de Shannon, "LPI", perímetre i cohesió extret pels fragments paisatgístics.

Pels dos models el resultat de la classificació és que el nombre òptim de grups és de dos, i que la diferència en l'agrupació és només per una parcel·la. La possible explicació vindria pel fet que l'ús de la distància euclidiana a la matriu de similitud podria esbiaixar els resultats, provocant l'agrupació en dos grups.

El resultat de l'estudi mostra que el model teòric obtingut és vàlid, però és inconsistent, ja que depèn molt de la resolució utilitzada durant la digitalització de la cartografia. Per altra banda només s'ha utilitzat estrictament la categoria marges entre camps, quan seria interessant fer-ho per a tots els tipus de marges.

Resumen

Los márgenes son un uso del suelo que puede tener diferentes conformaciones según los fragmentos anexos, y que presentan importancia ecológica por los servicios ecosistémicos que ofrecen.

No obstante, debido al proceso de intensificación los fragmentos que anteriormente eran márgenes de campo están desapareciendo en favor de la unión de los campos de cultivo. Este proceso se ha identificado en el municipio de Vilademuls mediante un estudio cartográfico y estadístico de los usos del suelo.

El estudio se centra en el tratamiento y análisis cartográfico por la categoría de los márgenes entre campos mediante los datos del estudio de Vilademuls. Del proceso se extrajo un modelo teórico que categoriza los márgenes, y se ha comprobado realizando el mismo procedimiento analizando la categoría de campos herbáceos.

La obtención del modelo empieza por la revisión de los datos cartográficos y a continuación el tratamiento individualizado de los fragmentos y posterior transformación. Para el análisis del paisaje se han seleccionado las variables y se han extraído los valores para cada una, seguidamente se han analizado estadísticamente los valores para cada parcela mediante un análisis de componentes principales y finalmente se han agrupado las parcelas con una clasificación jerárquica.

Los resultados del análisis estadístico PCA por el modelo de márgenes muestra que las variables que tienen más peso son el área calculada por la categoría márgenes de uso de los suelos, y área, índice de fractalidad y índice "Largest Patch Index" calculado por todos los fragmentos paisajísticos de la parcela. En comparación con el modelo de campos herbáceos, las variables son la cohesión por las parcelas con la categoría de campos herbáceos, y las variables equitatividad de Shannon, "LPI", perímetro y cohesión extraído por los fragmentos paisajísticos.

Por los dos modelos el resultado de la clasificación jerárquica es que el número óptimo de grupos es de dos, y que la diferencia en la agrupación es solo por una parcela. La posible explicación sería debido a que el uso de la distancia euclídeana en la matriz de similitud pueda sesgar los resultados, provocando la separación en dos grupos.

El resultado del estudio muestra que el modelo teórico es válido, pero es inconsistente, porque depende mucho de la resolución utilizada durante la digitalización de la cartografía.

Por otro lado, solo se ha utilizado estrictamente la categoría márgenes entre campos, y sería interesante hacerlo para todos los tipos de márgenes.

Abstract

Margins are a land-use that can have different conformations depending on the neighbouring patches, and because the ecosystem services that bring, they have ecological importance. Nevertheless, cause the intensification process, the patches that were margins between crops, now are disappearing in pro of the crops unification. This process is currently happening in Vilademuls and was identified on a cartographic and statistic land use study.

The study focuses on the cartographic treatment and analysis for the margins between crops category of land use using the data of the Vilademuls study. In the process, a theoretical model that categorize the margins is extracted, and it's checked using the same procedure analyzing herbaceous crops land use.

To obtain the model, the first step is to revise the cartographic data and then do the individualization treatment for the patches and posterior transformation. For the landscape analysis comes the index selection to extract the values with it. Then comes the statistical analysis of the values for every plot using a principal component analysis in the first place, and for a hierarchical aggrupation in the second.

The results for the statistical analysis PCA for the margins model show that the more explanatory indexes are the area, that was calculated for margin land use, and the area, fractal index and Largest Patch Index calculated for the landscape plots. In comparison with the crop model, the variables are the cohesion obtained for the herbaceous crop category, and the Shannon's Evenness Index, LPI, perimeter and cohesion extracted for landscape patches.

The classification results are the same, with two optimal groups, and the difference for the aggrupation it's only for one plot. One explanation might be that because of the use of Euclidean distance at the similarity matrix, it can bias the results, causing the aggrupation in two groups.

The results of the study show that the theoretical model is useful but it is inconsistent because it relays a lot on the resolution used in the cartographic digitization. Plus, the land use used in the model is the margins between crops category only, and it could be interesting if using all the types of margins that can be found in the plots.

Paraules clau

Marges; camps herbacis; ecologia del paisatge; usos del sòl; anàlisis del paisatge

Introducció

El concepte d'usos del sòl fa referència a una classificació teòrica de les propietats que presenta un terreny, relacionades majoritàriament amb la finalitat que se li dóna. El tipus d'ús presenta infinitat de possibilitats segons el que es trobi en el fragment que s'observa, el qual depèn de factors abiòtics, biòtics, com també ecològics, donant com a resultat zones heterogènies.

El concepte pren importància en el moment en què es desenvolupa la geografia o estudi dels terrenys, ja que ha permès mitjançant el mapejat de les zones, combinar-ho amb observacions de les zones en qüestió i obtenir-ne una reproducció geogràfica d'una escala determinada amb elements que poden ser d'interès d'estudi, com són les conques hidrogràfiques, el mapa geològic o d'interès faunístic i florístic, donant-li interdisciplinarietat. L'estudi dels usos del sòl també s'ha aplicat en l'àmbit de l'ecologia del paisatge, el qual permet estudiar la complexitat de les relacions causa-efecte que existeixen entre les comunitats d'éssers vius i les condicions ambientals en una secció específica del paisatge (Troll, 1939). És important mencionar que l'ecologia del paisatge no només es nodreix d'aquesta ciència, també és enriquida per les ciències ambientals, l'arquitectura del paisatge, l'estadística o la gestió i planificació del territori com s'exposa en l'article de Vila et al., (2006) permetent-ne aprofundir i ampliar-ne el coneixement.

Dels diferents usos del sòl, aquest estudi es centra en la categoria dels marges, el qual presenta una importància cabdal degut a la gran varietat de possibles conformacions que es poden trobar, que depenen principalment dels usos dels terrenys adjunts. Els marges presenten un conjunt de serveis ecosistèmics que poden estar relacionats amb l'aprovisionament com és el de proporcionar un hàbitat o menjar als individus de la zona, poden estar lligats a la regulació com la reducció de l'erosió del terreny i també proporcionen el servei de suport tot contribuint a la conservació de la biodiversitat (Olson i Wäckers, 2007; Canaleta, 2018). Un dels motius pel qual es centra en aquesta categoria és la seva desaparició en els diferents terrenys, essent sobretot en terrenys agraris, els quals s'està donant un procés d'intensificació dels cultius per afavorir la feina del pagès.

Aquest procés d'intensificació per a la millora de la producció dels cultius, presenta diferents implicacions amb efecte advers directe en els marges. Entre elles hi ha l'ús de pesticides, fertilitzants o la desforestació, modificant les propietats físiques, químiques i biològiques que es donarien sense l'ús d'aquests (Marshall, 2004).

Mitjançant aquestes pràctiques es provoca l'alteració en el cicle del nitrogen en l'ús de fertilitzants, essent un important contribuïdor de l'efecte hivernacle (IPCC, 2007). Tanmateix, també s'altera el segrest de carboni per part del sòl, component implicat en el canvi climàtic (Meyer & Turner 1996), i que acaba donant com a resultat una degradació dels medis naturals (EEA, 2015).

La reducció dels marges lligat al procés d'intensificació (Chamberlain et al., 2000; Canaleta, 2018) també té afectació sobre la biodiversitat que s'hi pot trobar (Ma et al., 2013; José-María et al., 2013; Knight et al., 2016), essent una zona on hi poden viure un gran rang d'espècies. També per aquest motiu l'estudi es centra en l'ús del sòl i la seva importància ecològica.

Tot i la situació d'intensificació, actualment l'agricultura a Europa es regeix per les mesures incloses en la Política Agrícola Comú (PAC) presentades per la Comissió Europea, les quals intenten establir un model que s'adapti a les condicions actuals de canvi climàtic, ajudant a actuar-hi en contra, preservant els paisatges i la biodiversitat entre altres.

Aquestes mesures són adaptades a cada país segons el terreny per tal de facilitar-ne la implementació segons el web de la Comissió (https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy/future-cap_es). Tot i aquesta regulació, cada any el cultiu intensiu s'estén per les terres europees, semblant insuficients les mesures adoptades.

La realització d'aquest estudi forma part d'un projecte compost per tres treballs més, proposat per agents actius de la zona d'estudi, dintre del marc de millora del coneixement dels terrenys del municipi de Vilademuls, el qual forma part de la unitat paisatgística dels Terraprim (OdP, 2014), situat a la província de Girona. Aquesta zona presenta una estructura mosaic molt marcada composta per espais amb usos agrícoles i espais amb vegetació espontània, essent un subjecte de treball amb molta diversitat, i és per aquest motiu que es farà un anàlisi del paisatge.

L'anàlisi del paisatge serveix per realitzar una valoració quantitativa de la situació del terreny, i per fer-la es poden utilitzar un conjunt de variables que es poden diferenciar en cinc grups d'índex de paisatge.

Botequilha et al. (2006) van definir que es poden aplicar a tres nivells segons el tipus d'anàlisi, podent ser a nivell de fragment d'un paisatge, a nivell de classe d'agrupació segons criteris prèviament establerts, i finalment a nivell de paisatge, implicant conjuntament tots els fragments de totes les classes que contingui.

Tanmateix, els índexs de paisatge s'engloben en cinc grups, segons la propietat paisatgística. El primer grup està format per àrea, superfície, densitat i variabilitat; el segon grup els de forma o fractalitat; els d'ecotó i habitat interior formen el tercer grup; els índexs de distància i connectivitat com a quart grup i finalment els de diversitat de paisatge (Botequilha et al., 2006).

