

# Anàlisi de la dinàmica de la vegetació en espais verds periurbans a Sant Llorenç del Munt i Terrassa

Lucía Carrasco Pereira

**Resum**— Aquest treball de final de grau analitza l'evolució de la vegetació en l'espai verd periurbà situat entre la ciutat de Terrassa i el Parc Natural de Sant Llorenç del Munt al llarg dels darrers vint anys. Per dur a terme aquest estudi, s'han emprat tècniques de teledetecció, que permeten seguir els canvis en la cobertura vegetal a partir de dades obtingudes per satèl·lit, en aquest cas del MODIS Terra. Concretament, s'han calculat i interpretat dos índexs, l'NDVI i el VCI, que proporcionen informació sobre el vigor de la vegetació i possibles situacions d'estrès hídric entre els anys 2004 i 2024. Els resultats obtinguts posen de manifest que, malgrat la pressió urbanística i els impactes associats al canvi climàtic, la vegetació d'aquesta àrea ha experimentat una capacitat notable d'adaptació i, en molts casos, una millora progressiva. Aquest fet subratlla la importància d'una gestió adequada dels espais verds periurbans. A més, confirma la utilitat de la teledetecció com una eina eficaç per orientar polítiques de conservació basades en dades objectives i a llarg termini.

**Paraules clau**— Zona periurbana, NDVI, VCI, teledetecció, MiraMon, espais verds, MODIS, canvi climàtic, estrès hídric, vigor vegetal

**Abstract**— This final degree project analyzes the evolution of vegetation in the peri-urban green space located between the city of Terrassa and the Sant Llorenç del Munt Natural Park over the past twenty years. To carry out this study, remote sensing techniques were employed, which make it possible to monitor changes in vegetation cover using satellite data, in this case, from the MODIS Terra satellite. Specifically, two indices were calculated and interpreted, NDVI and VCI, which provide information on vegetation vigor and potential signs of water stress between the years 2004 and 2024. The results highlight that, despite urban development pressure and the impacts associated with climate change, the vegetation in this area has shown a remarkable capacity for adaptation and, in many cases, progressive improvement. This underscores the importance of proper management of peri-urban green spaces. Moreover, it confirms the effectiveness of remote sensing as a powerful tool for guiding conservation policies based on objective, long term data.

**Index Terms**— Peri-urban area, NDVI, VCI, remote sensing, MiraMon, green spaces, MODIS, climate change, water stress, vegetation vigor

## 1 INTRODUCCIÓ

### 1.1 Contextualització de l'estudi

Els espais verds periurbans tenen un paper fonamental en la sostenibilitat ambiental i la qualitat de vida de les ciutats. Aquests ecosistemes ofereixen serveis ecològics essencials, com ara la regulació del clima, la conservació de la biodiversitat i l'oportunitat d'esbarjo per als habitants de les zones urbanes. No obstant això, l'expansió urbana i els canvis ambientals han generat una pressió creixent sobre aquests espais, alterant-ne la dinàmica natural i posant en perill la seva continuïtat.

Aquest treball de final de grau se centra en l'anàlisi de la dinàmica de la vegetació en espais verds periurbans, prenent com a cas d'estudi la zona de Sant Llorenç del Munt i els voltants de Terrassa. A partir de dades de teledetecció, es busca comprendre com ha evolucionat la cobertura vegetal en aquest territori al llarg dels darrers vint anys.

### 1.2 Importància dels espais verds periurbans

No podem veure aquests espais simplement com a zones més o menys boniques. En realitat, són molt més que això,

ja que actuen com a pont vital entre el món urbà i els ecosistemes naturals, oferint beneficis que toquem amb les mans cada dia.

Penseu en els dies de calor extrema a Terrassa, quan el ciment sembla que irradia calor. Aquests espais verds actuen com el nostre aire condicionat natural, suavitzant les temperatures i fent que la ciutat sigui més habitable. No és una metàfora, a estudis com l'informe "Adaptació als canvis climàtics a zones urbanes" de l'Agència Europea de Medi Ambient (2020) [24], s'ha demostrat que poden baixar la temperatura local fins a 3 o 4 graus.

Però la seva importància no s'acaba aquí. Mentre la ciutat s'expandeix, aquests espais actuen com a refugi per a espècies vegetals i animals típicament mediterranis que veuen amenaçats els seus hàbitats naturals. Segons l'Enciclopèdia.cat (Biosfera) [27], la vegetació mediterrània presenta una notable capacitat d'adaptació a entorns fragmentats, amb espècies pioneres que colonitzen zones de transició. Aquesta capacitat d'adaptació, s'observa especialment en aus com la tordina (*Cettia cetti*) o mamífers com la

musaranya (*Crocidura russula*), que han trobat en els espais verds periurbans, uns substituïts funcionals als seus ecosistemes originaris.

I després hi ha allò que no es veu, però que tots notem, i ja que són filtres naturals contra la contaminació i el soroll.

Un altre paper crucial que passa desapercebut és la seva funció com a protectors del sòl. Amb els canvis climàtics que vivim, les pluges torrencials són cada vegada més freqüents. Sense aquests espais verds que actuen com a esponges, veuríem molts més problemes d'erosió i inundacions a les nostres ciutats.

Però aquí ve el problema, tot aquest sistema, tan important com fràgil, està sota amenaça constant. L'expansió urbanística descontrolada, els incendis cada vegada més freqüents i els estius que s'allarguen i s'assequen més, estan transformant aquests espais. I no sempre és un canvi a millor.

Durant la investigació realitzada per l'estudi, he pogut documentar com algunes zones que abans eren verdes i diverses, especialment a la franja de contacte entre el parc natural i l'àrea urbana, mostren ara signes clars d'estrès ambiental. Aquesta realitat, lluny de ser una percepció subjectiva, la podem corroborar a fonts com és aquest reportatge publicat al Diari de Terrassa (28/04/2023), "El Parc Natural de Sant Llorenç del Munt pateix un estrès hídric creixent", que alerta sobre la progressiva degradació d'aquest espai protegit [25]. Els arbres més vells moren i no són reemplaçats, les espècies invasores s'estenen i, en alguns casos, el verd simplement desapareix sota nous desenvolupaments urbans.

Aquest fet convida a la següent reflexió: si es perden aquests espais de transició, no només s'elimina una zona agradable per passejar, sinó que a més, disminueixen serveis ecològics essencials. En alguns casos, s'han intentat substituir aquests serveis ecològics amb tecnologia, però és un procés molt més car i menys efectiu. I sobretot, es perd part de la identitat pròpia del territori, que sempre ha sabut trobar l'equilibri entre el desenvolupament i el respecte al medi natural.

Per aquest motiu, és tan important l'estudi. No es tracta només de fer mapes i analitzar dades, sinó d'entendre com s'han de protegir aquests espais que, encara que no sempre se'ls hi dona el valor que tenen, fan que la nostra vida a la ciutat sigui possible i, sobretot, habitable.

### 1.3 Justificació de l'estudi

La realitat d'aquest tipus d'estudis és que tenen una gran dificultat per realitzar-se, ja que no hi ha massa estudis detallats sobre com afecta el creixement periurbà a zones verdes, com la de l'estudi. No obstant això, es poden trobar exemples rellevants en l'àmbit local, com el cas analitzat a la Fitxa M2\_U23 del Catàleg de Paisatge de Catalunya [26], on s'observen canvis en la cobertura vegetal i els hàbitats deguts a pressions antropogèniques i alteracions hidrològiques. Si no entenem com ha canviat la vegetació en contextos específics com aquest, difícilment podrem prendre decisions bones per preservar-la.

A més, em va cridar l'atenció que, tot i que tothom parla de sostenibilitat i conservació, moltes vegades es fan plans

urbans o decisions polítiques sense dades clares sobre l'evolució real d'aquests espais. En aquest moment guanya rellevància la teledetecció, ja que ofereix tres avantatges que són clau respecte a l'observació: el primer avantatge seria que les imatges per satèl·lit capturen de manera simultània grans extensions, eliminant els biaixos de mostreig. La segona, els satèl·lits, com el que s'utilitza en aquest treball, proporcionen imatges de la mateixa zona de manera periòdica al llarg del temps, permetent detectar tant canvis sobtats com tendències a llarg termini, depenent en el temps que triga a proporcionar-te imatges d'aquesta zona concreta. L'últim avantatge seria que la teledetecció aporta una objectivitat quantitativa impossible d'aconseguir amb mètodes visuals. Mitjançant índexs com l'NDVI, la teledetecció, proporciona mesures estandarditzades comparables tant temporalment entre diferents anys com espacialment entre zones diferents. Aquest fet ofereix una base científica sòlida per a la presa de decisions.

El que es vol aconseguir amb aquest treball és posar una mica de llum sobre com està canviant el nostre entorn. Específicament en l'espai periurbà de Sant Llorenç del Munt, i, si es pot, que aquestes dades serveixin per a alguna cosa. Com potser, per ajudar a decidir on s'hauria d'actuar abans que algun d'aquests espais verds deixi de ser verd del tot.

