

UNIVERSITAT DE GIRONA

# Anàlisi de la fragmentació del paisatge i disseny de corredors ecològics

---

Sara Arellano Sánchez

5 de juny de 2015



**Treball de final de grau**

---

**Anàlisi de la fragmentació del paisatge i disseny de corredors ecològics**

Sara Arellano Sánchez

Tutor: Josep Pintó

Curs 2014 – 2015

Grau en Geografia, Ordenació del Territori i Gestió del Medi Ambient

Facultat de Lletres

Universitat de Girona

Girona, 5 de juny de 2015

## Índex:

1. AGRAÏMENTS:.....	4
2. INTRODUCCIÓ: .....	5
3. JUSTIFICACIÓ: .....	6
4. OBJECTIUS: .....	7
5. MARC TEÒRIC: .....	8
5.1. L'efecte barrera de les infraestructures de transport:.....	8
5.2. La fragmentació del territori: .....	9
5.3. Connectivitat i connectància: .....	10
5.4. Permeabilitat ecològica:.....	11
5.5. Bases per les Directrius de la Connectivitat ecològica: .....	12
5.6. Corredors ecològics:.....	13
6. METODOLOGIA:.....	16
6.1. Emmarcament de l'àrea d'estudi: .....	17
6.1.1. Els Espais Naturals Protegits: .....	19
6.1.2. L'eix d'infraestructures viàries:.....	25
6.1.3. Inventari d'estructures de connectivitat de la xarxa ecològica: .....	30
6.2. Anàlisi de la matriu biofísica del territori de l'àrea d'estudi: .....	34
6.3. Anàlisi dels índexs paisatgístics: .....	37
6.3.1. Índex d'àrea, superfície, densitat i variabilitat: .....	38
6.3.2. Índex de forma: .....	40
6.3.3. Índex d'ecotò o vora i nucli:.....	40
6.3.4. Índex de diversitat: .....	41
6.3.5. Índex de Percolació:.....	41
6.3.6. Propostes de zones per la connectivitat ecològica en l'àrea d'estudi: .....	41
7. RESULTATS: .....	42

7.1.1.	Anàlisi dels índexs paisatgístics:.....	44
7.1.2.	Índexs d'àrea, superfície, densitat i variabilitat: .....	44
7.1.3.	Índexs de forma:.....	46
7.1.4.	Índexs d'ecotò (edge) i nucli (core):.....	48
7.1.5.	Índex de diversitat del paisatge: .....	50
7.1.6.	Índex de Percolació:.....	52
7.1.7.	Propostes de zones per la connectivitat ecològica de l'àrea d'estudi: .....	55
8.	DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS: .....	59
9.	BIBLIOGRAFIA DE REFERÈNCIA:.....	61

## **1. AGRAÏMENTS:**

Abans de començar m'agradaria donar les gràcies a les persones que m'han ajudat a realitzar el treball. En primer lloc, a l'equip de docència de la Universitat de Girona, per les aportacions alhora de resoldre dubtes conceptuals i metodològics en l'elaboració del treball. En especial a en Josep Pintó per la dedicació i motivació durant el procés d'aquest treball.

Als pares, per l'educació i l'estima.

Finalment, agrair a la Cristina Soler, la meva gran companya de carrera i el meu gran suport i punt de motivació al llarg d'aquests anys.

## **2. INTRODUCCIÓ:**

La Diputació de Girona, en el marc de les seves competències, té un objectiu clau com és la importància de la connectivitat ecològica, en relació a la preservació de la natura així com el tractament de la matriu territorial.

Això queda reflectit en diferents iniciatives que ajuden a aconseguir aquest objectiu com és la connectivitat ecològica a les comarques gironines on delimita aquells espais òptims per poder establir, garantir i millorar la convivència de tots els fluxos ecològics.

Aquestes iniciatives portades a terme per la Diputació de Girona també són presents en el planejament territorial, que juntament amb el Govern de Catalunya, han acordat formular el Pla Territorial de la Connectivitat Ecològica de Catalunya. Existeix, doncs, una demanda social creixent d'instruments efectius per combatre els intensos processos de fragmentació territorial i ecològica que es donen en el nostre territori.

L'objectiu principal d'aquest Pla és garantir el manteniment i recuperació dels processos ecològics i del funcionament dels sistemes naturals, terrestres, fluvials i marítims de Catalunya.

Els elements essencials per al plantejament d'aquest Pla provenen de les *Bases per a les Directrius de Connectivitat Ecològica* aprovades pel Consell de Direcció del Departament de Medi Ambient i Habitatge, el 15 d'octubre del 2006. En aquest sentit, s'entén la connectivitat ecològica com a un instrument vital per a la planificació i gestió territorial.

Les infraestructures de caràcter lineal, especialment les carreteres i les línies ferroviàries, en general suposen una barrera per a la connectivitat ecològica entre els hàbitats naturals i condicionen qualsevol paisatge per on passen o en el qual se situen, per la qual cosa tot sovint entren en conflicte amb els valors naturals, històrics o simbòlics del territori. Per aquest motiu, s'ha de afavorir les diverses mesures de permeabilitat ecològica i d'integració paisatgística per tal de millorar l'encaix amb els paisatges que creuen i, en conseqüència, la seva qualitat paisatgística.

Totes aquestes dinàmiques esmentades formen un espai poc connectiu entre els espais naturals que envolten l'àrea d'estudi, el massís de les Cadiretes, el massís de les Gavarres, les muntanyes de Rocacorba, les riberes del Baix Ter, l'Estany de Sils, els Turons de Maçanet i el Volcà de la Crossa. Per això, el que es vol fer en aquest treball és analitzar la fragmentació paisatgística de l'àrea d'estudi i trobar les zones potencialment connectores per evitar l'aïllament d'aquests espais naturals i preservar la qualitat ambiental i paisatgística de l'àrea d'estudi, assegurant la biodiversitat que és el principal problema.

### **3. JUSTIFICACIÓ:**

El principal conjunt d'infraestructures de caràcter lineal de la nostra àrea d'estudi que comprèn la plana del gironès i la comarca de la Selva i que tenen un impacte més acusat són l'AP-7, la A-2, N-II, el tram del TAV, la xarxa de ferrocarrils i l'Aeroport de Girona-Costa Brava. Tot aquest conjunt d'infraestructures travessen de nord a sud l'àrea d'estudi deixant al seu pas una fragmentació de la matriu biofísica del territori on separa els diferents espais naturals que es situen en l'àrea d'estudi, el Massís de les Cadiretes, el massís de les Gavarres, les muntanyes del Rocacorba, les riberes del Baix Ter, l'Estany de Sils, els Turons de Maçanet i el Volcà de la Crossa. Aquesta fragmentació, acusa l'aïllament d'aquests espais i, en conseqüència, la pèrdua ecològica del paisatge que engloba la nostra àrea d'estudi.

El desenvolupament de les infraestructures lineals i el creixement dels continus urbans donen pas al principal impacte en el paisatge com és l'efecte barrera que, com a conseqüència, provoca una fragmentació de la matriu biofísica del territori en l'àmbit d'estudi, impeding els moviments dels fluxos biològics i les relacions ecològiques i socials.

El consum excessiu de sòl, especialment acusat a les planes i als fons de les valls, combinat amb la barrera física que es genera dins del món rural, està accelerant un procés d'aïllament infranquejable dels valuosos espais naturals dels que disposem. Aquestes conseqüències estructurals i de funcionalitat donen com a resultat una intensa transformació en les cobertes i usos del sòl que afecten als aprofitaments agrícoles i forestals; a l'activitat econòmica; a la biodiversitat i al patrimoni natural i cultural (*Catàleg de paisatge, Les Comarques Gironines, 2014*).

Aquest efecte barrera, com a principal conseqüència, esdevindrà un paisatge sense cap tipus de qualitat ambiental, ecològica ni biològica. Si no es mira d'intentar mitigar tots aquests impactes en el territori, el paisatge anirà perdent tota aquella riquesa que el caracteritza.

Així doncs, en aquest estudi s'intentaran fer propostes i actuacions per tal de mantenir, millorar o restaurar la connectivitat ecològica de l'àrea d'estudi on respongui als fluxos biològics i la vessant paisatgística, per garantir una millor conservació de la biodiversitat, mantenint els paisatges tradicionals i la qualitat d'aquests.

#### **4. OBJECTIUS:**

L'objectiu principal d'aquest estudi és elaborar un anàlisi de la fragmentació del paisatge per mitjà de la utilització d'índexs paisatgístics i, posteriorment, elaborar una proposta de connectivitat ecològica a partir de l'anàlisi de la fragmentació del territori en l'àrea d'estudi. Ambiciosament, no es tracta només de fer una proposta dels possibles corredors ecològics que es podrien crear per tal de poder garantir la connectivitat ecològica, sinó que es cerca que sigui una proposta viable per tal de que finalment es pugui dur a terme.

La voluntat de la recerca és analitzar la matriu biofísica del territori per tal de poder trobar els espais d'interès connectiu per tal de poder fer la proposta de dissenyar els corredors ecològics pertinents per l'àrea d'estudi, destacar els conflictes que presenta l'àrea d'estudi com a conseqüència de la implementació de les grans infraestructures de caràcter lineal – xarxa viària, ferroviària, aeroport, etc - que travessen de nord a sud l'àrea d'estudi.

Els objectius complementaris per tal d'aconseguir allò que volem en aquest estudi és identificar aquells espais i elements d'interès per a la correcta circulació dels fluxos ecològics, tant de flora com de fauna, per tal de mantenir el paisatge i la connectivitat funcional del territori, definint uns punts claus (connectors fluvials, espais naturals protegits, cobertes del sòl, hàbitats, entre d'altres) que ens permetin determinar aquells espais d'interès estratègic per a la connectivitat.

Un cop analitzarem la matriu biofísica del territori determinarem quines són les problemàtiques que trobem en la nostra àrea d'estudi, com són les barreres i els elements de fragmentació del territori que impedeixen la connectivitat entre els espais d'interès estratègic per a la connectivitat.

La hipòtesis general del treball és poder definir els punts claus per a la connectivitat i els elements de fragmentació dels hàbitats (principal problemàtica de pèrdua de biodiversitat) per poder elaborar un mapa amb els espais potencialment connectius per tal de mantenir, millorar o restaurar la connectivitat ecològica i la permeabilitat de les infraestructures o elements de barrera, reduint l'alteració que suposa l'activitat humana sobre la diversitat biològica, per tal de protegir els hàbitats i reduir la seva desaparició, garantir el desplaçament de les espècies, la pèrdua de diversitat genètica que provoca l'aïllament d'espais naturals i, finalment, reduir la simplificació dels ecosistemes.



## **5. MARC TEÒRIC:**

L'objectiu del treball és establir una connectivitat ecològica entre els diferents espais naturals que consten en la nostra àrea d'estudi com són el massís de les Gavarres, el massís de les Cadiretes, les muntanyes del Rocacorba, l'Estany de Sils, els Turons de Maçanet i el Volcà de la Crossa.

El que es pretén en aquest apartat és donar contingut a una sèrie de conceptes claus per poder analitzar la fragmentació de la matriu territorial i entendre la connectivitat ecològica, per poder establir, finalment, mesures de permeabilització de les infraestructures de caràcter lineal que creuen de nord a sud la nostra àrea d'estudi.

Primer de tot, començarem definint una sèrie de conceptes claus per poder explicar de manera entenedora pas per pas la nostra teoria del treball. Aquests conceptes són: l'efecte barrera de les infraestructures de transport; la fragmentació de la matriu territorial arrel d'aquestes infraestructures; la connectivitat i connectància; la permeabilitat ecològica i, els corredors ecològics. Així, també, farem una petita descripció de les Bases per a les Directrius de Connectivitat Ecològica de Catalunya.

### **5.1. L'efecte barrera de les infraestructures de transport:**

L'efecte barrera és la qualitat de l'entorn que dificulta o impedeix els moviments ecològics a través seu. Implica, per tant, una reducció, més o menys dràstica de la probabilitat que aquests moviments es donin. Porta implícita el concepte de resistència, entesa com a qualsevol causa d'oposició al moviment a causa de barreres físiques, químiques i de percepció desfavorable (resistència al moviment de les espècies). Aquells elements del territori que presenten situacions on el canvi de gradient ambiental sigui relativament acusat, potencialment actuaran com a barrera ecològica. El fet que l'espècie humana transformi els hàbitats on es desenvolupa té una incidència especial: d'una banda, genera espais menys amables que actuen com a barrera física per a moltes espècies, però també, actuen elevat els nivells de pertorbació en forma de contaminació, soroll, turbulències, entre d'altres. (Mallarach,2007).

Com explica Mallarach (2007), aquest efecte barrera té impactes sobre la connectivitat ecològica, especialment, quan la seva disposició en un territori genera continus lineals. Es podria definir la grandària ideal d'un mosaic com aquella que assegura les condicions de pervivència del major nombre d'espècies presents. La qual cosa ja és prou inconsistent per si mateixa, ja que les espècies presents hi són precisament per les característiques del territori en qüestió, és a dir, pel mosaic existent.

Els principals elements de barrera són els sistemes urbans i les xarxes viàries i això afecta a moltes espècies. S'ha d'entendre com una disminució, més o menys important, de la

probabilitat que una espècie o un procés ecològic es pugui donar a través seu. Quan això passa, parlem d'aïllament ecològic, per tant, del que es tracta és d'evitar efectes barreres i repermeabilitzar la matriu biofísica del territori.

De les infraestructures que existeixen actualment en el traçat de l'àrea d'estudi, els més problemàtics són la N-II i l'AP-7, per la inexistència de cap corredors o tanca que pugui permetre el pas de la fauna, per tant, la connectivitat és nul·la. Els principals efectes ecològics que comporten la presència de les infraestructures són la disminució de la superfície dels hàbitats naturals amb una conseqüent pèrdua d'aquests, amb l'aparició de l'aïllament dels fragments i la restricció dels fluxos biològics. Podem esmentar també els efectes de vora, és a dir, la creació de nous hàbitats, la dispersió d'espècies exòtiques, perturbacions dels hàbitats adjacents, entre altres. En el cas de les infraestructures viàries, les conseqüències tenen relacions directes amb la intensitat del trànsit, l'amplada de les vies i l'existència o no de tancaments perimetrals.

## **5.2. La fragmentació del territori:**

La fragmentació del paisatge es basa en un procés que descriu l'aparició de discontinuïtats en la matriu biofísica d'un territori causades majoritàriament per les activitats humanes, que comporten uns canvis en les cobertes i usos del sòl. Té impactes en la morfologia del paisatge, en la composició biològica i en el funcionament ecològic. És el principal agent de la pèrdua de biodiversitat a escala mundial (Vila i Varga, 2009).

La fragmentació és entesa, doncs, com la transformació d'una matriu biofísica, que originalment és contínua, en fragments d'hàbitats, els quals es diferencien en la seva superfície i la seva disposició en el paisatge.

Les causes de la fragmentació de la matriu biofísica són en primer lloc, el desenvolupament urbà. El creixement dels pobles, ciutats, noves carreteres i infraestructures fan que el sòl urbà es vagi expandint en detriment de la matriu biofísica. En segon punt, les urbanitzacions difuses. En els darrers 50 anys, l'urbanisme comença a ser difús i el sòl urbà s'expandeix. En tercer lloc, l'avenç de la frontera agrícola, els conreus s'expandeixen a costa d'espais de vegetació natural, els ecosistemes perden superfícies per aquest avenç. Un altre causant de la fragmentació del territori és l'explotació forestal no sostenible, les activitats mineres on exploten molts minerals fragmentant per complet la matriu biofísica del territori, en concret els ecosistemes.

Les principals conseqüències que comporta aquesta fragmentació de la matriu biofísica és produir un mosaic paisatgístic heterogeni on es sobreposen elements que pertanyen a altres unitats de paisatge. La desaparició d'hàbitat que implica la fragmentació es considerada la major amenaça per la preservació de la biodiversitat i la principal causa de l'extinció de les espècies en l'actualitat. Els canvis en els usos del sòl són la principal causa de la pèrdua de biodiversitat.



**Figura 1.** Font: Integración territorial de espacios naturales protegidos y conectividad ecológica en paisajes mediterráneos, Junta de Andalucía. Grau d'alteració del territori. Es representen quatre graus d'alteració del paisatge. Es parteix de l'hàbitat natural intacte, el qual va perdent superfície d'hàbitat incrementant l'efecte marge, aïllament entre els fragments i disminució de la connectivitat. Modificació de Hobbs i Wilson (1998).

Per tant, la fragmentació es defineix com la reducció de la quantitat total d'un hàbitat específic o dels hàbitats naturals en el seu conjunt (pèrdua de superfície). Aquesta fragmentació comporta, sobretot, tres problemes principals: l'extinció d'espècies de tipus regional, local o mundial; canvis en la composició d'espècies, abans de la fragmentació en aquell ecosistema, dominava una espècie determinada i, a partir de la fragmentació, aquest paper d'espècie dominant varia; l'expansió d'espècies cosmopolita, espècie que té una distribució geogràfica general.

El problema és quan aquesta fragmentació és de tipus natural o humà. La heterogeneïtat en la matriu biofísica si és de tipus natural no comporta un gran impacte ja que atrau biodiversitat, és una fragmentació on tots els ecosistemes han evolucionat en conjunt, per dinàmiques naturals i són molt resilents, és a dir, tenen una capacitat elevada de tornar a l'estadi original. Quan la fragmentació de l'hàbitat és artificial o humà és quan comença el problema. En aquesta situació, el retorn a l'estadi original és molt difícil o gairebé impossible, ja que els ecosistemes presents no tenen aquesta capacitat, no són resilents. Al llarg de tots els continents els paisatges fragmentats ocupen una gran extensió, el seu agent causal és l'artificialització de la matriu biofísica.

### **5.3. Connectivitat i connectància:**

La *connectivitat* ens mesura el grau en que un determinat territori permet o facilita el moviment entre fragments. Segons l'ecologia s'entén com la capacitat que té una població o

conjunt de poblacions d'una espècie per relacionar-se amb individus d'una altra població en un territori fragmentat. Els paisatges amb una connectivitat elevada poden assegurar la supervivència de poblacions aïllades, però la connectivitat elevada també té un doble impacte, afavoreix l'expansió d'espècies bioinvasores, les malalties, la propagació del foc o qualsevol altre tipus de pertorbació i una major exposició de determinades espècies animals als seus depredadors. Tot i això, es consideren molts superiors els beneficis que no pas els riscos vinculats a la connectivitat.

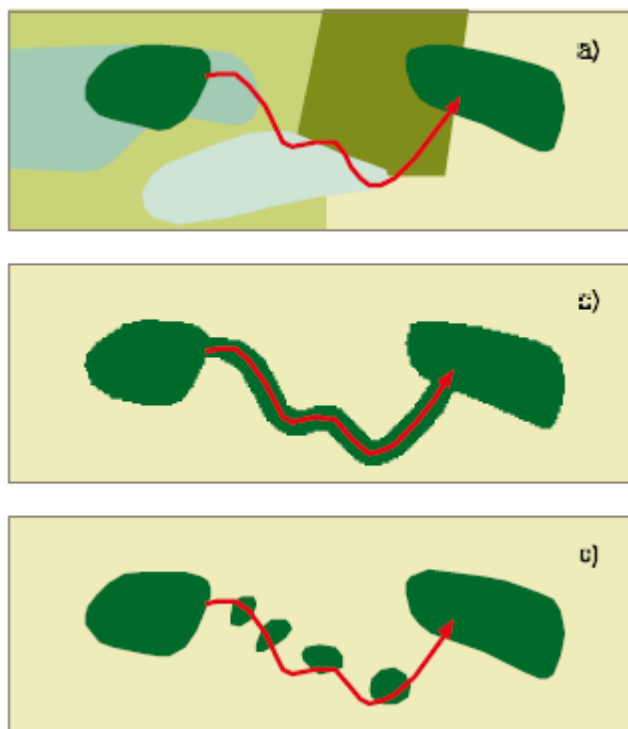
La connectivitat depèn tant de la xarxa de corredors com de les característiques de la matriu biofísica i del tipus d'espècie que es consideri. Quan la *connectivitat física* no ens dona informació és quan els éssers vius utilitzen aquest espai per fer els seus desplaçaments. Quan hi ha certesa dels moviments de les espècies diem que hi ha *connectivitat funcional*. La *connectivitat estructural* fa referència a com les diferents estructures paisatgístiques interaccionen amb l'intercanvi de fluxos energètics, ecològics, socials i econòmics. Aquests canvis en l'estructura del paisatge són fàcilment quantificades amb la utilització del índex d'ecologia del paisatge. (Mallarach, 2004)

La *connectància* analitza el grau de distància física entre els fragments, és una propietat estructural del mosaic paisatgístic. Si aquests fragments aïllats entre si es troben a una certa distància de proximitat serà més fàcil establir una certa connexió entre ells per permetre el pas de la flora i la fauna, com dels fluxos materials, energètics i de informació. Si es troben a més distància entre ells, aquest grau de connectància per poder establir-hi fluxos ecològics entre aquests espais serà molt menor. S'avalua a partir de distàncies, o d'adjacència, entre les diverses tesselles de l'hàbitat considerat (Mallarach, 2004). També es pot mesurar per als diversos hàbitats (Colville, 1995), construint la matriu de connectància a partir de la longitud de marge compartit per cada parella d'hàbitats.