Els índexs permeten obtenir unes característiques del paisatge, les quals interpretades conjuntament definiran el terreny estudiat. Cada índex presenta les seves limitacions, com defineixen Botequilha et al. (2006).

L'àmbit de treball, com algunes de les disciplines que engloba aquest treball són temes no treballats durant el grau de Biologia, però que per motius d'interès personal he cregut convenient d'explorar i desenvolupar, complementant els coneixements adquirits durant la realització dels estudis.

Objectius

This study aims to evaluate the agrarian intensification in the expense on Canaleta (2018) cartographic work of Vilademuls, precisely we want to:

1. Analyse and categorize the different plots obtained on Canaleta (2018) based on margin land use fragments.
2. Use herbaceous crop land use fragments to analyse, categorize and compare it with the margins results, whose cartography present some limitations.
3. Create a conceptual model on how to proceed meanwhile doing the analysis and aggrupation

So, the hypothesis is that the metric variables have to be the same between the two land uses, and at the time, shown if those metrics aggregate the plots in the same way.

Metodologia

El procediment que es va seguir en l'estudi està compost per quatre parts (Figura 1), les quals són: (1) la revisió cartogràfica, on per una banda s'explica l'àrea d'estudi i les seves característiques i per l'altre es detalla la cartografia realitzada per Canaleta (2018); (2), el tractament cartogràfic dels marges per adequar-lo al procediment que es durà a terme durant el treball; (3) l'anàlisi del paisatge, on es seleccionen els índexs que s'utilitzaran per a l'anàlisi, i es procedeix a l'extracció dels valors de cada parcel·la, i finalment (4) l'anàlisi estadístic del qual s'obtidran quines variables tenen més influència i quin tipus d'agrupació hi ha degut a aquestes. Conjuntament formen el model conceptual per l'anàlisi dels marges (Figura 1).

D'aquestes parts, les tres últimes (i.e. tractament cartogràfic, l'anàlisi del paisatge i l'anàlisi estadístic) es van caldrà repetir per l'ús del sòl "camps herbacis", ja que es vol utilitzar aquest com a comparatiu de l'ús del sòl "marges" i analitzar amb més profunditat les dades estadístiques. En la figura 1 es representa el procediment esmentat de manera més gràfica.

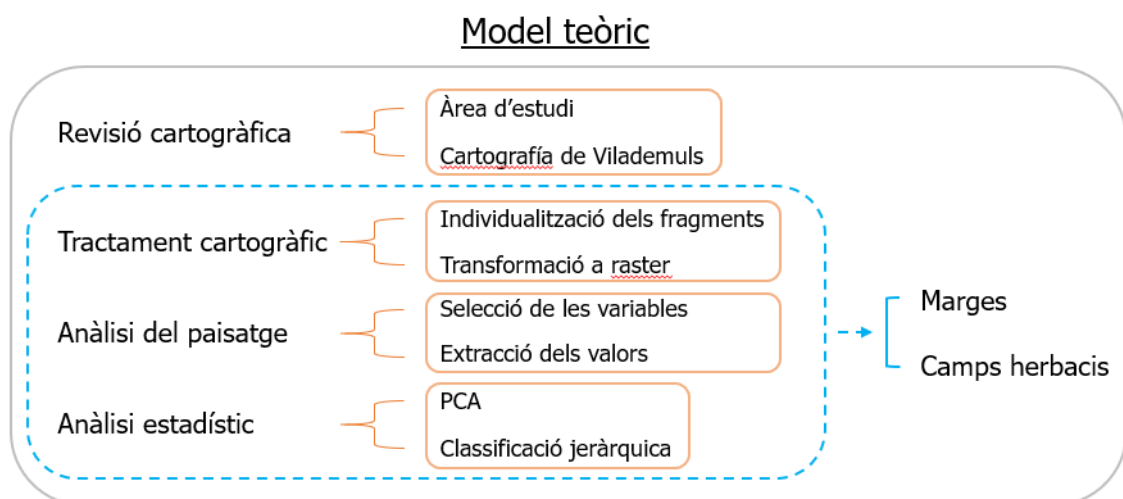


Figura 1. Esquema del procediment realitzat per l'estudi, detallant les subseccions. El conjunt d'aquest forma el model conceptual proposat per analitzar els marges.

Per procedir amb el correcte desenvolupament del treball s'han realitzat reunions amb certa periodicitat amb els actors implicats (Dr. Sergi Nuss, Sr. Xavier Puig i Sr. Josep Llobet), expert en anàlisi i gestió del paisatge (Dr. Diego Varga) i la tutora del treball (Dra. Núria Roura) per tal de rebre suport en l'estudi proposat i realitzar el feedback necessari.

1. Revisió cartogràfica

1.1 Àrea estudiada

La zona d'estudi correspon al municipi de Vilademuls (Figura 2), que es troba ubicat en la comarca del Pla de l'Estany. Aquest municipi presenta una àrea total de 62.1 km² i està compost per 12 pobles, trobant-se aquests dispersos en la zona amb presència d'alguna residència aïllada. El municipi de Vilademuls, així com els terrenys annexes que conformen els Terraprimis es caracteritzen per presentar una conformació de les terres en format mosaic, pels diferents usos del sòl que s'hi poden trobar.

En el Catàleg de paisatges de les Comarques Gironines (2014) es descriu com una àrea amb fragments forestals mixtos de pi i alzina i fragments agrícoles de conreu herbaci de secà, entrelligats, els quals prenen importància com a connectors paisatgístics i pel seu valor productiu. També presenta la singularitat que el relleu és ondulat.

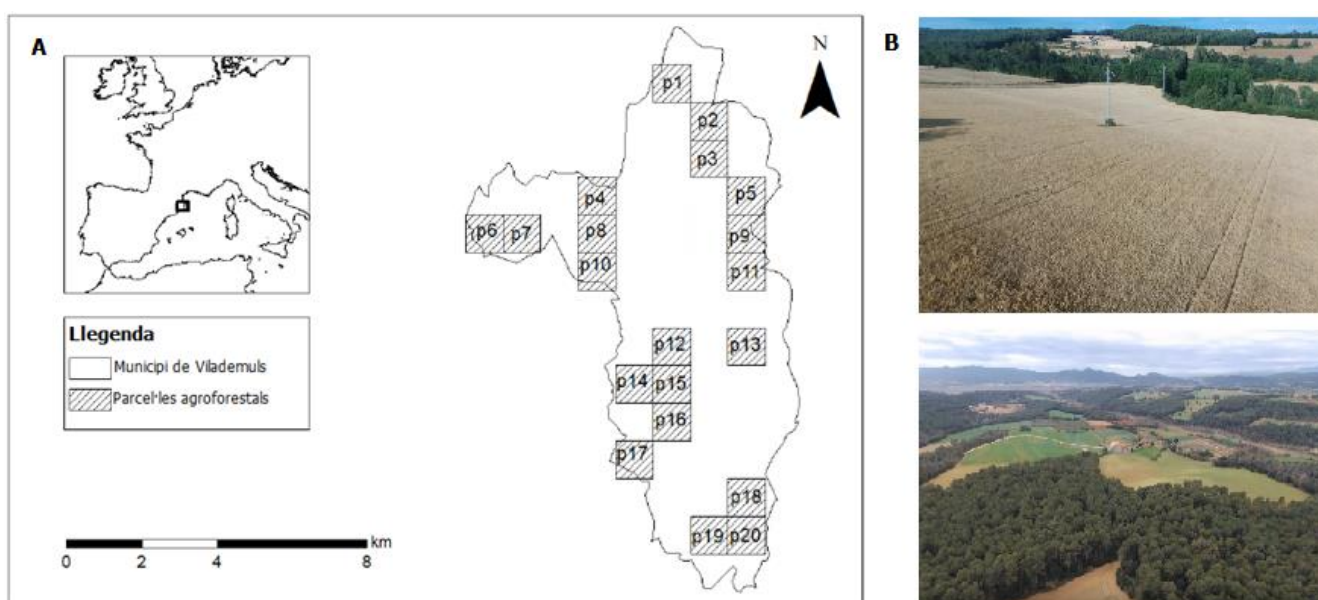


Figura 2. En la figura A es mostra la localització del municipi de Vilademuls en relació a Europa (esquerra) i localització de les vint parcel·les estudiades per Canaleta (2018) al municipi de Vilademuls (dreta) (Figura extreta de Canaleta, 2018). La figura B mostra el terreny amb el camp herbaci (sobre) i l'estructura en format mosaic (sota). Autor: Narcís Congost.

1.2 Cartografia Vilademuls

El present estudi parteix de la cartografia realitzada per Canaleta (2018) en el marc del seu treball de final de màster, el qual tenia per objectiu estudiar els canvis que es produïen en el paisatge del municipi de Vilademuls des dels anys 1946 fins a l'actualitat.

Concretament va digitalitzar 20 parcel·les de 1*1 km del municipi de Vilademuls (Figura 2) pels anys 1946, 1956, 1990, 2000, 2010 i 2016 mitjançant l'ús d'ortofotos d'elevada qualitat. El criteri de selecció aplicat era que les parcel·les havien de tenir com a mínim el 75% de l'àrea dintre del terme municipal i que la proporció entre els camps i el bosc mediterrani fos el més pròxim al valor de 1.14, obtingut mitjançant el percentatge dels dos usos de sòl anteriorment esmentats (camps/bosc mediterrani) de la digitalització feta per Zornoza (2017, no publicat).

Per la cartografia del 2016 com pels anys anteriors, va realitzar una classificació dels usos del sòl en 10 categories diferents (Taula 1).

Taula 1: Usos del sòl i criteris utilitzats per caracteritzar els diferents usos durant la digitalització de les ortofotos de les vint parcel·les del municipi de Vilademuls (Extret de Canaleta, 2018).

