

Mètriques d'ecologia del paisatge aplicades al LIC Na Borges (Mallorca)

Saüc GUAL CABALLERO i Gabriel ALOMAR-GARAU

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES BALEARS

Gual Caballero, S. i Alomar-Garau, G. 2020. Mètriques d'ecologia del paisatge aplicades al LIC Na Borges (Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 63: 69-87. ISSN 0212-260X. e-ISSN 2444-8192. Palma (Illes Balears).

En el present treball s'examina i s'analitza l'estructura i heterogeneïtat paisatgística dins els límits que conformen el Lloc d'Interès Comunitari (LIC) de Na Borges (Mallorca), situat al nord-est de Mallorca. L'anàlisi s'ha fet a partir de la descripció d'un conjunt de mètriques d'ecologia del paisatge aplicades a aquest territori, fent ús del software Fragstats i partir d'un mapa de cobertures del sòl derivat del Sistema d'Informació sobre Ocupació del Sòl d'Espanya (SIOSE), de l'any 2014. L'anàlisi ha permès constatar el domini paisatgístic tant de les superfícies amb vegetació natural com de les superfícies cultivades, tal com s'espera en aquest tipus d'espais protegits, molt poc artificialitzats. La fragmentació del LIC en 16 classes diferents de paisatge, distribuïdes en 218 polígons, permet validar la diversitat paisatgística i ecològica de la zona, cosa que podria comparar-se, utilitzant el mateix mètode analític, amb la situació de la resta d'espais naturals protegits de les Balears.

Paraules clau: *Ecologia del Paisatge; mètriques del paisatge; cartografia del paisatge; anàlisi espacial; biodiversitat; LIC; Na Borges; SIOSE.*

LANDSCAPE ECOLOGY METRICS APPLIED TO THE LIC NA BORGES (MAJORCA). This work examines and analyzes the structure and heterogeneity of the LIC (Site of Community Interest, SCI) of Na Borges (Majorca), located in the northeast of Mallorca. The analysis was made from the description of a set of landscape ecology metrics applied to this territory, using the Fragstats software and a map of coverages, derived from the Spanish Land Cover Information System (SIOSE), 2014. The analysis has shown the landscape dominance of surfaces with natural vegetation and cultivated areas, as expected in this type of protected areas, very little artificial. The fragmentation of the LIC into 16 different classes of landscape, distributed in 218 polygons, allows to validate the ecological and landscape diversity of the area, which could be compared, using the same analytical method, with the situation of the other natural protected areas of the Balearic Islands.

Keywords: *Landscape Ecology; landscape metrics; landscape mapping; spatial analysis; biodiversity; LIC; Na Borges; SIOSE.*

Saüc GUAL CABALLERO i Gabriel ALOMAR-GARAU. Departament de Geografia. Universitat de les Illes Balears. Ctra. de Valldemossa km 7,5, 07122. Palma. E-mails: gabriel.alomar@uib.es, Sauc_caballero@hotmail.com

Recepció del manuscrit: 1-04-2020; revisió acceptada: 26-07-2020; publicació online: 3-09-2020.

Introducció

La denominació de mètriques del paisatge s'empra per referir-se al conjunt de fórmules matemàtiques les quals, en forma

d'índexs, permeten analitzar objectivament els patrons espacials del mosaic paisatgístic que conforma un determinat territori. Es tracta d'una concepció positivista del paisatge –i en

aquest sentit no humanística—, cosa que permet l'ús de les mètriques com una mètode més d'anàlisi espacial, que resulta inútil quan el paisatge es concep com un constructe cultural i com la resposta sensible que una porció de l'espai desperta en un subjecte.

En el cas del present treball s'ha escollit com a àrea d'anàlisi el territori conformat pel Lloc d'Importància Comunitària (LIC) Na Borges (Mallorca) (Fig. 1), declarat com a tal l'any 2013, i inclòs, per tant, en el llistat actualitzat de llocs d'importància comunitària de la regió biogeogràfica mediterrània. Els Llocs d'Importància Comunitària es defineixen com aquelles àrees en les quals hi ha hàbitats i espècies representatives de la regió biogeogràfica en la qual s'inclouen, i en les quals s'exerceixen unes polítiques actives de protecció, preservació, recuperació i restauració. Els hàbitats i espècies inclosos dins cada LIC en particular són els que apareixen als annexos de la Directiva Hàbitats, i són els Estats membres de la Unió Europea els que proposen el nombre i la superfície d'àrees susceptibles de ser declarades com a tals, cosa que recau, finalment, en la Comissió Europea. Cal dir també que els Llocs d'Importància Comunitària són figures de protecció que, juntament amb les Zones d'Especial Protecció per a les Aus (ZEPA), s'integren en la denominada xarxa ecològica Natura 2000, constituïda en aplicació de la Directiva 92/43/CEE del Consell, de 21 de maig de 1992, relativa a la conservació dels hàbitats naturals i de la flora i fauna silvestres (Directiva d'Hàbitats), i de la Directiva 2009/147/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 30 de novembre de 2009, relativa a la conservació de les aus silvestres (Directiva d'Aus). La finalitat de la Xarxa Natura 2000 és assegurar la conservació a llarg termini de les espècies i

els hàbitats més amenaçats d'Europa, i frenar la pèrdua de biodiversitat causada per l'impacte desfavorable de les activitats humanes (CAIB, 2017).

D'acord amb les dades del *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*, del Govern d'Espanya, a les Balears els LICs (138) i ZEPAs (65) ocupen una superfície total –terrestre i marina– de 354.113,7 ha, de les quals 202.808,14 ha són LIC i 151.305,54 ha són ZEPA. La tramitació de la Xarxa Natura 2000 va començar a les Illes Balears per mitjà de l'acord del Consell de Govern de 28 de juliol de 2000. Més envant, mitjançant el Consell de Govern de 23 d'abril de 2004 i el Decret 29/2006, de 24 de març, va ser aprovada l'ampliació del llistat de LICs. A Mallorca, el nombre de LICs és de 84, i 31 el de ZEPAs. El LIC zonal de Na Borges (codi ES5310029) ocupa una superfície de 3.994,3 ha.

En relació amb l'anàlisi que aquí es proposa, el mètode de les mètriques és el que s'utilitza en ecologia del paisatge per determinar numèricament l'heterogeneïtat paisatgística d'un territori (Malinowska i Szumacher, 2013), i és, per tant, un mètode objectiu. Per fer els càlculs hi ha diversos programes informàtics, tals com Fragstats, Apack, V-Late o GRASS, cadascú dels quals treballa amb formats de fitxer diferents i amb un nombre de mètriques específic, no sempre coincidents. Les mètriques constitueixen una mesura quantitativa de la funció, la composició i l'estructura espacial d'un territori, i tenen la facultat de reduir la seva complexitat a un conjunt de valors numèrics (Cardille i Turner, 2002; Uuemaa *et al.*, 2009). D'acord amb les conceptualitzacions realitzades per l'ecologia del paisatge (Forman i Godron, 1986; Gergel i Turner, 2002; Gurrutxaga i Lozano, 2008), per simplificar la interpretació de l'estructura