#### **5.4. Permeabilitat ecològica:**

S'entén per a permeabilitat ecològica la disponibilitat de condicions i recursos que faciliten el moviment dels individus i poblacions, porta implícit la idea de connectància. Així, espais boscosos, arbustius i herbacis són especialment adients com a espais de permeabilitat ecològica. El fet que difereixin en l'estructura vertical fa que aquells més complexos continguin majors qualitats com a espais ecològicament permeables. En realitat, els espais que des de la perspectiva de la permeabilitat ecològica tenen menys valor són aquells que estan més pertorbats. Un dels elements pertorbadors de primera magnitud per a moltes espècies és l'espècie humana. Ho és perquè habitualment tendeix a transformar de manera intensa hàbitats preexistents, per tal d'adequar-los convenientment i per poder establir-s'hi i realitzar les seves activitats vitals. És en l'origen d'aquestes transformacions que moltes espècies no troben les condicions ambientals ni els recursos necessaris per poder viure. L'espècie humana, en aquest sentit, és una espècie exclouent per a moltes altres. Els espais de conreu poden actuar com a espais força permeables, però com més pertorbats estiguin (recs, actuacions

agrícoles, transformacions, adobs, biocides, entre d'altres) menys possibilitats tenen en aquest sentit, en termes generals (Mayor, 2007).



**Figura 2.** Font: Integración territorial de espacios naturales protegidos y conectividad ecológica en paisajes mediterráneos, Junta de Andalucía. La permeabilidad del paisaje se puede favorecer (a) manteniendo la totalidad del mosaico entre dos áreas (b, c) o manteniendo ciertos elementos paisajísticos que permiten la dispersión de ciertas especies. Estos elementos de dispersión pueden ser continuos (b) o discontinuos (c).

### **5.5. Bases per les Directrius de la Connectivitat ecològica:**

Les Bases per les Directrius de la Connectivitat Ecològica, elaborada per la Generalitat de Catalunya en el Departament de Medi Ambient i Habitatge l'any 2006, descriuen les adaptacions de les estratègies connectives del medi natural per tal de conservar o dissenyar elements connectius. Aquestes directrius es centren en uns àmbits concrets, tal i com es van definir a l'estudi "*Propostes d'actuacions de foment i restauració de la connectivitat multifuncional entre el Massís de les Guilleries, el Massís de les Gavarres i el Massís de l'Ardenya*" (Varga i Vila, 2009):

- **Planejament territorial:** l'afavoriment de la connectivitat ecològica i paisatgística és una estratègia bàsica per millorar la conservació de la biodiversitat, especialment en territoris fragmentats.
- **Espais Naturals Protegits:** l'establiment d'espais naturals protegits és la primera mesura que s'ha d'adoptar per procurar abastir tots els tipus d'espais on es

concentren els principals valors del patrimoni natural. Aquests espais s'han d'integrar en una xarxa més àmplia, que permeti la seva connexió funcional amb la matriu formada per la resta de components del medi natural.

- Espècies amenaçades i protegides: les valoracions realitzades mostren que s'han aconseguit alguns resultats força positius on l'aplicació de mesures directes per a les espècies amenaçades i protegides (reintroduccions, controls d'àrees de nidificació, cria en captivitat, entre d'altres) però que existeix una manca d'efectivitat a l'hora de conservar els hàbitats dins les seves àrees de distribució, on les seves rutes migratòries, llevat d'algunes espècies molt localitzades.
- Xarxa viària i infraestructures lineals: són els principals responsables de la fragmentació a Catalunya del territori, juntament amb el desenvolupament urbà i l'agricultura intensiva, que han provocat una disminució de la connectivitat i de la funcionalitat ecològica en extensos àmbits territorials. En el cas de les espècies de fauna, les infraestructures viàries provoquen la fragmentació dels seus hàbitats, la separació de les seves poblacions i la limitació dels seus desplaçaments.
- Espais fluvials: presenten unes característiques i un funcionament molt favorable pel manteniment de la connectivitat i dels fluxos ecològics. Els sistemes fluvials són una materialització del concepte de corredor ecològic. Són fàcilment utilitzades en la dispersió o el moviment d'un gran nombre d'espècies, siguin aquàtiques o no.
- Activitat agrària: la funció dels diversos sistemes agraris extensius en la conservació de la biodiversitat i en el manteniment dels fluxos ecològics. També es considera necessari donar suport a les comunitats agràries perquè puguin continuar desenvolupant aquestes funcions i, alhora, limitar aquells aspectes de les pràctiques agràries que puguin repercutir-hi negativament, sense que això disminueixi la viabilitat econòmica de les explotacions agràries.
- Urbanisme: el desenvolupament urbanístic, quan es realitza sense tenir en compte les característiques del medi en què es localitza acaba esdevenint un dels principals responsables de la fragmentació dels espais naturals, especialment en els àmbits metropolitans, a l'entorn de les grans ciutats i també en el sector costaner de Catalunya.

## **5.6. Corredors ecològics:**

Els corredors són elements continus i lineals del paisatge que permeten el desplaçament entre diferents espais naturals, tenen un paper ornamental a l'hora de permetre la interconnexió entre els fragments i de reduir l'efecte distància que determina la presència d'un menor nombre d'espècies en els fragments més aïllats.

Els corredors també s'utilitzen per ajudar a les espècies en la seva adaptació. Les espècies necessiten moure's per el paisatge per diverses raons: han de trobar recursos que necessiten; establir un intercanvi genètic, les espècies necessiten moure's per reproduir-se i mantenir la supervivència de la seva espècie i, per últim, per establir una demografia de les poblacions d'espècies, s'han de dispersar per tal de tenir tots els individus d'espècies per buscar recursos.

Els corredors ecològics tenen cinc funcions diferenciades:

- *Funció d'hàbitat.*
- *Funció de conducció:* faciliten el desplaçament de fluxos.
- *Funció de filtre:* suposa una barrera per a determinades espècies.
- *Funció de font:* permet la distribució d'espècies des del corredor cap a la matriu biofísica.
- *Funció d'embornal:* refugi que absorbeix espècies procedents de la matriu adjacent (Labaree, 2000).

Segons Forman (1997) els corredors poden esdevenir hàbitats per a moltes espècies poc exigents ecològicament (espècies de marge o generalistes), conductes que canalitzen els fluxos de recursos i d'organismes, barreres o filtres quan es disposen perpendicularment a la direcció d'aquests fluxos, font d'organismes que es poden propagar a les tesselles properes o a la matriu circumdant.

Forman i Gordon (1986) distingeixen quatre tipus bàsics de corredor:

- Corredors lineals (*lineal corredor*): camins, tanques verdes i marges de camps, canals, etc.
- Bandes (*strip corredors*): són corredors més amples amb un gradient de condicions ambientals des del centre del corredor cap als seus marges.
- Corredors fluvials (*stream corredors*): corredors d'amplada variable, localitzats als cursos d'aigua i a les seves vores. S'estructuren en xarxes complexes a través de les quals s'estableix un flux important d'aigua, sediments, nutrients i organismes.
- Passeres (*stepping corredors*): corredors discontinus, formats per tesselles de paisatge similars entre si i prou properes per a mantenir fluxos a través de tot el conjunt.

Els atributs dels corredors definits per Mallarach, són:

- L'amplada: com més ample és un corredor, les condicions del seu centre són més semblants a les de l'interior de les tesselles. Així, els corredors més estrets funcionen com a passadissos, mentre que les més amples esdevenen hàbitats adequats per a moltes espècies.

- Forma (curvilinearitat): la sinuositat del traçat del corredor afecta al moviment de les espècies i fluxos que tenen lloc al seu interior. Com més recte és el corredor més eficient és el moviment de les espècies i el transport de materials i energia. A més, la relació amb l'exterior del corredor és menys important atès que la relació perímetre/àrea és més baixa.
- Presència d'interrupcions, estretalls, nodes: la funció del passadís es pot veure afectada per la presència d'interrupcions o discontinuïtats, estretalls (com ara passos estrets en un riu) i nodes (com ara aiguabarrejos o planes d'inundació). L'excés d'interrupcions pot convertir el corredor en un conjunt de passeres (stepping Stones) que, tanmateix, esdevenen més permeables en sentit perpendiculars, ja que les interrupcions connecten els hàbitats a banda i banda dels corredors. Finalment, els nodes o eixamplaments del corredor permeten el manteniment de microhàbitats dins el corredor, on poden viure nombrosos organismes.

Segons Mayor (2008) en el seu estudi "*Connectivitat ecològica: com a instrument de preservació de l'entorn i d'ordenació del territori de Catalunya*" ens explica l'objectiu d'aquests corredors biològics és el d'assegurar que hi hagi prou permeabilitat territorial per tal que qualsevol espècie pugui, en principi moure potencialment la seva població a través del territori. Poden tenir un doble impacte, ja que dependent de la funció d'un corredor per a una població específica d'una espècie, indirectament afecta la connectivitat d'altres espècies que no estiguin relacionades amb aquest corredor. Per tant, s'ha de tenir una perspectiva multiescalar per el conjunt de les espècies d'aquell hàbitat de potencial connectiu, per tal d'assegurar la connectivitat ecològica en tots els seus aspectes en l'àrea que es vol connectar a través dels corredors ecològics pertinents.



## **6. METODOLOGIA:**

En aquest estudi es proposa analitzar la fragmentació del paisatge degut a l'efecte barrera que causen les infraestructures de transport de caràcter lineal (xarxa de carreteres, xarxa de ferrocarrils, aeroport, entramat urbà) i implementar el disseny de corredors ecològics per tal de mitigar al màxim l'impacte en el paisatge d'aquestes infraestructures i, en conseqüència, millorar la qualitat d'aquest.

Per analitzar la fragmentació en la nostra àrea d'estudi ens centrarem en la plana de Girona, el massís de les Gavarres, el massís de les Cadiretes o l'Ardenya, l'Estany de Sils, el volcà de la Crosa i els turons de Maçanet; i, el sistema fluvial de les riberes del Baix Ter. Aquest estudi, permetrà elaborar una proposta d'acció per tal de conservar, preservar i millorar la connectivitat ecològica entre aquests espais naturals per tal d'assegurar la biodiversitat de la zona, establint zones connectores i àrees de protecció per evitar l'alteració, transformació o destrucció-desaparició d'hàbitats, el desplaçament d'espècies, la pèrdua de diversitat genètica i, en conseqüent, la simplificació dels ecosistemes.

A efectes metodològics, primer de tot s'analitzarà els diferents espais naturals que conformen la nostra àrea d'estudi. Un cop estudiada la seva evolució, analitzarem els impactes de les infraestructures de transport de caràcter lineal en els espais naturals, causant un efecte barrera entre aquests provocant una pèrdua de biodiversitat en l'àrea d'estudi.

Delimitarem l'àrea d'estudi i caracteritzarem aquesta àrea amb els seus elements principals que provoquen l'efecte barrera com són les infraestructures de caràcter lineal – xarxa viària i ferroviària – així com l'entramat urbanístic que envolta l'àrea d'estudi. Per poder delimitar aquests elements conflictius per poder establir la connectivitat ecològica entre els espais naturals utilitzarem el programa ArcGis amb una sèrie de capes extretes a partir de la font Institut Cartogràfic de Catalunya i del Departament de Territori i Medi Ambient.

També, delimitarem les àrees d'interès faunístic i florístic juntament amb els arbres monumentals, extrets del Departament de Territori i Medi Ambient, Generalitat de Catalunya; per així poder tenir en compte aquestes àrees d'especial interès per el nostre estudi per poder assolir el nostre objectiu de aconseguir una connectivitat ecològica en l'àrea d'estudi. Aquesta capa és realment important tenir en compte ja que és una àrea potencialment connectora.

A través de la font de la Generalitat de Catalunya, Departament de Territori i Medi Ambient hem pogut extreure el Pla d'Espais d'Interès Natural i la Xarxa Natura 2000, així com el sistema viari i ferroviari i el desenvolupament urbà.

Com a segon punt, analitzarem la connectivitat ecològica de l'àrea d'estudi emprant diferents índexs paisatgístics que ens permetran dir quin és el grau de connectivitat entre els fragments que componen la nostra àrea d'estudi. Per poder realitzar aquests càlculs ho farem a través de l'extensió de l'ArcMap anomenada V-LATE que treballa en sistema vectorial i analitza cadascun dels índexs d'àrea, superfície, densitat i variabilitat; índex de forma; índex d'ecotò i nucli i el

índex de diversitat. Tots aquests índexs els hem calculat per separat segons els hàbitats que conformen la nostra àrea d'estudi delimitat en quatre grups: hàbitat forestal, hàbitat agrícola, hàbitat de les zones humides i hàbitats de la vegetació de ribera. Els resultats dels índexs els valorarem en funció dels paràmetres que estableix el manual de FRAGSTAT, extensió que fa les mateixes funcions que V-LATE però treballa en sistema ràster. Com podem observar en l'apartat corresponent, tots els índexs es calcularan a partir de dos escales la de classe i la de paisatge, això ens permetrà veure a nivell de paisatge quines zones són les més conflictives com les més òptimes i, per altra banda, ens permetrà observar a nivell d'hàbitats i fragments quins són els més òptims per poder establir una connectivitat entre els espais naturals que engloben l'àrea d'estudi.

Seguidament identificarem aquells espais potencials per poder establir la connectivitat ecològica, aplicant l'índex de percolació. Per poder calcular l'índex de percolació hem hagut de crear una malla de cel·les que es superposa en la capa de naturalitat creada amb la unió dels quatre hàbitats (forestal, agrícola, vegetació de ribera i zones humides). Cada cel·la té una mida de 1000 x 1000, amb una àrea de 1.000.000 m<sup>2</sup>. Dintre de cada cel·la calcularem l'índex de percolació que es tracta de dividir l'àrea de la capa naturalitat amb l'àrea de la cel·la i multiplicar per 100 el resultat. Si el resultat és superior al 60% direm que és una àrea amb potencial connectiu, per el contrari si té un valor per sota del 60% direm que és una àrea massa fragmentada, per tant, no podrem establir la connectivitat ecològica.

Finalment, un cop analitzats i identificats els punts de major connectivitat establirem una proposta de disseny de corredors ecològics, per tal de poder mitigar l'efecte barrera i, en conseqüència, la desaparició d'hàbitats i biodiversitat de l'àrea d'estudi, i poder mantenir un cert grau de connectivitat ecològica entre els massissos i els espais fluvials que engloben la nostra àrea d'estudi.

### **6.1. Emmarcament de l'àrea d'estudi:**

Com podem observar en el mapa la nostra àrea d'estudi comprèn el Pla de Girona i les àrees limítrofs de les comarques del Pla de l'Estany, la Selva i Baix Empordà.

El Pla de Girona es troba encaixat entre el massís de les Gavarres, conjunt muntanyós d'escassa altitud, però compacte, fet que reforça la separació física entre el Gironès i el Baix Empordà; les muntanyes del Rocacorba i els terraprimps empordanesos. A l'extrem sud del Pla de Girona, separat de les Gavarres per les valls de la riera de Ridaura de Gotarra, trobem la serra de Cadiretes, prop del punt de contacte entre el Gironès amb el Baix Empordà i la Selva. A l'extrem occidental destaca les muntanyes del Rocacorba.

El Ter travessa el gironès pel mig, obrint-se pas per les diferents serralades, travessant Salt i passa pel nord de Girona, on rep l'Onyar. A partir d'aquest punt gira cap al nord, per enfilejar un pas estret entre Sarrià de Ter i Celrà. L'Onyar afluent del Ter, recull les aigües de la meitat sud del Gironès. Tota una densa xarxa de rieres discorre pel pla de Girona provinent del massís de les Gavarres.

## Localització de l'àrea d'estudi: Plana del Gironès i la Selva



  
Universitat de Girona

Font: Institut Cartogràfic  
de Catalunya  
Elaboració pròpia, 2015

0 3,25 6,5 13  
Kilometers

### **6.1.1. Els Espais Naturals Protegits:**

En la nostra àrea d'estudi trobem un gran espai natural inclòs en el Pla d'Espais d'Interès Natural i a la Xarxa Natural 2000: el massís de les Gavarres. També, trobem altres espais protegits no tant extensos com són l'Estany de Sils, el Volcà de la Crossa, les Muntanyes del Rocacorba i els Turons de Maçanet, convertits en espais molt fragmentats i aïllats entre ells a causa de l'efecte barrera que comporten les infraestructures terrestres de caràcter lineal (AP-7; A-2, TGV, TAV, entre d'altres) que travessen de nord a sud l'àrea d'estudi, l'entramat urbà i la logística de l'entramat periurbà (polígons industrials).

- **El Massís de les Gavarres:**

El massís de les Gavarres, al nord de la Serralada Litoral catalana, ocupa un extens territori a cavall entre les comarques del Baix Empordà i el Gironès. El massís limita al nord amb la plana del Baix Empordà mitjançant un seguit de turons, coneguts amb el nom de Pregavarres; al nord-est contacta amb la Serralada Transversal, que en aquest punt separa les planes de l'Empordà i de la Selva; a l'oest limita amb la mateixa Selva i al sud amb la vall d'Aro, petita depressió on el Ridaura separa les Gavarres del massís de l'Ardenya. Té una superfície de 39.159 hectàrees.

La zona va ser declarada Espai d'Interès Natural al 1992 i al 1998 diferents Ajuntaments dels vint municipis que compten amb part del massís van fundar el Consorci de les Gavarres, encarregat de preservar l'espai natural i gestionar els possibles recursos, tant naturals i històrics, com també, turístics i d'oci. Les Gavarres van ser incloses en el Pla d'Espais d'Interès Natural amb l'objectiu de preservar un espai amb importants valors ecològics i situat en una posició estratègica. Posteriorment a la creació del Consorci de les Gavarres, l'espai de les Gavarres ha estat inclòs com a lloc d'interès comunitari (LIC) a la Xarxa Natura 2000.

Els valors naturals i ecològics de les Gavarres es deriven de la gran extensió que hi prenen els hàbitats forestals. Alzinars, suredes, pinedes i brolles, juntament amb espais oberts com prats i herbassars, donen cabuda a una gran diversitat florística i faunística pròpia dels ambients mediterranis de terra baixa. La vegetació de ribera i les comunitats de caducifolis d'algunes obagues ben marcades permeten la reproducció d'elements d'afinitats medioeuropees que enriqueixen el patrimoni biològic del massís.

El reconeixement dels valors científics, ecològics, paisatgístics, culturals i socials de les Gavarres són el motiu de la seva declaració com a Espai d'Interès Natural (EIN), moment en què es va aprovar el Pla d'Espais d'Interès Natural (PEIN). Tanmateix, hi ha espais adjacents que no hi van estar inclosos. Però la delimitació definitiva de l'EIN de les Gavarres no ha arribat fins a l'any 2006. La superfície protegida és de 28.671,98 hectàrees de sòl no urbanitzable, quedant definitivament excloses les urbanitzacions, situades bàsicament al vessant sud del massís.

- **El massís de Cadiretes:**

El massís de Cadiretes – l'Ardenya és un conjunt de muntanyes situades a la zona litoral de la comarca de la Selva, el Gironès i el Baix Empordà, amb una elevació màxima de 512.1 metres. L'any 2004 es va aprovar la creació del Pla d'Espais d'Interès Natural de 7.740,15 hectàrees que compren gran part de les 8.552 hectàrees que ocupa el massís.

La funció principal dels espais naturals protegits de Catalunya és conservar mostres representatives de la fauna, la flora i els hàbitats propis del territori, de manera que es puguin desenvolupar els processos ecològics que donen lloc a la biodiversitat. El massís de les Cadiretes és rellevant per la vegetació molt densa i compacta, constituïda sobretot per boscos de suro, però també per alzines i pins a sobre d'un substrat clarament granític. Hem d'assenyalar la presència d'elements extramediterranis (eurosiberians i atlàntics) aportant un remarcable interès com a centre d'espècies de flora d'afinitat atlàntiques i l'existència de diverses endèmiques i rares de Catalunya.

- **Les muntanyes del Rocacorba – Puig de la Banya del Boc:**

La muntanya del Rocacorba és una serra situada al municipi de Canet d'Adri a la comarca del Gironès, amb una elevació màxima de 991 metres. Té una superfície de 3.426,100 hectàrees.

L'espai xarxa Natura 2000 Muntanyes de Rocacorba inclou dos Espais d'Interès Natural declarats dins del Pla d'Espais d'Interès Natural de la Generalitat de Catalunya. Aquests espais són l'EIN de Muntanyes de Rocacorba i l'EIN del Puig de la Banya del Boc. Les Muntanyes de Rocacorba i Puig de la Banya del Boc és un espai d'una diversitat notable de comunitats vegetals mediterrànies i eurosiberianes, amb una bona mostra de les poblacions de fauna de la muntanya mitjana i elements volcànics de gran interès.

Dins de l'espai neixen diversos rierols de cabal semipermanent, que formen part de la capçalera de la conca del riu Ser, afluent del riu Fluvià, al nord, que inclou la capçalera del riu Ritort i els rierols de capçalera de la riera de Falgons. Per la zona est discorre la capçalera del Revardit afluent del riu Terri, i aquest, a la seva vegada afluent del riu Ter. Per la zona sud hi ha diversos rierols que acaben confluint al riu Llémena, com el Rissec, Torrent de Gàrrep, Riera de Granollers, Riera de Rocacorba i Riera de Canet. A la zona hi ha diverses mostres d'activitat volcànica, entre els quals destaca el volcà del Puig de la Banya del Boc. L'àrea de treball del projecte no inclou la totalitat de l'espai Lloc d'Interès Connectiu.