### 1.4 Objectius

#### Objectiu general:

Analitzar la dinàmica de la vegetació en espais verds periurbans de Sant Llorenç del Munt i Terrassa mitjançant sèries temporals d'índexs de vegetació generats a partir d'imatges de teledetecció.

#### Objectius específics:

Primerament, com a objectiu més específic, trobem la identificació dels canvis en l'estat de la vegetació de l'àmbit d'estudi en la franja d'anys proposada. Així també, determinar les tendències temporals en els índexs de vegetació (NDVI i VCI). Altrament, amb els resultats obtinguts dels anteriors objectius, relacionar els canvis observats amb els factors ambientals i/o a les accions dels éssers humans.

### 1.5 Metodologia

El procediment a seguir per assolir els objectius proposats està format per diferents fases. La primera d'aquestes consta d'una obtenció de dades, més específicament, recopilació d'imatges satel·litals (MODIS) per al període de temps assignat, a més, d'una selecció d'índexs de vegetació (NDVI i VCI) per avaluar l'estat d'aquesta.

Una vegada escollides les dades, es passa a fer el pre-processament de les imatges. En aquesta etapa es duu a terme la màscara de núvols i altres interferències.

A continuació, es realitza una anàlisi de sèries temporals, que consisteix en el càlcul dels índexs de vegetació per a cada imatge disponible. Addicionalment, es procedeix a la identificació de tendències i canvis significatius al llarg del temps, la qual cosa em permet observar l'evolució de la vegetació en la durada estudiada.

Posteriorment, es desenvolupa la interpretació dels resultats obtinguts. En aquest punt s'examina la relació entre els canvis observats en la vegetació i diversos factors externs. Entre aquests factors externs trobem el clima,

l'expansió urbana i les pràctiques de gestió forestal, els quals poden influir en les variacions observades.

Finalment, les eines utilitzades per dur a terme la pràctica de l'estudi són, principalment, MiraMon i EarthExplorer. El SIG MiraMon s'utilitza per fer el processament i anàlisi de les dades de manera eficaç i precisa. I els altres recursos web, com són EarthExplorer, per extreure les imatges de teledetecció que s'analitzen.

## 2 MARC TEÒRIC

Els espais verds periurbans són àrees clau en la planificació territorial i la sostenibilitat ambiental, especialment en regions amb una forta pressió urbanística com el Vallès Occidental [1]. Aquest marc teòric integra els conceptes bàsics sobre la seva funció ecològica, les eines per analitzar-ne els canvis (com la teledetecció) i el cas concret d'estudi a Sant Llorenç del Munt i Terrassa.

### 2.1 Espais verds periurbans i sostenibilitat

Els espais verds situats a la perifèria urbana actuen com a connectors ecològics entre els ecosistemes naturals i les ciutats. Aquests són fonamentals per a la biodiversitat i el benestar humà [2]. Segons Pauleit i Duhme [3], aquestes zones milloren la qualitat ambiental mitjançant serveis ecosistèmics com la regulació tèrmica o la captació de CO<sub>2</sub>. No obstant això, la seva funcionalitat es veu amenaçada pels patrons d'urbanització expansiva, que fragmenten el paisatge i redueixen la seva resiliència [4].

En aquest context, conceptes com el d'"infraestructura verda" [5] han guanyat rellevància en la planificació urbana, promovent xarxes d'espais verds interconnectats per garantir la sostenibilitat a llarg termini.

### 2.2 Dinàmica de la vegetació i factors d'alteració

La composició i estructura de la vegetació periurbana canvien a causa de factors naturals (canvi climàtic, incendis) i antròpics (expansió urbana, gestió forestal) [6]. Aquests processos s'han estudiat àmpliament en entorns mediterranis, on espècies com el pi blanc (*Pinus halepensis*) o l'alzina (*Quercus ilex*) mostren respostes diferencials a les perturbacions [7].

En aquest cas d'estudi, concretament, a Sant Llorenç del Munt, els boscos han experimentat transformacions històriques vinculades a l'abandonament agrícola i als incendis recurrents [8]. Això requereix una gestió adaptativa que consideri tant la dinàmica natural com les pressions externes [9].

### 2.3 Context geogràfic i ecològic

El Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac és una àrea protegida situada al Vallès Occidental, amb un relleu abrupte dominat per la Mola (1.104 m) i cingleres de conglomerat [10]. Aquest entorn acull una gran diversitat d'hàbitats mediterranis, com boscos mixtos de pi blanc (*Pinus halepensis*) i alzina (*Quercus ilex*), matollars de romaní (*Salvia rosmarinus*), i zones rocoses amb vegetació adaptada a l'aridesa [11].

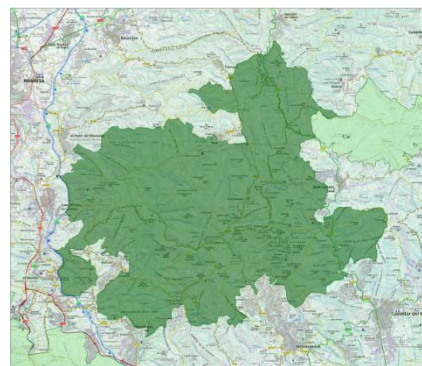


Figura 1: Mapa dels espais de la xarxa Natura Sant Llorenç del Munt i l'Obac [29]

A tocar del parc, la ciutat de Terrassa (amb més de 200.000 habitants) representa un clar exemple de pressió urbana sobre els espais naturals [12]. La seva expansió cap a la perifèria ha generat una zona de transició on es barregen usos agrícoles abandonats, urbanitzacions disperses i fragments de bosc residual. Aquesta interacció fa que el paisatge sigui especialment sensible a canvis com:

- **Fragmentació dels ecosistemes:** per construccions de carreteres i infraestructures.
- **Espècies invasores:** com, per exemple, el bàlsam (*Carpobrotus edulis*) en zones degradades.
- **Efecte de vora,** que altera les condicions microclimàtiques i la biodiversitat

Un exemple emblemàtic de la zona és l'incendi forestal del 2003. El desastre va afectar gran part del parc i va evidenciar la vulnerabilitat d'aquests ecosistemes davant el canvi climàtic i la mala gestió del territori [13, 14].



Figura 2: Mapa de situació de Sant Llorenç del Munt i l'Obac respecte Catalunya [29]

### 2.4 Espais verds periurbans: pressions i oportunitats

Els espais verds situats entre Terrassa i el parc natural presenten característiques úniques.

La primera de totes, la presència de vegetació adaptada a perturbacions. Això és degut al fet que els boscos de pi blanc (*Pinus halepensis*), dominants a la zona, són pioners i recolonitzen ràpidament després d'incendis, però la seva densitat excessiva, degut a l'abandonament rural, augmenta el risc de nous focs [15].

Una altra característica que trobem són els serveis ecosistèmics. Aquestes zones actuen com a filtres verds per a la contaminació atmosfèrica de Terrassa i com a àrees de lleure per a la població [16, 17].

Malgrat això, aquests espais verds enfronten diversos reptes que amenacen la seva preservació. En primer lloc, la urbanització derivada de l'expansió de polígons industrials i residencials, com ocorre a la zona de Can Bonvilar, està reduint progressivament la superfície forestal disponible [18]. Aquesta pressió s'agreuja amb l'ús recreatiu intensiu de la zona. Algunes activitats típiques com l'excurcionisme o el ciclisme en àrees no habilitades generen processos erosius i alteren els hàbitats de la fauna local [19].

Paral·lelament, els efectes del canvi climàtic, principalment l'augment de temperatures, estan intensificant l'estrès hídric en aquests ecosistemes. Tot i que les dades no mostren una disminució clara de les precipitacions totals a llarg termini, sí que hi ha un canvi en el seu règim. S'observen esdeveniments més extrems, pluges intenses concentrades en pocs dies, i períodes de sequera més greus i freqüents [25]. Aquesta variabilitat provoca una acceleració en processos de desertificació i dificulta la recuperació de la vegetació, especialment en àrees ja afectades per la pressió humana.

Tanmateix, s'observen també importants oportunitats per a la conservació d'aquests espais. D'una banda, el parc natural està impulsant projectes de restauració ecològica, com ara les plantacions d'alzina (*Quercus ilex*) destinades a crear boscos més resilents davant de futures perturbacions [20]. D'altra banda, s'ha plantejat la promoció de corredors verds que permetin connectar el parc amb els espais urbans de Terrassa, una mesura que no només milloraria la connectivitat ecològica sinó que també pot apropar la natura als ciutadans [21]. Aquestes accions representen estratègies clau per equilibrar la conservació ambiental amb les necessitats d'un territori en constant transformació.

## 2.5 Teledetecció: una eina clau per a l'anàlisi

La teledetecció (TD) és una tècnica que permet obtenir informació sobre la superfície terrestre mitjançant sensors instal·lats en satèl·lits, avions o drones, sense contacte físic amb l'objecte d'estudi.