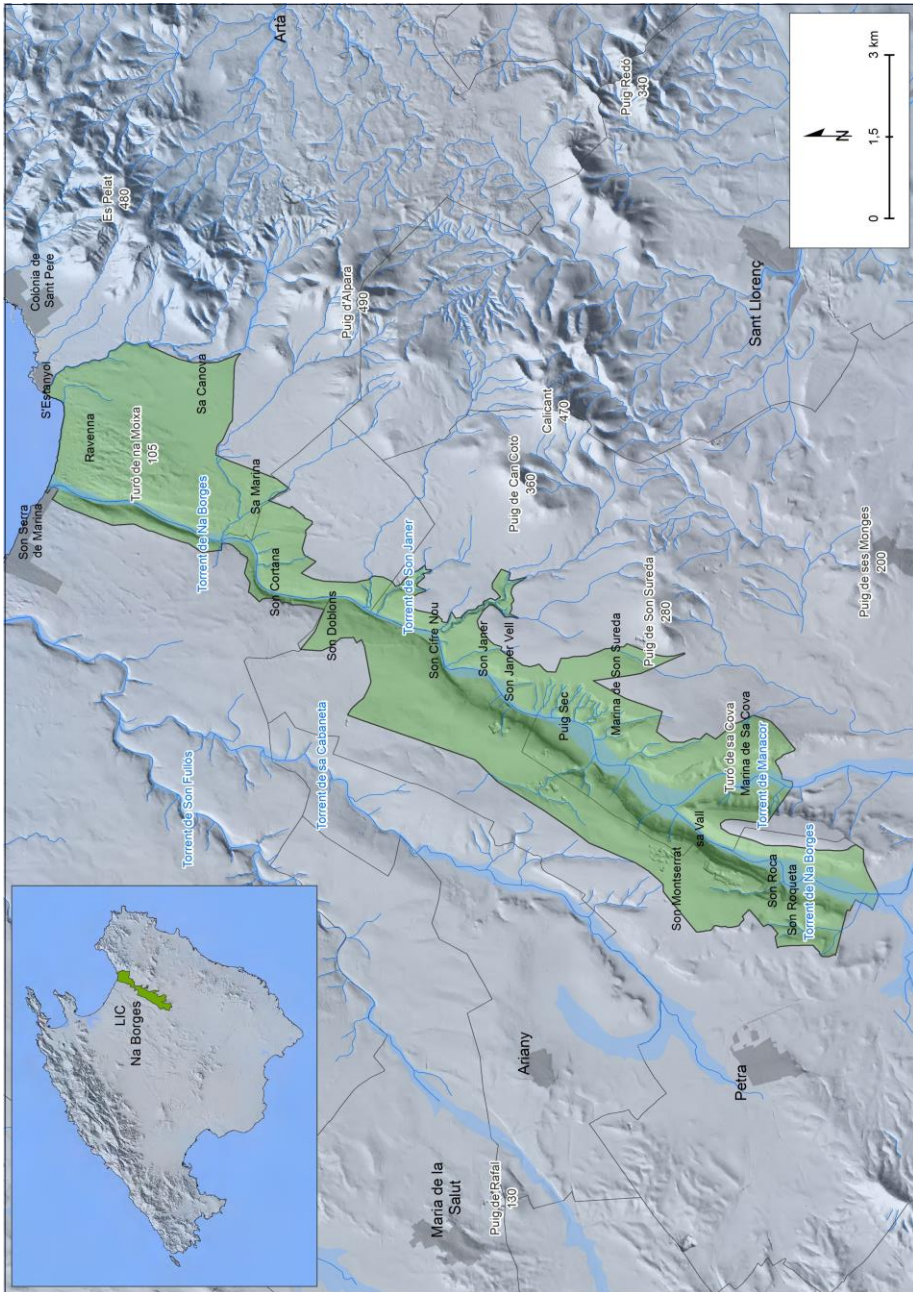


Fig. 1. LIC Na Borges (Mallorca) sobre una base de relleu. Elaboració: Gabriel Alomar-Garau.
Fig. 1. LIC Na Borges (Mallorca) on a relief basis. Elaboration: Gabriel Alomar-Garau.

d'un paisatge es proposa un model conceptual d'acord amb el qual tot mosaic paisatgístic està constituït, a qualsevol escala, per tres tipus d'elements: matrius –*matrix*–, tessel·les –*patches* o polígons– i corredors –*corridors*–. Aquests elements poden tenir un origen plenament natural, plenament antròpic o un mescla dels dos. Les matrius es defineixen com les porcions de superfície terrestre que presenten una certa extensió, i que apareixen constituïdes per un conjunt de tessel·les de forma poligonal, de característiques ambientals homogènies. Dit d'una altra manera, les tessel·les són les figures geomètriques poligonals que contenen les diferents categories d'ocupació o ús del sòl, de tal manera que els mapes categòrics quantifiquen la variabilitat mitjançant la identificació de tessel·les homogènies i que presenten una transició relativament brusca cap a zones adjacents (Gustafson, 1998). Les tessel·les varien en forma, mida, vorera, origen i connectivitat, així que hi ha unes mètriques destinades a quantificar i descriure cada un d'aquests aspectes. Per últim, els corredors són peces longitudinals que travessen totalment o una part de la matriu. Són corredors típics les vies de comunicació o els cursos d'aigua. Tot plegat, l'estructura bidimensional d'un paisatge pot ésser estudiada en termes de diversitat paisatgística (nombre de tessel·les), de dominància (proporció en la que es troben les categories d'ocupació del sòl), contagi (tendència de les tessel·les a agrupar-se entre si), fragmentació (tendència de les tessel·les a fraccionar-se, cosa que s'oposa al contagi), complexitat de les formes (grau de variació del perímetre de les tessel·les en relació amb la seva àrea) o textura.

Per al cas del present treball, no hi ha precedents bibliogràficament referenciats d'aquesta mena d'anàlisis aplicades als

espais naturals protegits de les Balears. No obstant, sí hi ha estudis la base dels quals és el maneig informàtic de la informació relativa als usos del sòl, com el que realitzen Gornés *et al.* (2018), en el que es fa una anàlisi de les cobertes i usos de sòl del litoral de Menorca, o l'estudi de Balaguer *et al.* (2014), en el que es quantifica la pèrdua del 'valor natural' causada pels incendis forestals a l'àmbit geogràfic de la Serra de Tramuntana mallorquina. En la mateixa línia, Sardà *et al.* (2008) realitzen una valoració dels serveis dels ecosistemes aplicada a les zones costaneres de Catalunya i les Illes Balears. Pel que fa a les mètriques d'ecologia del paisatge assajades en el present treball, s'han trobat interessants aplicacions a casos geogràficament propers com la que proposa Aguilera (2010) per analitzar els patrons d'ocupació urbana a l'Àrea Metropolitana de Granada, o la que proposen Del Río *et al.* (2009) per analitzar els patrons del paisatge vinculats a les espècies del gènere *Sorbus* en la península ibèrica i les Balears. Zaragozaí *et al.* (2018) presenten una extensió per PostgreSQL/PostGIS per al càlcul de mètriques del paisatge que amplia les funcionalitats de SQL per calcular les mètriques. En realitat, aquests índexos poden ser emprats per a una multitud d'estudis relacionats tant amb la biodiversitat com amb els usos del sòl i els seus canvis, l'anàlisi i la gestió d'hàbitats ecològics, la planificació territorial i urbanística o l'arqueologia del paisatge, entre tants altres. L'objectiu del nostre treball és aplicar, de forma preliminar, certes mètriques per a determinar l'heterogeneïtat paisatgística d'un espai natural protegit concret de l'illa de Mallorca (LIC Na Borges), amb la idea que aquesta anàlisi pugui servir de model per a treballs analítics i descriptius posteriors,

referits a la resta d'espais protegits de les Balears.

Àrea d'estudi

Tal com apareix indicat en la fitxa descriptiva de la Xarxa Natura 2000, el LIC Na Borges se situa al nord-est de Mallorca (39.6377 de Latitud N i 3.2008 de Longitud E) i inclou terrenys que pertanyen a quatre municipis de Mallorca: Artà, Santa Margalida, Petra i Manacor (Fig. 1). Per determinar la configuració geomètrica i calcular les distàncies d'allargament i amplada màxima de la matriu de paisatge escollida, s'ha aplicat una funció Convex Hull amb els següents resultats: El LIC està format per un polígon irregular orientat a 32,0°. Té una longitud màxima 17,9 km i una amplada màxima de 4,4 km.

Des d'un punt de vista geomorfològic, la superfície del LIC no és planera, sinó que els sectors horitzontals s'alternen amb elevacions discretes del terreny, en un marc general determinat per les morfologies fluvials, especialment la conformada pel gran barranc en el que s'encaixa el torrent principal de na Borges. Quant a la litologia, els materials quaternaris (llims, argiles i graves) ocupen en general el fons per on transcorre el curs hídric principal, mentre que els terrenys adjacents són d'edat més antiga, en general del Pliocè i el Miocè, normalment calcarenites bioclàstiques, llims i margues grises o calcàries de tipus diversos (Fig. 2). L'extrem més septentrional és d'eolianites (marès). Sobre aquest substrat geològic compareix un mosaic paisatgístic de vegetació natural que s'alterna amb un mosaic agrari. L'altitud màxima de la zona estudiada és de 194 m, al sector sud-occidental. Al turó de Sa Cova, al sector sud-oriental, s'assoleixen els 165 m, i 105 m al turó de na Moixa, al sector més septentrional.

L'àrea estudiada ocupa tota una extensa zona d'influència del curs hídric principal – torrent de na Borges –, inclosa la seva desembocadura en la badia d'Alcúdia. L'àrea té, per tant, una franja litoral, en la que hi ha una petita zona humida i una extensa zona dunar sovint coberta de bosc. El territori inclou altres torrents que vessen les seves aigües en el canal principal: torrent de Manacor, torrent del barranc de Son Cifre, torrent de Son Janer i altres de menor entitat. Cal dir també que el de na Borges és el més llarg de Mallorca, amb uns 40 km de longitud i una conca d'uns 315 km². Aquesta conca és, a més a més, una de les més grans de l'illa.