- **L'estany de Sils:**

L'estany de Sils és una zona humida que correspon al darrer vestigi del que era un antic llac natural situat al terme municipal de Sils i Maçanet de la Selva, comarca de la Selva, i que havia estat el llac més gran de Catalunya.

A principis del segle XXI, mitjançant un projecte LIFE desenvolupat per l'Ajuntament de Sils i la Fundació Natura, amb la col·laboració del Departament de Medi Ambient i Habitatge, s'ha

recuperat una zona de llacunes i s'intenta potenciar els hàbitats naturals amb una gestió dels conreus més respectuosa amb els valors ambientals de l'espai.

L'estany es veu alterat pels usos agraris i silvícoles, que han transformat les comunitats naturals, drenant i assecant la zona estancada. Les activitats agrícoles, industrials i urbanes produeixen també l'eutrofització i contaminació dels cursos.

La Fundació Biodiversitat, també, ha subvencionat actuacions de millora d'hàbitats i la Fundació Natura ha adquirit 17 hectàrees de pollancre per recuperar els antics prats de dall i la vegetació d'aiguamoll.

L'Estany de Sils forma part de l'espai del Pla d'Especial Interès Natural i de la Xarxa Natura 2000. L'espai PEIN disposa d'un Pla Especial de protecció aprovat al desembre de 1998, que abasta els espais: Estany de Sils, riera de Santa Coloma i els turons de Maçanet, així com uns àmbits addicionals de protecció i n'estableix una ordenació conjunta.

- **El volcà de la Crosa:**

El volcà de la Crosa es troba situat al municipi de Vilobí d'Onyar, a la comarca de la Selva. És el volcà amb el cràter més gran de la península Ibèrica i un dels més grans d'Europa, amb un diàmetre de 1.250 metres.

Les gairebé 200 hectàrees que ocupa el volcà de la Crosa és un Espai Protegit d'Interès Natural gestionat pel Consorci de la Crosa. L'any 1992 s'aprova el Pla d'Espais d'Interès Natural, que inclou la Crosa, la inclusió d'un espai dins el PEIN, malgrat que suposa un primer inici de protecció, és molt insuficient ja que per causa de les mancances no garanteix la conservació adequada als valors naturals que es tendeix protegir.

Al desembre de 1993 es publica en el DOGC, Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya, l'aprovació inicial del Pla Especial de Protecció del Medi Natural i del Paisatge del Volcà de la Crosa que fins l'any 1995 no es publica l'aprovació definitiva d'aquest Pla Especial. Aquest instrument fixa les normes per completar la protecció d'espais ja existents, per tant és un instrument de caràcter superior al PEIN, amb un planejament molt concret. Al setembre del 2006 s'aprova definitivament el Consorci de La Crosa format pels Consells Comarcals del Gironès i la Selva, i els Ajuntament de Aiguaviva, Vilobí d'Onyar i Bescanó.

- **Riberes del Baix Ter:**

L'espai xarxa Natura 2000 Riberes del Baix Ter inclou l'Espai d'Interès Natural de l'Illa de Canet dins del Pla d'Espais d'Interès Natural de la Generalitat de Catalunya però només representa el 0,08% en relació a la superfície total. Aquest mateix espai està catalogat també per la Generalitat com a Reserva Natural de Fauna Salvatge de l'Illa de Canet. L'espai Riberes del Baix Ter està situat a la plana que s'obre després de circular entre la Serra Transversal i els massissos prelitorals de les Guilleries.

En aquest espai fluvial, que s'inicia després del sistema de grans embassaments de Sau-Susqueda - El Pasteral es dóna una dràstica regulació del cabal i es veu afectat per un transvasament d'aigua a la grans zones urbanes de Catalunya des de finals de la dècada dels anys 1960. Així doncs, en aquest espai hi ha una més que notable alteració dels règims hidrològics naturals. Es tracta d'un espai on hi ha un mosaic entre les formacions naturals de caràcter mediterrani (alzinars, rouredes submediterrànies, boscos de ribera, formacions higròfiles, etc) i les vinculades a l'activitat agrícola. La diversitat d'ambients propicia l'existència de nombrosos hàbitats naturals, alguns dels quals prioritaris, i d'una gran riquesa florística i faunística.

L'espai natural Riberes del Baix Ter ocupa una superfície de 1.217,89 hectàrees i una longitud de 74 quilòmetres. Inclou importants mostres de bosc de ribera i d'hàbitats fluvials. A més, constitueix una important àrea de refugi i de nidificació d'aus pròpies de zones humides i boscos de ribera.

L'espai de la Xarxa Natura 2000 Riberes del Baix Ter ha estat beneficiari durant els últims quatre anys (2010-2013) d'un projecte de recuperació d'hàbitats riparis<sup>1</sup> amb la contribució de la Unió Europea. L'objectiu principal ha estat la recuperació dels hàbitats riparis, especialment boscos al·luvials amb vern (*Alnus glutinosa*), boscos en galeria: salzedes i alberedes, així com llacunes temporals mediterrànies. També s'ha treballat per ordenar i controlar els accessos a les zones d'actuació per evitar la degradació dels hàbitats fluvials com a conseqüència de l'elevada freqüentació humana, sobretot a les àrees suburbanes. La superfície d'intervenció ha estat d'unes 140 hectàrees (Feliu, 2009)

- **Turons de Maçanet:**

L'espai del PEIN Turons de Maçanet forma part del conjunt de turons de Maçanet que constitueixen un bloc relativament enlairat respecte de les terres que els envolten, el qual separa la depressió selvatana del corredor de la Tordera i de les terres al·luvials del delta d'aquest mateix riu. Els turons de Maçanet, en el seu conjunt, formen una barrera força ben definida que separa la plana interior selvatana del litoral mediterrani, tot connectant alhora el massís de les Cadiretes amb les estribacions de la serralada prelitoral (el Montseny i les Guilleries).

Aquest turons representen testimonis excel·lents del paisatge natural del Pla de la Selva. La seva principal singularitat rau a conjugar la presència d'elements extramediterranis (rouredes seques i rouredes humides d'excel·lent valor) en un entorn biogeogràficament mediterrani.

Els sistemes naturals dels turons de Maçanet revelen el manteniment d'uns illots naturals immersos en una plana intensament ocupada pels conreus, fet que té un gran interès faunístic, per la diversitat de biòtops que acull el contacte entre conreus i formacions forestals.

---

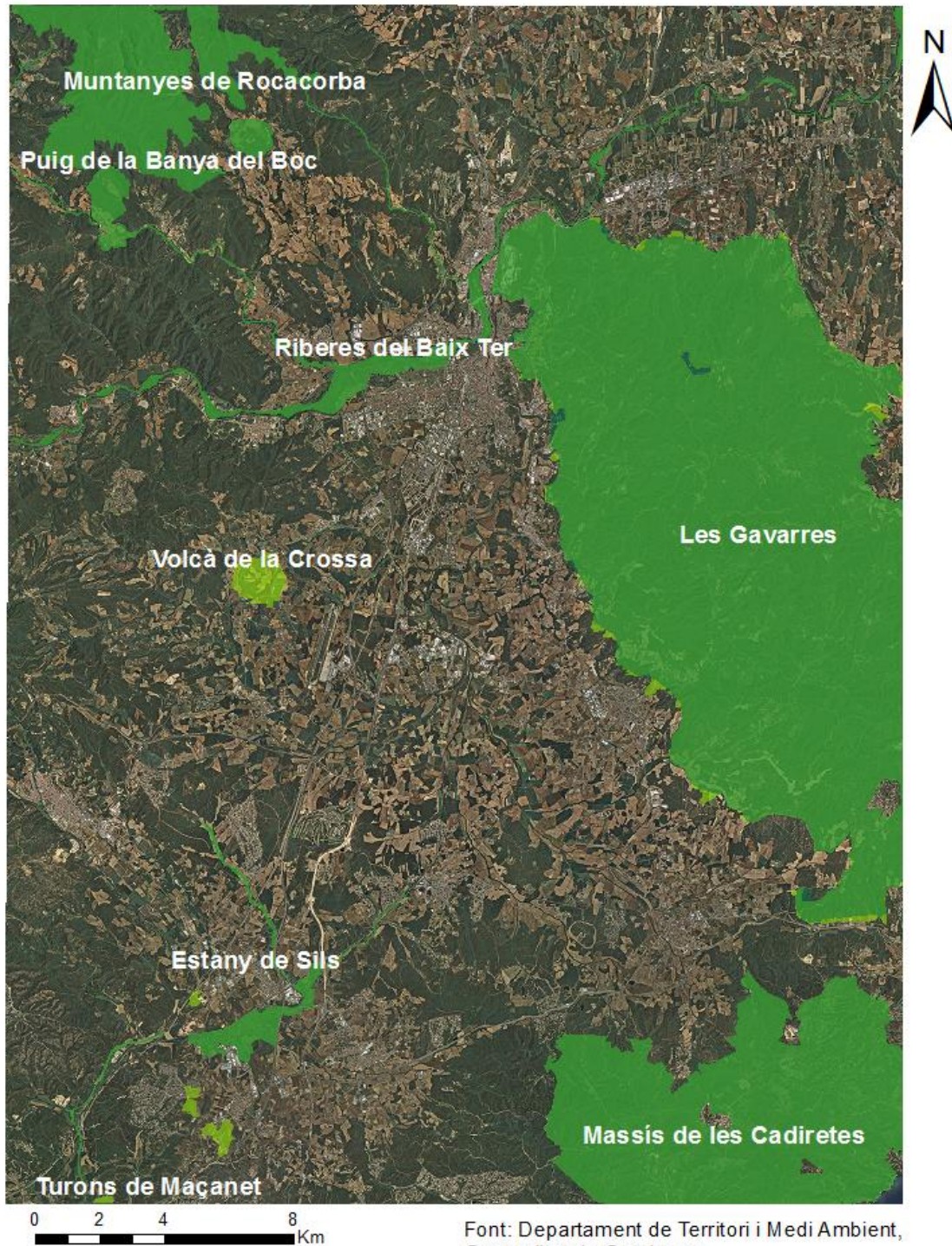
<sup>1</sup> Els hàbitats riparis són la interfície entre la terra i un riu o corrent d'aigua. També és un dels quinze biomes terrestres de la terra. Aquest hàbitat té una gran importància biològica i enginyeria cívica perquè tenen el paper de conservar el sòl, presentar gran biodiversitat i influir en la fauna i l'ecosistema.

Els impactes més destacables que es donen a l'espai són algunes activitats extractives en alguns dels seus turons. La seva vulnerabilitat natural es troba en les comunitats i espècies vegetals extramediterrànies, situades en condicions ambientals extremes.

A continuació, podem veure la situació geogràfica dels diferents espais naturals protegits descrits anteriorment en la nostra àrea d'estudi.



## Espais Naturals Protegits de l'àrea d'estudi



Font: Departament de Territori i Medi Ambient,  
Generalitat de Catalunya  
Elaboració pròpia, 2015

Llegenda:

-  XARXA NATURA 2000
-  PEIN

### **6.1.2. L'eix d'infraestructures viàries:**

Les infraestructures de transport es denominen normalment xarxa i es componen de carreteres, vies de ferrocarril, infraestructures aèries, incloent els nodes o terminals: aeroports i estacions de ferrocarril. Els problemes de transport estan sovint relacionats amb una capacitat insuficient de les infraestructures.

La localització de grans centres de comunicació, com ara l'aeroport, suposa l'eliminació total del l'ús del sòl que fins aquells moments hi havia en aquella zona, ja sigui vegetació natural o bé àrea de conreus. L'aeroport comporta el consum de molt espai amb la necessitat potencial d'una major superfície si aquests centres han de créixer. Aquest node, l'aeroport, té repercussions en l'entorn més immediat, el problema principal és el soroll generat pels avions i que pot afectar els nuclis urbans més propers, en aquest cas la ciutat de Girona.

La problemàtica de les carreteres i les vies de tren suposen l'eliminació de la vegetació de la zona ocupada o de terreny agrícola. En el primer cas, es corre el perill d'eliminar l'hàbitat d'espècies animals i crear barreres de pas d'aquesta fauna, cosa que pot afectar el seu dinamisme. Pel que fa a les zones agrícoles, un dels problemes principals és la compartimentació de les propietats, que en molts casos suposa la dificultat d'accés a les parcel·les i un cert aïllament.

Tant els grans centres de comunicació com les carreteres i les vies de tren poden tenir un impacte paisatgístic molt important, per la qual cosa es fa encara més necessari escollir l'emplaçament o el traçat amb molta cura.

Els principals efectes d'aquestes infraestructures viàries són la pèrdua d'hàbitat; la disminució de la mida dels hàbitats, reducció de la mida i augment de l'aïllament dels fragments d'hàbitat seccionats per les infraestructures; els efectes vora, creació de nous hàbitats, dispersió d'espècies exòtiques, pertorbacions dels hàbitats adjacents, soroll, augment de la presència humana, contaminació lluminosa, augment del risc d'incendi, entre d'altres; la mortalitat de la fauna, principalment a causa d'atropellaments i col·lisions amb vehicles; i, finalment, l'efecte barrera amb la restricció de fluxos biològics, relacionats amb els efectes anteriors.

Les particularitats d'aquestes infraestructures viàries és que són barreres lineals de gran extensió, que estan en augment degut a ampliacions de vies; diversitat d'efectes en la connectivitat ecològica, sobre els hàbitats (fragmentació, pertorbacions), sobre les poblacions de fauna (dificulten els moviments, causen mortalitat); la magnitud dels efectes és funció de les característiques de la via (amplada, tancament perimetral, etc). Els efectes són poc evidents en l'anàlisi mitjançant sistemes d'informació geogràfica que avaluen la continuïtat d'hàbitats i paisatges.

Hi trobem un gran eix d'infraestructures viàries en l'àrea d'estudi format per dues vies principals: AP-7 i A-2. Ambdues vies d'alta capacitat juguen un paper important en la fragmentació de la matriu territorial existents entre els espais naturals de l'àmbit d'estudi. Això, es degut a que aquest tipus de vies disposen de dos, tres o més carrils separats per

cadascun dels sentits de la marxa amb tanques perimetrals. Un segon eix és el que apropa Girona a Lleida, la carretera C-25, que jugarà un paper encara més important en la fragmentació de la matriu amb el futur desdoblament.

La xarxa formada per les vies que connecten les comarques i aquestes amb els principals nuclis de població, presenta a la Selva dues carreteres: C-35 i C-63. Ambdues tenen traçats perpendiculars que es creuen a l'alçada de Vidreres. La C-35 pot presentar problemes de fragmentació més greus derivats del seu previst desdoblament.

El Pla d'Infraestructures de Transport de Catalunya 2006-2026 és de preveure que es desenvolupin: la prolongació de l'autopista de la costa (C-32) fins a enllaçar amb la GI-681 a Tossa de Mar per millorar els accessos al sud de la Costa Brava i el desdoblament de l'eix transversal.

La xarxa ferroviària es troba constituïda per les dues línies que parteixen de Barcelona en direcció Portbou. La línia interior, que prové de Granollers (rodalies 2) i la litoral, que transcorre pel Maresme (rodalies 1). I el traçat del TAV, Tren d'Alta Velocitat, que connecta la ciutat de Barcelona amb França. L'impacte ambiental més evident de l'alta velocitat és el físic, enormes ponts, túnels de rècord i corbes gegants. Per a permetre que aquests trens circulin a velocitats superiors a 300 quilòmetres per hora, i escurçar el temps de viatge, els traçats han d'acostar-se el més possible a la línia recta.

Per a pal·liar aquests efectes és obligatòria l'aprovació d'una declaració d'impacte ambiental prèvia a la redacció dels projectes, per la qual s'introdueixen variacions que han de tenir-se en compte a l'hora de dissenyar el traçat. És evident, que la infraestructura d'alta velocitat, més que adaptar-se al territori, modela el paisatge al seu antull.

L'anella verda de les Gavarres és la via que circumscriu el Massís de les Gavarres i permet comunicar la ciutat de Girona amb la Costa Brava Central. Costa de tres carreteres: C-66 (Girona-Palafrugell); C-31 (Palafrugell a Santa Cristina d'Aro) i C-65 (Santa Cristina a Girona).

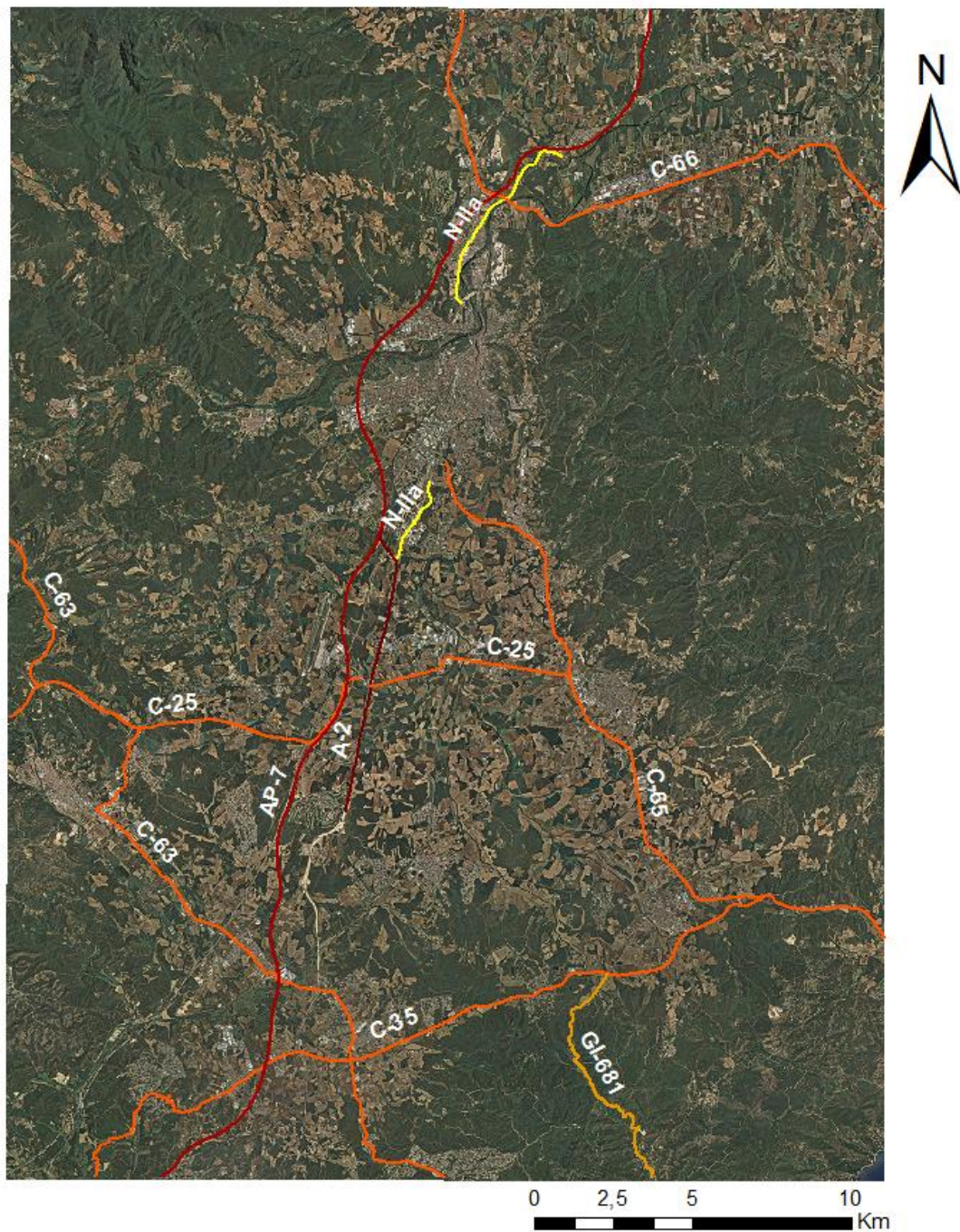
Per tant, aquestes infraestructures comporten una reducció de la connectivitat ecològica en l'àrea d'estudi. Les infraestructures dificulten els desplaçaments dels organismes a través dels hàbitats i obstaculitzen els processos ecològics com són la dispersió de llavors, els fluxos d'aigües superficials i subterrànies, transport de materials, entre d'altres.

Comporten, per tant, una reducció de la connectivitat ecològica entesa com la capacitat d'un determinat territori per permetre els moviments d'organismes i fluxos de materials i energia a través dels diferents tipus d'hàbitats.

La magnitud d'aquests efectes varia en funció de les característiques d'aquestes infraestructures que comporten l'efecte barrera. En el cas de les infraestructures viàries les conseqüències tenen una relació directa amb l'amplada de les vies i dels seus marges; l'existència, o no, de mitjanes i de tancaments perimetrals; i, la intensitat del trànsit. Per avaluar els efectes de les infraestructures en la connectivitat cal prendre en consideració les seves característiques.