Aquesta es basa en principis físics com la interacció de la radiació electromagnètica amb la Terra. Això és degut al fet que diferents cobertes (aigua, vegetació, sòl) reflecteixen o absorbeixen la llum de manera diferent, cosa que permet identificar-les mitjançant bandes espectrals. A més, es basa també en uns altres principis fonamentals, la resolució espacial; temporal i espectral. Aquests sensors capturen imatges amb diferents nivells de detall (píxels), de freqüència (dies, setmanes) i bandes espectrals diferents (visible, infraroig, tèrmic).

La teledetecció ofereix eines fonamentals per a l'estudi i la gestió del territori, amb aplicacions clau com la monitoratge de canvis en la coberta vegetal i en el seu estat, el que ens permet detectar processos de desforestació, expansió agrícola o recuperació d'ecosistemes. Altrament, ens permet detectar illes de calor urbanes, gràcies a les dades tèrmiques amb les quals compten alguns satèl·lits. Així mateix, ens permet avaluar desastres naturals, com podria ser

la identificació d'àrees cremades, per incendis forestals, zones de sequera o pel contrari, la monitoratge d'inundacions.

Per poder efectuar la monitoratge d'aquests canvis a gran escala, es fa ús de diferents índexs, com els que s'han mencionat amb anterioritat:

- **NDVI** (*Normalized Difference Vegetation Index*): Mescla la reflectància de la llum vermella i infraroja per estimar la densitat de la vegetació.
- **VCI** (*Vegetation Condition Index*): Aquest indicador compara l'NDVI actual amb el rang de valors observats en el mateix període, en anys anteriors [30].

Aquesta tècnica s'ha aplicat amb èxit en estudis locals, com l'anàlisi d'espècies forestals a Sant Llorenç del Munt [23], i globalment per avaluar l'impacte de sequeres o incendis [24]. La seva combinació amb SIG (*Sistemes d'Informació Geogràfica*) facilita la identificació de tendències temporals i l'avaluació de polítiques de conservació.

## 3 DESENVOLUPAMENT PRÀCTICA

A continuació es presenta la metodologia detallada per a la part pràctica del treball. Aquesta part permetrà analitzar l'evolució de la vegetació als espais verds periurbans de Sant Llorenç del Munt i Terrassa.

### 3.1 Obtenció i preparació de les dades

Per començar amb aquest apartat, es van descarregar imatges satel·litals de MODIS Terra [28] amb una resolució de 250 m, pels anys 2004, 2009, 2014, 2019 i 2024. Es va donar importància als mesos de març, juny i setembre per cobrir diferents estacions representatives. Amb aquests mesos queda prou representada la variabilitat estacional de la vegetació. Dintre d'aquesta franja de temps, es van agafar imatges de mitjans de cada mes. Les imatges que es van seleccionar i descarregar, a la pàgina d'EarthData, venien donades en format hdf i ja incloïen el càlcul de l'índex NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Mitjançant el programari MiraMon, es van haver de realitzar unes accions prèvies per preparar les capes a analitzar. I un cop fetes aquestes, a partir dels resultats donats per l'NDVI, vaig poder calcular l'altre índex de vegetació utilitzat per dur a terme el treball, l'índex VCI.

El primer de tot va ser importar les descàrregues, del format .hdf, a un format d'imatge, .img, per poder tractar-les amb més facilitat i tenir més informació d'aquestes. Aleshores, aquestes imatges van ser transformades al sistema de referència horitzontal Sinusoidal global utilitzat pels productes MODIS (model esfèric). I a la seva vegada,

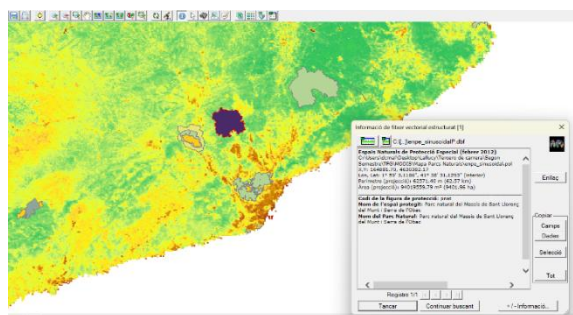




Figura 3: Mapa de Parcs Naturals de Catalunya superposada a la imatge amb l'índex NDVI

també es va haver de canviar al mateix sistema de referència la capa que més tard s'utilitza per poder localitzar la zona d'estudi amb precisió, el mapa de Parcs Naturals de Catalunya, proporcionada pel mateix programari.

Una vegada es tenen les capes preparades, es van superposar. Llavors, es delimita l'àrea d'estudi digitalitzant aquesta en forma de polígon, i retallem la capa per aquesta zona. D'aquesta manera, obviem tota la zona que no és d'interès. Així doncs, a tots els mapes que es veuen a partir d'ara en el present treball, es pot observar la zona d'estudi, amb el parc natural de Sant Llorenç del Munt a la situació que es veu a la figura 4, i amb la zona periurbana entre el parc i la ciutat de Terrassa, a la part inferior, i a la dreta de la imatge.

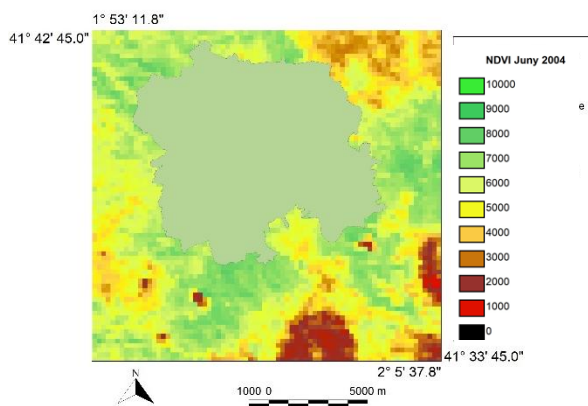


Figura 4: Capa retallada per la zona d'interès en aquest estudi

Finalment, per a cada imatge retallada, es calculen les estadístiques bàsiques de l'NDVI, per tal d'avaluar l'estat de la vegetació en cada període, i poder extreure els resultats i conclusions del treball. Aquests càlculs es duen a terme per via del càlcul d'estadístiques de ràster del programari.

```
[RASTER_1]
Fitxer=MOD62004.img
N_VALORS=5472
MIN=908
MAX=8455
MITJANA=5960.38541666667
DESV_STD=1367.63692118963
MEDIANA=6353
MODA=6462
```

Figura 5: Arxiu amb les estadístiques bàsiques de l'NDVI d'una de les imatges

Com s'observa a la fotografia, les dades no venen donades amb els decimals als quals estem acostumats quan tractem aquest índex. Això és degut al fet que les imatges tenien aquests valors incorporats amb els valors multiplicats per 10000. Llavors, en comptes de representar els resultats entre 1 i -1, els dona entre 10000 i -10000. Tot i que això no suposa cap problema, a l'hora de parlar, i tractar aquests valors en el present treball, es farà entre els valors 1 i -1. De

manera, que es dividirà entre 10000 totes aquestes dades necessàries per calcular el VCI, o que siguin utilitzades per fer una anàlisi.

De seguida que tenim aquestes imatges ja preparades, es procedeix a fer el càlcul del VCI per a cada un dels períodes agafats per a l'estudi. Per tal d'obtenir els valors d'aquest segon índex, s'ha de seguir la fórmula següent [30]:

$$VCI = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}}$$

On NDVI, fa referència al valor concret del mes i any que s'està tractant; NDVI min, es refereix a la xifra mínima d'aquest mes en concret, dintre de tot el període de temps estudiat; i per últim, el NDVI max, referència el valor màxim enregistrat en aquest mateix mes, dintre del període de temps escollit.

Per extreure els valors necessaris per dur a terme el càlcul, hem de generar les estadístiques dels NDVI màxims i mínims dels tres mesos dins dels anys acordats a l'estudi. D'igual manera que fèiem abans, extrèiem aquests valors des de l'eina de MiraMon a l'apartat d'estadístiques de ràster. I un cop es tenen aquests fitxers, amb la informació dels màxims i mínims històrics per a cada un dels tres mesos, podem començar a calcular el VCI per a cada una de les imatges.

### 3.2 Càlcul dels índexs de vegetació

Com s'ha comentat amb anterioritat, per complementar l'anàlisi de l'NDVI, es va incorporar l'índex de vegetació VCI, que ofereix una idea de la situació dels valors observats entre els valors extrems dels anys anteriors, expressat en percentatge.

Aquest primer índex, l'NDVI, va ser emprat per avaluar la densitat i l'estat de la vegetació. Els resultats d'aquest oscil·len entre el -1 i 1. Llavors, quan una zona d'estudi supera el 0,6, reflecteix una zona amb una coberta vegetal abundant i en bon estat. D'altra banda, si aquesta zona és inferior a 0,2, ens indica àrees amb escassa o nul·la vegetació.