Tots aquests aspectes biofísics conviuen amb la presència de l'activitat humana, de manera que malgrat la figura jurídica de protecció de Na Borges dona compte dels trets ambientals i la importància ecològica d'aquest territori, el lloc en qüestió també es pot descriure per la presència d'estructures i infraestructures que mostren tot un conjunt d'aprofitaments antròpics, fonamentalment agraris però també en forma d'infraestructures hidràuliques. Aquestes han estat construïdes i habilitades per aprofitar per al reg les aigües de torrents com els esmentats, però també són importants els sistemes de drenatge dels excessos hídrics, conformats per albellons – canals subterranis de drenatge de l'aigua acumulada a un camp de conreu més o menys impermeable, format per terres argiloses i margoses–.

La fisiografia i els aprofitaments humans han donat lloc a uns paisatges que es tradueixen en una rica toponímia. De fet, un repàs no exhaustiu dels noms de lloc del LIC Na Borges ha permès recomptar poc més de 200 topònims, 45 dels quals són noms d'assentaments residencials (Can Barxo, Can Noi, Cas Verds, Can Rander, Can Caril, Can Bonjesús, Can Vellana), 40

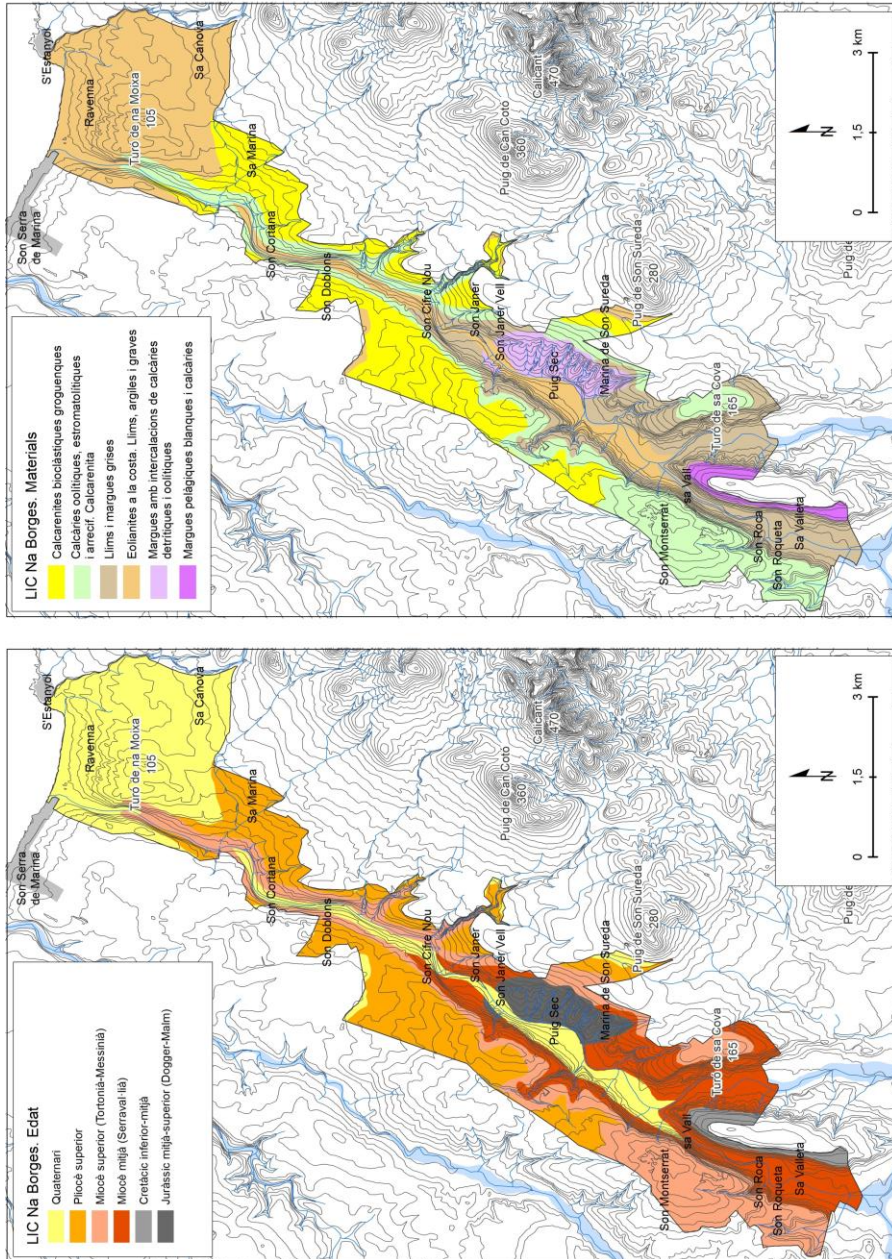


Fig. 2. LIC Na Borges (Mallorca): Geologia (materials i edats). Elaboració: Gabriel Alomar-Garau.
Fig. 2. LIC Na Borges SCI (Mallorca): Geology (materials and ages). Elaboration: Gabriel Alomar-Garau.

d'emplaçaments agrícoles (clova des racó, s'hort de sa Vall, hort de Son Doblons, sa Pleta, sa Rota Gran, hort de sa Vellea, s'hort de na Borges, rota des Bous, sementer des Talaiot), 12 de característiques fisiogràfiques (barranc de Son Cifre, barranc des Vidriers, còdol de s'Estanyol, Fondo de na Borges, sa Plana de Sa Canova, es Colador des Pou), 12 de parcel·les de terreny (ses Llenques, na Fonda, na Plana), 6 de boscos (bosc des Callers, pinar de Sa Coma, es Pinar Foradat, es Bosc Nou), i així fins assolir almenys dos centenars de noms.

Des d'un punt de vista hidrogeològic, el LIC Na Borges apareix en bona part integrat en la denominada Unitat Hidrogeològica de Sa Marineta de Petra, els terrenys de la qual sovint apareixen solcats per la xarxa fluvial, que dona lloc a unes superfícies netament escarpades sobre els materials calcaris, i que també es manifesta en la presència de topònims típicament torrenters (es Gorg de na Borges, barranc des Vidriers, es Regueró Fons, torrent de Na Borges, torrent de Son Janer). Segons Aguiló (2011), el torrent de Na Borges es coneixia l'any 1313 amb la denominació de *Riu de Flom*. En canvi, la xarxa hídrica del mapa de Mallorca dit del cardenal Despuig, de 1785, ja grafia el torrent amb el nom de *Ne Borja*, que amb els anys es pluralitzà com *Borges*.

Material i mètode

L'anàlisi de l'heterogeneïtat paisatgística del LIC Na Borges s'ha realitzat a partir dels valors d'un conjunt de mètriques obtingudes amb el programa informàtic *Fragstats*, versió 4.2.1 (McGarigal *et al.*, 2002). Aquest es defineix com un programa d'anàlisi de patrons espacials per quantificar l'estructura d'un paisatge, és a dir la seva

composició interna i la seva configuració. Per fer això, *Fragstats* quantifica l'heterogeneïtat espacial del paisatge tal com aquest queda representat en un mapa categòric d'usos del sòl. Metodològicament, *Fragstats* calcula diverses estadístiques a tres nivells d'anàlisi: per a cada tessella o polígon del paisatge (*Patch metrics*), per a cada classe de tesselles (*Class metrics*) i per al conjunt del paisatge (*Landscape metrics*). A nivell de classe i a nivell de paisatge, algunes mètriques quantifiquen la composició del paisatge, mentre que d'altres quantifiquen la seva configuració. A més, certes mètriques poden resultar redundants, per la qual cosa quantifiquen un aspecte similar o idèntic del patró de paisatge, i per tant són formes alternatives de representar una mateixa informació.

Les mètriques esmentades s'han obtingut a partir del mapa de cobertures del sòl que prové de la base de dades cartogràfiques del Sistema d'Informació sobre Ocupació del Sòl d'Espanya (SIOSE), de l'any 2014 i d'escala 1:25.000. El SIOSE s'emmarca dins del *Plan Nacional de Observación del Territorio en España* (PNOT), coordinat per l'*Instituto Geográfico Nacional/Centro Nacional de Información Geográfica*. Aquest sistema d'informació no és l'únic existent d'usos del sòl del territori espanyol. En són clares alternatives el mapa d'ocupació del sòl a escala 1:100.000 corresponent al projecte europeu *Corine Land Cover* (les versions disponibles són les de 1990, 2000, 2006, 2012 i 2018) o el mapa d'ocupació del sòl de les àrees urbanes espanyoles més grans (Urban Atlas), a escala 1:15.000, corresponent al *Servicio de Territorio del Programa Europeo Copernicus* (versió de 2012). En format TIFF hi ha també les imatges d'ocupació del sòl a Espanya amb 20 m de mida del píxel (versió 2015), i en

format Geodatabase hi ha el mapa d'ocupació del sòl de les àrees Natura 2000 espanyoles amb alta presència de vegetació herbàcia, a escala 1:20.000 (versió de 2012).