## Localització de les principals carreteres en l'àrea d'estudi



### Llegenda:

A-2  
AP-7  
C-25  
C-35  
C-63  
C-65  
C-66  
GI-681  
N-IIa

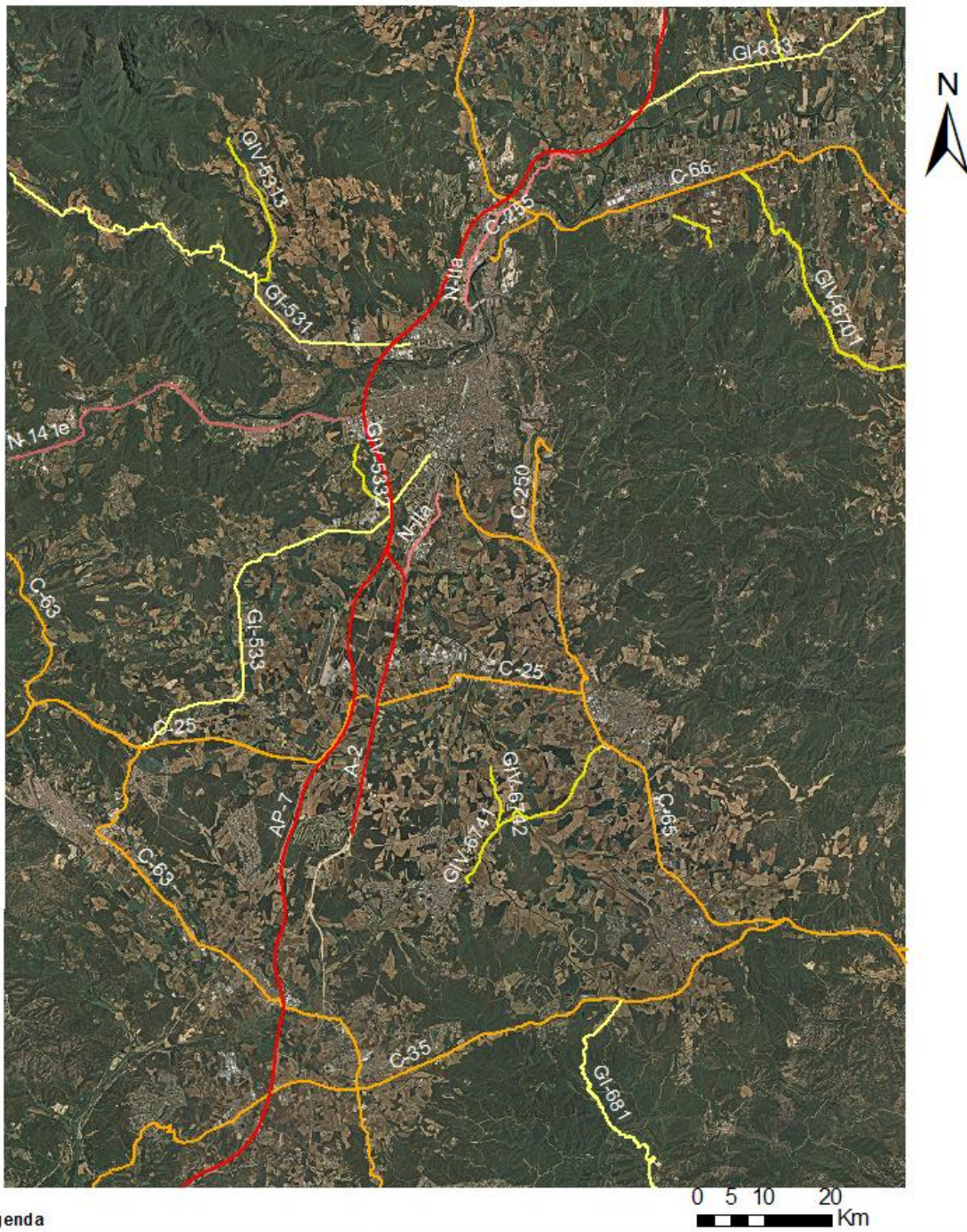


Universitat de Girona

Font: ICC  
Elaboració pròpia, 2015



## Localització de les carreteres en l'àrea d'estudi



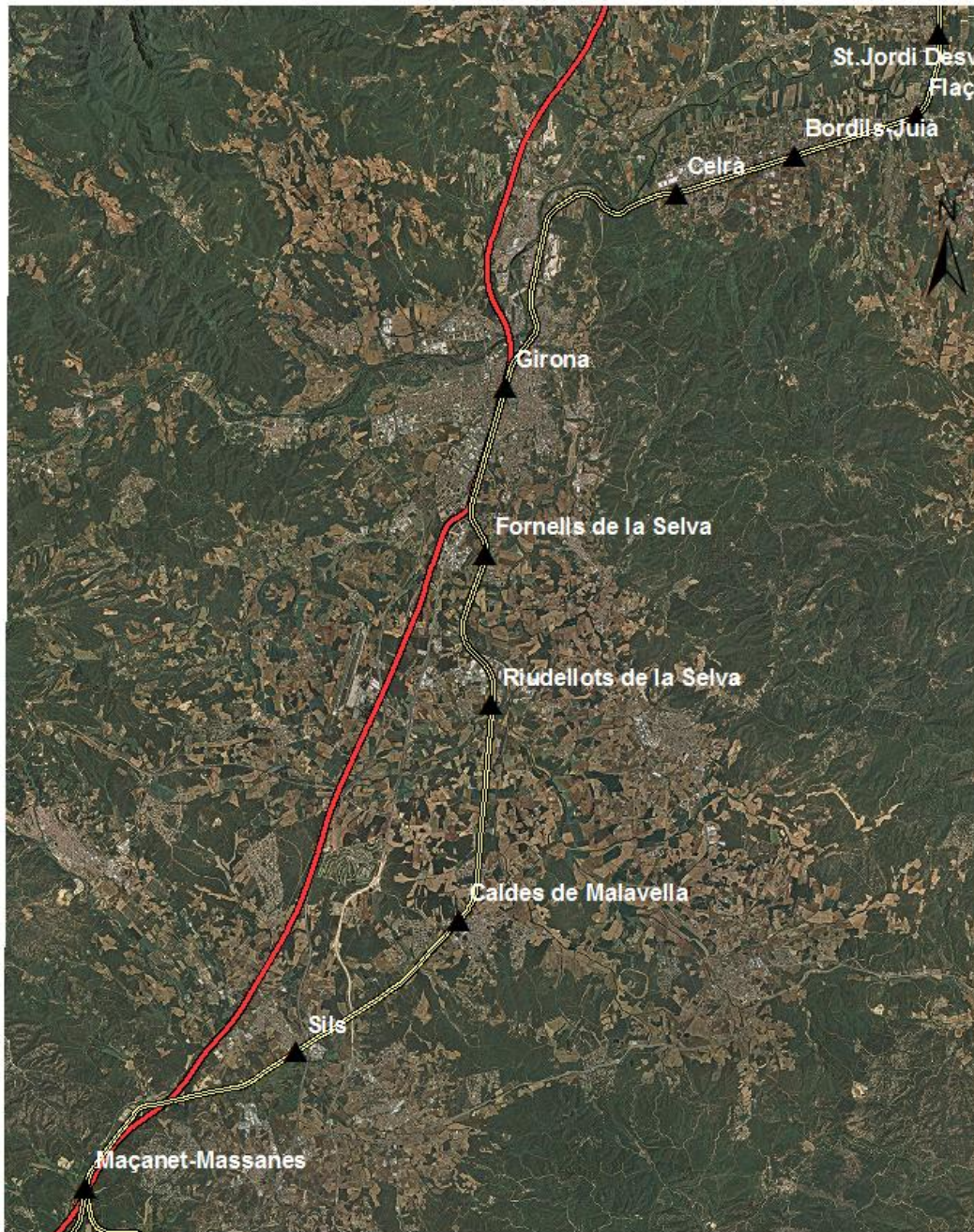
A-2 AP-7 C-25 C-230 C-255 C-35 C-63 C-65 C-66 G-531 G-533 G-633 G-681 GIV-5313 GIV-5332 GIV-6234 GIV-6701 GIV-6708 GIV-6741 GIV-6742 N-141e N-14a

Font: Institut Cartogràfic de Catalunya  
Elaboració pròpia, 2015

  
Universitat de Girona



## Linies de Tren d'Alta Velocitat i Tren Convencional



### Llegenda

- ▲ estacions
- == Tren\_convencional
- TAV

0 1,5 3 6 Km

Font: Institut Cartogràfic de Catalunya  
Elaboració pròpia, 2015

  
Universitat de Girona

### **6.1.3. Inventari d'estructures de connectivitat de la xarxa ecològica:**

L'inventari consta d'una llista exhaustiva, proporcionada per la Generalitat de Catalunya, de les estructures de connectivitat existents a les infraestructures viàries de Catalunya i té com a objectiu facilitar l'accés a la informació i esdevenir un suport en la presa de decisions per al personal tècnic redactor de projectes i de l'Administració.

El Pla estratègic per a la diversitat biològica 2011-2020 de la Comissió Europea insta a reduir la pèrdua i la fragmentació dels hàbitats. Bona part de la fragmentació dels hàbitats és conseqüència del desenvolupament d'infraestructures viàries, que esdevenen barreres que dificulten els desplaçaments dels animals a través del paisatge.

Per aquesta raó, gran part dels projectes constructius de carreteres ja incorporen l'execució de mesures destinades a les vies per tal que siguin permeables als desplaçaments dels animals. Es tracta d'estructures de tipologia diversa, que es poden executar específicament amb aquesta finalitat (passos específics per a la fauna) o mitjançant l'adaptació d'altres estructures transversals multifuncionals que comparteixen el pas de fauna amb altres usos com ara drenatges, passos superiors o inferiors per a la restitució de camins, vies ramaderes, etc.

L'Inventari d'estructures de connectivitat sorgeix de la col·laboració entre el Departament de Territori i Sostenibilitat (DTES) i Minuartia Estudis Ambientals, es concep com una eina en actualització constant i té vocació d'esdevenir una eina de suport a la gestió i a la presa de decisions per a les administracions i altres entitats implicades.

A continuació es descriuen cadascuna d'elles, segons el document *Prescripcions tècniques per al disseny de passos de fauna i tancaments perimetrals* (MMA, 2006):

- **Ecoductes:** és un pas superior de grans dimensions, de 80 m o més d'amplada, que compta amb una restauració completa de la seva superfície. Sobre un ecoducte pot haver qualsevol tipus de cobertura vegetal, inclosos els conreus; també poden haver-hi camins per circular a peu o vies sense paviment d'aglomerat asfàltic. En cas que hi hagi vies asfaltades s'ha de considerar com a Pas superior multifuncional.
- **Pas superior específic per a la fauna:** és un pas superior d'entre 20 i 79 m d'amplada, que compta amb una restauració completa de la seva superfície, sense camins ni vies. Els passos superiors que no assoleixen els 20 m que estableixen les prescripcions tècniques com a amplada mínima d'un pas superior específic per a la fauna, s'han qualificat com a passos multifuncionals, indistintament de si s'hi ubiquen altres usos o no.
- **Pas superior multifuncional:** és un pas superior d'entre 10 i 79 m d'amplada, pel qual discorre un camí pedestre, via ramadera o de circulació de vehicles i que compta amb condicionaments que faciliten el seu ús per part de la fauna silvestre; normalment es tracta de franges laterals revegetades i apantallaments. Com s'indica en ambdós punts precedents, també s'han considerat Passos superiors multifuncionals els passos

superiors de 80 m o més d'amplada per on discorren vies asfaltades i que, per tant, no són qualificat com a ecoductes; així com els passos superiors que no assoleixen els 20 m d'amplada, encara que no hi discorren vies.

- **Viaducte adaptat:** viaducte que compta amb condicionaments per afavorir el pas de la fauna silvestre i la conservació dels hàbitats aquàtics i riparis. Sota la seva llum hi són compatibles diversos usos. S'han inclòs a l'Inventari una mostra dels viaductes amb adaptacions que han estat definits com a mesures de desfragmentació en projectes de millora de vies existents.
- **Pas inferior específic per a la fauna:** és un pas inferior per on no hi discorren camins, vies, ni elements de la xarxa de drenatge i que compta amb condicionaments per a la fauna: revegetacions i millora d'accessos, banquetes laterals o altres. Les seves dimensions varien segons el grup faunístic per al qual ha estat dissenyat: petits vertebrats (entre 2 i 7 m) o grans mamífers -que compren els ungulats (senglar, cèrvids i bòvids) i grans carnívors com l'ós- (7 m o més d'amplada).
- **Pas inferior multifuncional:** és un pas inferior que combina el pas de fauna amb camins pedestres, vies ramaderes o de circulació de vehicles. També hi poden discórrer rierols o altres elements de la xarxa de drenatge. Compta amb condicionaments per afavorir el seu ús per part de la fauna silvestre. Les seves dimensions varien segons el grup faunístic per al qual ha estat adaptat: petits vertebrats (entre 2 i 7 m) o grans mamífers (7 m o més d'amplada).
- **Drenatge adaptat per a la fauna:** és una estructura inferior destinada al drenatge, amb una dimensió mínima de 2 m de diàmetre o d'amplada, i que compta amb condicionaments que faciliten el seu ús per part de la fauna silvestre; normalment es tracta de bandes laterals seques, tancaments perimetrals que condueixen els animals cap a les entrades i revegetacions en els accessos. També s'han inclòs en aquesta tipologia els drenatges amb adaptacions per facilitar el pas dels peixos, tant pel que fa al calat, velocitat del corrent i turbulència de la làmina d'aigua, com a l'absència de salts i a les condicions del substrat i dels seus accessos.
- **Passos per a amfibis:** bateria d'estructures transversals a la via amb adaptacions concretes per als amfibis. Haurien d'anar sempre acompanyats d'una estructura de guia específicament dissenyada per interceptar els desplaçaments dels amfibis i conduir-los cap als passos, tot i que no sempre ha estat així.

En aquest inventari, no s'han considerat els túnels excavats ja que, tot i que permeten la connexió entre els hàbitats d'ambdós costats de la carretera, es tracta d'estructures subterrànies construïdes per permetre el pas a través d'una muntanya i, per tant, no amb l'objectiu de que hi passi la fauna.

De forma similar, tampoc no s'han inclòs a l'Inventari els viaductes integrats en projectes de nous trams de via o en projectes de millora de carreteres existents on ja hi havia un viaducte



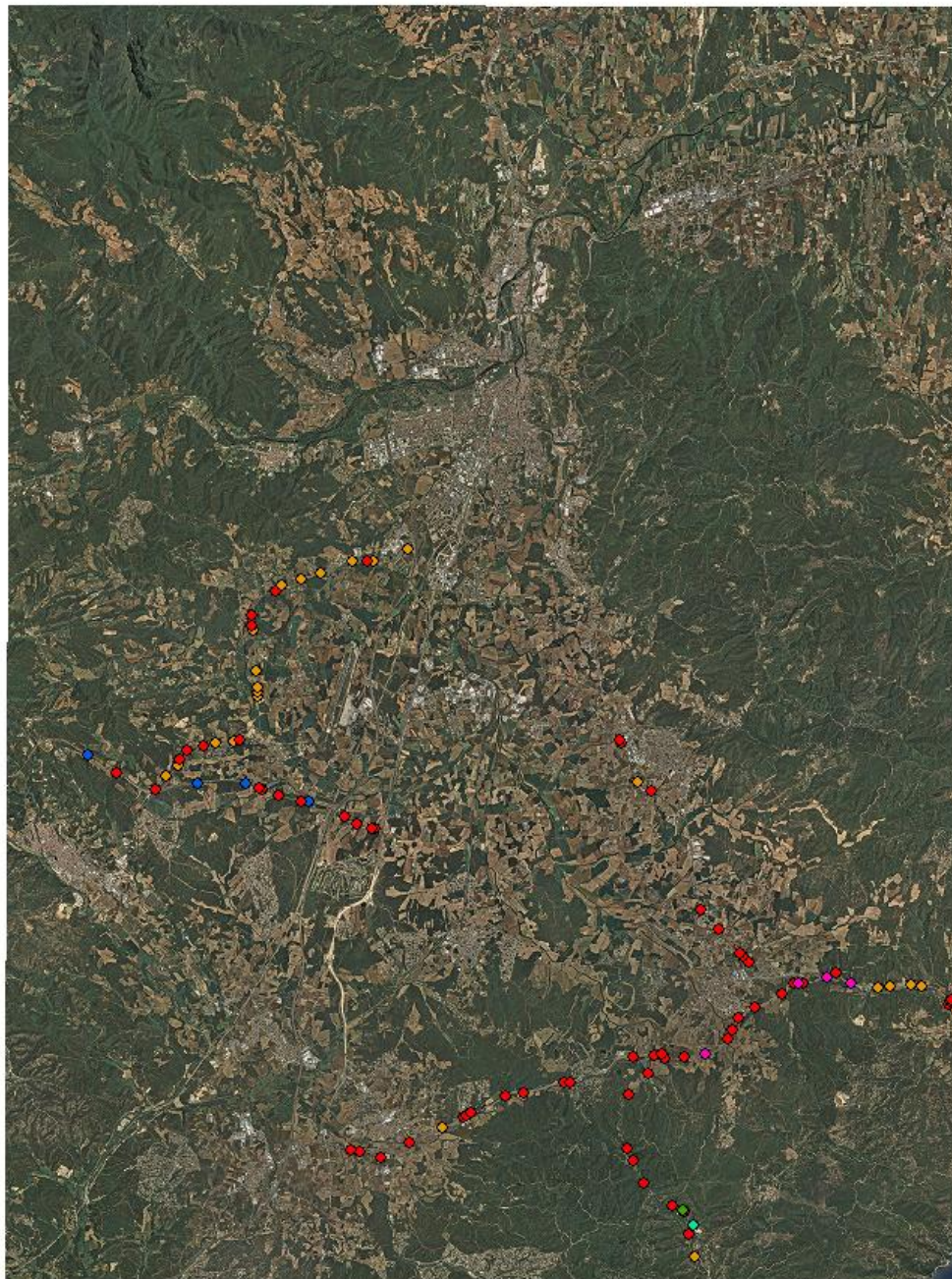
amb anterioritat a l'execució de les obres, en tractar-se d'estructures que no s'havien construït per a millora de la permeabilitat sinó que obeïen a raons topogràfiques, obligades per la rasant de la via.

En ambdós casos, tant túnels com viaductes, es tracta d'estructures inventariades i cartografiades en d'altres suports fàcilment consultables. És el cas de les capes cartogràfiques de la xarxa viària elaborades per diferents organismes oficials, com per exemple:

- Institut Cartogràfic de Catalunya del Departament de Territori i Sostenibilitat (DTES): les Bases topogràfiques de Catalunya escales 1:5.000 (BT-5M), 1:25.000 (BT-25M) i 1:50.000 (BT-50M) presenten els elements 'TÚNEL' i 'PONT', en el qual s'inclouen els túnels i viaductes, respectivament. Per la seva part, en les vies de comunicació es distingeix, mitjançant l'atribut 'CAS', si el tram de via és 'cobert' (túnels) o, en la base BT-25M, 'elevat' (viaductes).
- Instituto Geográfico Nacional (IGN) del Ministerio de Fomento: a la Base Cartográfica Nacional escala 1:200.000 (BCN200), les vies de comunicació presenten el camp descriptiu 'SITUACIÓN' on s'indiquen les següents 3 tipologies '01 SUPERFICIAL', '02 SUBTERRÀNEO' (túnels) i '03 ELEVADO' (viaductes); per la seva part la Base Topográfica Nacional 1:25.000 (BTN25) presenta els elements 'TÚNEL' i 'PASO ELEVADO', en el qual s'inclouen túnels i viaductes, respectivament.

A continuació hem mostrat aquestes tipologies d'estructures de connectivitat de la xarxa viària a la nostra d'àrea d'estudi. La base cartogràfica ha estat proporcionada per el Departament de Territori i Medi Ambient, com hem explicat anteriorment. Com podem observar en el mapa aquestes infraestructures de permeabilització del territori es situen la major part en les carreteres de major impacte en el territori com són: la C-35, la C-25 i la GI-533.

### Inventari d'Estructures de Connectivitat de la xarxa viària de Catalunya



**Llegenda:**

-  Calaix
-  Fals túnel
-  Pont
-  Tub
-  Viaducte
-  Volta

0 2,5 5 10 Km

Font: Departament de Territori i Medi Ambient, Generalitat de Catalunya.  
Elaboració pròpia, 2015



## **6.2. Anàlisi de la matriu biofísica del territori de l'àrea d'estudi:**

Arrel de la realització del mapa de les cobertes del sòl de l'àrea d'estudi proporcionat pel Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF), procedim a analitzar la matriu territorial dominant en l'àrea d'estudi.

Com es pot observar, la capa que més predomina en l'àrea és la zona forestal. Això ve donat per què l'àrea d'estudi consta del Espais Naturals Protegits del Massís de les Gavarres, Massís de les Cadiretes-Ardenya, les muntanyes del Rocacorba i Puig de la Banya del Boc, les riberes del Baix Ter, l'Estany de Sils, el volcà de la Crosa i els turons de Maçanet.

Cal destacar, que arrel de l'abandonament del món rural ha fet que aquesta massa forestal creixi acompanyada de canvis en l'estructura del bosc, producte de la disminució de la pressió antròpica, que tradicionalment n'havia extret suro, llenya i altres productes. El procés ha implicat la formació d'un sotabosc cada cop més dens que només recentment s'ha intentat gestionar per tal de reduir el risc d'incendi forestal.