Ús del sòl	Descripció
Bosc mediterrani (Mediterranean Forest o MF)	Àrea amb elevada densitat d'arbres que no segueixen cap patró en la seva distribució.
Camps herbacis (Herbaceous Crop o HC)	Terres agrícoles conreades amb plantes herbàcies. Cada camp es va digitalitzar com a polígons independents.
Plantació arbòria (Woody Crop o WC)	Plantació d'arbres que presenten un patró definit.
Marge entre camps (Crop Border o CB)	Línies de vegetació natural que es troben entre plantacions.
Camins i passeres (Road network o RD)	S'inclouen camins pavimentats com no pavimentats.
Descampat (Scrubland o SC)	Àrees obertes amb vegetació amb insuficient densitat arbòria (<10%) per ser considerat bosc.
Edificacions (Urban Settlement o US)	Construccions realitzades per l'ésser humà incloent l'àrea que l'envolta.
Camps abandonats (Abandoned Land o AL)	Terres sense vegetació i en procés de construcció aturat, sense incloure les terres agrícoles contigües.

De l'estudi de Canaleta (2018) es demostra que des de l'any 1990 el procés d'intensificació a Vilademuls és progressiu, mostrant com l'àrea dels marges disminueix en un 60.4% en comparació al 1946. A més detecta un canvi en els serveis ecosistèmics a causa dels canvis en els usos del sòl, reduint els serveis de regulació i suport.

Del conjunt de dades aportades per Canaleta (2018) es va treballar amb les parcel·les del 2016, ja que la qualitat de les imatges utilitzades per digitalitzar, donen com a resultat una cartografia més fidel a la realitat.

De les deu categories d'usos del sòl, es va centrar l'atenció amb els marges entre camps ("Crop border") i les camps herbacis ("Herbaceous crop").

La categoria marges entre camps ha estat l'objectiu principal de l'estudi, però al detectar algunes limitacions en la seva caracterització (com que els marges més petits no havien estat cartografiats), es va decidir repetir l'anàlisi utilitzant la categoria camps herbacis com a substitut. A més de les dades específiques de cada una d'aquestes categories, també es van tenir en compte les dades del conjunt paisatgístic que conforma la parcel·la, ja que és específica i característica del territori podent aportar més informació explicativa al model.

2. Tractament cartogràfic

La realització del tractament cartogràfic es va fer mitjançant el programa informàtic ArcMap versió 10.

2.1 Individualització dels fragments

Es van revisar detalladament els fragments de cada una de les vint parcel·les del municipi de Vilademuls (Figura 2), comparant les capes vectorial de cada parcel·la amb les ortofotografies del mateix any per comprovar-ne l'exactitud a escala 1:2500 i aplicar-hi canvis menors en cas de ser necessari, com la modificació de punts que conformaven fragments irregulars.

Posteriorment es van afegir dues variables categòriques a les capes vectorials de les parcel·les a partir de la informació ja existent a Canaleta (2018), amb l'objectiu de diferenciar les categories d'usos del sòl marges entre camps i camps herbacis respectivament. La resta de categories d'usos del sòl no es van tenir en compte, perquè no tenien interès per l'anàlisi. Aquest procés fou necessari per transformar els arxius en format raster, el qual uneix els fragments de la mateixa classe, si es troben adjunts, reduint el nombre de fragments finals, modificant el resultat de l'anàlisi del paisatge.

2.2 Transformació a raster

Es va procedir amb la transformació dels arxius en format raster (de 1 * 1 metre píxel) amb l'eina de conversió "Feature to raster" utilitzant com a criteri les variables categòriques creades a l'anterior pas, obtenint un total de dos rasters per parcel·la: un raster pels marges entre camps, i l'altre pels camps herbacis. La conversió de les parcel·les del conjunt paisatgístic es va fer amb la mateixa eina.

Els rasters pels marges entre camps i pels camps herbacis tenien diferent nombre de fragments, dels quals un d'ells era més gran que la resta. Com que contenia informació que no era d'interès en aquest estudi, es va transformar com a "NoData" per no inferir en les altres dades. L'eina que es va utilitzar va ser "Set Null" la qual es trobava en la carpeta "Spatial Analyst Tools", apartat "Conditional".

Finalment l'últim pas previ a l'anàlisi va ser la transformació dels arxius en format rasters a format BIL, ja que el programa FRAGSTATS no accepta tots els tipus de format. Per fer-ho, es va utilitzar l'eina de conversió "Raster to other format", on s'havia d'especificar el tipus de format a obtenir.

3. Anàlisi del paisatge

3.1 Selecció de les variables

Les variables que es van seleccionar per realitzar l'anàlisi es van escollir en base a tres criteris. La informació aportada per un expert en la matèria d'anàlisi i gestió del paisatge (Dr. Diego Varga) juntament amb l'article Vila et al. (2006) és el primer, un altre és per les recomanacions dels actors implicats de la zona i per últim a partir del llibre de Botequilha et al. (2006), on es defineixen unes variables generals que s'utilitzen per analitzar el paisatge.

Els índexs seleccionats per a l'obtenció del model estan descrits en la taula 2. Es classifiquen segons l'àrea, la geometria dels fragments, l'agregació i la diversitat. D'ecotò o hàbitat no es va seleccionar cap índex perquè era necessari l'ús d'arxius amb informació que permetés contrastar les diferències entre fragments.

Taula 2. Índexs utilitzats per analitzar les parcel·les amb les respectives descripcions i el mètode d'obtenció segons si s'ha utilitzat el programari FRAGSTATS o ARCMAP.

Índex	Descripció	Mètode d'obtenció	Tipus d'índexs
Total Area	Àrea total mitjana dels fragments.	FRAGSTATS	Índex d'àrea
Number of patches	Nombre de fragments que conformen la parcel·la.	FRAGSTATS	Índex d'àrea
Patch Density	Nombre de fragments per unitat de superfície.	FRAGSTATS	Índex d'àrea
Largest Patch Index	Superfície més gran que hi ha present en una parcel·la.	FRAGSTATS	Índex d'àrea
Patch Perimeter	Perímetre de cada fragment que hi ha en la parcel·la.	FRAGSTATS	Índex d'àrea
Patch Area Mean	Mitjana de l'àrea dels fragments en una parcel·la.	FRAGSTATS	Índex d'àrea
Fractal Dimension Index Mean	Grau de complexitat del polígon segons la relació àrea-perímetre.	FRAGSTATS	Índex de geometria
Euclidean Nearest Neighbor Distance Mean	Mitjana de la distància entre fragments de la mateixa classe més pròxims d'una mateixa classe.	FRAGSTATS	Índex d'agregació
Patch Cohesion Index	Cohesió que hi ha entre els fragments.	FRAGSTATS	Índex d'agregació
Patch richness	Nombre de categories diferents.	FRAGSTATS	Índex de diversitat
Shannon's Diversity Index	Heterogeneïtat de la parcel·la.	FRAGSTATS	Índex de diversitat
Shannon's Evenness Index	Índex d'equitativitat segons l'índex de diversitat de Shannon.	FRAGSTATS	Índex de diversitat
Altitud	Distància vertical respecte el nivell del mar.	GIS	

3.2 Extracció dels valors

Per la variable elevació es va utilitzar un mètode d'obtenció de les dades diferent al dels altres índexs, de manera que s'explica en un apartat diferent.

3.2.1 Altitud

L'índex d'altitud de Vilademuls es va obtenir de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (<https://www.icgc.cat/Descarregues/Us-ajudem-amb-les-descarregues/Categ-de-descarregues>) i es van afegir en el programa ArcMap.

L'extracció de l'altitud es va fer mitjançant l'eina d'anàlisi espacial "Zonal statistics as table", el qual proporcionava les dades en format taula creuant la informació pels fragments d'interès. D'aquestes es va fer la mitjana de totes les alçades dels fragments per obtenir el valor mitjà de la parcel·la. Aquest procediment es va seguir per la categoria marges entre camps, camps herbacis i el paisatge.

3.2.2 Extracció amb FRAGSTATS

L'anàlisi del paisatge amb els índexs de la taula 2 es va realitzar amb el programa FRAGSTATS en la versió 4.2.1. S'utilitza aquest programa perquè a partir d'uns patrons en un mapa categoritzat, permet calcular-ne una àmplia varietat d'informació paisatgística (Vila et al., 2006).

Per a utilitzar-lo es van establir uns paràmetres d'anàlisi previs, permetent fer-lo més acurat. Aquests van ser la utilització de la "eight cell neighborhood rule", i de l'opció "no sampling strategy" es van seleccionar les opcions "landscape metrics" i "patch metrics" (Canaleta, 2018).

Es van introduir els arxius cartogràfics tractats per cada ús del sòl amb la selecció dels índexs, i es va fer córrer el programa, donant com a resultat unes taules de dades que es van passar en arxiu excel formant la base de dades per l'anàlisi estadístic.

4. Anàlisi estadístic

Les dades obtingudes es van analitzar amb el programa RStudio versió 1.2.1335 pel procediment pel PCA com per la classificació jeràrquica mitjançant clústers. Els packages utilitzats per l'anàlisi de components van ser "vegan" i "rela". Per l'agrupació dels clústers van ser: "ade4"; "vegan"; "gclus"; "clúster"; "RColorBrewer"; i "labdsu".

4.1 PCA o Anàlisi de Components Principals

L'objectiu del PCA era saber quines variables tenien més pes en el model i quin percentatge explicaven. Per realitzar-lo es va procedir amb un anàlisi de correlacions per evitar problemes de col·linealitat.

És important comentar que per obtenir un model vàlid a partir d'un anàlisi de components principals, s'ha d'intentar mantenir la proporció de 3:1 entre nombre de mostres i variables (McGarigal et al. 2000), i que en aquest cas tan sols hi ha 20 mostres diferents, necessitant com a màxim unes 6 variables. Aquestes sortiran del resultat de l'anàlisi dels 13 índexs de la taula 2 per la categoria dels marges i dels índexs obtinguts pel paisatge.

Les correlacions es van comprovar amb la comanda "cor" pel coeficient de Pearson, i la "Variance Inflation Factor" amb la comanda "VIF". A més paral·lelament es va realitzar el Test de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) que també mesura la correlació, i que amb valors superiors a 0.5 indicarà que es pot aplicar correctament un PCA, essent específic per aquest anàlisi.