Malgrat que el SIOSE és una base de dades i no una nomenclatura ni un mapa categòric, sí és possible, a partir de les seves dades, generar consultes, classificacions i mapes temàtics, i, per tant, generar un mapa categòric de cobertura del sòl de tot l'àmbit territorial espanyol. Els arxius que utilitza el SIOSE vénen en format vectorial *shapefile* (.shp), *Geopackage* i *File Geodatabase* d'ESRI (.gdb). Tanmateix, els càlculs que ofereix *Fragstats* els realitza partint d'una capa en format ràster, la qual cosa ha implicat, en el nostre cas i com a passa prèvia als càlculs, la transformació de la capa vectorial de cobertures del sòl del LIC Na Borges a una capa de tipus GeoTIFF Grid (.tif). Conscients que la rasterització d'una capa vectorial sempre és un procés crític ja que suposa uns canvis en el patró espacial i provoca el trencament de certs polígons o la fusió d'altres diferents, la conversió s'ha fet utilitzant una mida de píxel de 5 m. El retall de la capa vectorial per adaptar-la als límits del LIC Na Borges ha generat retalls de polígons de molt petita mida o de formes aberrants, que han estat convenientment depurats per evitar possibles biaixos en els resultats numèrics finals.

Per altra part, els polígons cartografiats pel SIOSE es defineixen per dos tipus de superclasses: Ús del Sòl (*Land Use*, LU) i Cobertura del Sòl (*Land Cover*, LC). La superclasse Ús del Sòl caracteritza el territori d'acord amb la seva dimensió funcional o la seva dedicació socioeconòmica actual, com ara un ús industrial, comercial, recreatiu, etc. Cada ús pot cobrir o no cobrir el 100% del polígon. Per part seva, la superclasse Cobertura del

Sòl categoritza el territori en unitats diferents segons les seves propietats biofísiques, tals com, per exemple, superfície urbana, cultius, arbrat forestal, etc., i s'assumeix que el tipus de cobertura és homogeni dins cada polígon, és a dir que la cobertura en qüestió ocupa el 100% de la superfície del polígon. Tanmateix, alguns tipus de cobertura poden dur associat un cert atribut, com per exemple, en el cas d'una cobertura de cultiu, si està o no regat. Això significa que hi ha cobertures simples i compostes. Els polígons de les cobertures simples comprenen una única cobertura, uniforme i homogènia, de manera que no es pot descompondre en altres tipus de cobertura. Les cobertures simples del SIOSE són: *Cultivos*, *Pastizal*, *Arbolado forestal*, *Matorral*, *Terrenos sin vegetación*, *Cobertura artificial*, *Coberturas húmedas* i *Coberturas de agua*. Per la seva part, els polígons de les cobertures compostes es componen de dues o més cobertures, que poden ser simples i/o compostes a la vegada. Les cobertures compostes del SIOSE són: *Dehesa* (formada per una cobertura d'*Arbolado forestal*, que pot aparèixer en combinació amb cobertures simples com la de *Matorral*, *Pastizal* o *Cultivos herbáceos*), *Huerta familiar* (cobertura bàsicament formada per *Cultivos herbáceos y/o Cultivos leñosos*), *Olivar-Viñedo*, *Asentamiento agrícola residencial* i *Artificial compuesto (Urbano mixto, Primario, Industrial, Terciario, Equipamiento dotacional, Infraestructuras)*. En el cas del present treball s'ha utilitzat la superclasse de Cobertura del Sòl i dins ella el tipus de cobertura composta.

Finalment, l'anàlisi de l'heterogeneïtat paisatgística del LIC Na Borges s'ha realitzat a partir de l'obtenció d'un total de 30 mètriques, corresponents a dos dels tres nivells d'anàlisi que proporciona *Fragstats*: *Landscape metrics* (nivell de Paisatge),

Class metrics (nivell de Classe) i *Patch metrics* (nivell de Tessel·la). En primer lloc, a nivell de Paisatge les mètriques es calculen per al conjunt de la matriu de paisatge considerada. En segon lloc, a nivell de Classe, les mètriques es calculen per cada una de les classes o tipus de cobertura del sòl trobats dins la matriu. Hi ha dos tipus bàsics de mètriques a nivell de Classe: índexos de la quantitat i configuració espacial de la classe, i les estadístiques de distribució que proporcionen una mesura de la tendència central, com per exemple les mitjanes de les àrees dels polígons, i la variança (desviació típica i coeficient de variació). En tercer

lloc, a nivell de Tessel·la, les mètriques es calculen per cada un dels polígons que formen la matriu. En el cas del present treball, per a l'anàlisi de l'estructura i heterogeneïtat paisatgística del LIC Na Borges s'han utilitzat 15 mètriques a nivell de Paisatge (*Landscape metrics*) i altres 15 a nivell de Classe (*Class metrics*). En les següents dues taules es descriuen els índexos utilitzats.

Resultats

La caracterització objectiva del paisatge del LIC Na Borges en base a la capa de co-

CA/TA (Total Area)	Suma de les àrees de tots els polígons de la matriu de paisatge
NP (Number of Patches)	Nombre total de polígons en la matriu de paisatge
PD (Patch Density)	Nombre de polígons per unitat d'àrea
LPI (Largest Patch Index)	L'àrea (m ²) del polígon més gran de la matriu de paisatge, dividida per l'àrea total de la matriu (m ²)
AREA_MN (Mean Patch Area)	Mida mitjana dels polígons dins la matriu de paisatge
AREA_RA (Range Patch Area)	Rang dels valors de mida màxima i mínim dels polígons de la matriu
AREA_SD (Standard Deviation Patch Area)	Desviació típica dels valors de mida dels polígons de la matriu
SHAPE_MN (Shape Index_Mean)	Mitjana de l'índex de forma. Perímetre del polígon (m) dividit per l'arrel quadrada de l'àrea del polígon (m ²), ajustat per una constant. És una mesura de la complexitat de la forma dels polígons en comparació amb una forma estàndard (quadrada) de la mateixa mida
SHAPE_SD (Shape Index_Standard Deviation)	Desviació típica dels valors d'índex de forma dels polígons
ENN_MN (Euclidean Nearest-Neighbor Distance_Mean)	Distància euclidiana al polígon veí més proper de la mateixa classe
ENN_RA (Euclidean Nearest-Neighbor Distance_Range)	Rang dels valors de la distància euclidiana
ENN_SD (Euclidean Nearest-Neighbor Distance_Standard Deviation)	Desviació típica dels valors de la distància euclidiana
PR (Patch Richness)	Quantitat de classes distintes (cobertures del sòl) dels polígons presents en la matriu
PRD (Patch Richness Density)	Nombre de diferents classes dels polígons de la matriu, dividit per l'àrea total del paisatge (m ²), multiplicat per 10.000 i 100 (per convertir a 100 hectàrees)
SHDI (Shannon's Diversity Index)	Índex de Diversitat de Shannon

Taula 1. Mètriques a nivell de paisatge utilitzades per caracteritzar el paisatge del LIC Na Borges.

Table 1. *Landscape-level metrics used to characterize the landscape of LIC Na Borges.*

bertures del sòl del SIOSE 2014, ha permès obtenir tres tipus de resultats. En primer lloc, uns resultats generals, i en segon i tercer lloc, uns resultats específics relatius als dos nivells d'anàlisi utilitzats: el nivell de Paisatge i el nivell de Classe. Pel que fa als resultats generals, al LIC Na Borges s'han identificat 16 categories distintes de cobertures del sòl (Fig. 3), les quals, d'acord amb la nomenclatura en llengua espanyola emprada pel mateix SIOSE, són les següents: 1) *Playa, duna o arenal*, 2) *Matorral*, 3) *Bosque de coníferas*, 4) *Pastizal o herbazal*, 5) *Combinación de cultivos con vegetación*, 6) *Cultivo herbáceo*, 7) *Bosque de frondosas*, 8) *Combinación de vegetación*, 9) *Frutal no cítrico*, 10) *Combinación de cultivos*, 11) *Red viaria o ferroviaria*, 12) *Bosque mixto*, 13) *Extracción minera*, 14) *Invernadero*, 15) *Olivar* i 16) *Frutal cítrico*. Es tracta d'un nombre de cobertures prou inferior a les 72 que es consignen al conjunt de l'illa de Mallorca, cosa comprensible si es té en compte que el LIC examinat és un espai natural protegit en el qual, per aquesta raó, manquen moltes de les cobertures que donen compte de terrenys que presenten algun grau d'artificialització, com són les categories d'*Urbano mixto*, *Industrial*, *Terciario* o *Equipamientos*. De fet, al LIC tan sols es consignen dues cobertures artificials: les corresponents a l'extracció minera i a la xarxa de carreteres. La resta correspon a unes cobertures del sòl de les quals destaquen, com es veurà tot seguit, els boscos i les combinacions de vegetació i de cultius. Això és coherent amb el fet que el LIC Na Borges es té com una de les zones de garriga més ben conservades de Mallorca, assumint que el SIOSE inclou aquestes garrigues també dins la categoria d'arbrat forestal, i assumint que en aquestes

garrigues les espècies forestals arbòries superen en general els 5 m d'altura.