Destaquem, també, l'entramat urbà d'aquesta àrea ja que consta del nucli urbà de Girona, les xarxes de transport, els nuclis dels municipis circumdants, els polígons industrials, i l'Aeroport Girona – Costa Brava.

Les zones agrícoles és la segona predominant en la matriu biofísica del territori on la major extensió es troba en el Pla de Girona. Com hem comentat, les zones agrícoles s'han reduït de forma dràstica. Aquest fet afavoreix el procés d'homogeneïtzació del paisatge amb una tendència a la configuració de grans masses forestals contínues.

Les zones agroforestals que podem observar en l'àrea d'estudi són petites. Aquestes àrees són destinades a l'aprofitament agrícola del territori que s'articula al voltant de les masies, els veïnats i altres petits nuclis de població. La plana de la Selva és una plana molt transformada pel pas de les diferents infraestructures de transport, els camps de conreu que ocupen la major part de la superfície del terreny i constitueixen la matriu que engloba la resta dels elements del paisatge. En general, els mosaics acostumen a estar formats per combinacions de conreus cerealístics i farratgers i vegetació de caràcter mediterrani, ja siguin pinedes o boscos mixtes de pins i alzines.

En tercer lloc, hi predomina la zona urbana amb el gran nucli de l'àrea urbana de Girona situada a l'extrem nord de la plana selvatana. El nucli històric de la ciutat es situa a la banda dreta del riu Onyar. Les successives etapes del procés d'urbanització, que han comportat una extensió vers la plana agrícola i l'annexió de diversos pobles del voltant, han acabat configurant l'actual sistema urbà, de geometria variable però que compta amb un continu ben definit, format per Girona, Salt, Sarrià de Ter i Vilablareix.

Fora dels espais pròpiament urbans o industrials també s'hi troben certes edificacions o activitats extractives que influeixen clarament el paisatge del seu entorn. Les pedreres i les

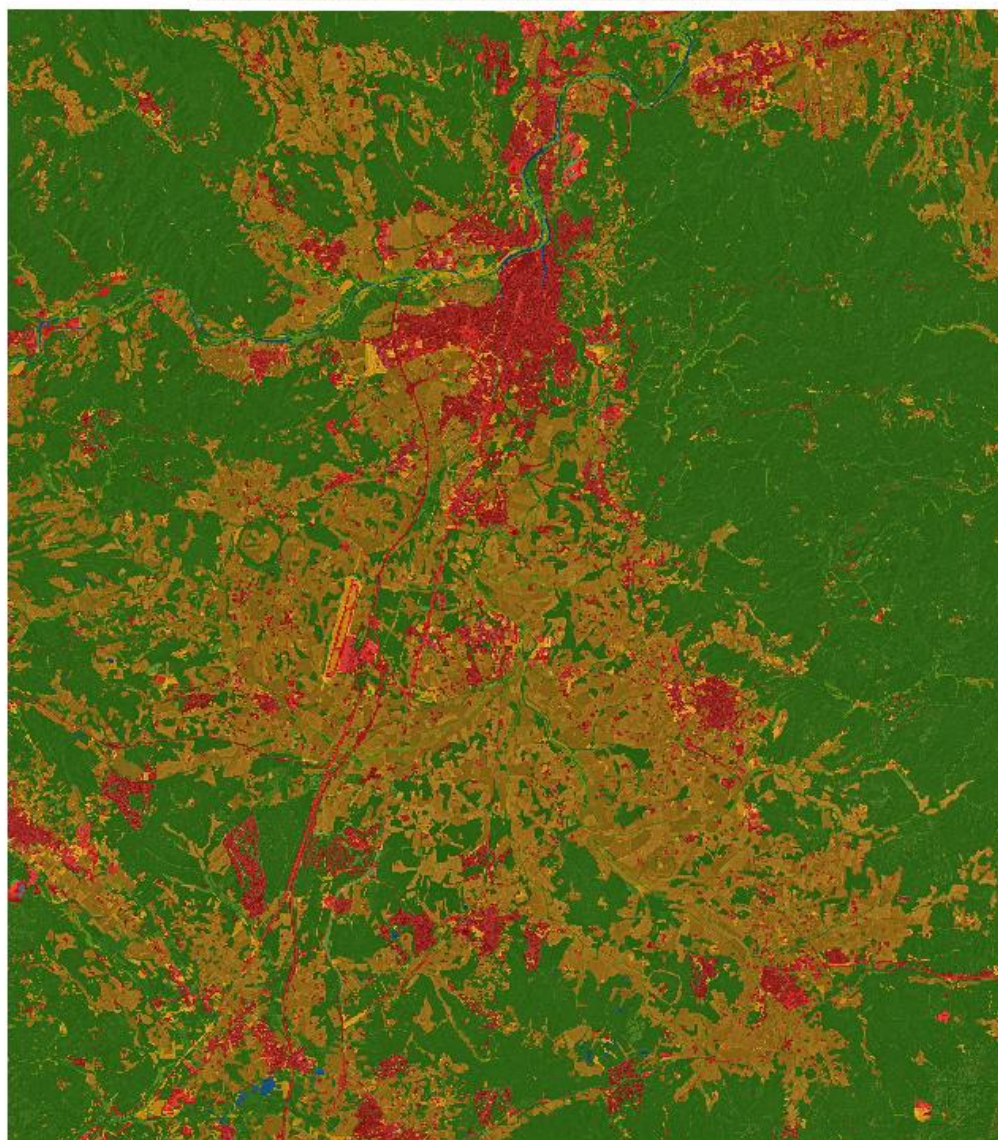
explotacions mineres tenen un impacte paisatgístic destacat a nivell local. ja sigui als vessants de les muntanyes o a l'entorn dels cursos fluvials.

Les autovies i autopistes tenen la característica de les seves amplades i elements constructius, aquestes vies ràpides fragmenten la matriu biofísica de la zona on transcorren, de nord a sud de l'àrea d'estudi. Suposen una barrera per la connectivitat ecològica entre hàbitats naturals. afecten a les planes agrícoles i condicionen qualsevol paisatge per on passen, a vegades entrant en conflicte amb els valors naturals, històrics o simbòlics de la zona. Les vies ràpides que més afectació tenen en el territori de l'àrea d'estudi són l'Ap-7, l'A-2 i la N-II. El conjunt compost per l'AP-7 i l'A-2 forma, al costat del Tren d'Alta Velocitat (TAV), l'anomenat eix mediterrani, el corredor d'infraestructures més importants de Catalunya i de les Comarques Gironines.

També es disposa de la línia de tren convencional que travessa l'àrea d'estudi de nord a sud. És a les estacions on es fa més evident aquest paisatge ferroviari. Al costat de les estacions de tren, un altre emplaçament que podem distingir com a node de transport és l'Aeroport de Girona – Costa Brava. L'accelerat creixement d'aquesta infraestructura durant els darrers anys ha desembocat en la seva ampliació i la urbanització de terrenys adjacents a la terminal, amb la construcció d nous aparcaments i edificis de serveis. Al seu costat, la Central Integrada de Mercaderies (CIM) La Selva ha acabat per definir aquesta zona com a centre logístic, tot plegat ajudat per la influència en aquest punt de l'AP-7, l'A-2, la C-25 i el TAV.



## Cobertes del Sòl de l'àrea d'estudi



### Llegenda:

-  Nuclis urbans
-  Zones urbanitzades
-  Zones d'extracció minera
-  Roquissars
-  Canals i basses urbanes i agrícoles
-  Zona agrícola
-  Zona agroforestal
-  Zona forestal
-  Vegetació de ribera
-  Aiguamolls i aigües continentals
-  Zona litoral

Font: CREAM  
Elaboració pròpia, 2015

### 6.3. Anàlisi dels índexs paisatgístics:

Un cop hem analitzat la matriu biofísica del territori i hem vist quin són els elements fragmentadors del territori i quines són les àrees amb potencial connectiu, procedirem al càlcul dels índexs de paisatge.

Els càlculs dels índexs paisatgístic s'han portat a terme a través del programa V-LATE, que és una extensió de l'ArcMap per poder treballar sobre els fragments de paisatge ha analitzar en sistema vectorial. El V-LATE, va ser creat l'any 2003 per un equip del *Landscape and Resource Management Research Group*, de la Universitat de Salzburg (Àustria), dirigit per Dirk Tiede en el marc del projecte d'investigació europeu denominat SPIN (Spatial Indicators for Nature Conservation).

Alhora de calcular els índexs hem classificat els hàbitats en quatre grans grups: l'àrea forestal, l'àrea agrícola, les zones humides i la vegetació de ribera. Hem exclòs les àrees de sòl urbà ja que no són objecte d'estudi per el càlcul dels índexs paisatgístics.

Per poder arribar finalment al nostre objectiu del treball analitzarem els índexs paisatgístics. La metodologia emprada serà elaborar una sèrie de mapes per poder establir les àrees potencialment connectores. Aquesta metodologia emprada està basada en estudis anteriors relacionats amb la connectivitat ecològica, com *Mesures de repermeabilització ecològica a través de l'eix viari Llagostera – Palafrugell (Girona)* de Xavier Mayo, 2008; *Propostes d'actuacions de foment i restauració de la connectivitat multifuncional entre el Massís de les Guilleries, el Massís de les Gavarres i el Massís de l'Ardenya*, 2009, Diputació de Girona, Vila i Varga.

Els principals criteris a partir dels quals s'estableixen els elements i àmbits que han de configurar els espais de connectivitat ecològica són els següents:

- **Biodiversitat:** a l'hora d'establir els espais connectors el principal element és garantir la mobilitat en tots els sentits de totes les espècies, tant de flora com de fauna. Quan analitzem la matriu biofísica del territori en l'àmbit d'estudi podem observar la fragmentació acusada d'aquesta que té com a principal problemàtica la pèrdua de biodiversitat. Aquesta pèrdua de biodiversitat ve donada per l'efecte barrera que causa les infraestructures de transport i el creixement del sòl urbà. El que es pretén és assegurar els fluxos que s'intercanvien, ecològics, d'informació i genètics entre els espais protegits de l'àmbit d'estudi per tal d'assegurar la biodiversitat, factor clau pel manteniment dels ecosistemes. Com més espècies d'organismes formin un ecosistema, més relacions es poden establir entre elles i menor és l'impacte que pot produir la desaparició d'unes d'elles.
- **Qualitat dels hàbitats:** permet acollir el major nombre d'espècies ja sigui de forma temporal o estable. Cal dir que, aquells espais pertorbats, si apliquem mesures de restauració poden esdevenir espais d'interès per la connectivitat ecològica.

- **Complexitat ecològica:** com més complexa és l'estructura ecològica major potencialitat hi ha d'acollir elements i processos ecològics. Cal tenir en compte les característiques dels espais protegits per als quals s'estableix la connexió i la realitat del territori analitzat.
- **Pertorbació:** s'ha de procurar que els nivells de pertorbació siguin els més baixos possibles, tant pel que fa a la freqüència com pel que fa a la intensitat d'aquesta.
- **Continuïtat:** assegura les possibilitats de transitar a través dels hàbitats amb la menor incidència possible de les barreres ecològiques. Tot i que l'escenari de continuïtat és el més desitjable, altres escenaris no tan favorables poden ser de gran interès sempre i quan la ubicació dels possibles connectors en l'espai siguin la idònia.
- **Proximitat:** com més curta sigui la distància als espais a connectar més alta serà la probabilitat d'assegurar l'intercanvi d'elements entre ells.
- **Els espais fluvials:** les característiques especials d'aquests espais condicionats per la presència d'aigua i per la seva continuïtat lineal esdevenen ambients molt importants ja que permeten el desplaçament de les espècies associades o de pas. Un altre element important d'aquests espais és la vegetació de ribera que permeten establir una connexió amb els territoris distants. Tots aquests elements esmentats s'han de tenir en compte alhora de dissenyar els connectors ecològics. S'ha de tenir present, també, que aquests espais fan una petita exclusió a les espècies terrestres.

### **6.3.1. Índex d'àrea, superfície, densitat i variabilitat:**

Primer de tot, analitzarem l'àrea (AREA) de cada fragment (Patch) present al paisatge que és, potser, la peça individual més important i útil de la informació continguda en el paisatge.

L'àrea de classe (CA) és una mesura de la composició del paisatge; específicament, com gran part del paisatge està compost per un tipus de fragment en particular. Aquesta és una mesura important en una sèrie d'aplicacions ecològiques. Per exemple, un subproducte important de la fragmentació de l'hàbitat és la pèrdua quantitativa d'hàbitat. En l'estudi de la fragmentació del bosc, per tant, és important saber que és l'àrea de bosc que encara queda dins del paisatge. A més del seu valor interpretatiu directe, l'àrea de classe s'utilitza en els càlculs per a molts dels indicadors de classe i de paisatge.

L'àrea de paisatge total (TA) sovint no té una gran quantitat de valor interpretatiu respecte a l'avaluació de l'estructura del paisatge, però és important perquè defineix l'extensió total del paisatge. D'altra banda, la superfície total del paisatge s'utilitza en els càlculs per a molts dels indicadors de classe i de paisatge.

Un cop analitzada l'àrea dels fragments, mesurarem la forma, densitat i variabilitat dels fragments.

El nombre de fragments (NP) d'un tipus d'hàbitat particular pot afectar una varietat de processos ecològics, depenent del context del paisatge. Per exemple, el nombre de fragments pot determinar el nombre de subpoblacions en una població espacialment dispersa, o metapoblació, per a les espècies associades exclusivament amb aquest tipus d'hàbitat. El nombre de fragments també pot alterar l'estabilitat de les interaccions entre espècies i oportunitats per a la convivència en els sistemes tant de predador-presa i competitiu (Kareiva 1990). A més, la subdivisió de l'hàbitat, pot afectar la propagació de perturbacions a través d'un paisatge (Franklin i Forman, 1987). En concret, un tipus de fragment que està altament subdividit pot ser més resistent a la propagació d'algunes perturbacions (per exemple, malaltia, foc, etc.), i per tant més probable que persisteixi en un paisatge. El nombre de fragment en un mosaic del paisatge (agrupats a través dels tipus de fragments), serveix com un índex d'heterogeneïtat espacial de tot el mosaic del paisatge.

Tot i que el nombre de fragments en una classe o en el paisatge pot ser de fonamental importància per a una sèrie de processos ecològics, sovint no té cap valor interpretatiu per si mateix, ja que no transmet cap informació sobre l'àrea, la distribució o la densitat de fragments.

La densitat de fragments (EP) té la mateixa utilitat bàsica com el nombre de fragments, excepte que expressa el nombre de fragments per unitat d'àrea que facilita les comparacions entre els paisatges de mida variable. Si la superfície total es manté constant, llavors la densitat de fragments i el nombre de fragments transmeten la mateixa informació. Si el nombre de fragments, és particularment significatiu, llavors la densitat de fragments podria servir com un bon índex de fragmentació. De la mateixa manera, la densitat de fragment en tot el mosaic del paisatge podria servir com un bon índex d'heterogeneïtat a causa d'un paisatge amb una major densitat de fragment tindria més heterogeneïtat espacial.

Un altre índex de classe i del paisatge basat en el nombre de fragments és la mida mitjana del fragment (MPS). Com es va esmentar anteriorment, l'àrea de cada fragment que comprèn un mosaic de paisatge és potser la peça individual més important i útil de la informació continguda en el paisatge. L'àrea compresa per cada tipus de fragment (classe) és igualment important. Per exemple, la reducció progressiva de la mida dels fragments d'hàbitat és un component clau de la fragmentació de l'hàbitat. De la mateixa manera, dins d'un mateix paisatge, un tipus de fragment amb una mida mitjana de fragment menor que un altre tipus de fragment podria considerar-se més fragmentat. Per tant, la mida mitjana del fragment pot servir com un índex de fragmentació de l'hàbitat.

A nivell de paisatge, signifiquen la mida del fragment i la densitat dels fragments són alhora una funció del nombre de fragments i la superfície total del paisatge. En contrast amb el nivell de classe, aquests índexs són completament redundants. Encara que tots dos índexs poden ser útils per a descriure un o més paisatges, mai es poden utilitzar simultàniament en una anàlisi estadística de l'estructura del paisatge. Incloent tant d'aquests índexs en una anàlisi discriminant, per exemple, podria causar una singularitat en la matriu de correlació i inhibir l'anàlisi propi.



La desviació estàndard (PSSD) de la mida del fragment és una mesura de la variació absoluta; que és una funció de la grandària mitjana de fragments i la diferència en la grandària del fragment entre fragments. Per tant, encara que la desviació estàndard transmet informació sobre la variabilitat mida del fragment, és un paràmetre difícil d'interpretar perquè la variació absoluta depèn de la mida del fragment mitjana.

### **6.3.2. Índex de forma:**

La forma és un paràmetre difícil de quantificar de manera precisa. L'índex de forma (SHAPE) mesura la complexitat de la forma de fragments en comparació amb una forma estàndard. Aquest índex de forma es pot aplicar a nivell de classe i de paisatge. La mitjana d'índex de forma (MSI) mesura la forma de fragments mitjana, o la relació superfície - perímetre, per a un tipus de fragment en particular (classe) o per a tots els fragment en el paisatge.

L'altre tipus bàsic d'índex de forma calculada és la dimensió fractal. En el panorama de la investigació ecològica, les formes de fragments es caracteritzen amb freqüència a través de la dimensió fractal. L'atractiu de l'anàlisi fractal és que es pot aplicar a les característiques espacials en una àmplia varietat d'escales. Mandelbrot (1977, 1982) va introduir el concepte de fractal, una forma geomètrica que presenta l'estructura en totes les escales espacials, i va proposar un mètode perímetre-àrea per calcular la dimensió fractal de formes planes naturals. El mètode perímetre-àrea quantifica el grau de complexitat de les formes planes. El grau de complexitat d'un polígon es caracteritza per la dimensió fractal, de tal manera que el perímetre d'un fragment està relacionada amb l'àrea del mateix fragment.

### **6.3.3. Índex d'ecotò o vora i nucli:**

Primer s'analitza el perímetre que tenen els hàbitats analitzats per poder fer el càlcul de l'edge. El total edge (TE), és igual a la suma de les longituds (m) de tots els segments de vora que impliquen el tipus de fragment corresponent.

Pel que fa la densitat de vora (ED) és igual a la suma de les longituds (m) de tots els segments de vora que impliquen el tipus de fragment corresponent, dividit per l'àrea total del paisatge i multiplicat pel 10.000, per convertir-ho en hectàrees.

L'àrea core reflecteix tant la composició del paisatge i configuració del paisatge. Igual que la forma de fragments, dóna importància a la zona nucli en la determinació de la naturalesa dels fragments en un paisatge que està relacionat amb l'efecte de vora. Els efectes de vora són el resultat d'una combinació de factors biòtics i abiòtics que alteren les condicions ambientals al llarg de les vores del fragment en comparació amb el nucli intern del fragment. La naturalesa de l'efecte de vora difereix entre els organismes i els processos ecològics (Hansen i di Castri 1992). Per exemple, algunes espècies d'aus es veuen afectades negativament per la depredació, la competència, el parasitisme, i potser altres factors al llarg de les vores del bosc. L'àrea core s'ha trobat per ser un molt millor predictor de la qualitat de l'hàbitat de l'àrea del fragment. A diferència de l'àrea dels fragments, l'àrea nucli (corea rea) es veu afectada per la forma del fragment. Per tant, mentre que un fragment pot ser prou gran com per donar suport

a una determinada espècie, encara no pot contenir suficient àrea de la base adequada per donar suport a una altra espècie.

#### **6.3.4. Índex de diversitat:**

L'índex de diversitat més popular és l'índex de diversitat de Shannon (SHDI), basat en la teoria de la informació (Shannon i Weaver 1949). El valor d'aquest índex representa la quantitat de informació per individu (o fragment, en aquest cas). La magnitud absoluta de l'índex de diversitat de Shannon no és particularment significativa. Per tant, s'utilitza com un índex relatiu per comparar diferents paisatges o el mateix paisatge en diferents moments.

#### **6.3.5. Índex de Percolació:**

Per determinar quins elements formen part de la xarxa ecològica aplicarem el Model de Percolació, concepte tret de la física dels fluïds, els moviments dels líquids o els gasos. Quan un líquid travessa una determinada superfície està percolant (infiltració). Aquest concepte ho apliquem al paisatge de manera que l'estructura del paisatge fa d'element i els éssers vius representen els fluïds. Si un paisatge té una elevada percolació és que els moviments dels éssers vius és molt bo. Al contrari, si no estan ben connectats els elements del paisatge els éssers vius no podran travessar el paisatge fàcilment i haurà, en conseqüència, una baixa percolació. La teoria de la percolació ens explica que si en un medi determinat té més del 59% del paisatge disponible per els hàbitats dels éssers vius significa que estan ben connectats. Si es troba per sota del 59% es produirà un aïllament dels fragments per manca de connectivitat ecològica entre ells. El valor de percolació disminueix a mesura que la fragmentació del paisatge augmenta.