Van sorgir diferents problemes de col·linealitat que es van solucionar no incloent els índexs que la presentaven, fins a obtenir un valor de KMO pels marges entre camps de 0.4338 i pels camps herbacis de 0.5792. En el primer cas el valor indica que no és del tot adient aplicar l'anàlisi dels components principals, i pel cas dels camps herbacis el valor indica que sí és adient. Els índexs que es van utilitzar pel PCA per les dues categories amb els índexs del paisatge per cada model són els de la taula 3.

Taula 3. Índexs que es van utilitzar en el PCA pel model dels marges i pel dels camps herbacis.

Índexs per aplicar el PCA			
Model marge		Model camp herbaci	
Marge	Parcel·la	Camp herbaci	Parcel·la
Total Area	Largest Patch Index	Total Area	Patch Density
Perimeter	Area Mean	Number of Patches	Largest Patch Index
Area Mean	Fractal	Patch Density	Perimeter
Fractal	Euclidean Nearest Neighbor Index	Largest Patch Index	Area Mean
Euclidean Nearest Neighbor Index	Shannon's Diversity Index	Euclidean Nearest Neighbor Index	Euclidean Nearest Neighbor Index
Cohesion	Cohesion	Area Mean	Cohesion
Shannon's Diversity Index		Cohesion	Patch Richness
Shannon's Evenness Index		Shannon's Diversity Index	Shannon's Diversity Index
Altitud			Shannon's Evenness Index
			Altitud

A continuació es va procedir amb l'anàlisi dels components principals, i mitjançant el criteri de Latent Root i de "broken stick" es va determinar el nombre de components a tenir en compte.

4.2 Classificació jeràrquica

L'anàlisi de clústers es va fer per determinar les agrupacions de les mostres segons les variables que expliquessin més variabilitat, i per veure les similituds entre les parcel·les.

El procediment va consistir a obtenir una representació gràfica de la matriu d'associació obtinguda a partir del càlcul de la distància euclidiana. Seguidament es va comprovar quin era el millor mètode d'aglomeració segons els criteris de la correlació Cofenètica i de la distància de Gower, entre els quals hi ha el mètode "simple linkage", "complete linkage" i "average-linkage" pels no lineals i el mètode de Ward pels lineals. Mitjançant la comanda "Silhouette widths" es va mesurar el grau de "pertinença" d'una mostra en el grup, i finalment es va representar el cladograma.

Criteris ètics i de sostenibilitat

Durant el procediment d'aquest treball no s'ha ocasionat cap dany a la fauna, la flora o el relleu de la zona d'estudi, ja que el treball s'ha basat a partir d'informació digitalitzada, obtinguda prèviament per un altre treball. La proposta d'aquest treball alhora permet generar una major consciència que tots els usos del sòl presenten una importància dintre l'ecosistema en el qual es troben, podent fer de connectors entre diferents zones, oferir refugi o aliment, i per tant, que en el moment de prendre certes decisions, es tingui en compte amb la importància que li comporta.

A més a més es posa en relleu el procés d'intensificació dels cultius i com aquest va lligat també amb el canvi climàtic i als problemes associats al cicle del nitrogen, com és la reducció de les zones no productives pel pagès a canvi d'expandir la que si que ho és.

Aquest fet cal posar-lo en qüestió des d'un punt de vista ecològic i sostenible, amb una projecció a llarg termini, i tenint en compte que el dia 1 de juny del 2018 la Comissió Europea va presentar un nou paquet de propostes legislatives per adaptar l'agricultura en el procés de canvi que ens trobem, essent aquestes dintre del marc de la Política Agrícola Comú o CAP per aplicar-les pel 2021, es creu que no s'està preparant al pagès per a tal canvi, i a causa de la desinformació i altres factors, sigui molt difícil poder aconseguir els objectius proposats, essent una transició de xoc i no gradual.

Aquestes mesures provinents de la Comissió Europea són avaluades mitjançant l'aplicació del Marc Comú de Seguiment i Evaluació o MCSE, el qual utilitza diferents indicadors per comprovar el funcionament de les mesures proposades pel CAP. El desembre del 2018 es va publicar un primer informe (European Commission [EC], 2018), de com s'estava implementant les mesures proposades anteriorment pel període del 2014-2020, i un dels punts interessants és que pel 2013 es tenia constància que hi havia 8.7 milions de persones treballant el camp a temps complet, però que d'aquests tant sols un 4.5% d'aquests se'ls havia ensenyat tècniques de millora en línia a les mesures proposades, i que tan sols 63500 pagesos havien rebut consells per part dels programes de desenvolupament rural. Aquests números indiquen una falta de treball en la comunicació, tenint en compte que s'està parlant de mesures aplicades a escala europea, i per tant molta gent involucrada.

La resta de punts els quals es treballa i com s'apliquen, es basen sobretot en subvencions pels agricultors, per tal que s'adaptin, essent un mètode funcional, però possiblement insuficient per l'ambició dels objectius proposats, de manera que caldria buscar alternatives complementàries a les proposades per tal de fer més eficient aquesta transició i facilitar-la.

L'aplicació d'aquestes mesures és necessària, però és important recordar que imposar de manera ràpida certs canvis, sobretot en l'agricultura on la població que la treballa és envellida, és complicat, i per tant cal suavitzar-ho mitjançant la comunicació amb els agents actius i mantenir-los informats per tal que prenguin les mesures necessàries.

També seria interessant que de manera més local, els municipis més agraris contemplassin la possibilitat de crear un teixit cooperatiu amb els pagesos i experts en la matèria per tal de millorar l'agricultura d'una manera més ètica i sostenible, tot facilitant les eines perquè es doni una conscienciació i millora per part dels agricultors.

Resultats

Anàlisi de components principals pel marge

Durant el procediment del PCA (Figura 3), es va obtenir que el nombre de components era de 4, i la variació que explicava cadascun era de 34.2% el primer, 18.9% el segon, 15.5% el tercer i 12% el quart. Conjuntament explicaven el 80.6% de la variació total del model.

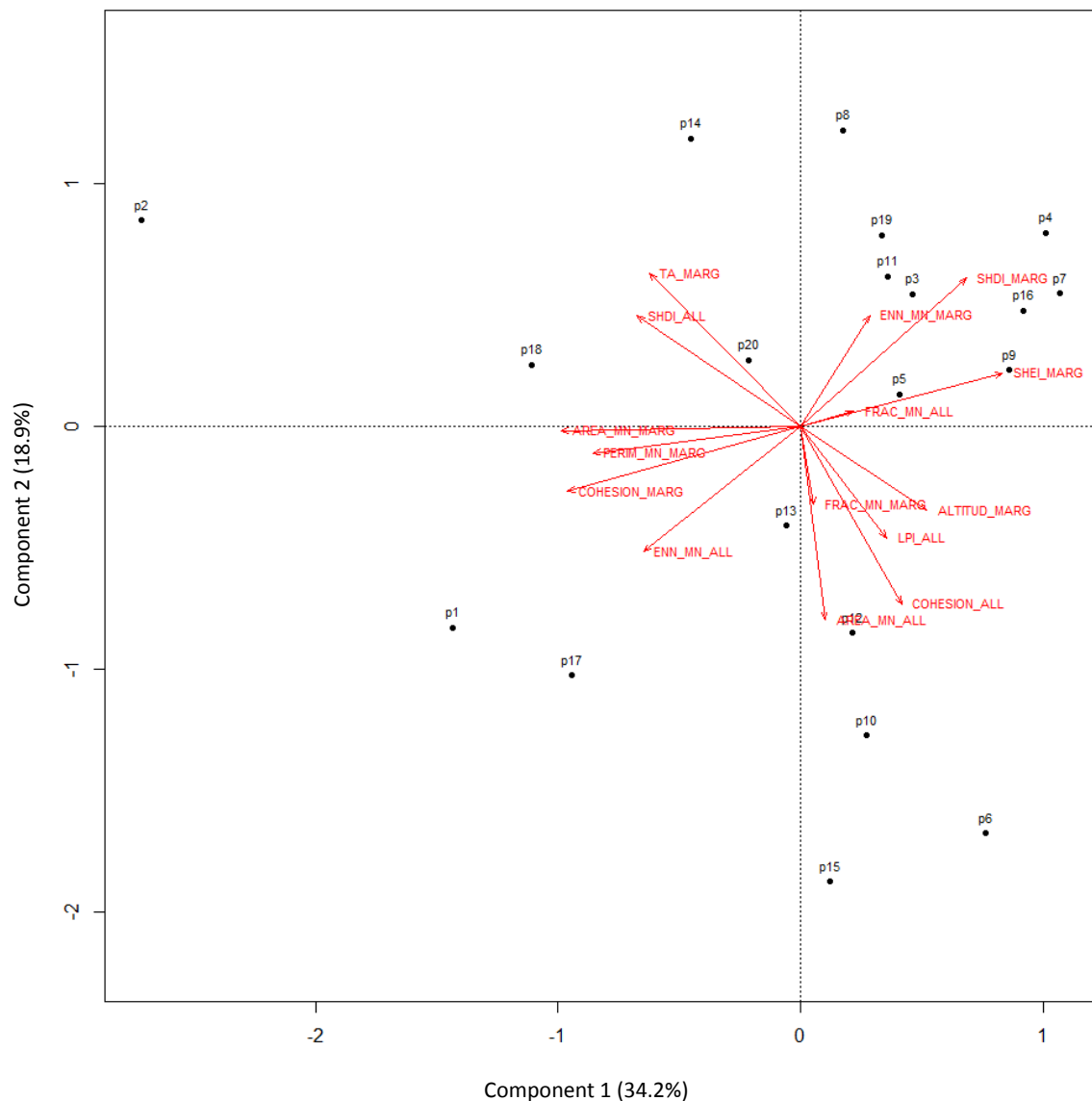


Figura 3. Anàlisi dels components principals per la categoria de l'ús del sòl marges entre camps. En la figura es representa la relació entre les variables i les correlacions entre elles. Abreviacions: TA = Àrea total; PERIM_MN = Perímetre mitjà; AREA_MN = Àrea mitjana; FRAC_MN = Índex fractalitat; ENN_MN = Euclidean Nearest Neighbor Index; COHESION = Índex de cohesió; SHDI = Índex de diversitat de Shannon; SHEI = Índex d'equitativitat de Shannon; ALTITUD = Altitud; LPI = Largest Patch Index; ..._MARG = Extret pels marges; ..._ALL = Extret pel conjunt paisatgístic.