Així doncs, com a suport per a l'anàlisi d'aquest primer índex, s'utilitza el VCI. Aquest indicador el que fa, és contrastar l'NDVI actual amb els registres històrics de la localització concreta. D'aquesta manera, proporciona una avaluació relativa de l'estat actual respecte a la variabilitat passada. Com que el VCI es mesura en percentatge, per interpretar els resultats, hem de tenir en compte que els valors per sobre del 50% reflecteixen condicions favorables. Mentre que xifres per sota del 35% apunten a una situació d'escassetat hídrica.

### 3.3 Anàlisi temporal i espacial

L'estudi combinat d'aquests dos índexs va posar en relleu la relació entre la densitat i estat del verd, i l'estrès hídric al llarg del territori analitzat. Com més endavant, a l'apartat de resultats, es mostra que les àrees amb uns valors alts a l'NDVI, solien presentar també valors elevats del VCI. En canvi, les zones amb un NDVI baix, registren a la vegada, uns valors baixos del VCI.

Afirmant així, en la majoria dels casos que es veuen a

continuació, que els indicatius de vegetació sana i densa, reflecteixen bones condicions hídriques. I pel contrari, les zones de vegetació escassa, indiquen un estrès hídric clar.

Aquesta relació és especialment evident a les zones periurbanes, que fan de transició entre l'entorn natural i l'urbà de Terrassa, on s'observa aquesta disminució progressiva de tots dos valors a mesura que ens apropem a l'entramat urbà, i segons anem avançant al llarg dels anys durant el període d'estudi.

## 4 RESULTATS DISCUSSIÓ

### 4.1 Evolució temporal de l'NDVI (2004-2024)

L'anàlisi dels valors de l'NDVI als espais verds periurbans de Sant Llorenç del Munt i Terrassa revela una dinàmica vegetal complexa al llarg dels vint anys estudiats. Durant el període analitzat, s'observa que la vegetació ha mantingut una notable capacitat de resistència davant les pressions ambientals, tot i presentar algunes fluctuacions significatives.

El mes de març mostra una evolució interessant, amb valors mitjans que van des del 0,556 l'any 2004 fins a assolir el 0,619 el 2019. Aquesta tendència ascendent és especialment rellevant si tenim en compte que els primers anys presentaven una major variabilitat espacial, com ho demostra la desviació estàndard elevada registrada el 2004. Cal destacar que aquest any coincideix amb el període posterior a un gran incendi ocorregut al parc [33], la qual cosa podria explicar els valors baixos i la gran heterogeneïtat en l'estat de la vegetació. Amb el pas del temps, aquesta variabilitat va disminuint, cosa que suggereix una certa homogeneïtzació i una progressiva recuperació de la vegetació a l'àrea d'estudi.

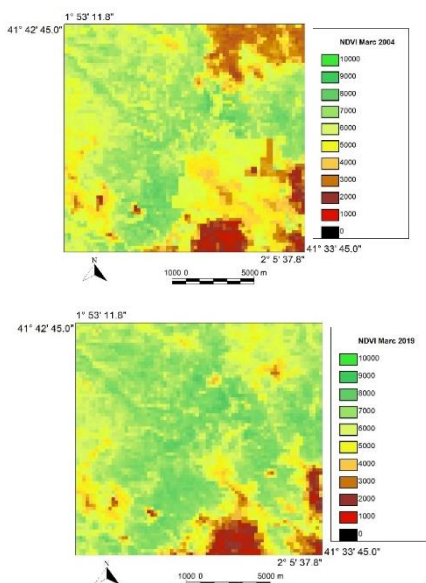


Figura 6: Comparativa de l'NDVI de dos anys del mes de març, l'any 2004 a la imatge de dalt, i l'any 2019 a la imatge de sota

Pel que fa al mes de juny, es confirma com el període de màxima activitat vegetativa. L'any 2009 destaca especialment, amb un valor mitjà màxim de 0,624 que reflecteix un

estat òptim de la coberta vegetal. No obstant això, el 2024 va registrar un mínim absolut que, tot i ser puntual, podria estar indicant situacions d'estrès hídric en determinades zones.

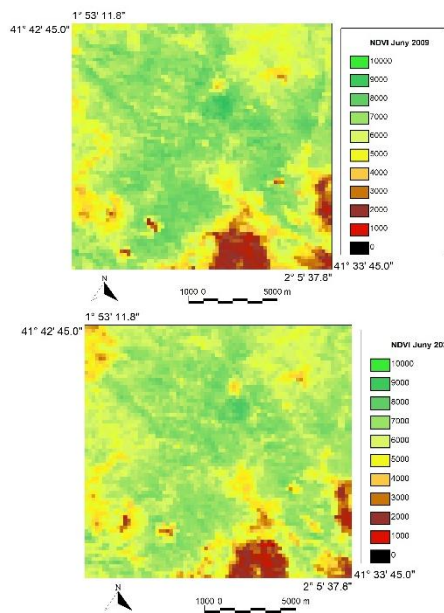


Figura 7: Comparativa de l'NDVI de dos anys del mes de juny, l'any 2009 a la imatge de dalt, i l'any 2024 a la imatge de sota

El comportament de la vegetació durant el mes de setembre mereix una atenció especial. La tendència positiva observada, amb valors que passen de 0,534 el 2004 a 0,626 el 2024, apunta cap a una adaptació progressiva de les espècies vegetals a les condicions climàtiques canviants. Aquesta evolució és particularment rellevant per entendre com els ecosistemes mediterranis responen als estius cada vegada més llargs i secs.

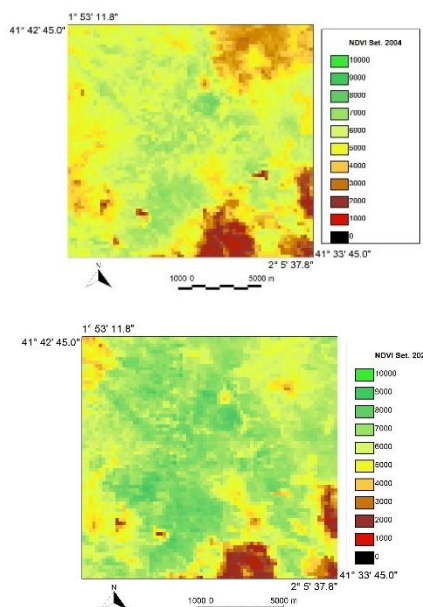


Figura 8: Comparativa de l'NDVI de dos anys del mes de setembre, l'any 2004 a la imatge de dalt, i l'any 2024 a la imatge de sota

## 4.2 Variabilitat espacial i estat de la vegetació

Aquesta anàlisi també ha permès veure diferències significatives entre la zona periurbana i l'espai protegit del parc natural. Mentre que el centre del parc manté valors generalment alts i estables, la franja periurbana és molt més variable. Aquesta variació reflecteix la complexa interacció entre processos ecològics i pressions antropogèniques.

A la zona periurbana, els patrons canvien segons diversos factors, però una tendència clara és que els valors de l'NDVI tendeixen a baixar com més ens acostem a la ciutat. Ara bé, aquesta baixada no és uniforme, hi ha com una mena de mosaic, amb zones verdes que es conserven bé i d'altres més degradades.

Durant els mesos d'estiu és quan més es noten les diferències. En alguns punts, especialment durant els períodes de més sequera, els valors d'NDVI arriben a baixar fins a 0,3, cosa que pot indicar estrès hídric o una pèrdua de continuïtat dels hàbitats. Aquests punts solen coincidir amb camps de cultiu abandonats o amb àrees que han patit una urbanització més dispersa.

Tot i això, també s'han trobat espais dins la mateixa zona periurbana que resisteixen força bé. Alguns petits boscos i trams de rieres mantenen valors elevats, fins i tot a l'estiu, al voltant del 0,7. Aquests llocs podrien tenir un paper important com a refugis de biodiversitat i caldria tenir-los en compte en futurs plans de connectivitat ecològica.

Si comparem les imatges de tot el període analitzat, es veu clarament que les zones més pròximes al límit urbà de Terrassa són les que han perdut més vegetació. En canvi, les àrees una mica més allunyades, entre la ciutat i el parc, han estat més estables. Això ens fa pensar que la pressió urbanística té un impacte més fort en la primera línia de contacte entre ciutat i natura.

Els resultats posen en evidència que aquesta franja entre la ciutat i el parc, funciona com una mena de zona d'alerta, un espai on es poden observar molt bé tant els efectes de l'activitat humana com la capacitat dels ecosistemes mediterranis per adaptar-se i recuperar-se.

## 4.3 Evolució temporal del VCI (2004-2024)

L'Índex de Condició de la Vegetació (VCI) revela una evolució que reflecteix la resposta de la vegetació a les condicions hídriques al llarg del període d'estudi.

Durant els mesos de març, s'observa una millora progressiva, que van des d'uns valors inicials, del 28,6% el 2004, fins a assolir el màxim, que és del 76,8% el 2019. Tot això, va seguit d'una notable davallada el 2024, amb un valor del 48,2%. Aquesta variabilitat interanual és especialment rellevant, ja que el març és un període clau per a la recuperació vegetal després de l'hivern.