#### **6.3.6. Propostes de zones per la connectivitat ecològica en l'àrea d'estudi:**

Arrel de l'anàlisi de la fragmentació del paisatge de la nostra àrea d'estudi i de la elaboració dels càlculs dels índexs paisatgístics, esmentats en els apartats anteriors, farem una proposta de les diferents àrea amb potencial connectiu per establir la connectivitat ecològica.

Aquestes àrees potencials les definirem mitjançant un mapa creat per el programa ArcGis, on es podran veure quins espais naturals connectarem gràcies als resultats obtinguts.

## **7. RESULTATS:**

Abans de començar a descriure quins han estat els resultats obtinguts mitjançant l'anàlisi del càlcul dels índexs paisatgístics, il·lustrarem amb el mapa quines són les principals problemàtiques que trobem en la nostra àrea d'estudi.

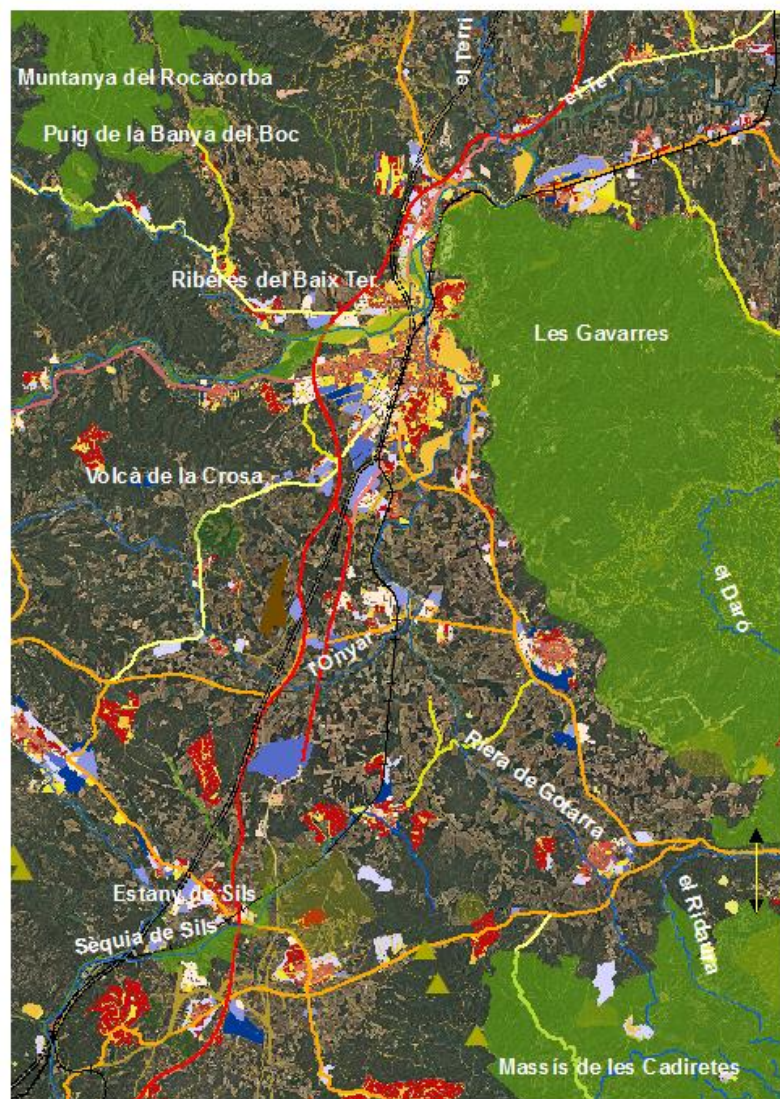
Si observem el mapa, veiem com tot l'entramat urbà de Girona i els diferents nuclis urbans difusos, les xarxes de comunicació (viàries, ferroviàries, aeroport) tallen per complet la connectivitat dels diferents espais naturals delimitats en la nostra àrea d'estudi. Aquests agents, com hem explicat durant el transcurs del treball, actuen d'efecte barrera impeding el pas de la flora i la fauna, per tant, sense poder garantir un intercanvi de fluxos ecològics per tal de preservar la qualitat paisatgística del territori estudiat.

La part més afectada per totes aquestes infraestructures a primera vista és la zona que separa el Massís de les Gavarres, pel nord, amb les muntanyes del Rocacorba. Per altra banda, trobem un segon punt conflictiu com seria l'Estany de Sils on es troba envoltada i travessada per totes les vies de comunicació.

El que volem interpretar amb els resultats dels índexs paisatgístics és veure, com es reflecteix en el mapa, quins són els hàbitats més fragmentats que comprenen la nostra àrea d'estudi i qui menys, per així poder elaborar, finalment, una proposta de connectivitat ecològica, per tal de garantir, millorar i conservar la qualitat del territori.

Per tant, a primera vista podríem dir que establirem unes propostes de connectivitat per aquestes dos àrees esmentades, però haurem de contrastar-ho amb els resultats obtinguts dels índexs paisatgístics, calculats més endavant, per determinar si són aquests dos punts els claus; per poder establir una connectivitat ecològica i, a la vegada, garantir la seva preservació i millora.

## Elements fragmentadors de la matriu biofísica del territori



Zona 1: Massís de les Gavarres i Muntanyes del Rocacorba



Zona 2: Estany de Sils



### Sòl urbanitzable

- Desenvolupament residencial
- Desenvolupament activitat econòmica
- Desenvolupament mixt
- Altres desenvolupaments
- Urbanitzable no delimitat

### Sòl urbà

- Industrial
- Serveis
- Logística
- Transformació
- Conservació
- Mixtos
- Nucli antic
- Urbà tradicional
- Ordenació tancada
- Ordenació oberta
- Cases agrupades
- Cases aïllades

### Sistemes diversos

- Habitatge dotacional públic
- Equipaments
- Protecció
- Serveis tècnics i ambientals
- Espais lliures, zones verdes

### Llegenda:

- |   |   |  |
|---|---|--|
| <span style="color: green;">▲</span> Arbres monumentals   | <span style="color: black;">—</span> Tren convencional  | <span style="border-bottom: 1px solid yellow; width: 20px; display: inline-block;"></span> GI-533                                  |
| <span style="background-color: #d9ead3; width: 15px; height: 10px; display: inline-block; border: 1px solid black;"></span> interès flora/fauna | <span style="border-bottom: 1px solid red; width: 20px; display: inline-block;"></span> A-2       | <span style="border-bottom: 1px solid yellow; width: 20px; display: inline-block;"></span> GI-633                                  |
| <span style="color: blue;">↔</span> Fluxos connectors   | <span style="border-bottom: 1px solid orange; width: 20px; display: inline-block;"></span> AP-7   | <span style="border-bottom: 1px solid yellow; width: 20px; display: inline-block;"></span> GI-681                                  |
| <span style="color: blue;">—</span> Rius  | <span style="border-bottom: 1px solid orange; width: 20px; display: inline-block;"></span> C-25   | <span style="border-bottom: 1px solid yellow; width: 20px; display: inline-block;"></span> GIV-5313                                |
| <span style="background-color: #d9ead3; width: 15px; height: 10px; display: inline-block; border: 1px solid black;"></span> xarxa2000           | <span style="border-bottom: 1px solid orange; width: 20px; display: inline-block;"></span> C-250  | <span style="border-bottom: 1px solid yellow; width: 20px; display: inline-block;"></span> GIV-5332                                |
| <span style="background-color: #d9ead3; width: 15px; height: 10px; display: inline-block; border: 1px solid black;"></span> peim_estudi         | <span style="border-bottom: 1px solid orange; width: 20px; display: inline-block;"></span> C-255  | <span style="border-bottom: 1px solid yellow; width: 20px; display: inline-block;"></span> GIV-6234                                |
| <span style="border-bottom: 1px dashed black; width: 20px; display: inline-block;"></span> TAV  | <span style="border-bottom: 1px solid orange; width: 20px; display: inline-block;"></span> C-35   | <span style="border-bottom: 1px solid yellow; width: 20px; display: inline-block;"></span> GIV-6701                                |
|   | <span style="border-bottom: 1px solid orange; width: 20px; display: inline-block;"></span> C-83   | <span style="border-bottom: 1px solid yellow; width: 20px; display: inline-block;"></span> GIV-6708                                |
|   | <span style="border-bottom: 1px solid orange; width: 20px; display: inline-block;"></span> C-85   | <span style="border-bottom: 1px solid yellow; width: 20px; display: inline-block;"></span> GIV-6741                                |
|   | <span style="border-bottom: 1px solid orange; width: 20px; display: inline-block;"></span> C-86   | <span style="border-bottom: 1px solid yellow; width: 20px; display: inline-block;"></span> GIV-6742                                |
|   | <span style="border-bottom: 1px solid orange; width: 20px; display: inline-block;"></span> GI-531 | <span style="border-bottom: 1px solid red; width: 20px; display: inline-block;"></span> N-141e                                     |
|   |   | <span style="border-bottom: 1px solid red; width: 20px; display: inline-block;"></span> N-11a                                      |
|   |   | <span style="background-color: black; width: 15px; height: 10px; display: inline-block; border: 1px solid black;"></span> AEROPORT |

### **7.1.1. Anàlisi dels índexs paisatgístics:**

El paisatge és una variable espacial moltes vegades naturalitzada i, per tant, simplificada. El paisatge és una interconnexió espacial de les variables humanes i naturals. Aquestes relacions entre variables donen lloc al geosistema. Si naturalitzem el concepte paisatge simplificant-lo a els elements naturals, el geosistema es converteix en un ecosistema. Per tant, el paisatge es pot resumir en la superposició espacial de variables abiòtiques (temperatura, precipitació, sol, aigua...), biòtiques (flora i fauna) i antròpiques (xarxes de comunicació, urbanització, cultius,...).

La necessitat de quantificar, mesurar i objectivar el paisatge condueix a la definició d'indicadors paisatgístics. Per la realització dels índexs paisatgístics que es calcularan a continuació, es necessari posseir informació sobre les variables que materialitzen el concepte de paisatge. En el nostre cas, ho farem arrel de les cobertes del sòl, que ens donen informació dels hàbitats existents en la nostra àrea d'estudi, englobats en quatre blocs: hàbitat agrícola, hàbitat forestal, hàbitat de les zones humides i hàbitat de la vegetació de ribera. No hem tingut en compte la variable antròpica, ja que, l'objectiu de la nostra recerca és trobar aquelles variables naturals per poder definir el nostre paisatge per garantir la connectivitat ecològica en aquells punts on no hi sigui present.

### **7.1.2. Índexs d'àrea, superfície, densitat i variabilitat:**

**Àrea:** calcula l'àrea corresponent a cada un dels fragments, és un índex bàsic per la determinació d'altres.

**Number of Patches (NP)** : número de fragments totals i número de fragments de cada classe

**Patch Density (PD):** número de fragments de cada classe per unitat de superfície.

**Mean Patch Size (MPS):** relació entre l'àrea ocupada per una classe i el número de fragments corresponents a aquella classe.

**Patch Size Standard Deviation (PSSD):** mesura de la variabilitat de mida dels fragments.



ÍNDEX D'ÀREA, SUPERFÍCIE, DENSITAT I VARIABILITAT									
ÍNDEX	ACRONI M	ESCALA	ESCALA	ESCALA	ESCALA	ESCALA	ESCALA	ESCALA	ESCALA
		CLASSE	PAISATGE	CLASSE	PAISATGE	CLASSE	PAISATGE	CLASSE	PAISATGE
		ZONES HUMIDES	ZONES HUMIDES	VEGETACIÓ DE RIBERA	VEGETACIÓ DE RBERA	AGRÍCOLA	AGRÍCOLA	FORESTAL	FORESTAL
Àrea total	A	214,8 ha	214,8 ha	33,35 ha	33,35 ha	28527,30 ha	28527,30 ha	66183,34 ha	66183,34 ha
Number of Patches	NP	42	42	7	7	1177	1177	2833	2833
Patch Density	PD	19,55 ha	19,55 ha	20,983 ha	20,983 ha	4,12 ha	4,12 ha	4,28 ha	4,28 ha
Mean Patch Size	MPS	5,11 ha	–	4,76 ha	–	24,23 ha	–	23,36 ha	–
Patch Size Standard Deviation	PSSD	6,92 ha	–	3,32 ha	–	83, 17 ha	–	100,94 ha	–

Els índexs d'àrea ens serveix per veure quina superfície comprenen els diferents fragments que formen cadascun dels hàbitats analitzats, i ens donen informació per el càlcul dels índexs analitzats a continuació.

Com podem veure qui ocupa més superfície és l'hàbitat forestal, ja que, comprèn els espais naturals protegits de gran superfície com són els massís de les Gavarres, el massís de les Cadiretes i les muntanyes del Rocacorba. El que el segueix en quan a superfície és l'hàbitat agrícola que es concentra en la plana de l'àrea d'estudi entre la ciutat de Girona i la comarca de la Selva. Seguidament, el precedeix l'hàbitat de les zones humides que només consta de la superfície de les làmines d'aigua de l'àrea d'estudi. Finalment, el que ocupa menys extensió és l'hàbitat de vegetació de ribera que tenen molt poca superfície en comparació de la resta d'hàbitats.

La densitat de fragments té la mateixa utilitat que el nombre de fragments, excepte que expressa el nombre de fragments per unitat d'àrea que facilita les comparacions entre els paisatges de mida variable. Si la superfície total del paisatge es manté constant, llavors la densitat de fragments i el nombre de fragments transmeten la mateixa informació. Per el contrari, si el nombre de fragments és significatiu, la densitat de fragments podria servir com un bon índex de fragmentació del territori. Si l'àrea de l'hàbitat (classe) és constant, un paisatge amb major densitat de fragments d'un tipus d'hàbitat se'l considera més fragmentat que un paisatge amb menor densitat de fragments.

Com podem veure en la taula, les àrees es mantenen constants per els quatre tipus d'hàbitats, però si ens fixem en la densitat de paisatge observem que aquells hàbitat que ocupen una menor superfície tenen més densitat de fragments que aquells que tenen més superfície. Per tant podem dir que els hàbitats de zones humides i vegetació de ribera estan més fragmentat que els hàbitats agrícola i forestal. Això, es degut a que com ocupen menys extensió tenen més facilitat de fragmentar-se ja que es troben envoltat de totes les xarxes de comunicació que no li permeten estendre la seva àrea o connectar amb aquells fragments més pròxims. Per tant, podem concloure que els hàbitats de les zones humides i la vegetació de ribera tenen un paisatge més heterogeni.

L'índex Mean Patch Size ens descriu quina és la superfície mitjana del fragment. En el nostre cas, la superfície mitjana del fragment més gran correspon a l'hàbitat forestal. Això s'explica segons l'àrea total de l'hàbitat, per tant al ser el hàbitat que major superfície té, també tindrà major superfície mitjana de fragment.

La desviació estàndard (PSSD) és un paràmetre estadístic que mesura com ho estan d'agrupats o allunyats els valors obtinguts. Si és molt baixa vol dir que els valors són molt semblants i al revés. Si observem la taula veiem que el valor més baix correspon a l'hàbitat vegetació de ribera, precedit per les zones humides, seguit per l'agrícola i, per últim, com el valor més gran correspon a l'hàbitat forestal.

### ***7.1.3. Índexs de forma:***

**Shape Index:** calcula la complexitat de la forma dels fragments en comparació amb una forma estàndard. Aplicable tant a nivell de classe i de paisatge.

**Mean Shape Index:** calcula la forma mitjana a nivell de classe i paisatge.

**Mean Perimeter – Area Ratio:** calcula la relació entre les dimensions del perímetre i l'àrea del fragment.

**Fractal Dimension:** calcula el grau de complexitat de cada fragment a partir de la relació entre àrea i perímetre.

## ÍNDEX DE FORMA

ÍNDEX	ACRONIM	ESCALA	ESCALA	ESCALA	ESCALA	ESCALA	ESCALA	ESCALA	ESCALA
		CLASSE	PAISATGE	CLASSE	PAISATGE	CLASSE	PAISATGE	CLASSE	PAISATGE
		ZONES HUMIDES	ZONES HUMIDES	VEGETACIÓ DE RIBERA	VEGETACIÓ DE RIBERA	AGRÍCOLA	AGRÍCOLA	FORESTAL	FORESTAL
<b>Shape Index</b>	SHAPE IDX	1,88	1,88	2,3	2,3	1,88	1,88	2,03	2,03
<b>Mean Shape Index</b>	MSI	1,88	1,88	2,3	2,3	1,88	1,88	2,03	2,03
<b>Mean Perimeter – Area Ratio</b>	MPAR	0,039	0,039	0,043	0,043	0,027	0,027	0,027	0,027
<b>Fractal Dimension</b>	FRACT_DIM	1,350	1,350	1,38	1,38	1,32	1,32	1,335	1,335

L'índex Shape ens calcula com és la forma de l'hàbitat analitzat, quan més a prop de 1 més regular. Com podem observar a la taula, els hàbitats que tenen la forma més regular són el agrícola i les zones humides; el forestal i el de vegetació de ribera són els que tenen la forma més irregular ja que superen el valor 1 amb un 2,3 cadascun. Aquesta mateixa informació ens la dona el Mean Shape Index, com més a prop de 1 sigui el valor més regular seran els fragments, per tant ens dona la mateixa informació que el Shape Index.

El Mean Perimeter Area Ratio ens descriu la relació entre l'àrea i el perímetre del fragment. Per tant ens descriu que com més gran sigui el valor d'aquest índex més perímetre té el fragment i en conseqüència tindrà una forma molt més complexa. En el nostre cas, segons el resultat d'aquest índex qui tenen el valor més gran són les zones humides i la vegetació de ribera, per tant, tenen una forma més complexa.

Remarquem la diferència que hi ha entre els valors donats del mean perimeter area ratio i el mean shape índex que coincideixen en l'hàbitat de les zones humides però no en el de vegetació de ribera.

L'índex de la dimensió fractal hem de tenir en compte que pot donar resultats falsos si la mida dels fragments són petites, per tant és un aspecte a considerar. Aquest índex ens dona facilitat per poder descriure com són les formes del perímetre de cada fragment. Si el valor és més pròxim a 1 podem establir que les formes del perímetre són molt simples. Els hàbitats analitzats tenen gairebé el mateix valor, l'únic que difereix una mica és el de vegetació de ribera que és el més gran dels quatre, per tant és el que té el perímetre més irregular.

Per concloure l'anàlisi dels índexs de forma, diem que la vegetació de ribera és la que té la forma més irregular i complexa d'hàbitat, ja sigui segons la seva àrea total o segons l'àrea del perímetre. Per tant, aquest hàbitat té més probabilitats de fragmentar-se encara més, ja sigui



per la petita extensió que ocupa o per l'àrea del seu perímetre. I l'hàbitat amb una superfície més simple i regular, segons el càlcul de tots els índexs de forma, són les zones humides que manté els seus valors constants i més a prop de 1.

#### 7.1.4. Índexs d'ecotò (edge) i nucli (core):

**Perimeter:** perímetre del conjunt de fragments.

**Total Edge:** perímetre de l'ecotò a nivell de classe i del conjunt del paisatge.

**Edge Density:** perímetre de l'ecotò en relació amb la superfície del paisatge.

**Core Area:** superfície de l'hàbitat interior o nucli corresponent a cada fragment.

**Total Core Area:** superfície de l'hàbitat interior o nucli corresponent a nivell de classe i paisatge.

**Core Area Index:** percentatge d'hàbitat interior o nucli a nivell de fragment.

ÍNDEX D'ECOTÒ - EDGE I NUCLI - CORE

ÍNDEX	ACRONIMI	ESCALA CLASSE	ESCALA PAISATGE	ESCALA CLASSE	ESCALA PAISATGE	ESCALA CLASSE	ESCALA PAISATGE	ESCALA CLASSE	ESCALA PAISATGE
		ZONES HUMIDES	ZONES HUMIDES	VEGETACIÓ DE RIBERA	VEGETACIÓ DE RIBERA	AGRÍCOLA	AGRÍCOLA	FORESTAL	FORESTAL
Perímetre	PERIMETER	1478,38 m	1478,38 m	1909,8 m	1909,8 m	3723228,8 m	3723228,88 m	3087,80 m	3087,80 m
Total Edge	TE	1,47 ha	6,20 ha	1,90 ha	1,33 ha	372,32 ha	372,32 ha	0,308 ha	874,77 ha
Edge Density	ED	–	289,07 m/ha	–	400,75 m/ha	–	130,51m/ha	–	132,17 m/ha
Mean Patch Edge	MPE	1478,38	1478,39	1909,80	1909,80	3163,32	3163,32	3087,80	3087,80
Core Area	CA	5,11 ha	214,8 ha	4,76 ha	33,35 ha	28527,30 ha	28527,30 ha	233615,75 ha	661833427,71 ha
Total Core Area	TCA	3,67 ha	154,85 ha	3,82 ha	20,47 ha	26682,70 ha	26682,70 ha	218317,77 ha	61850,74 ha
Cority	CORITY	–	0,808	–	0,583	–	0,952	–	0,945
Core Area Index	CAI	63,68 %	72,09 %	80,48%	61,39 %	87,57 %	93,53 %	87,04 %	93,45 %

A nivell de fragments, la vora és la funció del perímetre del fragment. L'efecte vora d'un fragment es pot calcular amb un índex utilitzant la relació amb el perímetre de la zona emprada en els índexs que s'analitzen a continuació. En els nivells de classe i paisatge, la vora es pot quantificar de diferents maneres.