Per altra part, dins el territori estudiat la connexió entre la seva zona interior i la zona marítima permet observar una transició paisatgística que es produeix entre les cobertures de cultius –inclosos els oliverars– predominants a l'interior, i una gran àrea de boscos de coníferes cobrint tot l'extrem septentrional, el que queda separat per la carretera Ma-12 Artà-Alcúdia. Aquesta àrea de pinars es correspon en bona part amb el sistema dunar consignat a la zona (Servera, 1997). En l'extrem litoral destaca la cobertura de platja, duna i arenal, que es correspon amb un cordó de dunes sotmeses als vents marítics dominants del nord i nord-est, i que geomòrficament mostren el seu caràcter mòbil (Servera, 1997; Rosselló *et al.*, 2017). La mobilitat d'aquestes dunes minva cap a l'interior a causa de la menor acció del vent, l'escassetat d'arena i la colonització vegetal, sobretot de comunitats d'*Oleo ceratonion*.

Pel que fa als diferents tipus de boscos, ocupen predominantment la part oriental del torrent de na Borges, mentre que a la part occidental predomina una vegetació combinada, no pròpiament boscosa. La zona d'influència immediata al torrent de na Borges apareix referenciada com a *Matorral*, però la vegetació que hi correspon és predominantment de ribera.

Anàlisi de les mètriques a nivell de Paisatge (*Landscape metrics*)

Les 3.994,3 ha del LIC Na Borges apareixen espacialment organitzades per un conjunt de 218 polígons d'extensió i forma diversa (Taules 1 i 2), xifra que indica un grau significatiu de fragmentació del mosaic paisatgístic. La mètrica *Patch Density* ha calculat 5,5 polígons per

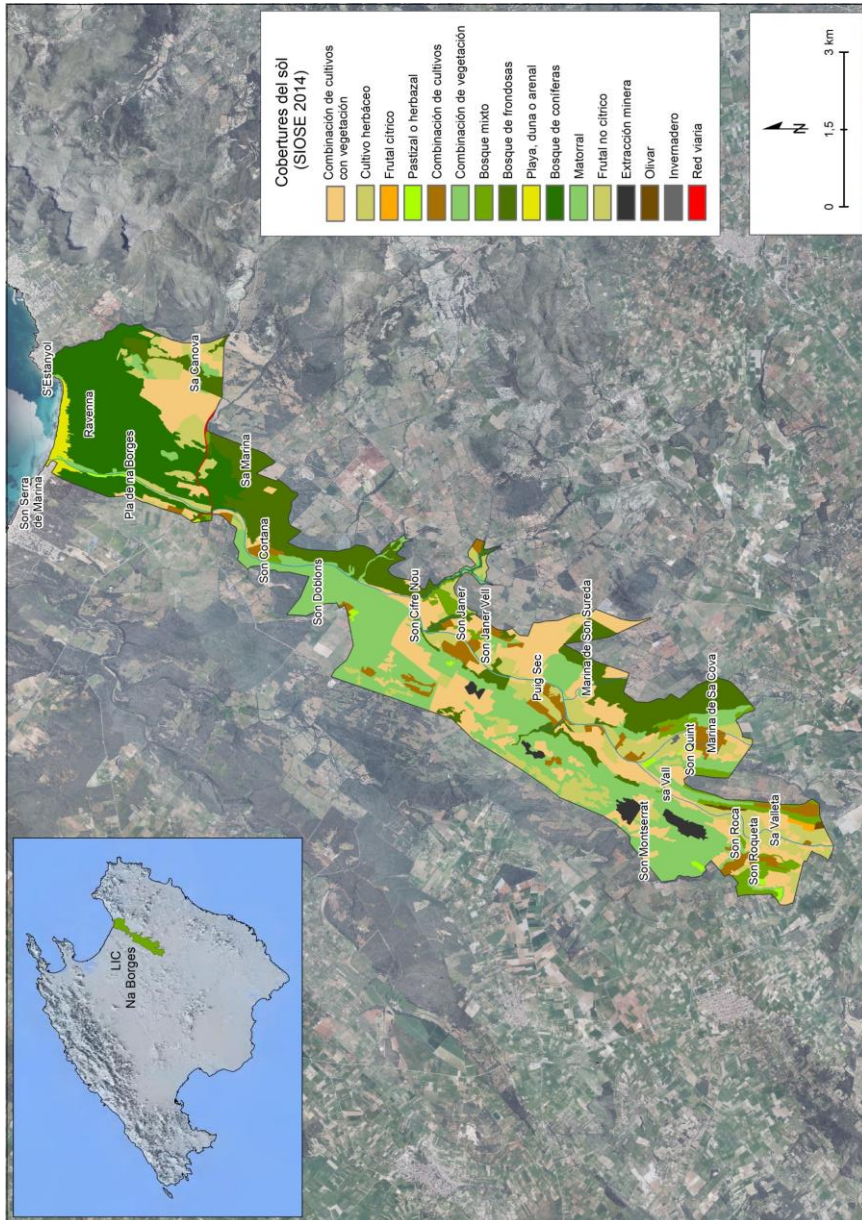


Fig. 3. LIC Na Borges (Mallorca): Cobertures del sòl segons el SIOSE 2014. L'ortofotografia de base és de l'any 2015, coincidint parcialment amb l'any del SIOSE. Elaboració: Gabriel Alomar-Garau.

Fig. 3. LIC Na Borges (Mallorca): Floor coverings according to SIOSE 2014. The basic orthophotography is from 2015, partially coinciding with the year of SIOSE. Elaboration: Gabriel Alomar-Garau.

hectàrea al conjunt del LIC. La mètrica *Largest Patch Index*, que és una mesura de domini, indica que el polígon més gran ocupa, ell tot sol, el 14,2% del total de la superfície del LIC. Es tracta d'una tessella

ocupada per la classe *Bosque de coníferas* – els pinars–, classe que, com es veurà, és una de les menys fragmentades i de les més dominants, tot i que apareix bàsicament circumscriu a l'extrem nord del LIC.

Taula 2. LIC Na Borges: Resultats dels índexos de paisatge a nivell de paisatge (*Landscape metrics*).
Table 2. LIC Na Borges: Fragstats results for landscape metrics (*Landscape level*).

CA/TA	3.994,3
NP (Number of Patches)	218
PD (Patch Density)	5,5
LPI (Largest Patch Index)	14,2
AREA_MN (Mean Patch Area)	18,3
AREA_RA (Range Patch Area)	568,9
AREA_SD (Standard Deviation Patch Area)	55,4
SHAPE_MN (Shape Index_Mean)	2,3
SHAPE_SD (Shape Index_Standard Deviation)	1,2
ENN_MN (Euclidean Nearest-Neighbor Distance_Mean)	281,0
ENN_RA (Euclidean Nearest-Neighbor Distance_Range)	2.142,2
ENN_SD (Euclidean Nearest-Neighbor Distance_Standard Deviation)	387,5
PR (Patch Richness)	16,0
PRD (Patch Richness Density)	0,40
SHDI (Shannon's Diversity Index)	2,0

Taula 3. LIC Na Borges: Resultats dels índexos de paisatge a nivell de Classe (*Class metrics*).
Table 3. LIC Na Borges: Fragstats results for landscape metrics (*Class level*).