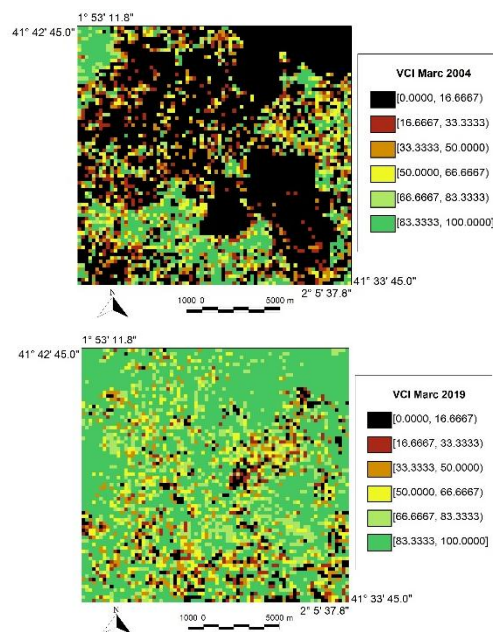


Figura 9: Comparativa del VCI de dos anys del mes de març, l'any 2004 a la imatge de dalt, i l'any 2019 a la imatge de sota

Els mesos de juny mostren un comportament més irregular. Els valors d'aquest mes van des del 43,2% el 2004 fins al 70,9% el 2009, però amb una caiguda significativa el 2014, amb un valor del 27,8%. Aquest últim període coincideix amb un període de sequera pronunciada. La recuperació posterior, amb un valor del 58,5%, el 2019 i 54,7% el 2024, indica una certa capacitat de recuperació, que encara no ha acabat de finalitzar del tot.

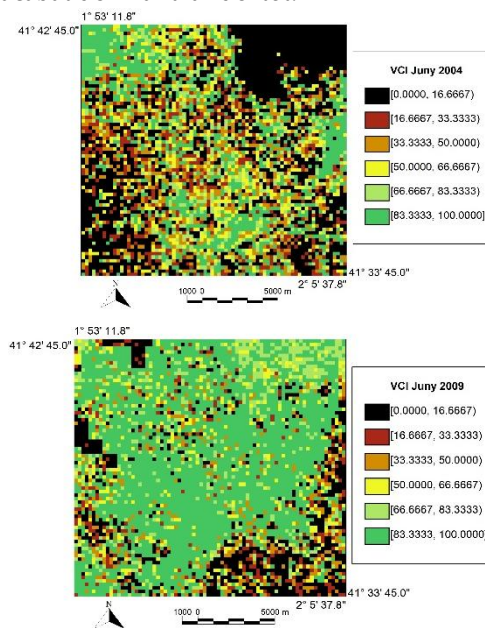


Figura 10: Comparativa del VCI de dos anys del mes de juny, l'any 2004 a la imatge de dalt, i l'any 2009 a la imatge de sota



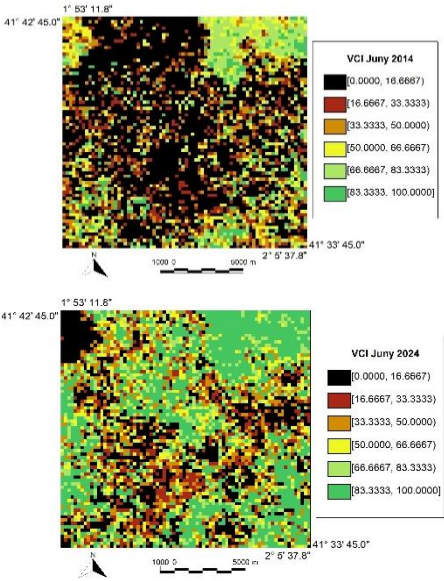


Figura 11: Comparativa del VCI de dos anys del mes de juny, l'any 2014 a la imatge de dalt, i l'any 2024 a la imatge de sota

El cas més destacable és el de setembre, que passa de valors excepcionalment baixos, d'11,8% el 2004, a uns nivells òptims, del 81,7% el 2024. Aquesta millora contínua suggereix que la vegetació ha desenvolupat mecanismes d'adaptació per afrontar els estius mediterranis, tot i que caldria considerar possibles canvis en els patrons de precipitació.

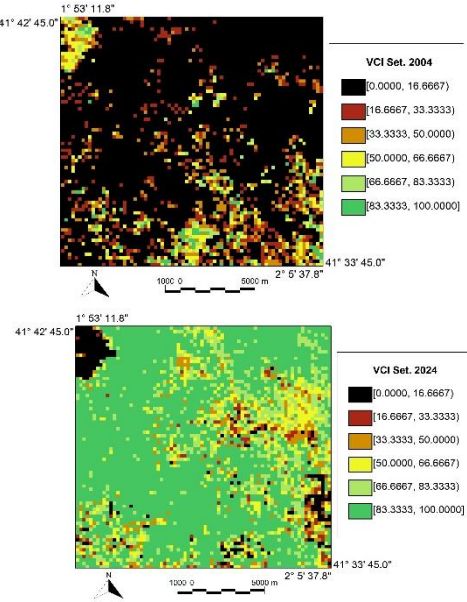


Figura 12: Comparativa del VCI de dos anys del mes de setembre, l'any 2004 a la imatge de dalt, i l'any 2024 a la imatge de sota

#### 4.4 Anàlisi Conjunta NDVI-VCI: Relació entre Vigor Vegetal i Estrès Hídric

La combinació dels dos índexs calculats en aquest treball (NDVI i VCI), ofereix una perspectiva que ens permet entendre millor la relació entre el vigor vegetal i les

condicions hídriques de la zona d'estudi. Aquesta anàlisi revela com la vegetació respon als canvis ambientals al llarg dels vint anys estudiats.

Durant els primers anys de l'estudi (2004-2009), s'observa una correlació positiva entre ambdós índexs, especialment durant els mesos de juny. Aquest augment tant del vigor vegetal com de les condicions hídriques, indica un període favorable per al desenvolupament de la vegetació.

| VCI mitjana: |      |      | NDVI mitjana: |       |       |
|--------------|------|------|---------------|-------|-------|
| Mes/Any      | 2004 | 2009 | Mes/Any       | 2004  | 2009  |
| Març         | 28.6 | 56.9 | Març          | 0,556 | 0,597 |
| Juny         | 43.2 | 70.9 | Juny          | 0,596 | 0,624 |
| Setembre     | 11.8 | 31.1 | Setembre      | 0,534 | 0,557 |

Figura 13: Taula comparativa del mes de juny, dels índexs VCI i NDVI amb les dades dels anys 2004 i 2009

Tanmateix, a mesura que avançava el període d'estudi, aquesta relació es fa més confusa, especialment durant els episodis de sequera.

Un cas paradigmàtic es va produir el juny de 2014, quan es va registrar un desajust significatiu entre els dos índexs. Mentre el VCI assolía valors excepcionalment baixos, indicant un estrès hídric major, l'NDVI es mantenia relativament estable. Aquest comportament, aparentment contradictori, apunta que les espècies vegetals van implementar mecanismes d'adaptació per mantenir la seva estructura foliar malgrat les condicions adverses. Aquesta és una estratègia típica de les plantes mediterrànies per afrontar períodes de sequera temporal [31].

| VCI mitjana:  |       |       |       |       |       |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Mes/Any       | 2004  | 2009  | 2014  | 2019  | 2024  |
| Març          | 28.6  | 56.9  | 61.1  | 76.8  | 48.2  |
| Juny          | 43.2  | 70.9  | 27.8  | 58.5  | 54.7  |
| Setembre      | 11.8  | 31.1  | 62.6  | 76.1  | 81.7  |
| NDVI mitjana: |       |       |       |       |       |
| Mes/Any       | 2004  | 2009  | 2014  | 2019  | 2024  |
| Març          | 0,556 | 0,597 | 0,606 | 0,619 | 0,591 |
| Juny          | 0,596 | 0,624 | 0,592 | 0,620 | 0,614 |
| Setembre      | 0,534 | 0,557 | 0,601 | 0,619 | 0,626 |

Figura 14: Taula comparativa del mes de juny del 2014, dels índexs VCI i NDVI

L'anàlisi espacial va revelar diferències notables entre les àrees centrals del parc natural i la franja periurbana. Les zones ben conservades del nucli del parc mostraven una harmonia entre vigor vegetal i bones condicions hídriques, reflectint ecosistemes madurs i adaptables. En canvi, a la franja periurbana la situació era molt més diversa. Hi havia zones on, tot i que la vegetació semblava en bon estat a primera vista, les condicions hídriques eren pobres, cosa que indicava que les plantes patien estrès i no creixien amb la vitalitat que aparentaven.

Un dels aspectes més interessants va ser veure com els ecosistemes responien davant situacions climàtiques extremes. La sequera del 2014 en va ser un bon exemple, ja que va posar a prova la seva capacitat de recuperació. El VCI va mostrar una millora ràpida, com si la vegetació hagués reaccionat fisiològicament de pressa un cop acabada la sequera.