L'edge o vora (perímetre d'un fragment) té unes condicions ambientals diferents al nucli del fragment degut al seu caràcter de frontera. La frontera és l'espai que contacta amb les perturbacions que alhora influeixen en el fragment. Per exemple, quan fa vent, el vent té un impacte més gran en la frontera que en el interior del hàbitat. A la vora, hi ha molta insolació, el mateix passa amb la humitat tant a l'aire com al sòl.

Totes aquestes perturbacions que incideixen en la vora o frontera, produeixen uns canvis físics o alteracions en el microclima dels marges dels fragments causats principalment per canvis en el balanç de radiació, variacions en el règim hídric i efectes del vent.

Els canvis físics comporten canvis biogeogràfics, en la distribució de les espècies. En l'edge trobem espècies adaptades als espais oberts i se les considera com espècies generalistes. En canvi, al nucli de l'hàbitat o core trobem espècies mesòfiles i espècies d'amplitud ecològica més reduïda, espècies més exigents, necessiten condicions especials per sobreviure.

A efectes de la conservació de la natura pretenem protegir uns valors i una singularitat, les espècies són més escasses en el nucli del fragment (core). En canvi les espècies que viuen a la vora (edge) són espècies més comunes.

El core és el nucli o àrea interior d'un fragment que no està influenciat, alterat, per els fluxos de matèria, energia o informació procedents dels usos i cobertes del sòl veïns.

Quan més petit és el fragments menys espai interior haurà de tenir a causa de la influència externa (perturbacions). Alguns estudis diuen que en la zona temperada en els espais forestals l'edge o vora, si el diàmetre és menor a 80 metres estan estretament constituïts per els edge. En els boscos tropicals la incidència de l'efecte edge es notaria en al menys els primers 200 metres des del marge extern del bosc fragmentat.

Un altre element important, és la seva forma, perquè pot arribar a passar a fragments allargats, on l'amplada es va fent estret i es queda sense nucli interior.

Si els fragments tenen una mida circular com a mínim 80 metres, tot el fragment pot estar constituït per un ambient de vora alterat.

La vora total (Edge Total) és una mesura absoluta de longitud total de la vora d'un tipus particular de fragments (escala classe) o de tot tipus de fragments (escala paisatge). En aplicacions on es comparen paisatges de mida variable, aquest índex no pot ser utilitzat.

La densitat de vora (Edge Density) estandarditza la vora d'un fragment per unitat d'àrea que facilita les comparacions entre els paisatges de mida variable. És igual a la suma de les

longituds (m) de tots els segments de vora que hi ha en cada fragment de l'hàbitat, dividit per l'àrea total del paisatge (m<sup>2</sup>), multiplicat per 10.000 (per convertir en hectàrees).

Si observem la taula veiem que qui té més superfície de vora és l'hàbitat forestal. Però, si ens fixem en la densitat de vora qui té més edge és l'hàbitat de vegetació de ribera. Aquest hàbitat, doncs, està més exposat a les pertorbacions i, per tant, als canvis físics que es poden produir en la vora. Com a conseqüència, si no s'adopten mesures per evitar-ho es convertirà en un ecosistema simple, és a dir, perdrà aquella riquesa d'elements que el caracteritzava i que donava una vida concreta per aquest hàbitat. Concloem dient que la vegetació de ribera és l'hàbitat més pertorbats de tots els analitzats.

Si veiem l'àrea total del nucli de l'hàbitat (core) qui té l'hàbitat amb el nucli més gran és l'hàbitat forestal, degut també a la seva superfície. Al tenir més nucli, rep menys pertorbacions i, com a conseqüència, tindrà un hàbitat més natural que la resta d'hàbitats analitzats. Podríem dir que aquest hàbitat és clau alhora de tenir-ho en compte per establir la connectivitat ecològica a l'àrea d'estudi. Per el contrari, la vegetació de ribera és qui té menys hàbitat interior, com hem explicat anteriorment, perquè té més superfície de vora. Això és degut a la seva forma allargada i estreta situada a la vora dels rius o làmines d'aigua, que el fa potencial connector per la seva naturalitat, però alhora com és el més pertorbat no podríem regir-nos en la seva disposició en el paisatge de l'àrea d'estudi per establir la connectivitat.

L'índex corea area quantifica el percentatge que es compon a l'àrea del nucli. Si observem els resultats veiem que els percentatges més baixos dels nuclis dels diferents hàbitats corresponen als de vegetació de ribera i a les zones humides degut a la variable superfície i disposició en l'espai. Com és el cas de la vegetació de ribera que es localitza a les lleres del riu, per tant, té una distribució rectilínia que no el permet protegir el seu nucli de les pertorbacions com ho faria en el cas de l'hàbitat forestal, que té l'índex més alt, al tenir una superfície elevada i una distribució àmplia en el territori.

#### **7.1.5. Índex de diversitat del paisatge:**

El Shannon's Diversity Index valora la diversitat paisatgística, és a dir, l'heterogeneïtat a partir de la diversitat de fragments. El seu valor absolut no és molt significatiu, però és útil per comparar diferents paisatges o un mateix paisatge en diferents moments temporals. Un índex invers, tant a nivell de càlcul com de interpretació, basat en la homogeneïtat paisatgística, és el denominat *Shannon's Evenness Index*.

ÍNDEX DE DIVERSITAT DEL PAISATGE					
ÍNDEX	ACRONIM	ESCALA PAISATGE ZONES HUMIDES	ESCALA PAISATGE VEGETACIÓ DE RIBERA	ESCALA PAISATGE AGRÍCOLA	ESCALA PAISATGE FORESTAL
Richness	R	42	7	1177	2833
Shannon's Diversity	SHDI	3,185	1,702	5,616	6,56
Shannon's Eveness	SHEV	0,852	0,875	0,794	0,825
Dominance	D	0,553	0,244	1,455	1,32

El rang de l'índex de Shannon's, en el nostre cas, comprèn des del valor 1 a una mica menys de 7, encara que el seu valor òptim es troba situat entre el 2,5 i el 3,5, on valors inferiors a 2,5 se'ls considera baixos i superiors a 3,5 a alts.

D'aquesta forma, l'índex també ens dóna la informació de riquesa que va associada al nombre de classes d'elements ecològics en una unitat de paisatge.

La taula ens mostra el resultat del càlcul d'aquest índex per a tots els hàbitats i com podem apreciar que qui té la major diversitat són els hàbitats agrícola i forestal. Això, és degut a que ocupen major extensió de superfície i per tant major nombre de fragments i en conseqüència major diversitat d'espècies. Podem veure que qui té una baixa diversitat és la vegetació de ribera degut a que ocupa menys extensió de superfície. Però l'hàbitat que té més abundància i dominància d'espècies és l'agrícola.

Cal esmentar que l'abandó de l'activitat agrícola en zones de productivitat moderada tendeixen a estats de creixent naturalitat, dotant-se d'un procés de successió secundària de la vegetació i de pèrdua d'heterogeneïtat del paisatge. Aquests abandonaments, causen una disminució de la biodiversitat associada al territori, al existir una nombrosa comunitat d'organismes adaptats als agrosistemes. Es produeix, també un augment d'incendi forestal, ja que es produeix una major quantitat de biomassa. Per altra banda, aquest procés d'abandonament agrícola té una vessant positiva, ja que, afavoreix a les espècies forestals, afavorint, en conseqüència, la connectivitat forestal en el territori.

### **7.1.6. Índex de Percolació:**

L'objectiu és identificar la *xarxa ecològica*, aquells espais connectats entre ells són els que formen una xarxa. Per determinar quins elements formen part de la xarxa, si la connectivitat és bona o no, apliquem un model de percolació.

La teoria de la percolació explica que si en un medi més del 59 % del paisatge és hàbitat disponible pels éssers vius significa que estan ben connectats i seran hàbitats adequats pels éssers vius. Si estem per sota del 59 % es produeix un aïllament. Quan la fragmentació augmenta comencen haver-hi problemes per la connexió. El valor de percolació disminueix a mesura que la fragmentació del paisatge augmenta.

Quan analitzem els problemes de la fragmentació, partim des de les cobertes del sòl, una capa d'informació de l'estructura del paisatge. Després, observem la connectivitat entre els usos aplicant l'Índex de Percolació, a veure si el 59% mínim dels hàbitats naturals ocupen el paisatge. Però en una capa amb molts usos es realitza aplicant una malla de cel·les regulars idèntiques (quadrícula) i es sobreposarà el mapa dels usos del sòl. Per analitzar l'índex s'utilitzarà la malla de cel·les. Per poder extreure el càlcul de l'índex de percolació, hem hagut de calcular l'àrea de la capa de cobertes del sòl que inclou els hàbitats forestal, zones humides i vegetació de ribera. Hem exclòs l'hàbitat agrícola ja que és un hàbitat modificat per l'home i el que busquem és la naturalitat dels espais que volem connectar. Seguidament hem calculat l'àrea de cada cel·la, 1000 x 1000, que ens dona 1.000.000 m<sup>2</sup>. Un cop calculades aquestes dos àrees, apliquem la fórmula per calcular l'índex de percolació: [ àrea hàbitats/ àrea cel·les ] x 100.

Els resultats que hem obtingut els hem classificat per mitjà de dos paràmetres, aquells resultats que es comprenen entre el 0 i el 59 % de color vermell, i per l'altra banda aquells paràmetres que superen el 59% de color verd. Per tant, aquelles cel·les que estiguin pintades de verd seran els hàbitats òptims per establir la connectivitat, per el contrari aquelles cel·les pintades de vermell són aquells hàbitats fragmentats que dificulten la connectivitat ecològica entre els espais naturals que envolten l'àrea d'estudi.

Com podem observar a continuació en el mapa de l'índex de percolació, veiem que la part oest del mapa és on trobem més aglomeració de cel·les en verd per tant aquell espai és un espai òptim per poder fer la proposta de corredor ecològic per tal de connectar aquells espais que engloben les muntanyes del Rocacorba i el Puig de la Banyà del Boc i l'Estany de Sils amb els turons de Maçanet.

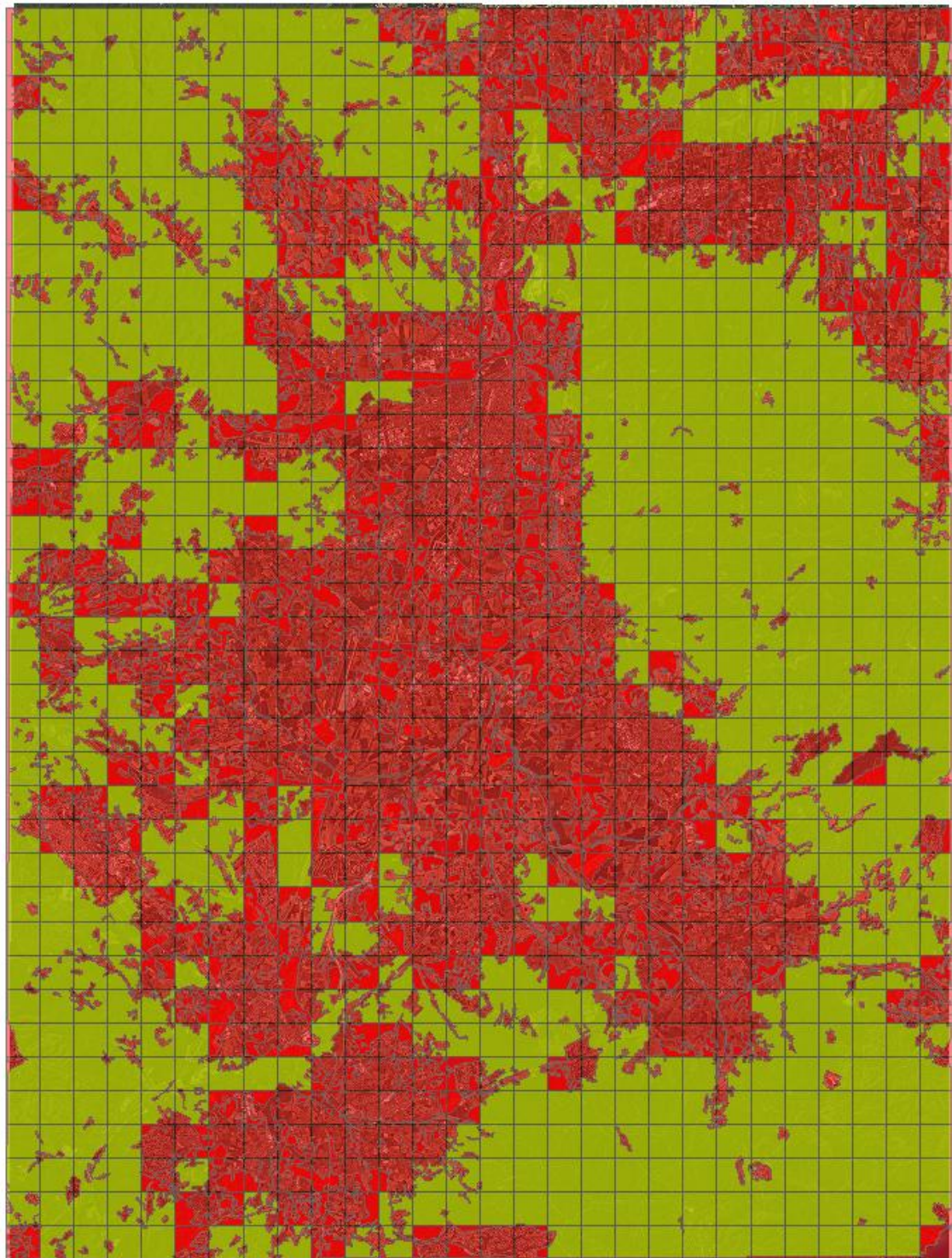
En la banda est del mapa també trobem que es connecten el massís de les Gavarres amb el massís de les Cadiretes o de l'Ardenya, però aquest punt no li donarem molta importància ja que existeixen ja propostes de permeabilització de les infraestructures, per part de la Generalitat de Catalunya, i per tant existeix una proposta de flux connector com hem assenyalat en mapes anteriors.

En la part nord del mapa trobem que també podem connectar les muntanyes del Rocacorba i el Puig de la Banya del Boc amb el massís de les Gavarres, proposant una mesura de permeabilització de les infraestructures que els han fragmentat aïllant-los de cap mena de contacte entre ells. Per tant, seria una zona molt òptima per establir una proposta de corredor ecològic.

A la part sud del mapa veiem que no hi ha gran continuïtat de cel·les en verd però veiem que s'estableix un contacte entre el massís de les Cadiretes o l'Ardenya amb l'Estany de Sils i els Turons de Maçanet. Com ens passa en la part est, en aquesta zona també existeixen mesures de permeabilització de les infraestructures per tant tampoc serà rellevant per establir les nostres mesures de permeabilització.





## ÍNDEX DE PERCOLACIÓ DE L'ÀREA D'ESTUDI



**Llegenda:**

**percolació**

-  0,244620 - 59,000000
-  59,000001 - 100,000000



Universitat de Girona

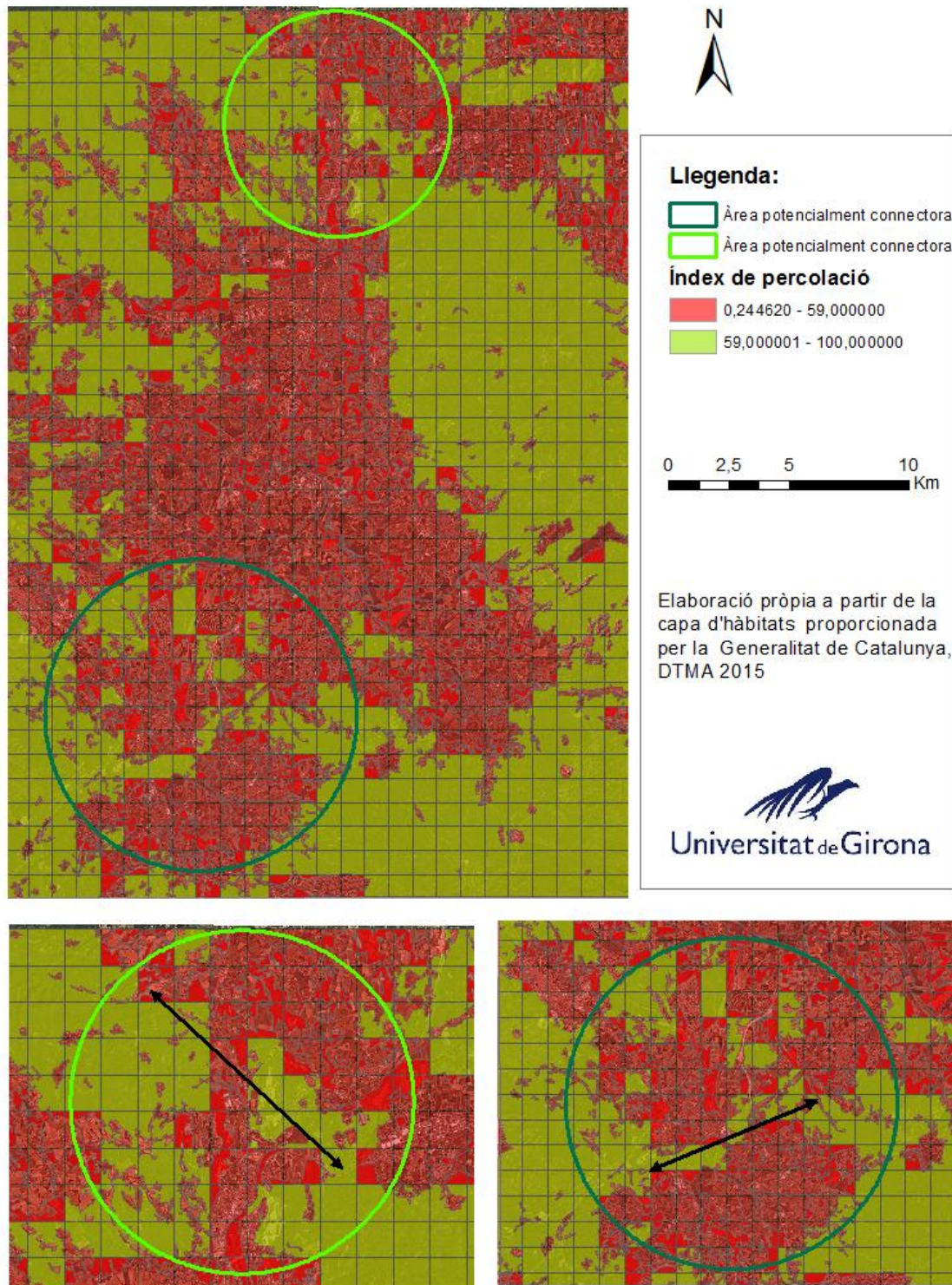
Elaboració pròpia a partir de la capa d'hàbitats  
proporcionada per la Generalitat de Catalunya, DTMA 2015

0 2 4 8 Km



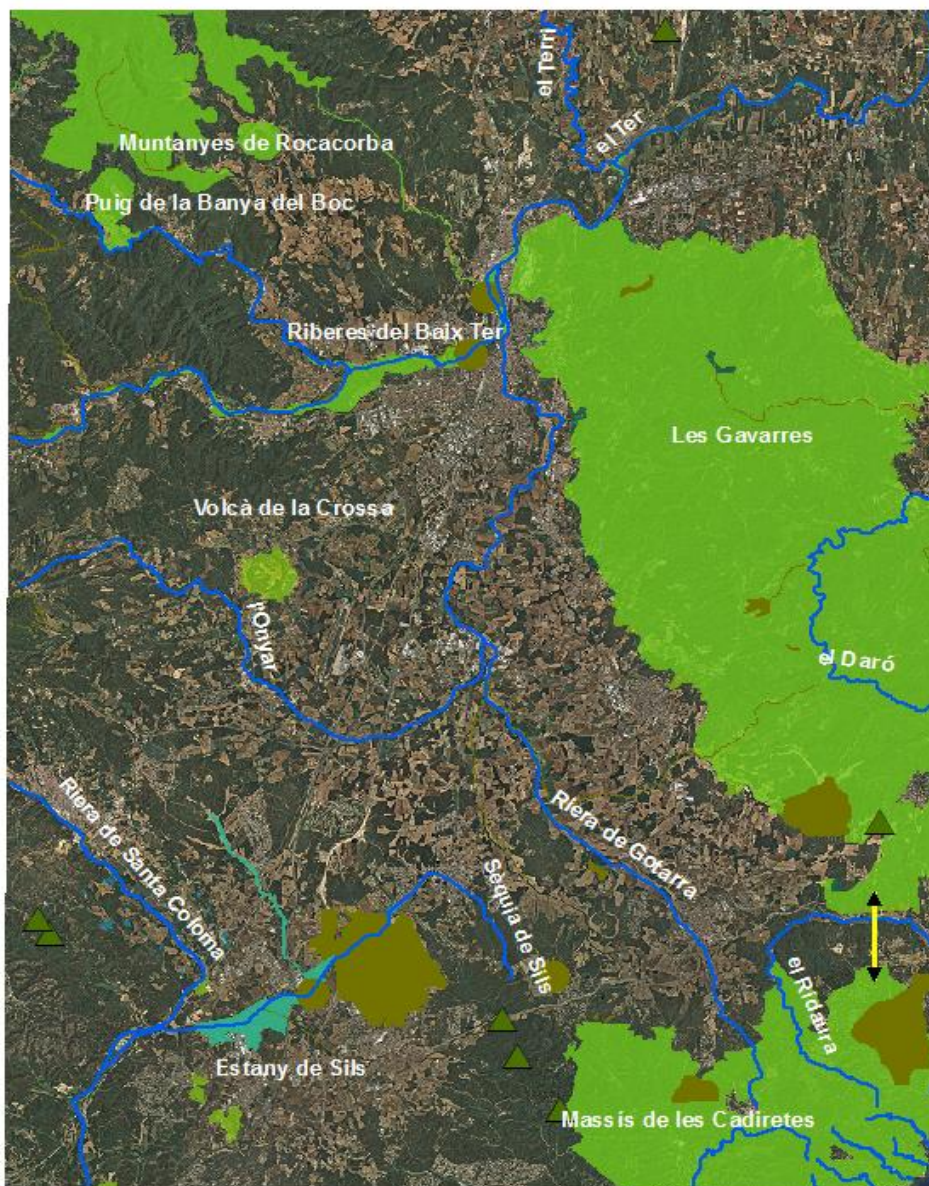
**7.1.7. Propostes de zones per la connectivitat ecològica de l'àrea d'estudi:**

**Zones òptimes per a la connectivitat ecològica de l'àrea d'estudi**





## Elements òptims per establir la connectivitat ecològica



### Llegenda

- ▲ Arbres monumentals
- ↔ Flux connector existent
- Xarxa hidrogràfica
- Interès faunístic i florístic
- Zones humides
- PEIN
- XARXA NATURA 2000

Font: DMAH, ACA  
Elaboració pròpia, 2015

  
Universitat de Girona

0 2.100 4.200 8.400  
Meters

Després d'analitzar la fragmentació del paisatge amb els càlculs dels índexs paisatgístics, podem dir que l'àrea potencialment connectora és tot l'espai de color verd (veure mapa: Índex de percolació), on el resultat de l'índex de percolació és superior a 60%. En els sectors on hi ha els cercles és on hi ha problemes per la connectivitat, ja que, la presència d'usos del sòl no permeable dificultat la connectivitat i fa més estret l'espai connector. Com podem observar en el mapa, les grans àrees potencialment connectores corresponen a l'hàbitat forestal, com hem explicat en els resultats dels índexs, per la seva gran superfície que correspon als espais naturals protegits esmentats.