	ÀREA		AGREGACIÓ		LPI	ÀREA			
	CA	PLAND	NP	PD		AREA_MN	AREA_RA	AREA_SD	AREA_CV
Playa, duna o arenal	38,0	1,0	1	0,03	1,0	38,0	0,0	0,0	0,0
Matorral	33,2	0,8	6	0,15	0,3	5,5	10,2	3,6	65,9
Bosque de coníferas	624,8	15,6	2	0,05	14,2	312,4	513,0	256,5	82,1
Pastizal o herbazal	24,5	0,6	10	0,25	0,2	2,5	6,9	1,9	75,6
Combinación de cultivos con vegetación	775,5	19,4	54	1,35	2,5	14,4	98,6	22,1	153,9
Cultivo herbáceo	396,7	9,9	38	0,95	1,6	10,4	61,1	12,6	120,3
Bosque de frondosas	622,5	15,6	17	0,43	7,4	36,6	296,7	77,2	210,8
Combinación de vegetación	964,2	24,1	21	0,53	8,6	45,9	340,8	95,3	207,6
Frutal no cítrico	117,4	2,9	20	0,50	0,6	5,9	20,9	4,5	77,2
Combinación de cultivos	183,9	4,6	24	0,60	0,7	7,7	25,9	7,2	93,5
Red viaria o ferroviaria	5,3	0,1	1	0,03	0,1	5,3	0,0	0,0	0,0
Bosque mixto	144,3	3,6	15	0,38	1,0	9,6	38,9	10,8	112,7
Extracción minera	49,0	1,2	4	0,10	0,5	12,3	15,2	6,5	52,7
Invernadero	3,1	0,1	2	0,05	0,0	1,6	0,1	0,0	1,6
Olivar	6,3	0,2	2	0,05	0,1	3,2	2,2	1,1	35,1
Frutal cítrico	5,4	0,1	1	0,03	0,1	5,4	0,0	0,0	0,0
	3.994,3	100,0	218						

Pel que fa als índexs d'àrea (*Mean Patch Size*), el paisatge de Na Borges està format per polígons d'una dimensió mitjana de 18,3 ha, amb una desviació estàndard de 55,4 ha i un rang de 568,9 ha, valors que indiquen una gran diversitat de mides. En relació amb la seva geometria, tal com s'expressa en la mètrica d'Índex de Forma (*Shape Index*), els polígons també presenten una certa varietat de formes, més compactes en uns casos i més allargats en altres casos. La primera causa d'aquesta varietat es troba en el fet que hi ha polígons necessàriament allargats, com els que corresponen a les vies de comunicació (classe *Red viaria*), i altres amb una certa tendència a la regularitat geomètrica, com són els polígons ocupats per cultius.

Un paràmetre d'especial interès en ecologia del paisatge és la diversitat paisatgística, aspecte per al qual hi ha mètriques especialment útils. Una de les més conegudes és l'Índex de Diversitat de Shannon (*Shannon's Diversity Index*), utilitzat per mesurar l'heterogeneïtat paisatgística de la regió d'anàlisi a partir de la diversitat de cobertures i de polígons. L'índex és igual a zero quan tan sols hi ha una única tessella en la matriu de paisatge, i augmenta a mida que també augmenta el nombre de classes de polígons o la distribució proporcional de les classes. Tot i que el seu valor absolut no és gaire significatiu, serveix per comparar la diversitat ecològica de diferents territoris, o bé d'un mateix territori en diferents estadis temporals. Aplicat al LIC Na Borges dóna un resultat de 2,0, un valor significatiu que indica una moderada heterogeneïtat del paisatge. En clau de biodiversitat, els valors típics generalment estan entre 1,5 i 3,5, i l'índex rarament és més gran que 4 (Magurran, 2004).

Per part seva, la mètrica *Patch Richness* (Riquesa de Polígons) mesura el nombre de

classes dels polígons present en la matriu, i no es veu afectat per l'abundància relativa de cada tipus de polígon o la seva disposició espacial. Per tant, dues matrius de paisatge poden tenir una estructura molt diferent malgrat tinguin la mateixa riquesa. En qualsevol cas, s'entén que els territoris més grans solen ser més rics perquè, generalment, hi ha una major heterogeneïtat a regions grans que a regions comparativament més petites. En el nostre cas, la mètrica dóna com a resultat 16 diferents classes –cobertures del sòl–, aspecte que s'analitza, de manera detallada, en el següent apartat.

Anàlisi de les mètriques a nivell de Classe (*Class metrics*)

D'acord amb el primer índex d'interès, *Patch Richness*, el LIC Na Borges està conformat per 16 categories o classes distintes de cobertures del sòl (Taules 1 i 2). La cobertura que hi predomina és, segons la nomenclatura del SIOSE, la de *Combinación de vegetación*, que ocupa el 24,1% del LIC, i que està formada per una combinació de boscos, matollars, garrigues i pastures salvatges. La segona cobertura dominant és la de *Combinación de cultivos con vegetación* (19,4%), seguida per la de *Bosque de frondosas* (15,6%) i *Bosque de coníferas* (15,6%). El predomini paisatgístic d'aquestes cobertures amb presència de vegetació natural és perfectament coherent amb el grau de naturalització que s'espera d'un espai com el de Na Borges. De fet, és el factor motivador de la seva declaració com a espai natural protegit. Llevat del cas dels pinars (*Bosque de coníferas*), les classes referides a la vegetació natural mostren una alt grau de fraccionament intern: si els pinars es presenten en dues úniques tesselles, la classe *Combinación de cultivos con vegetación* es presenta molt fragmentada –

54 polígons tenen aquesta categoria, amb una densitat de Polígons d'1,35–, i un poc menys les classes *Combinación de vegetación* (21) i *Bosque de frondosas* (17). Aquestes classes són les que, en general, tenen els polígons de majors dimensions, tal com s'aprecia en els valors alts de la mètrica *Largest Patch Index* (àrea del polígon més gran de la matriu de paisatge): 14,2 per la classe *Bosque de coníferas*, 8,6 per la classe *Combinación de vegetación*, i 7,4 per la classe *Bosque de frondosas*. La cobertura *Bosque mixto*, malgrat que a penes hi està representada (ocupa el 3,6% del territori), apareix enormement fraccionada, ja que s'hi consignen 15 polígons distints.

Quant a la mida pròpiament dita dels polígons, la cobertura que presenta una mida mitjana més gran és la de *Bosque de coníferas* (312,4 ha). Si la seva desviació típica és elevada és perquè aquesta classe presenta dos únics polígons, un molt gran i altre molt petit. Llevat d'aquest cas, les cobertures amb una dimensió mitjana més elevada dels polígons que en formen part són la *Combinación de vegetación* (45,9 ha) i el *Bosque de frondosas* (36,6 ha). En el costat oposat, les classes amb els polígons més petits són les que tenen una menor presència paisatgística, com els *Invernaderos* (1,6 ha), l'*Olivar* (3,2 ha), el *Pastizal o herbazal* (2,5), la *Red Viaria* (5,3) o els *Frutales cítricos* (5,4 ha). Les classes *Combinación de vegetación* i *Bosque de frondosas* presenten la major varietat de mides de les tesselles, amb unes desviacions típiques respectives de 95,3 i 77,2, i uns coeficients de variació de 207,6 i 210,8.

Pel que fa a les classes de paisatge directament relacionades amb les activitats agràries (*Combinación de cultivos*, *Combinación de cultivos con vegetación*, *Cultivo herbáceo*, *Olivar*, *Frutal no cítrico*,

Frutal cítrico i *Invernadero*), cal dir que en conjunt sumen 1.488,4 ha, cosa que representa el 37,3% del total de paisatge del LIC, i totalitzen 141 polígons del total de 218 consignats. Dins d'aquests, la cobertura dominant és la de *Combinación de cultivos con vegetación* (19,4% del total de paisatge) seguida dels cultius herbacis (9,9%). Es tracta d'uns valors normals, en el sentit que bona part del territori del LIC forma part de la ribera d'un torrent, que ha estat tradicionalment emprada com a zona conreada. Els polígons de les cobertures pròpiament agràries varien en mida, però les classes amb les parcel·les més grans són la de *Combinación de cultivos con vegetación* i la de *Cultivo herbáceo*, amb una àrea mitjana dels polígons de 14,4 ha i 10,4 ha, respectivament. A la vegada, també són les cobertures els polígons de les quals presenten una major varietat de mides. La primera d'aquestes classes és la que presenta un *Largest Patch Index* més elevat, de 2,5. Al mateix temps, aquestes dues classes també es presenten paisatgísticament prou fragmentades. En el costat oposat, al LIC examinat els cultius de fruiters a penes tenen presència paisatgística, tot i que els cultius de fruiters no cítrics, si bé representen el 2,9% de la matriu, apareixen separats en 20 parcel·les distintes i repartides desigualment pel territori. Quant als olivars, la seva empremta en el paisatge és gairebé nul·la (ocupen el 0,16% del LIC) i el seu grau de fragmentació també ho és (hi ha dos únics polígons amb aquesta categoria), però apareixen molt isolats entre ells, en concret a una distància euclidiana mitjana de 1.346 m.