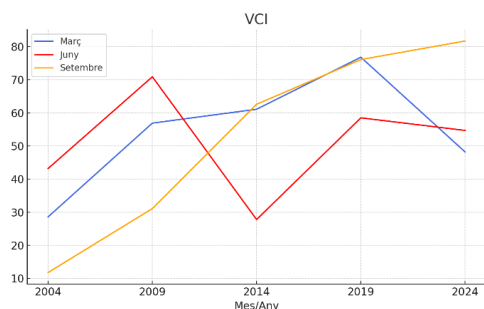


Figura 15: Gràfica del VCI dels tres mesos d'estudi al llarg dels vint anys

En canvi, l'NDVI, que reflecteix més l'estructura de la coberta vegetal, va trigar més a recuperar-se, deixant entreveure que, tot i que les plantes es recuperaven per dins, l'aspecte i la densitat del verd ho feien a un ritme més lent. Aquesta diferència temporal entre tots dos índexs, subratlla la importància d'utilitzar-los conjuntament, per obtenir una visió completa de la salut dels ecosistemes.

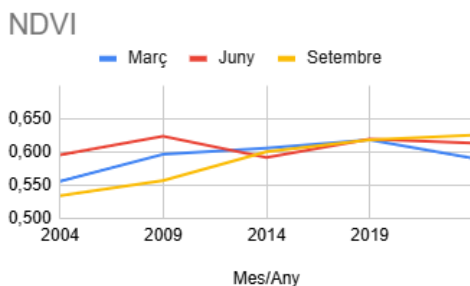


Figura 16: Gràfica de l'NDVI dels tres mesos d'estudi al llarg dels vint anys

Els resultats d'aquesta anàlisi conjunta tenen implicacions significatives per a la gestió del territori. Les zones periurbanes que mostren valors de VCI constantment baixos haurien de ser una prioritat a l'hora d'aplicar mesures de conservació d'aigua, ja que indiquen una vegetació sota pressió hídrica de forma continuada. D'altra banda, hi ha sectors on la vegetació va a menys tot i tenir bones condicions d'aigua, cosa que podria ser un senyal d'alerta sobre una degradació del sòl. En contrast, els corredors ecològics que mantenen bons resultats tant en el VCI com en l'NDVI es converteixen en espais clau que caldria protegir, ja que actuen com a punts forts del territori.

Fer servir aquests dos indicadors de manera combinada s'ha demostrat com una eina molt útil per prendre decisions en la gestió ambiental de la zona. Aquesta anàlisi permet no només distingir si estem davant d'un canvi puntual o d'una tendència més profunda, sinó també detectar a temps els primers signes de degradació, avaluar l'efectivitat de les polítiques de conservació, i anticipar la resposta dels ecosistemes davant del clima en futures ocasions. En un moment com l'actual, marcat per fenòmens climàtics cada cop més extrems i freqüents, aquesta mirada conjunta es fa imprescindible per gestionar amb eficàcia i adaptabilitat els espais verds que envolten les nostres ciutats.

#### 4.5 Relació amb factors externs

Els resultats obtinguts prenen tot el seu sentit quan es posen en context amb els diferents factors que afecten la zona d'estudi. La proximitat amb l'àrea urbana de Terrassa, és una font constant de pressió sobre els espais verds que l'envolten. Tot i això, el que s'observa, no és una degradació generalitzada del paisatge, sinó canvis concrets en punts determinats.

Una altra peça important per entendre el que passa, és el canvi climàtic. L'augment sostingut dels valors d'NDVI durant el mes de setembre podria indicar que la vegetació s'està adaptant d'alguna manera, a un entorn que cada cop és més sec i calorós. Ara bé, també cal tenir en compte els mínims que es registren en alguns estius, que apunten a episodis puntuals, però greus d'estress hídric.

No obstant això, no podem deixar de banda la importància que ha tingut la gestió forestal del Parc. Ja que el fet que l'estat general de la vegetació millori, també és degut a la posada en marxa de projectes de restauració del Parc Natural [32], amb accions claus per la conservació dels ecosistemes de la zona.

## 5 CONCLUSIÓ

Al llarg d'aquest treball s'ha pogut veure com, tot i les pressions urbanes i el context climàtic, cada cop més exigent, la vegetació dels espais verds que envolten Terrassa i el Parc Natural de Sant Llorenç del Munt ha demostrat una gran capacitat d'adaptació. En general, els valors dels índexs NDVI i VCI han mostrat una tendència estable o fins i tot positiva en moltes zones, sobretot durant el mes de setembre, que sembla indicar una certa resposta al clima més sec i calorós dels últims anys.

A la zona periurbana, però, els canvis han estat més evidents. Els primers anys de l'estudi, entre el 2004 i el 2009, van mostrar una millora clara en el vigor vegetal, probablement com a resposta a la recuperació de la vegetació després del gran incendi ocorregut l'any 2003. Aquest episodi va afectar significativament l'àrea d'estudi, i és comprensible que els valors inicials fossin baixos. Tot i això, amb el pas del temps, els valors dels índexs han anat fluctuant més, especialment coincidint amb etapes de sequera o amb l'augment de la pressió urbanística. Això fa pensar que aquests espais de transició són especialment sensibles, i que actuen gairebé com una mena de "termòmetre" dels canvis ambientals.

També s'ha pogut observar un procés de fragmentació creixent. Petites zones amb vegetació ben conservada queden envoltades per àrees més degradades. Aquest fet reforça la necessitat de millorar la connectivitat ecològica i evitar que la degradació avanci. De fet, s'ha vist que els corredors verds i les zones ben gestionades poden actuar com a punts clau per a la recuperació de l'entorn.

Tot això posa de manifest que cal mirar amb una altra òptica la zona periurbana, que sovint es considera secundària o poc prioritària. En realitat, és una peça essencial en

l'equilibri entre la ciutat i el medi natural, i per això cal cuidar-la i gestionar-la de manera adaptativa.

Finalment, cal destacar la utilitat de combinar l'anàlisi dels índexs NDVI i VCI. Aquesta doble visió no només ajuda a entendre com està la vegetació en un moment concret, sinó també cap a on evoluciona. Gràcies a això, es poden detectar amb temps àrees vulnerables i prendre decisions més encertades.

En definitiva, el treball confirma que la teledetecció pot ser una eina clau per planificar i protegir el territori, especialment en un moment com l'actual, marcat pel canvi climàtic i l'expansió urbana constant. Comptar amb dades clares i objectives ens permetrà conservar els espais verds i assegurar que continuïn oferint els serveis ambientals que necessitem.

## AGRAÏMENTS

Aquest treball no hauria estat possible sense el suport i l'acompanyament de moltes persones al llarg del camí.

En primer lloc, volia agrair al meu tutor i professor Lluís Pesquer, per la seva orientació i suport constant. Gràcies a ell, vaig saber orientar aquest treball, i em va ajudar molt a l'hora de dur a terme, sobretot, la part pràctica, resolent els meus dubtes i errors durant tot el procés. Els seus comentaris m'han ajudat a enfocar cada part del treball de la manera més correcta.

A més, volia destacar l'ajuda del professor de l'assignatura de Teledetecció per als Sistemes Urbans, Mario Padial. Gràcies a les seves explicacions clares, i a la seva passió i professionalitat en l'àmbit de la teledetecció, m'ha permès entendre i fer ús d'una eina que al principi em semblava molt complexa.

Si no fos per la paciència de tots dos per explicar, tant individualment, com a l'assignatura de Teledetecció, la funcionalitat de moltes eines del Programari, aquest treball no hagués estat possible.

Més enllà de l'àmbit acadèmic, vull agrair a la meua família, que sempre ha estat al meu costat, animant-me i donant-me suport.

També, un agraïment als amics i amigues que han compartit amb mi aquests tres anys de grau. Per les hores d'estudi, suport i rialles, inclòs en els moments més exigents.