L'eigenvector o índex de més contribució de cada variable per a cada nou component està remarcat blau en la taula 4, a la qual apareixen totes les variables usades en el PCA i el pes que té cada una.

Taula 4. Variables extretes del PCA pels marges entre camps amb la contribució per cada component, on es remarquen les que presenten més pes per cada component (M indica que l'índex prové dels fragments de marge i P indica que l'índex prové del paisatge de la

Índexs	Component 1 (contribució)	Component 2 (contribució)	Component 3 (contribució)	Component 4 (contribució)
Total Area (M)	-0.6257	0.6311	-0.2360	0.4762
Perimeter (M)	0.8581	-0.1081	-0.2093	0.2732
Area Mean (M)	-0.9882	-0.0167	-0.0410	0.2474
Fractal (M)	0.0533	-0.3208	0.7550	-0.2273
Euclidean Nearest Neighbor Index (M)	0.2830	0.4586	0.7246	0.1705
Cohesion (M)	-0.9633	-0.2658	-0.1254	0.0863
Shannon's Diversity Index (M)	0.6818	0.6115	-0.3046	0.3224
Shannon's Evenness Index (M)	0.8303	0.2203	-0.2169	0.0001
Altitud (M)	0.5174	-0.3437	-0.2165	0.4192
Largest Patch Index (P)	0.3530	-0.4581	0.2239	0.8041
Area Mean (P)	0.0995	-0.7972	-0.2336	-0.5725
Fractal (P)	0.2171	0.0630	0.9192	0.1083
Euclidean Nearest Neighbor Index (P)	-0.6485	-0.5153	0.3252	0.2544
Cohesion (P)	0.4140	-0.7315	0.0012	0.4588
Shannon's Diversity Index (P)	-0.6763	0.4570	0.4128	-0.1671

A continuació es van representar gràficament els índexs que presentaven un pes més important a cada un dels quatre components del PCA, per tal de comprovar les diferències entre les parcel·les objecte d'estudi (Figura 4).

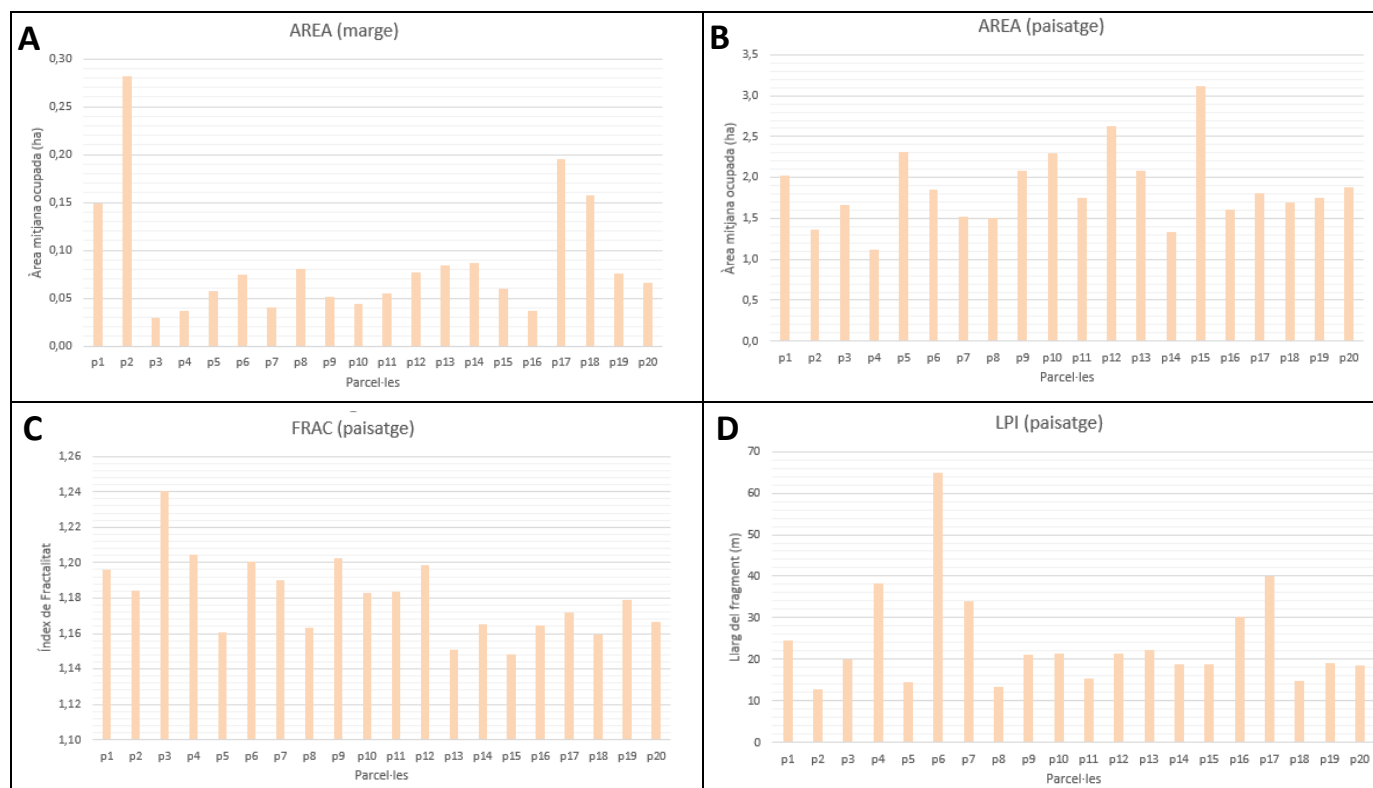


Figura 4. Representació dels valors per cada parcel·la segons l'índex. 4.A Es mostra per l'índex Àrea calculat a partir dels fragments del marge. 4.B L'índex Àrea extret del conjunt dels fragments del paisatge. 4.C L'índex de fractalitat calculat pel paisatge. 4.D L'índex LPI o Largest Patch Index extret pel paisatge.

Classificació jeràrquica del model pels marges

El mètode d'aglomeració que es va fer servir per crear els clústers va ser el mètode "Average-linkage", ja que el valor per la correlació Cofenètica era el més alt (0.9493), i pel de distància de Gower el més baix (2926.99), essent el mètode més adequat.

El nombre òptim de grups que van sortir mitjançant el mètode de "silhouette widths" va ser de dos amb un valor d'"average width" de 0.7264, donant dues agrupacions marcades.

La representació de com va quedar distribuïda la classificació s'observa a la figura 5.

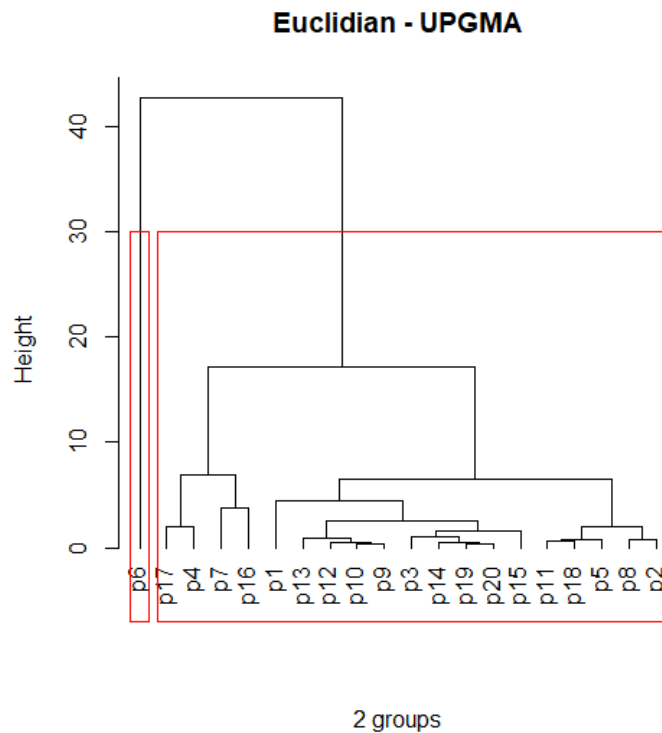


Figura 5. Representació de les agrupacions en format cladograma de les parcel·les segons les variables seleccionades de l'anàlisi dels components dels marges entre camps per 2 grups.

Anàlisi de components principals pel camp herbaci

La modelització amb els índexs per la categoria de l'ús del sòl camps herbacis, s'esperava que seguis els mateixos patrons que en la categoria de marges entre camps, però no es va donar. En ambdós casos hi ha parcel·les que estan molt influenciades per un component, com és la parcel·la 2 (p2) o la parcel·la 6 (p6), però una diferència que s'observa és que en la figura 3, es diferencien dos grups, i en la figura 6, que és la representació del PCA pel camp herbaci, s'identifiquen quatre grups.