Quant a la forma geomètrica dels polígons de les cobertures agràries, el valor del seu índex de forma (*Shape Index*) a penes assoleix mitjanes de 2, tot indicant que es tracta de parcel·les de geometries

relativament regulars. Les dues parcel·les amb hivernacles, per exemple, tenen Índex de Forma mitjà d'1,5, la qual cosa vol dir que tenen una forma més compacta, propera al quadrat o al rectangle, com és normal en aquest tipus de cobertures. En el costat oposat a aquesta dinàmica es troba la cobertura de *Matorral*, amb un *Shape Index* de 3,48, que en bona part es correspon amb la vegetació de ribera del torrent de na Borges, i per tant dóna com a resultat un polígon allargat i estret. Un cas obvi i extrem d'aquesta circumstància és de la cobertura *Red Viaria*, amb un Índex de Forma de 7,51, ben coherent amb la forma estreta i allargassada des les carreteres. Les parcel·les de cultius herbacis i de combinació de cultius amb vegetació tenen uns valors mitjans no massa elevats d'aquest índex (2,13 i 2,05, respectivament), cosa que indica formes geomètriques que no s'allunyen massa de la compacitat. Això és normal en el cas de les cobertures agràries, ja que les pràctiques històriques de parcel·lació dels terrenys aptes per al cultiu a Mallorca tendien a dividir aquests terrenys en parts iguals, cosa més fàcil si s'empraven polígons regulars. La relativa regularitat dels polígons de les classes de dedicació més agrícola contrasta lleugerament amb relativa irregularitat de les cobertures ocupades per vegetació natural, com els boscos. En aquest cas, els valors mitjans de Forma oscil·len entre el 2,53 dels boscos de frondoses i el 3,38 dels boscos de coníferes.

Un altre indicador important per definir l'estructura del paisatge de LIC Na Borges és el de la connectivitat o el grau d'aïllament que presenten els diferents polígons de cada classe. Aquesta informació ens la proporciona la distància euclidiana o Índex del Veïnat més Proper (*Euclidian Nearest Neighbor Distance*). En relació amb ell, la cobertura del sòl que

presenta una major connectivitat és la del *Bosque de coníferas*, cosa que s'explica perquè aquesta classe està composta únicament per dos polígons, que a més a més estan molt propers entre ells, separats per una distància mitjana de només 14,1 m. Llevat d'aquest cas particular, les classes els polígons de les quals estan menys distants són la de *Combinación de cultivos con vegetación* (106,3 m de mitjana), *Cultivo herbáceo* (147,7 m) i *Bosque de frondosas* (165,6 m). En aquest últim cas, tot i que aquests boscos apareixen fragmentats en diferents polígons (17 en total), que a més a més tenen una extensió moderadament gran (36,6 ha de mitjana), el cert és que no estan gaire aïllats entre ells: 165,6 m de distància mitjana, amb una desviació típica de 183,1 m. També es dóna la circumstància que els boscos de frondoses ocupen en general bona part de la zona oriental del LIC, mentre que a la zona occidental s'imposa, sobretot, la categoria *Combinación de vegetación*. En el costat oposat de la connectivitat apareixen les classes d'*Extracción minera* (794,9 m), *Pastizal o herbazal* (777,2 m), *Matorral* (753,1 m), *Invernadero* (644,4) i *Bosque mixto* (457,2 m). En el cas de les extraccions mineres —és a dir les pedreres—, al LIC Na Borges el SIOSE n'identifica quatre, de dimensions moderades (12,25 ha de mitjana), però bastant aïllades entre si: com s'ha dit, a una distància mitjana de 794 m, amb una desviació típica de 364,9.

Els cultius de fruiters no cítrics tenen la característica segons la qual estan repartits en 20 polígons de poc menys de 6 ha de mitjana, i presenten un grau d'aïllament entre ells no massa elevat, de 305,2 m de distància mitjana, amb una desviació típica de 429,2 m. Una situació similar és la que presenta la categoria de *Bosque mixto*, ja que apareix separada en 15 diferents polígons, que tenen una mida mitjana de

9,6 ha i estan distants entre ells a una distància mitjana de 457,2 m.

Una menció final mereix la categoria de *Playa, duna o arenal*, que al LIC Na Borges apareix conformant un únic polígon de 38 ha, i que suposa, ell tot sol, gairebé l'1% del territori examinat. Es tracta d'una cobertura molt singularitzada perquè pertany a un típic ambient litoral el qual, a més a més, aquí es caracteritza per presentar-se en forma d'un camp de dunes que ha merescut estudis propis (Servera, 1997; Gelabert *et al.*, 2002; Mir-Gual, 2014, entre d'altres). L'índex de Forma té un valor relativament elevat, de 4,3, congruent amb la posició i constitució litoral del polígon, que fa que adopti una forma més aviat allargada. Es tracta d'una

tessel·la composada, a més a més, per dunes de diferents característiques, que en general han estat colonitzades per formacions vegetals pròpies de la comunitat *Oleo ceratonion*, sovint coberta per una massa arbòria termòfila de *Pinus halepensis* (pi blanc). També hi creixen les espècies pròpies dels ambients marítics i arenosos. La repetida acció del vent ha produït la formació dels sistemes dunars, en què els arbres creixen de manera anòmala i inclinada en la direcció oposada als vents dominants. En la desembocadura del torrent de na Borges hi ha formada una llacuna amb cert creixement cap a l'interior, d'uns 400 m, i al voltant de la qual apareixen comunitats pròpies d'aigües dolces, amb

Taula 4. Mètriques a nivell de classe utilitzades per caracteritzar el paisatge del LIC Na Borges.

Table 4. Class-level metrics used to characterize the landscape of LIC Na Borges.

CA (Class Area)	Superfície de cada classe (cobertura del sòl) dins la matriu de paisatge
PLAND (Percentage of Landscape)	Percentatge d'ocupació que representa cada categoria d'ocupació del sòl respecte al total de la matriu de paisatge
NP (Number of Patches)	Nombre total de polígons de cada classe
PD (Patch Density)	Nombre de polígons de cada classe corresponent, per unitat d'àrea
LPI (Largest Patch Index)	L'àrea (m ²) del polígon més gran de la matriu de paisatge, dividida per l'àrea total de la matriu (m ²), per a cada classe
AREA_MN (Mean Patch Size)	Mida mitjana dels polígons de cada classe
AREA_RA (Patch Size Range)	Rang dels valors de la mida mitjana dels polígons de cada classe
AREA_SD (Patch Size Standard Deviation)	Desviació típica dels valors de mida dels polígons de cada classe
AREA_CV (Patch Size Coefficient of Variation)	Coefficient de variació dels valors de mida dels polígons de cada classe
SHAPE_MN (Shape Index_Mean)	Mitjana dels valors d'índex de forma dels polígons de cada classe
SHAPE_RA (Shape Index_Range)	Rang dels valors d'índex de forma dels polígons de cada classe
SHAPE_SD (Shape Index_Standard Deviation)	Desviació típica dels valors de l'índex de forma dels polígons de cada classe
ENN_MN (Euclidean Nearest-Neighbor Distance_Mean)	Distància mitjana al polígon veí més proper de la mateixa classe
ENN_RA (Euclidean Nearest-Neighbor Distance_Range)	Rang dels valors de la distància mitjana al polígon veí més proper de la mateixa classe
ENN_SD (Euclidean Nearest-Neighbor Distance_Standard Deviation)	Desviació típica dels valors de la distància mitjana al polígon veí més proper de la mateixa classe

Taula 5. LIC Na Borges: Resultats dels índexos de paisatge a nivell de Classe (*Class metrics*).
Table 5. LIC Na Borges: Fragstats results for landscape metrics (*Class level*).

	FORMA			AGREGACIÓ		
	SHAPE_ MN	SHAPE_ RA	SHAPE_ SD	ENN_ MN	ENN_ RA	ENN_ SD
Playa, duna o arenal	4,34	0,00	0,00	N/A	N/A	N/A
Matorral	3,48	9,54	3,28	753,1	1.983,3	778,3
Bosque de coníferas	3,38	1,67	0,83	14,1	0,0	0,0
Pastizal o herbazal	2,05	3,02	0,88	777,2	1.768,1	510,3
Combinación de cultivos con vegetación	2,05	2,92	0,64	106,3	646,4	110,5
Cultivo herbáceo	2,13	2,50	0,68	147,7	1.408,2	250,0
Bosque de frondosas	2,53	3,99	1,04	165,6	651,9	183,1
Combinación de vegetación	3,18	5,77	1,69	253,9	1.172,5	305,1
Frutal no cítrico	1,67	1,66	0,37	305,2	1.388,5	429,2
Combinación de cultivos	1,97	2,22	0,54	352,6	1.361,3	329,3
Red viaria o ferroviaria	7,51	0,00	0,00	N/A	N/A	N/A
Bosque mixto	2,45	2,75	0,95	457,2	1.313,1	444,9
Extracción minera	1,86	0,36	0,14	794,9	729,7	364,9
Invernadero	1,55	0,43	0,21	644,4	0,0	0,0
Olivar	1,87	1,32	0,66	1.346,6	0,0	0,0
Frutal cítrico	1,83	0,00	0,00	N/A	N/A	N/A

una presència destacada de tamarells (*Tamarix gallica*) i de canyet (*Phragmites communis*).