Finalment, volia donar les gràcies també a tot el professorat del grau en Gestió de Ciutats Intel·ligents i Sostenibles. Pel fet que, al llarg d'aquests anys, les assignatures i lliçons, m'han obert els ulls cap a la importància la sostenibilitat en el nostre dia a dia.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Generalitat de Catalunya. (2020). *Pla Director Urbanístic*. Departament de Territori i Sostenibilitat.
- [2] Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29(2), 293-301. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00013-0](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00013-0)
- [3] Pauleit, S., & Duhme, F. (2000). Assessing the environmental performance of land cover types for urban planning. *Landscape and Urban Planning*, 52(1), 1-20. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(00\)00109-2](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(00)00109-2)
- [4] Pauleit, S., & Duhme, F. (2000). Assessing the environmental performance of land cover types for urban planning. *Landscape and Urban Planning*, 52(1), 1-20. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(00\)00109-2](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(00)00109-2)
- [5] European Commission. (2013). *Green Infrastructure - Enhancing Europe's Natural Capital*. COM(2013) 249 final.
- [6] Turner, M. G. (2010). Disturbance and landscape dynamics in a changing world. *Ecology*, 91(10), 2833-2849.
- [7] Pintó Fusalba, J. (1994). *La dinàmica de la vegetació a Sant Llorenç del Munt*. Diputació de Barcelona.
- [8] Pausas, J. G., & Fernández-Muñoz, S. (2012). Fire regime changes in the Western Mediterranean Basin. *BioScience*, 62(7), 663-676.
- [9] Vila-Cabrera, A., et al. (2014). Adaptive forest management to climate change. *Forest Ecology and Management*, 327, 84-90.
- [10] Institut Cartogràfic de Catalunya. (2023). *Atles de cobertes del sòl de Catalunya*. <https://www.icgc.cat>
- [11] CREA. (2019). *Informe sobre biodiversitat al Parc de Sant Llorenç del Munt*. <https://www.crea.cat>
- [12] Ajuntament de Terrassa. (2022). *Pla d'acció climàtica*. <https://www.terrassa.cat>
- [13] CREA. (2004). *Informe sobre l'incendi de Sant Llorenç del Munt*. <https://www.crea.cat>
- [14] Oficina Catalana del Canvi Climàtic. (2022). *Impactes del canvi climàtic als boscos del Vallès*. <https://canviclimatic.gencat.cat>
- [15] Castellnou, M., et al. (2019). *Incendis forestals a Catalunya*. Edicions Cossetània.
- [16] Nowak, D. J., et al. (2006). Air pollution removal by urban trees. *Environmental Pollution*, 151(1), 173-186.
- [17] Chiesura, A. (2004). The role of urban parks for quality of life. *Landscape and Urban Planning*, 68(1), 129-138.
- [18] Diputació de Barcelona. (2021). *Informe sobre expansió urbana al Vallès Occidental*. <https://www.diba.cat>
- [19] Pons, M., & Vila, L. (2020). *Pressió recreativa i conservació a espais periurbans*. Edicions UB.
- [20] Parc Natural Sant Llorenç del Munt. (2020). *Memòria anual de gestió*. <https://parcs.diba.cat>
- [21] Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2006). *Green infrastructure*. Island Press.
- [22] Castells, R., et al. (2019). Diferenciació d'espècies forestals mitjançant teledetecció. *Butlletí Institució Catalana d'Història Natural*, 83, 45-58.
- [23] López-Blanco, E., et al. (2021). Remote sensing of drought impacts. *Remote Sensing*, 13(3), 424.
- [24] Urban adaptation to climate change in Europe. (s/f). Europa.Eu. Recuperat el 6 de maig de 2025, de <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/urban-adaptation-to-climate-change>
- [25] Hernández, L. (2023, abril 28). El parc natural pateix estrès hídric. *Diari de Terrassa*. <https://www.diarieterrassa.com/terrassa/2023/04/28/parc-natural-pateix-estres-hidric/>
- [26] Llobregat, B., & Oriental, V. O.-T. i. (s/f). Sant Llorenç del Munt i l'Obac - El Cairat. [Catpaisatge.net](https://catpaisatge.net). Recuperat el 20 de maig de 2025, de [https://content.catpaisatge.net/uploads/C\\_Fitxa\\_M2\\_U23\\_02d3145ec7.pdf?uat=2023-01-19T16:31:51.024Z](https://content.catpaisatge.net/uploads/C_Fitxa_M2_U23_02d3145ec7.pdf?uat=2023-01-19T16:31:51.024Z)
- [27] La flora i el poblament vegetal de les mediterrànies. (s/f). *Enciclopedia.cat*. Recuperat el 21 de maig de 2025, de <https://www.enciclopedia.cat/biosfera/la-flora-i-el-poblament-vegetal-de-les-mediterranies>
- [28] Earthdata Search. (s/f). Nasa.gov. Recuperat el 8 de maig de 2025, de

- <https://search.earthdata.nasa.gov/search?q=MOD13Q1&fi=MODIS&lat=20.996069843187236&long=11.00408979227458&zoom=3.385093817313507>
- [29] (S/f). Gencat.cat. Recuperat el 7 de maig de 2025, de [https://mediambient.gencat.cat/web/.content/home/ambits\\_dactuacio/patrimoni\\_natural/senp\\_catalunya/el\\_sistema\\_xarxa\\_natura\\_2000/xarxa\\_natura\\_2000\\_a\\_catalunya/mapes\\_1\\_50000/barcelona/mapes/es5110010.pdf](https://mediambient.gencat.cat/web/.content/home/ambits_dactuacio/patrimoni_natural/senp_catalunya/el_sistema_xarxa_natura_2000/xarxa_natura_2000_a_catalunya/mapes_1_50000/barcelona/mapes/es5110010.pdf)
- [30] Richaud, B. (s/f). NDVI and VCI indices. Unccd.int. Recuperat el 28 de maig de 2025, de [https://www.unccd.int/sites/default/files/inline-files/04\\_Vegetation\\_index.pdf](https://www.unccd.int/sites/default/files/inline-files/04_Vegetation_index.pdf)
- [31] Santoi, C. D. C. (s/f). Adaptacions de les plantes a la sequera. Xtec.cat. Recuperat el 2 de juny de 2025, de <https://serveiseducatiu.xtec.cat/cda-cansantoi/general/adaptacions-de-les-plantas-a-la-sequera-2/>
- [32] Projectes de Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac. (s/f). Diba.cat. Recuperat el 2 de juny de 2025, de <https://lacaixa-parcs.diba.cat/projectes/projectesParc.php?id=4>
- [33] L'incendi de 2003 al Parc Natural va deixar 5 morts. (2013, agosto 10). La Torre del Palau. <https://naciodigital.cat/latorredelpalau/societat/lincendi-de-2003-al-parc-natural-va-deixar-5-morts.html>



APÈNDIX

A1. SECCIÓ D'APÈNDIX

En aquesta secció d'apèndix es mostren tres taules que recullen la informació estadística dels ràsters de l'NDVI, dels mesos de març, juny i setembre.

|          | 03/2004 | 03/2009 | 03/2014 | 03/2019 | 03/2024 |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| MITJANA  | 0,556   | 0,598   | 0,607   | 0,619   | 0,591   |
| MÍNIM    | 0,11    | 0,096   | 0,082   | 0,113   | 0,109   |
| MÀXIM    | 0,81    | 0,823   | 0,825   | 0,828   | 0,807   |
| MODA     | 0,54    | 0,683   | 0,716   | 0,627   | 0,695   |
| DESV_STD | 0,145   | 0,145   | 0,137   | 0,133   | 0,134   |

Figura 17: Taula amb la informació de l'NDVI del mes de març

|          | 06/2004 | 06/2009 | 06/2014 | 06/2019 | 06/2024 |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| MITJANA  | 0,596   | 0,624   | 0,592   | 0,62    | 0,615   |
| MÍNIM    | 0,09    | 0,118   | 0,098   | 0,106   | 0,052   |
| MÀXIM    | 0,845   | 0,869   | 0,825   | 0,823   | 0,835   |
| MODA     | 0,646   | 0,716   | 0,649   | 0,626   | 0,616   |
| DESV_STD | 0,137   | 0,136   | 0,119   | 0,117   | 0,121   |

Figura 18: Taula amb la informació de l'NDVI del mes de juny

|          | 09/2004 | 09/2009 | 09/2014 | 09/2019 | 09/2024 |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| MITJANA  | 0,534   | 0,558   | 0,602   | 0,62    | 0,626   |
| MÍNIM    | 0,125   | 0,079   | 0,055   | 0,127   | 0,124   |
| MÀXIM    | 0,775   | 0,842   | 0,838   | 0,859   | 0,844   |
| MODA     | 0,561   | 0,651   | 0,597   | 0,675   | 0,683   |
| DESV_STD | 0,12    | 0,136   | 0,118   | 0,121   | 0,124   |

Figura 19: Taula amb la informació de l'NDVI del mes de setembre

A2. SECCIÓ D'APÈNDIX

Finalment, en aquesta última secció d'apèndix es presenten els mapes dels índexs NDVI i VCI, amb els que he treballat però que no es mostren durant el treball.