Troblem una problemàtica en aquests hàbitat forestal i és que es troba fragmentat per la part nord del Massís de les Gavarres arrel de les infraestructures de transport i l'entramat urbà de la ciutat de Girona, que separen gairebé en la seva totalitat amb les muntanyes del Rocacorba. Per tant, aquest punt és clau per fer la nostra proposta de connectivitat ecològica entre aquests dos espais naturals. Com es veu reflectit en el mapa de zones òptimes per la connectivitat ecològica de l'àrea d'estudi, el primer objectiu és garantir aquesta connexió entre els dos espais naturals mitjançant el paisatge. En aquest cas, proposem connectar aquestes àrees mitjançant el curs de la ribera del Baix Ter, riu que connecta amb el Massís de les Gavarres i les muntanyes del Rocacorba. Ho proposem a partir del curs del riu, ja que com hem explicat en apartats anteriors, els espais fluvials presenten unes característiques i un funcionament molt favorable pel manteniment de la connectivitat i dels fluxos ecològics. Els sistemes fluvials són, per tant, una materialització del concepte de corredor ecològic, ja que, són fàcilment utilitzats en la dispersió o el moviment d'un gran nombre d'espècies, siguin aquàtiques o no. A més a més, les riberes del Baix Ter tenen una protecció com a espai d'interès natural i consta de dos àrees catalogades d'interès florístic i faunístic en la part est, que el fa un espai encara més favorable per poder garantir la connectivitat ecològica (veure mapa: elements òptims per la connectivitat ecològica). Per garantir el seu correcte funcionament com a corredor ecològic, també caldrien adoptar mesures de permeabilització de les infraestructures de transport, que actuen actualment d'efecte barrera, com són el tram del tren convencional i el tram del tren d'alta velocitat i, les carreteres N-II, C-255 i la GI-5341.

Per tant, la primera proposta té l'objectiu de connectar les muntanyes del Rocacorba amb el Massís de les Gavarres a través de les riberes del Baix Ter, com hem assenyalat en el mapa de zones òptimes per la connectivitat ecològica, remarcant amb el cercle de color verd clar. Si finalment, s'aconsegueix materialitzar aquesta proposta, potser quedaria solventada la fragmentació i aïllament d'aquests espais, si realment les riberes del Baix Ter actuen com un bon corredor ecològic. Si els usos del sol en aquesta àrea canvien, ja sigui per el desenvolupament d'urbanitzacions, d'infraestructures, polígons industrials, tindria un gran impacte perquè la connectivitat quedaria molt limitada.

La segona problemàtica que trobem en l'àrea d'estudi, també correspon a l'hàbitat forestal, en aquest cas a la part sud de l'àmbit d'estudi, on es localitzen els espais natural del Massís de Cadiretes o l'Ardenya i l'Estany de Sils, juntament amb els turons de Maçanet. Aquest punt clau ho hem destacat en el mapa amb el cercle de color verd fosc. La nostra proposta de connectivitat ecològica per aquestes àrees, l'enfoquem mitjançant els cursos fluvials de la riera

de Gotarra, que travessa el Massís de Cadiretes; la sèquia de Sils que transcorre per l'estany de Sils, des de la part nord-est de l'estany fins a la part sud-oest. També, cal destacar que aquesta àrea també disposa d'un espai catalogat com a interès florístic i faunístic i la delimitació de tres arbres monumentals localitzats entre el Massís de Cadiretes i l'Estany de Sils, que com hem comentat anteriorment, el dota dunes qualitats per poder garantir la connectivitat ecològica entre aquests espais naturals.

Els principals agents fragmentadors d'aquests espais naturals i, com a conseqüència, del seu aïllament, són les xarxes de comunicació com les carreteres AP-7, la GI-681, la C-35 i la C-65. Encara que l'agent més important en la fragmentació d'aquest espai natural és el tram del tren convencional que travessa completament pel mig de l'Estany de Sils. Aquest fet, suposa una gran problemàtica i és el principal causant de la degradació, fragmentació i aïllament de l'Estany de Sils.

Però s'ha de dir que l'entramat d'infraestructures de comunicació que es localitzen en la part nord del Massís de Cadiretes, consten d'unes estructures de connectivitat que fa que aquestes xarxes de comunicació siguin més permeables en el territori (veure mapa: inventari d'estructures de connectivitat de la xarxa viària, pàgina 34). Per tant, caldria optar aquestes mateixes mesures per les carreteres esmentades que travessen l'Estany de Sils, per poder garantir el correcte funcionament d'aquest espai natural i millorar la seva qualitat.

Aquesta àrea es troba envoltada de sòl agrícola el que la fa també més permeable per poder establir la connectivitat ja que els espais agrícoles actuen en la conservació de la biodiversitat i en el manteniment dels fluxos ecològics. A més, es considera juntament amb l'hàbitat forestal, els dos hàbitats menys fragmentats i els que tenen més diversitat en l'àrea d'estudi. També, es considera necessari donar suport a les comunitats agràries perquè puguin continuar desenvolupant aquestes funcions, i alhora, limitar aquells aspectes que puguin repercutir-hi negativament.

Per concloure les propostes de connectivitat ecològica per la nostre àrea d'estudi, cal fer esment a un dels objectius del treball com és l'ambició de portar a terme aquestes hipòtesis a la pràctica. Això només ho veurem reflectit si, com hem dit abans, els usos del sòl de l'àrea d'estudi canvien aquesta connectivitat quedaria molt limitada. Per tant, si els usos del sòl segueixen com ara i s'apliquen les mesures de permeabilització de les infraestructures i la creació de corredors ecològics, podrem assegurar la connectivitat.

## **8. DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS:**

En aquest treball hem tractat de fer una anàlisi de la fragmentació del territori emmarcada en una àrea d'estudi, així com els principals conceptes claus per tenir en compte alhora de poder fer aquest anàlisi territorial. Per poder portar-ho a terme, hem emprat una metodologia on s'analiza la matriu territorial present actualment en l'àmbit d'estudi per poder veure quina és la dinàmica vertebradora del territori. Hem pogut veure que el nostre territori estudiat, presenta unes problemàtiques derivades del desenvolupament de les infraestructures de transport i de l'entramat dels nuclis urbans. Aquests agents han provocat un efecte barrera impedit els intercanvis de fluxos ecològics entre les diferents espècies, tant de flora com de fauna, en els espais naturals que engloben l'àrea d'estudi.

Per poder veure reflectit en termes quantitius aquests problemàtica i donar unes possibles solucions, ho hem fet a partir de l'anàlisi dels índexs paisatgístics per veure en variables quantitatives quin grau d'afectació tenen els principals espais naturals que engloben el nostre objecte d'estudi.

Un aspecte important a destacar és que els mètodes quantitius en l'ecologia del paisatge, és a dir, els càlculs dels índexs paisatgístics (superfície, forma, número i disposició dels elements que componen el paisatge de l'àrea d'estudi), ens donen informació numèrica sobre la situació de l'estructura del paisatge. Una estructura que ens informa sobre les característiques morfològiques del paisatge i, al mateix temps, ens aporta informació clau sobre les condicions i els processos ecològics.

Finalment, destacar que existeix tot un conjunt de recomanacions i limitacions en l'aplicació dels índexs paisatgístics, algunes de caràcter particular i d'altres més generals, que cal tenir en consideració. En resum, les més destacades serien la necessitat de combinar diferents tipus d'índexs per obtenir resultats fiables i interpretar els resultats correctament; els fragments són unitats que simplifiquen l'heterogeneïtat real; les categories de la llegenda, els hàbitats, condicionen els resultats, ja que cadascun dels hàbitats ocupen una superfície diferent; l'escala determina l'anàlisi i limita les comparacions potencials.

La combinació de la metodologia descrita es configura com una eina de gran potencial per el anàlisi territorial i paisatgístic. Per altra banda, l'anàlisi dels índexs paisatgístics aporta resultats quantitius de gran interès per reforçar o contrastar la hipòtesis de partida. Aquests càlculs han aportat resultats molts detallats, com per exemple, veure reflectit en termes numèrics quins són els hàbitats més perjudicats per el desenvolupament de les infraestructures de transport, així com els més potencials per poder garantir una connectivitat ecològica que dotin a aquests espais d'una qualitat paisatgística favorable.

Dels resultats obtinguts, amb respecte a la situació actual de la nostra àrea d'estudi, l'anàlisi mostra un grau de fragmentació considerable, per el fet que els espais naturals que tenen unes funcions ecològiques importants, cobreixen menys del 50% de la superfície de l'àrea d'estudi. En aquest sentit, els impactes negatius de major entitat es localitzen a l'extrem nord i l'extrem

sud del territori estudiat. En conjunt, aquests impactes impliquen un debilitament considerable, encara que difús, de la connectivitat ecològica en el conjunt del àmbit analitzat.

Aquesta visió funcional s'ha d'aplicar a escales espacials i temporals rellevants, en funció de les dinàmiques dels paisatges, ja siguin induïdes per processos d'antropització o de naturalització. La connectivitat ecològica és una de les propietats essencials del territori en aquest sentit, que no es pot entendre limitada a uns corredors o xarxes connectives determinants, sinó que s'ha de considerar un atribut de tota la matriu territorial, amb la qual cosa es considera, de forma sistemàtica, la dimensió funcional de tots els paisatges.

Aquests càlculs ens han permès assolir un dels objectius centrals del treball com definir unes àrees potencialment connectores per poder establir un corredor o una xarxa de corredors. Com bé hem explicat en els resultats, aquestes àrees es centren en la nord i en la part sud de l'àmbit estudi. Concretament, ens centrem en connectar dues àrees: el Massís de les Gavarres amb les muntanyes del Rocacorba mitjançant el curs de les riberes del Baix Ter en la part nord i, el Massís de Cadiretes o Ardenya amb l'Estany de Sils mitjançant els cursos fluvials que envolten aquests espais i amb les àrees delimitades d'interès florístic i faunístic a la part sud. L'elecció d'aquests punts com prioritaris per establir una connectivitat ecològica ha estat degut al seu grau de connectància derivat de la aproximació dels espais naturals identificats com a uns connectors.

Per últim, concloure el treball esmentant el gran treball que ha fet Catalunya des de fa vint anys per la integració en el planejament territorial dels principis de l'ecologia en la dimensió funcional dels sistemes naturals del territori. Catalunya disposa d'instruments normatius i tècnics que permeten garantir una incorporació efectiva de la connectivitat ecològica en el nostre territori.

## **9. BIBLIOGRAFIA DE REFERÈNCIA:**

ARVENSIS. 2006. Estudi de permeabilitat del corredor d'infraestructures (TGV / AP-7 / A-2 / Ferrocarril) de les comarques gironines. Diputació de Girona. 38 pp.

ARVENSIS. 2005a. Diagnosi d'espais connectors de la demarcació de Girona. Diputació de Girona. 65 pp

ARVENSIS. 2005b. Guia metodològica per a la millora de la connectivitat a la demarcació de Girona. Diputació de Girona. 77 pp.

Associació de Naturalistes de Girona (1994). Estudi de la connectivitat entre els espais del PEIN i les serralades Litoral i Prelitoral. Sector del llindar de Maçanet i conca de la riera de Santa Coloma.

Associació de Naturalistes de Girona (2007). Catàleg d'Espais d'Interès Natural i Paisatgístic de les Comarques Gironines. CD editat per Diputació de Girona, Fundació Territori i Paisatge i Associació de Naturalistes de Girona.

AA.VV. (1996) Ecologia i territori a Catalunya. Una crítica ecologista al Pla territorial general de Catalunya. Documents, Universitat Autònoma de Barcelona. p. 127.

Borrell, J. et al., (2000): Recull d'accions per minimitzar l'impacte de les infraestructures viàries sobre el territori. Col·lecció Quaderns dels Documents de Medi Ambient. Departament de Medi Ambient.

Carceller, X; Camprubí, L. Jornada "Connectivitat ecològica, planificació territorial i sistemes d'informació geogràfica: experiències recents" celebrada el 22 de juny de 2006 a l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona". ACE: Arquitectura, Ciudad y Entorno, 2006, Any I núm. 2.

Carceller, X. (1997) Planificación de àrees urbanas naturales protegidas en zonas de intensa presión urbana: El caso de Cataluña. Proceeding of Environmental Challenges in an Expanding Urban World and the Role of Emerging Information technologies, Lisboa.

Consell Comarcal de la Selva (2006): Diagnosi Territorial de la comarca de la Selva. Memòria descriptiva. Agenda 21 de la comarca de la Selva. 478 pp.

Consell Comarcal de la Selva (2006): Anàlisi de la Connectivitat ecològica a la Comarca de la Selva. Agenda 21 de la comarca de la Selva. 119 pp.

Farina, A. (2006): Principles and Methods in Landscape Ecology. Towards a Science of the Landscape, 2ª edició, London, Springer.

Gibert, D. (2007). Ramat creuant la línia del TGV gràcies a un pas dispost per a l'activitat tradicional. Revista de Girona, vol. 54140, 171 pp.

Gurrutxaga, M. i Lozano, P. (2009): La integración de la conectividad ecológica en los instrumentos de ordenación planificación territorial: una revisión. Boletín de la A.G.E. N.º 49 – 2009, 45 – 66 pp.

Hilty, J.; Lidicker, W. i Merenlender, A. (2006). Corridor ecology. The Science and Practice of Linking Landscapes for Biodiversity Conservation. Washington, Island Press.

Labaree, J.M. (2000) Com funcionen les vies verdes? Un manual d'ecologia del paisatge. Fundació Territori i Paisatge de Caixa Catalunya

Mallarach, J.M. i Germain, J. (Ed.) 2006. Bases per a les directrius de connectivitat ecològica a Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya. 96 pp.

Mallarach, J.M. (1995). Les xarxes de corredors ambientals als Estats Units d'Amèrica. El cas de la regió Sud-est de Wisconsin. *Espais*, 39. pp,37-44.

Mallarach, J.M. (1994). El PEIN, la biodiversitat i els fils de la xarxa. *Revista de Catalunya*, 89: 24-34.

Mallarach, J.M. (1999). Els espais naturals protegits de Catalunya i els nous paradigmes de la conservació. AA.VV. Parcs naturals. Més enllà dels límits, p. 74-89. Generalitat de Catalunya.

Mallarach, J.M.: Connectivitat urbanística versus connectivitat ecològica. Situació i reptes al Maresme, en el context de l'Àmbit Metropolità de Barcelona, p. 39 – 45.

Mallarach, J. M. (coord.) Connectivitat ecològica a Catalunya. Taller d'experts en connectivitat ecològica i paisatgística. Olot 19-20 de desembre de 2003. CD. CILMA /Diputació de Girona, 2004.

Mallarach, J.M.; Marull, J. i Pino, J. (2007): Aportacions de l'índex de connectivitat ecològica a la planificació territorial i a l'avaluació ambiental estratègica, en el context de les recerques i les polítiques de connectivitat ecològica a Catalunya. *Doc. Anàl. Geogr*, 51, 2008, 113 – 128 pp.

Marrull, J. i Mallarach, J.M. (2005): A GIS methodology for assessing ecological connectivity: application to the Barcelona Metropolitan Area. *Landscape and Urban Planning* 71:243-262.

Marull,J.; Pino, J.; Mallarach, J.M. i Cordobilla, M.J. (2007): A Land Suitability Index for Strategic Environmental Assessment in metropolitan areas. *Landscape and Urban Planning*, Volume 81, 200-212.

Mayor, X. (2008): Mesures de repermeabilització ecològica a través de l'eix viari Llagostera – Palafrugell. Estudi de connectivitat ecològica.

McGarigal, K. y Marks, B. (1995): FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. Washington, DC: United States Department of Agriculture General Technical Report PNW-GTR-351, 42 pp.



Rodà i de Llanza, Ferran; Joan Pino i Vilalta. "L'Ecologia del paisatge: un nou marc de treball per a la ciència de la conservació." Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural, 1999, p. 5-20.

Rosell, C. i Velasco, J.M. (1999): Manual de prevenció i correcció dels impactes de les infraestructures viàries sobre la fauna. Col·lecció Quaderns dels Documents de Medi Ambient.

Rosell, C.; Alvarez, G.; Cahill, C.; Campeny, C.; Rodríguez, A. i Séiler, A. (2002): La fragmentación del habitat en relación con las infraestructuras de transporte en España. Ministerio de Medio Ambiente.

Rosell, C. i Sorolla, A. (2014): Inventari d'estructures de connectivitat a la xarxa viària catalana. Generalitat de Catalunya, Departament de Territori i Sostenibilitat.

Rosell, C. i Velasco, J.M. (2000): Manual de prevenció i correcció dels impactes de les infraestructures viàries sobre la fauna. Documents dels Quaderns de medi ambient, núm. 4, Departament de Medi Ambient. Barcelona p, 95.

Sala, J.; Sampedro, M. i Puig, J. (2005): Guia metodològica per a la millora de la connectivitat a la Demarcació de Girona. ARVENSIS. Diputació de Girona. 68 pp.

Tarroja, A. (2003): Estratègies territorials per a Catalunya: una visió socioambiental i des dels territoris. Oficina de la Xarxa Barcelona Municipis de Qualitat. Diputació de Barcelona. Paper, Regió Metropolitana de Barcelona, núm 39, 9 -29 pp.

Vila, J.; Varga, D.; Llausàs, A. i Ribas, A. (2006): Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía. Doc. Anal. Geogr. 48, 2006. 151 – 166 pp.

Vila, J. i Varga, D. (2008): Propostes d'actuacions de foment i restauració de la connectivitat multifuncional entre el Massís de les Guilleries, el Massís de les Gavarres i el Massís de l'Ardenya. Diputació de Girona. Universitat de Girona, Càtedra de Geografia i Pensament Territorial. 60 pp.

Cartografia de referència:

- Ortofotos i bases municipals i comarcals:  
<http://www.icc.cat/>
- Xarxa hidrogràfica:  
[http://acaweb.gencat.cat/aca/appmanager/aca/aca?\\_nfpb=true&pageLabel=P41800277491338804707154](http://acaweb.gencat.cat/aca/appmanager/aca/aca?_nfpb=true&pageLabel=P41800277491338804707154)
- Territori i patrimoni natural:  
[http://territori.gencat.cat/ca/01\\_departament/12\\_cartografia\\_i\\_toponimia/bases\\_cartografiques/medi\\_ambient\\_i\\_sostenibilitat/cartografia\\_en\\_format\\_miramons\\_disponibles/territori/](http://territori.gencat.cat/ca/01_departament/12_cartografia_i_toponimia/bases_cartografiques/medi_ambient_i_sostenibilitat/cartografia_en_format_miramons_disponibles/territori/)



- Xarxes d'infraestructures de comunicació:  
<http://agricultura.gencat.cat/ca/serveis/cartografia-sig/bases-cartografiques/cartografia-referencia/>
- Mapa urbanístic de Catalunya:  
<http://ptop.gencat.cat/muc-visor/AppJava/home.do>