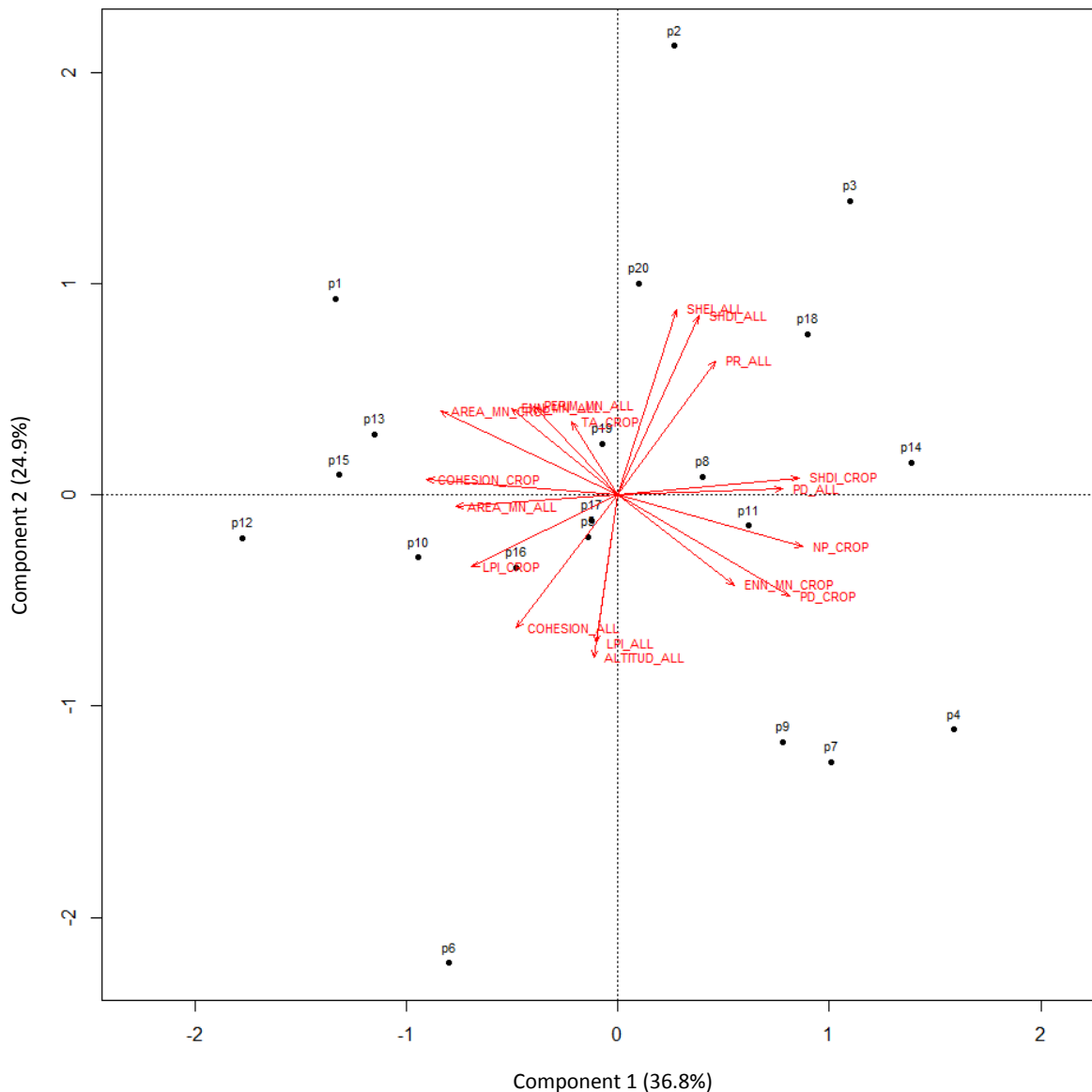


Figura 6. Representa la relació entre les variables i les correlacions en base al primer i el segon component de l'anàlisi dels components principals per la categoria de l'ús del sòl camps herbacis. Abreviacions: TA = Àrea total; NP = Nombre de fragments; PD = Densitat de fragments; PERIM_MN = Perímetre mitjà; AREA_MN = Àrea mitjana; FRAC_MN = Índex fractalitat; ENN_MN = Euclidean Nearest Neighbor Index; COHESION = Índex de cohesió; PR = Riquesa de fragments; SHDI = Índex de diversitat de Shannon; SHEI = Índex d'equitativitat de Shannon; ALTITUD = Altitud; LPI = Largest Patch Index; ..._CROP = Extret pels camps; ..._ALL = Extret pel conjunt paisatgístic.

El criteri de "Latent Root" va establir que el nombre de components que s'havien d'utilitzar eren de 5. La variació explicada que es va obtenir va ser de 36.8% pel primer component, de 24.9% pel segon, un 14.4% pel tercer, un 8.9% pel quart i finalment el cinquè component principal explicava una variació del 5%, essent el total de l'explicació d'un 90%.

Les variables de més pes juntament amb els altres índex i la seva contribució es troben en la taula 5.

Taula 5. Contribució de cada índex segons cada component extret del PCA per la categoria camps herbacis. En blau es marquen els índexs de més pes per cada component (C indica que l'índex prové dels fragments de camp i P indica que l'índex prové del paisatge de la parcel·la).

Índexs	Component 1 (contribució)	Component 2 (contribució)	Component 3 (contribució)	Component 4 (contribució)	Component 5 (contribució)
Total Area (C)	-0.221	0.346	-0.594	0.643	-0.015
Number of Patches (C)	0.873	-0.246	-0.257	0.117	0.097
Patch Density (C)	0.812	-0.481	0.152	-0.255	0.121
Largest Patch Index (C)	-0.691	-0.341	0.279	0.105	0.434
Area Mean (C)	-0.841	0.397	-0.080	0.266	-0.014
Euclidean Nearest Neighbor Index (C)	0.55	-0.427	-0.403	-0.1582	0.326
Cohesion (C)	-0.904	0.074	0.166	0.257	0.276
Shannon's Diversity Index (C)	0.857	0.082	-0.349	-0.049	-0.383
Patch Density (P)	0.779	0.029	0.450	0.293	0.106
Largest Patch Index (P)	-0.103	-0.704	0.648	-0.021	-0.236
Perimeter (P)	-0.399	0.421	-0.390	-0.700	0.104
Area Mean (P)	-0.766	-0.055	-0.463	-0.407	-0.062
Euclidean Nearest Neighbor Index (P)	-0.504	0.411	0.629	-0.216	-0.155
Cohesion (P)	-0.480	-0.630	0.202	-0.052	-0.506
Patch Richness (P)	0.460	0.634	0.504	-0.091	0.162
Shannon's Diversity Index (P)	0.681	0.846	0.326	-0.167	0.071
Shannon's Evenness Index (P)	0.277	0.879	0.152	-0.186	0.004
Altitud (P)	-0.114	-0.771	0.119	-0.245	0.321

Els índexs de més pes obtinguts pel PCA dels camps herbacis es van representar en un gràfic (Figura 7) per cada parcel·la per comprovar-ne les diferències segons les agrupacions de la classificació jeràrquica.

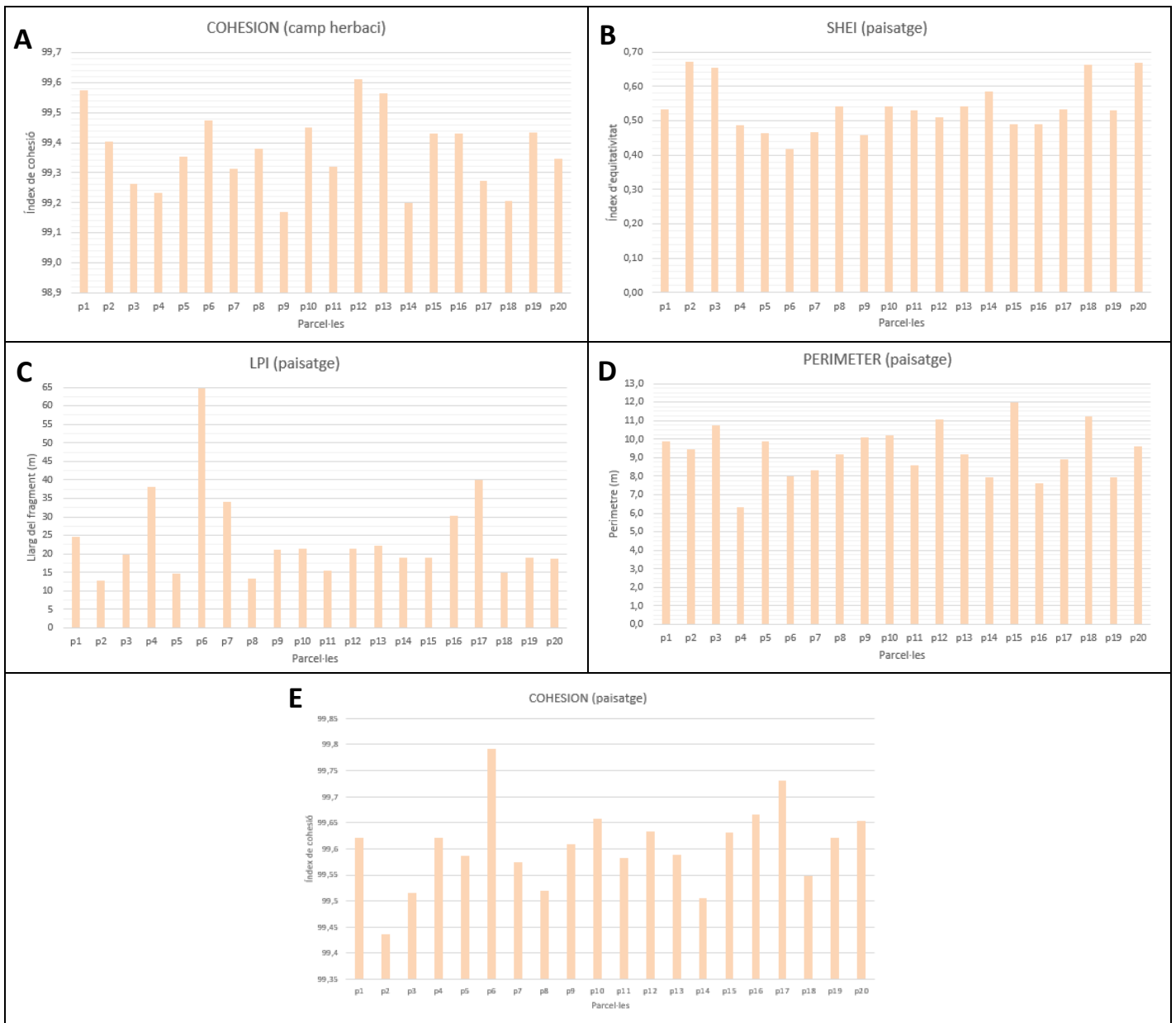


Figura 7. Representació dels valors per cada parcel·la segons l'índex. 7.A Per l'índex cohesion calculat pel camp. 7.B L'índex d'equitativitat de Shannon calculat per totes les categories d'usos del sòl. 7.C La variable Largest Patch Index o LPI pels fragments del paisatge. 7.D Es representa la variable perímetre calculat pel paisatge. 7.E L'últim índex és el de cohesion extret pel conjunt paisatgístic.