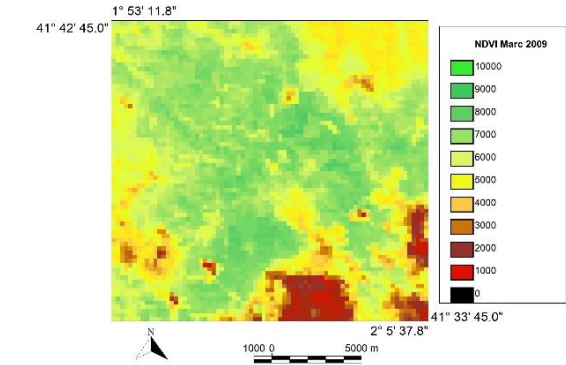


Figura 20: Mapa de l'NDVI del març de 2009

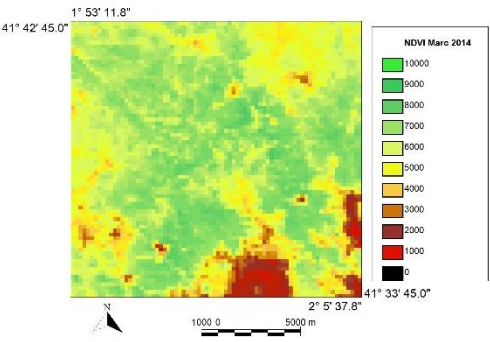


Figura 21: Mapa de l'NDVI del març de 2014

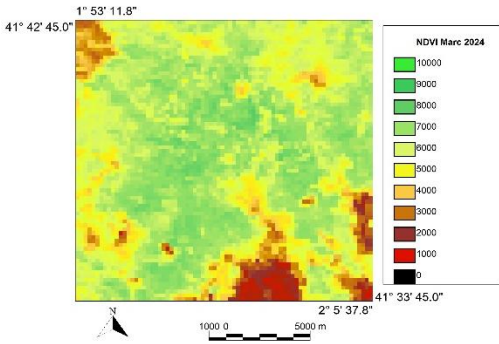


Figura 22: Mapa de l'NDVI del març de 2024

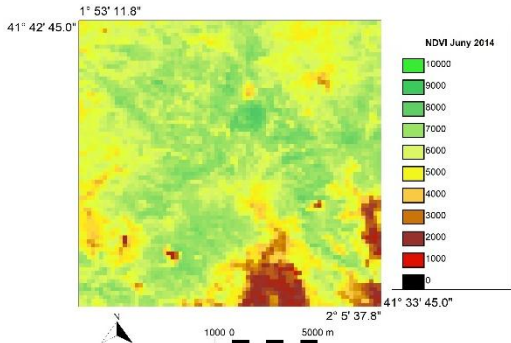


Figura 23: Mapa de l'NDVI del juny de 2014

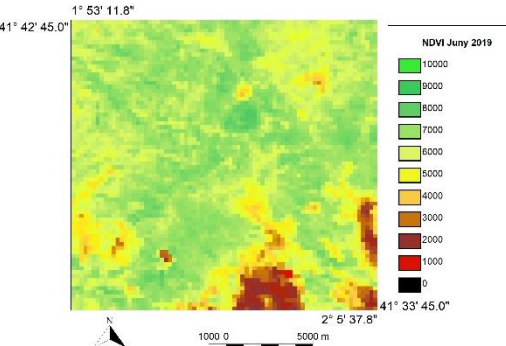


Figura 24: Mapa de l'NDVI del juny de 2019

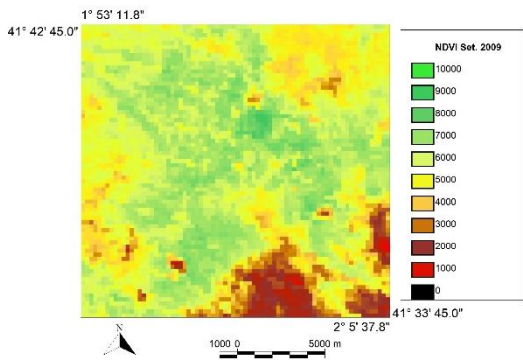


Figura 25: Mapa de l'NDVI del setembre de 2009

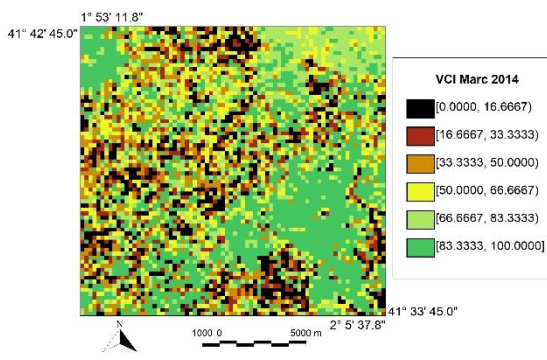


Figura 29: Mapa del VCI del març de 2014

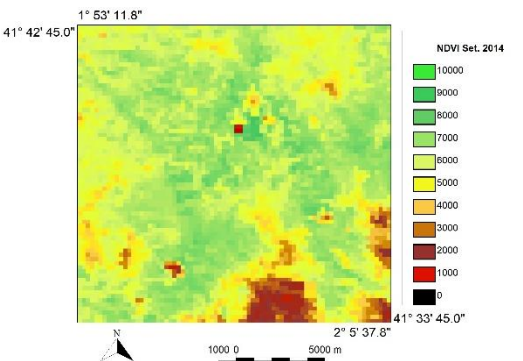


Figura 26: Mapa de l'NDVI del setembre de 2014

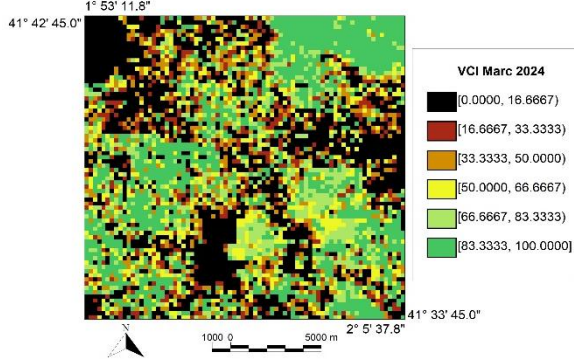


Figura 30: Mapa del VCI del març de 2024

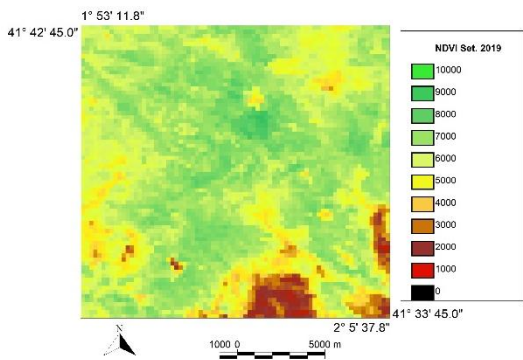


Figura 27: Mapa de l'NDVI del setembre de 2019

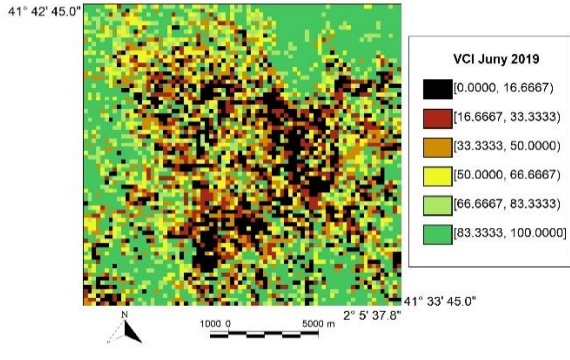


Figura 31: Mapa del VCI del juny de 2019

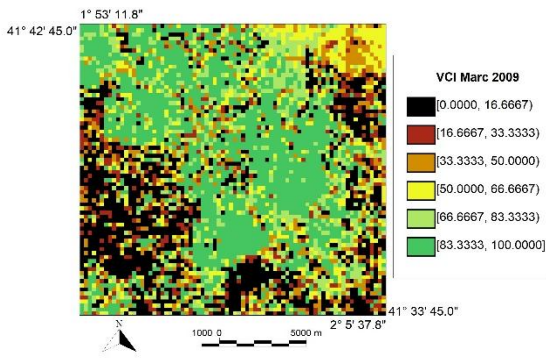


Figura 28: Mapa del VCI del març de 2009

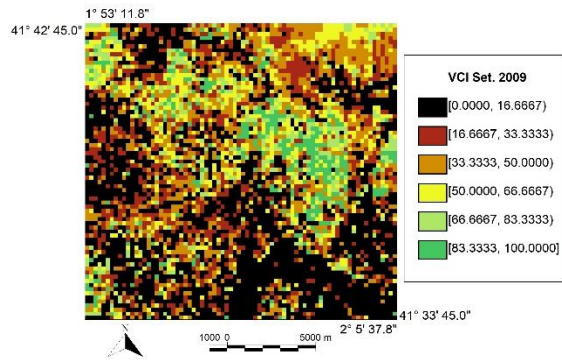


Figura 32: Mapa del VCI del setembre de 2009

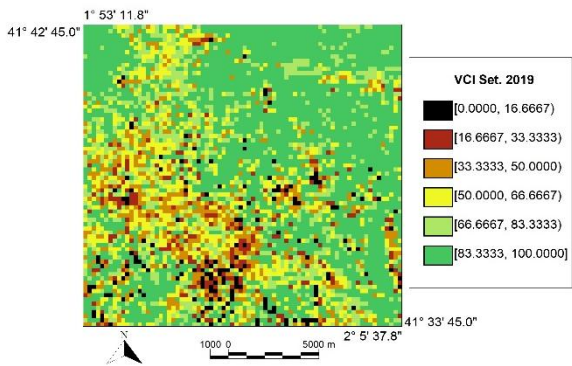


Figura 33: Mapa del VCI del setembre de 2019