Discussió i conclusions

En el present treball s'ha abordat la caracterització del mosaic paisatgístic del LIC Na Borges, un espai natural protegit situat al nord-est de Mallorca i que, en la desembocadura del torrent homònim, confronta amb el mar. La caracterització s'ha realitzat per mitjà del càlcul de certs índexos clàssics de l'ecologia del paisatge, orientats a determinar els patrons espacials de l'ocupació del sòl, patrons que es poden traduir en una caracterització del mosaic paisatgístic d'aquest àmbit geogràfic. Com a base cartogràfica dels càlculs s'ha utilitzat un mapa categòric de cobertures del sòl derivat del Sistema d'Informació sobre

Ocupació del Sòl d'Espanya (SIOSE), de l'any 2014.

Si la imatge del LIC Na Borges és la d'un territori prou naturalitzat i paisatgísticament divers, això queda plenament reflectit en les mètriques calculades. Les cobertures del sòl o classes de paisatge que mostren una major dominància són les cobertures amb vegetació natural, fonamentalment boscos de frondoses, boscos de coníferes i altres combinacions de vegetació. Després, predominen les àrees cultivades, sobretot els cultius herbacis i combinacions de cultius amb vegetació diversa, que a més a més presenten un elevat grau de fragmentació territorial (92 polígons d'un total de 218), tot i que en general no es presenten molt aïllats i tendeixen a ocupar certes àrees específiques. Les cobertures de vegetació natural són les que presenten uns polígons de dimensions més grans i de

formes més irregulars. Les dades obtingudes posen de manifest que dins els límits geogràfics del LIC Na Borges hi ha una heterogeneïtat paisatgística que redunda en una notable varietat d'ambients, cosa que afavoreix la diversitat animal i vegetal. Des d'una perspectiva ecològica, aquesta varietat té una gran importància, perquè fa possible la presència d'espècies d'especial interès faunístic i florístic, cosa que, de fet, justificà en el seu moment la necessitat de protegir aquest espai a través d'una figura jurídica d'àmbit europeu. L'alt grau de naturalització constatat al LIC –i, en sentit invers, l'exigu grau d'artificialització– és el que s'espera en aquest tipus d'espais.

Finalment, el mètode d'anàlisi del paisatge emprat en el present treball és d'utilitat per a ser aplicat a la resta de Llocs d'Interès Comunitari de Mallorca i de les Illes Balears en general, cosa que permetria establir comparacions paisatgístiques entre territoris, i fer una caracterització paisatgística completa del conjunt d'espais naturals protegits. Això permetria comprovar quines són les cobertures del sòl predominants a cada espai, cosa que ajudaria a definir les seves comunitats vegetals, tant a nivell d'aliança com a nivell d'associació. Si bé es presumeix que la dominància ha de ser de les cobertures més naturals i menys antròpiques, aquesta presumpció pot ser corregida per la presència històrica o recent de cobertures de cultius, no pròpiament naturals, com de fet ocorre en el cas del LIC Na Borges. També es podrien fer comparacions entre l'estat del paisatge present i el d'anys anteriors, per comprovar la seva evolució en el temps i les seves dinàmiques. Així mateix, si bé les mètriques del paisatge aplicades en el present treball s'han demostrat útils per caracteritzar sintèticament el paisatge de Na Borges, en

futurs treballs es podrien aplicar mètriques de detall, i així explotar totes les capacitats analítiques de l'ecologia del paisatge.

Referències

- Aguilera, F. 2010. Aplicación de métricas de ecología del paisaje para el análisis de patrones de ocupación urbana en el Área Metropolitana de Granada. *Anales de Geografía*, 30(2): 9-29.
- Aguiló, C. 2011. La toponímia com a eina d'aproximació al romanç andalusi: el cas de Mallorca i Menorca. *Caplletra. Revista Internacional de Filología*, 51: 157-181.
- Balaguer, P., Galán, Y. i Sardá, R. 2014. Assaig de quantificació de la pèrdua del Valor dels Serveis dels Ecosistemes (VSE) degut als incendis forestals: exemple pilot de la Serra de Tramuntana (Mallorca, Illes Balears). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 57: 203-225.
- Butlletí Oficial de les Illes Balears. 2006. Decret 29/2006, de 24 de març, pel qual s'aprova l'ampliació de la llista de Llocs d'Importància Comunitària (LIC) i es declaren més Zones d'Espacial Protecció per a les aus (ZEPA) a l'àmbit de les Illes Balears. *BOIB* núm. 51 EXT.
- CAIB. 2017. PLAN DE GESTIÓN DE LA RED NATURA 2000. BARRANCOS Y MONTES DE MALLORCA. Conselleria de Medi Ambient, Agricultura i Pesca, Govern de les Illes Balears.
- Cardille, J.A. i Turner, M.G. 2002. Understanding Landscape Metrics, I. In: Gergel, S.E. i Turner, M.G. (eds.). *Learning Landscape Ecology. A Practical Guide to Concept and Techniques*. Springer-Verlag, New York. 85-111.
- Consejo de la Unión Europea. 1992. Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo del 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, L 206/7.
- Del Río, J., Martínez, A. i Oria, J.A. 2009. Ecología del paisaje del género *Sorbus L.* en la península ibérica y Baleares. *Ecología*, 22: 25-44.

- Forman, R.T.T. i Godron, M. 1986. *Landscape ecology*. John Wiley & Sons, New York.
- Gergel, S.E. i Turner, M.G. 2002. *Learning Landscape Ecology. A Practical Guide to Concept and Techniques*. Springer-Verlag, New York.
- Gelabert, B., Servera, J. i Rodríguez-Perea, A. 2002. Características geomorfológicas del sistema dunar de la Bahía de Alcudia (Isla de Mallorca). *Geogaceta*, 32: 209-212.
- Gornés, B., Julià, M. i Carreras, D. 2018. *Anàlisi de les cobertes i usos de sòl del litoral de Menorca 2015*. Universitat Autònoma de Barcelona. Observatori Socioambiental de Menorca, Institut Menorquí d'Estudis. Maó, Menorca.
- Gurrutxaga, M. i Lozano, P.J. 2008. Ecología del Paisaje. Un marco para el estudio integrado de la dinámica territorial y su incidencia en la vida silvestre. *Estudios Geográficos*, 256: 519-543.
- Gustafson, E. 1998. Quantifying Landscape Spatial Pattern: What Is the State of the Art? *Ecosystems*, 1: 143-156.
- Malinowska, E. i Szumacher, I. 2013. Application of landscape metrics in the evaluation of geodiversity. *Miscellanea Geographica*, 17(4): 28-33.
- Magurran, A.E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell.
- McGarigal, K., Cushman, S.A., Neel, M.C., Ene, E. 2002. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for categorical maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst.
<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>
- Mir-Gual, M. 2014. *Anàlisi, caracterització i dinàmica de les formes erosives blowout en sistemes dunars de Mallorca i Menorca (Illes Balears)*. Tesi doctoral. Universitat de les Illes Balears. Inèdita.
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. 2009. Directiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de noviembre de 2009, relativa a la conservación de las aves silvestres. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 20/7.
- Roselló, J.R., Mir-Gual, M., Martín-Prieto, J.A. i Pons, G.X. 2017. Anàlisi espacio-temporal de la línia de costa i del foredune del sistema dunar de Sa Canova d'Artà (Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 60: 23-49.
- Sardá, R., Balaguer, P., Brenner, J., Tintoré, J. i Jiménez, J.A. 2008. Valoración de los servicios de los ecosistemas en las zonas costeras de las CCAA de Cataluña y las Islas Balears. Actas del 9º Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA9), 2008, 22 pp.
- Servera, J. 1997. *Els sistemes dunars litorals de les Illes Balears*. Tesi Doctoral, 2 vols. Universitat de les Illes Balears. Inèdita.
- Servera, J., Rodríguez-Perea, A. i Martín-Prieto, J.A. 2007. Los sistemas playa-duna en las Baleares. In: Fornós, J.J., Ginés, J. i Gómez-Pujol, L. (eds.). *Geomorfología Litoral: Migjorn i Llevant de Mallorca*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears. 61-74.
- Uemaa, E., Antrop, M., Roosaare, J., Marja, R. i Mander, U. 2009. Landscape metrics and Indices: an overview of their use in landscape research. *Living Reviews in Landscape Research*, 3: 1-28.
- Zaragozì, B., Rosado-Abad, A., Navarro, J.T., Torres-Prieto, J. Belda-Antolí, A. i Ramon, A. 2018. Propuesta escalable para el cálculo de métricas del paisaje a partir del SIOSE. In: López García, M.J., Carmona, P., Salom, J. i Albertos, J.M. (eds.). *Tecnologías de la Información Geográfica: perspectivas multidisciplinares en la sociedad del conocimiento*. València. 862-870.