Classificació jeràrquica del model pels camps herbacis

Els resultats per la selecció del mètode d'aglomeració van ser favorable per l'ús del mètode "Average-linkage" ja que el valor per la correlació Cofenètica era el més alt, de 0.9489 i el més petit per la distància de Gower amb un valor de 2883.8, de manera que es va fer servir aquest mètode per agrupar.

Amb la comanda "silhouette widths" es va determinar que el nombre de grups òptim era de dos amb un valor d'"average width" de 0.72. Aquesta agrupació es representa en la figura 8.

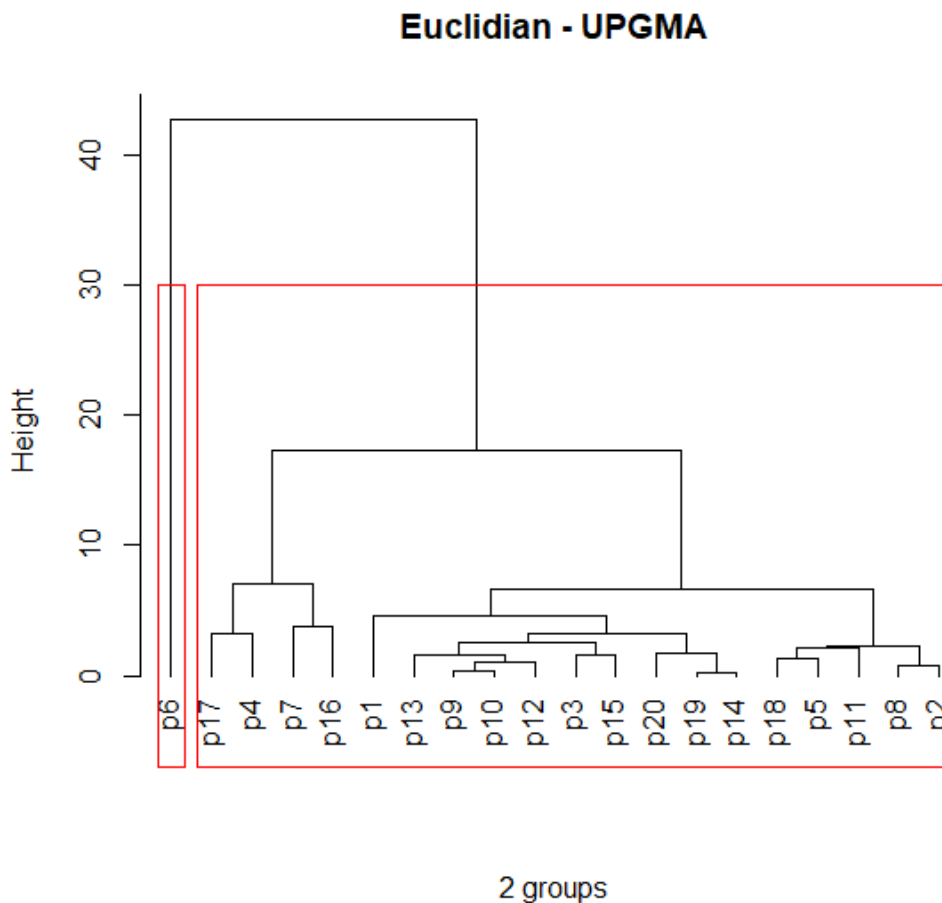


Figura 8. Representació de les agrupacions en format cladograma de les parcel·les segons les variables seleccionades de l'anàlisi dels components dels camps herbacis per 2 grups.

Discussió

Anàlisi de components principals

L'anàlisi de components principals centrat en la categoria d'usos del sòl dels marges entre camps indica que els índexs que presenten més pes són: l'àrea obtinguda a partir de les parcel·les amb la categoria marges entre camps, i l'índex "Largest Patch Index", l'àrea i l'índex fractal obtingut a partir les parcel·les amb totes les categories d'usos del sòl. El que crida més l'atenció és que la gran majoria són els índexs calculats a nivell del paisatge (és a dir, tenint en compte tots els usos del sòl de Canaleta (2018) a nivell de parcel·la) i no només pels marges com s'esperava que passés.

I en l'anàlisi centrat en els camps herbacis s'observa el mateix. Només una de les variables amb més pes als cinc components seleccionats per l'anàlisi va ser calculada a partir de les parcel·les amb la categoria camp herbaci. Aquest és l'índex de cohesió, l'índex d'equitativitat, "Largest Patch Index", perímetre i cohesió són els extrems a partir del paisatge amb tots els usos del sòl.

En el cas de l'anàlisi dels marges, si s'aprofundeix en el pes dels índexs i les relacions que presenten amb les parcel·les, veiem que l'índex d'àrea calculat a partir dels marges té més pes a l'hora d'explicar la variació del primer component perquè la parcel·la 2 presenta un valor extrem, juntament amb les parcel·les 1, 17 i 18 que presenten valors no tant esbiaixats. La resta de parcel·les presenten valors més baixos i amb poca diferència entre elles. Per aquest mateix component, s'observa que l'índex de cohesió obtingut a partir dels marges també té força pes per explicar la variació, seguint el mateix patró anterior, però amb la diferència que les parcel·les 1 i 2 són més semblants.

Pel que fa al segon component, la parcel·la 15 és la que té un valor atípic més alt per l'índex d'àrea, calculat per tots els usos del sòl, seguit de la parcel·la 12. L'altre índex que explica la variació per aquest component principal és la cohesió obtinguda del conjunt paisatgístic. D'aquest en destaca la parcel·la 6 i la 17 per valors molt alts per aquest índex.

En el tercer component, l'índex de fractalitat obtingut per totes les categories, presenta més pes degut al valor elevat de la parcel·la 3, tot i que la resta de valors no són molt homogenis. Un altre índex per aquest component és el de fractalitat per la categoria marges amb la mateixa parcel·la 3 que té un valor atípic comparat amb les altres parcel·les.

Finalment el pes de l'índex LPI en el quart component s'explica per la parcel·la 6, que té un valor per aquest índex molt per sobre de la mitjana, i també per les parcel·les 4, 7 i 17.

En menor mesura, l'índex d'àrea mitjana explica la variació en el component pels valors heterogenis de les diferents parcel·les.

Cal destacar que de les parcel·les comentades, la parcel·la 2 és la més diferenciada de la resta, tal com es pot observar a la figura 3 de l'anàlisi de components principals, però a la figura 4 només destaca per l'índex àrea en comparació amb les altres parcel·les.

Pel que fa a l'anàlisi centrat en els camps herbacis, veiem que pel primer component, l'índex cohesió calculat a partir de les parcel·les amb la categoria camps herbacis, és el que té més pes, amb la característica que les parcel·les són molt heterogènies entre elles, explicant la variació per aquest component. Per l'índex de nombre de fragments es dona el mateix cas, el pes en la variació ve donat per l'heterogeneïtat en el nombre de fragments.

En el segon component, l'índex d'equitativitat calculat pel conjunt paisatgístic, és la variable de més pes perquè hi ha les parcel·les 2, 3, 18 i 20 amb valors molt elevats i la parcel·la 6 perquè té el valor força baix. Un altre índex que té pes en aquest component és el de diversitat de Shannon, el qual segueix el mateix patró de parcel·les amb valors alts, amb la diferència que és més marcat per l'índex de diversitat.

Pel tercer component, l'índex "Largest Patch Index" extret per totes les categories d'usos del sòl explica més variació degut a la parcel·la 6, la qual té un valor molt extrem en comparació amb les altres, essent el mateix cas que per l'anàlisi de components per la categoria marges. La variació per aquest component també s'explica per l'índex "Euclidean Nearest Neighbor", en la qual destaca la parcel·la 2 i la 17 en menor mesura.

La variació del quart component, és deguda a la diferència de la parcel·la 15 respecte les altres per l'índex perímetre, calculat per conjunt paisatgístic. Els altres valors són força heterogenis entre ells, provocant també que aquest índex tingui més pes en el component. L'índex d'àrea total també explica part de la variació per aquest component, ja que els valors per les parcel·les són heterogenis, i també perquè hi ha valors extrems alts com les parcel·les 5, 11 i 19, i baixos com la parcel·la 6.

Finalment la variació del component 5 s'explica en part per l'índex de cohesió, amb un valor alt per la parcel·la 6 i més moderat per la 17, i un valor baix per la parcel·la 2.

L'altre índex que també dona variació en el component és el de "Largest Patch Index" extret per la categoria camps herbacis, en el que la parcel·la 12 té el valor més alt, seguit de la parcel·la 13 i 6, i on la resta tenen valors força homogenis.

Per aquest PCA cal destacar que la parcel·la 6 és la més diferent en comparació a la resta, essent la 2 en el cas de l'anàlisi pels marges, la qual també s'observa força diferenciada respecte les altres en la figura 6.

Anàlisi de clústers

De les agrupacions obtingudes per l'anàlisi de clúster, tant pel model dels marges entre camps com dels camps herbacis es dona que hi ha dues agrupacions molt marcades. Una d'aquestes agrupacions només conté una parcel·la, essent sempre la parcel·la número 6. Quan es compara amb les representacions de l'anàlisi de components pels marges entre camps i pels camps herbacis (Figura 3 i Figura 6), tan sols en l'anàlisi pels camps herbacis s'aprecia la diferència de la parcel·la 6 de la resta. En canvi en l'anàlisi pels marges entre camps, es pot apreciar com la figura 2 és la més diferenciada, però no es veu reflectit en les agrupacions.

Dels índexs analitzats amb més pes, si es comparen els valors entre les parcel·les 2 i 6 (Figura 4), es dona que l'índex d'àrea pel component 1, el valor de la parcel·la 2 és força més elevat que el de la parcel·la 6. I es dona el cas contrari per l'índex "LPI" on la parcel·la 6 té el valor elevat. Un altre factor interessant és que el cladograma obtingut pels marges entre camps (Figura 5), agrupa en poca distància la parcel·la 2 i la 8, i en canvi la parcel·la 6 s'agrupa amb la resta de parcel·les a molta distància.

Aquest fet es podria explicar per l'ús de la distància euclidiana alhora de fer les agrupacions, fent que les diferències pels diferents índexs sobre expressés la parcel·la 6 o limités la parcel·la 2. També es podria donar el cas que pel fet que la dada per aquest índex sigui anòmla, la parcel·la 2 estigui esbiaixada en l'anàlisi de components principals.

Procediment cartogràfic

Tal com s'ha plantejat l'anàlisi dels marges entre camps, el procediment seguit presenta diferents limitacions que treballades de manera més detallada permetrien una millora de la caracterització d'aquest ús del sòl. El problema principal està relacionat en la utilització de la cartografia realitzada per Canaleta (2018) a escala 1:2500, la qual tenia per objectiu estudiar els canvis en el paisatge del municipi de Vilademuls des dels anys 1946 fins a l'actualitat, i no tant en caracteritzar els canvis en els marges.

Tot i que la feina realitzada per Canaleta (2018) per elaborar la cartografia diacrònica de les vint parcel·les del municipi de Vilademuls ha estat molt elevada i el nivell de detall està ben treballat, per l'estudi dels marges ha resultat insuficient.

Els fragments corresponents a marges entre camps a vegades no suposen més d'un metre d'ample, essent la gran majoria molt petits, fent així que el procediment establert a Canaleta (2018) no fós suficientment acurat a la realitat (O'Connell et al., 2015).

Un altre element que cal tenir en compte és que en la digitalització realitzada per Canaleta (2018) només s'ha tingut en compte els marges entre camps, tot i que s'ha observat tant cartogràficament com directament en el terreny que les zones utilitzades per l'anàlisi presenten altres tipus de marges. La caracterització d'aquests altres marges hauria permès expandir i aprofundir en l'anàlisi d'aquest ús del sòl, ampliant els tipus de marges. Alhora, un major nombre de fragments amb la categoria marge en cada parcel·la de diferents tipologies, permetria extreure més dades per tractar fent l'anàlisi més robust.

Selecció de variables

A l'hora de realitzar l'anàlisi de components principals també s'ha utilitzat un nombre d'índexs massa elevat, cosa que ha complicat el procediment. Al ser necessari comprovar les correlacions entre els índexs, es poden eliminar algunes variables, simplificant l'anàlisi.

El problema pot ser que les correlacions entre els índexs vingui donat perquè sigui necessària un índex per obtenir l'altre, com el cas de l'índex de densitat de fragments, que s'obté a partir de l'índex nombre de fragments i l'índex àrea total. Aquest fet pot provocar que no sigui adient realitzar l'anàlisi de components principals i sigui necessari reduir el nombre de variables. Els índexs que es deixen d'utilitzar podrien tenir força pes en el model, fent-lo canviar significativament.

Arran de les correlacions obtingudes en l'anàlisi pels marges entre camps com pels camps herbacis, ha fet falta reduir 11 variables per la modelització dels marges entre camps i 8 per l'anàlisi de la categoria camps herbacis. Per altra banda la majoria d'índexs eliminats en el model dels marges entre camps, eren els extrets per totes les categories d'usos del sòl, en canvi en el model dels camps herbacis, la reducció es va fer pels índexs extrets a partir dels fragments amb l'ús del sòl camps herbacis.

Model conceptual

El model conceptual creat per analitzar els marges es creu acabat, amb tots els passos ben definits i amb prou fonament per considerar-lo correcte, però presenta moltes mancances que fan d'aquest model una versió molt inicial. Aquesta afirmació es basa en els quatre punts anteriors de la discussió.

- En l'apartat de l'anàlisi de components principals, hi ha altres mètodes d'agrupació que no s'han explorat suficientment, com el mètode NMDS, que poden ser millors per analitzar les dades que es tractaven, encara que fos menys robust.
- L'anàlisi de clústers s'ha realitzat per mètodes d'agrupació jeràrquica, tot i que també es va plantejar l'ús d'agrupacions no jeràrquiques, però degut a la comparació dels resultats entre els dos mètodes, es va prosseguir amb el primer mètode.
- Un punt important és el de les limitacions cartogràfiques identificades anteriorment, ja que és la base de tot el treball, i pot provocar grans modificacions en els resultats. Insistent doncs que aquesta part és fluixa per aquest treball.
- Finalment la selecció de les variables, que es va basar en els criteris d'un expert en l'ecologia del paisatge, els agents actius i el llibre de Botequilha (2006), és un punt fort en el treball, però té la problemàtica que hi ha masses variables a tenir en compte a l'hora de fer aquests tipus d'anàlisi.

Tot i les limitacions del treball, aquest és el primer estudi que caracteritza el municipi de Vilademuls en funció dels seus marges, amb la idea que en un futur es continuï aquest estudi examinant altres elements com la diversitat associada en aquesta categoria d'ús del sòl o com la pèrdua dels marges afecta a la dispersió de la fauna i flora.

Conclusions

With the study we found that:

- There is the need to use very accurate digitization when studying and analysing margins because of their small sample size.
- When comparing the margin theoretical model with herbaceous crop model, it proves that the used procedure is correct. However, if there is an atypical data, it can modify the results to a point where the aggregation could be the same.
- Apart from the LPI, the other selected index from the PCA are different for each land use, showing that AREA variables explain most of the variability for margins, and COHESION and Shannon's Evenness Index describes it for herbaceous crop land use.
- Because the characteristics of the model, a way to improve it might be using contrast indexes that use biological data like flora and fauna.

Agraïments

Per acabar m'agradaria agrair a les diferents persones que m'han ajudat en el desenvolupament d'aquest treball. Primer de tot i en especial, a la Dra. Núria Roura, la tutora del treball, el qual no hagués estat possible sense la seva ajuda i dedicació, però sobretot per la seva paciència.

També m'agradaria donar les gràcies a les aportacions realitzades pels experts amb els quals he pogut comptar al llarg del treball, Xavier Puig, Dr. Sergi Nuss i Dr. Diego Varga, que han servit per desencallar-lo en moments puntuals.

Finalment agraeixo a totes i cada una de les persones que m'han acompanyat i ajudat a superar aquest camí de quatre anys que culmina amb aquest treball.

Gràcies de tot cor.

Bibliografia

Botequilha, A.; Miller, J.; Ahern, J.; McGarigal, K. (2006). *Measuring Landscapes. A Planner's Handbook*. Washington: Island Press.

Canaleta, G. (2018). *Linking land use changes and ecosystem services trade-offs: a first approximation in Vilademuls, Catalonia*. (Treball de fi de Màster no publicat). Universitat de Girona, Catalunya.

Chamberlain, D.; Fuller, R.; Bunce, R.; Duckworth, J.; Shrubbs, M. (2000). Changes in abundance of farmland birds in relation to the timing of agricultural intensification in England and Wales. *Journal of Applied Ecology*, 37: 771-788.

Comisión Europea. (s. d.). *Futuro de la política agrícola común*. Recuperat el 12 de juny de 2019 de https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy/future-cap_es.

European Commission. (2018). *Report from the commission to the european parliament and the council: on the implementation of the Common Monitoring and Evaluation Framework and first results on the performance of the Common Agricultural Policy*. Recuperat el 7 de juliol de 2019 de https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/key_policies/documents/report-implementation-cmef_december2018_en.pdf

European Environment Agency. (2015). *The European environment — state and outlook 2015: synthesis report*. European Environment Agency, Copenhagen.

Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. (s. d.). *Catàleg de descarregues*. Recuperat el 14 de juny de 2019 de <https://www.icgc.cat/Descarregues/Us-ajudem-amb-les-descarregues/Cataleg-de-descarregues>.

José-María, L.; Armengot, L., Chamorro, L.; Xavier Sans, F. (2013). The conservation of arable weeds at crop edges of barley fields in northeast Spain. *Annals of Applied Biology*, 163, 47-55.

Knight, E.; Mahony, N.; Green, D. (2016). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 223, 278-288.

Ma, M.; Hietala, R.; Kuussaari, M.; Helenius, J. (2013). Impacts of edge density of field patches on plant species richness and community turnover among margin habitats in agricultural landscapes. *Ecological Indicators*, 31, 25-34.

McGarigal, K.; Cushman, S.; Stafford, S. (2000). *Multivariate Statistics for Wildlife Ecology Research*. Springer-Verlag, New York.

Marshall, E. (2004). Agricultural landscapes: field margin habitats and their interaction with crop production. *Journal of Crop Improvement*, 12, 365-404.

Meyer, W.; Turner, B. II. (1996). Land-Use/Land-Cover Change: Challenges for Geographers. *Geojournal*, 39, 237-240.

Olson, D.; Wäckers F. (2007). Management of field margins to maximize múltiple ecological services. *Journal of Applied Ecology*, 44, 13-21.

Observatori del Paisatge. (2014). *Catàleg del paisatge de les Comarques Gironines*. Olot-Barcelona: Observatori del paisatge.

O'Connell, J.; Bradter, U.; Benton, T. Wide-area mapping of small-scale features in agricultural landscapes using airborne remote sensing. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 109, 165-177.

Troll, C. (1939). «Luftbildplan und ökologische Bodenforschung». *Zeitschrift der Gesellschaft fur Erdkunde Zu Berlin*, 74, 241 – 298.

Vila, J.; Varga D.; Llausàs, A.; Ribas, A. (2006). Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology): Una interpretación desde la geografía. *Documents d'anàlisi geogràfica*, 48, 151-166.

Zornoza, A. *Instamaps Lloret & Vilademuls Land Uses*. Preparatory materials 1946/1990/2009 of Erasmus+ program. Towards the low-carbon society. Disponible a <https://www.instamaps.cat/geocatweb/galeria.html?user=anzornoza@gmail.com>