
This is the **published version** of the bachelor thesis:

Cano Puig, Roger; Marchán Hernández Hernández, Juan Fernando, dir. Validació del mapa de decaïment del 2015 al 2018 : influència de la meteorologia i de l'orientació topogràfica. 2020. (1373 Màster Universitari en Geoinformació)

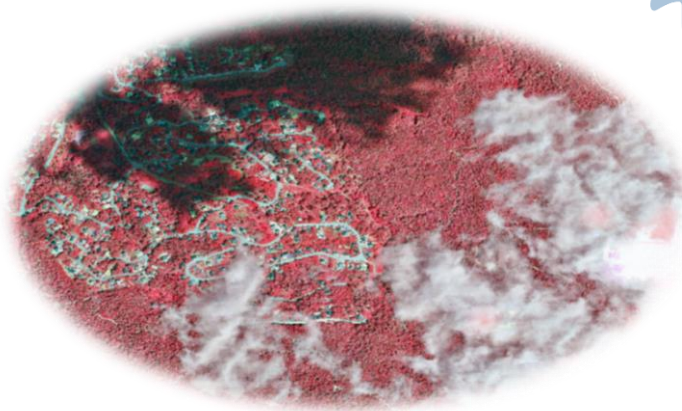
This version is available at <https://ddd.uab.cat/record/232788>

under the terms of the  license



TREBALL DE FI DE MASTER

VALIDACIÓ DEL MAPA DE DECAÏMENT DEL 2015 AL 2018: INFLUÈNCIA DE LA METEOROLÒGIA I DE L'ORIENTACIÓ TOPOGRÀFICA



31 DE AGOSTO DE 2020

TUTOR: JUAN FERNANDO MARCHÁN HERNÁNDEZ (ICGC – CSPCOT)

AUTOR: ROGER CANO PUIG

Índex

1. Glossari	4
2. Resum	6
3. Resumen	6
4. Abstract	7
5. Direcció del Projecte	8
• Coordinació i Supervisió del projecte	8
• Abast del Projecte	8
6. Introducció	8
• Antecedents	12
• Estat de la Qüestió	12
❖ Anàlisi de les masses boscoses del Maresme i part del Vallès Oriental	13
• Marc Institucional. Contextualització.	14
7. Objectius del Projecte	14
• Cas 1. Anàlisi de l'Evolució del decaïment de 2015 al 2018	15
• Cas 2. Buscar correlacions de l'EVI amb la meteorologia	15
8. Desenvolupament del projecte	15
• Cas 1. Anàlisi de l'Evolució del decaïment de 2015 al 2018	15
❖ Plantejament del problema	15
❖ Metodologia	16
❖ Implementació	16
❖ Resultats	18
• Cas 2. Correlació de l'EVI amb paràmetres meteorològics	24
❖ Plantejament del problema	24
❖ Metodologia	24
❖ Implementació	24

❖ Resultats	30
9. Conclusions	32
• Cas 1. Anàlisi de l'Evolució del decaïment de 2015 al 2018	32
• Cas 2. Buscar correlacions de l'EVI amb la meteorologia	32
10. Annexos	34
11. Referències Bibliogràfiques / Web	51

1. Glossari

Sentinel 2A i Sentinel 2B. Són dos satèl·lit europeus que formen part del grup de missions de la ESA dins del programa especial Copernicus. Incorporen una càmera multiespectral d'alta resolució. Van ser posat en orbita el 2015 i el 2016 respectivament.

MSI (Moisture stress index). També anomenat Índex d'Estrès Hídric és sensible al contingut de vapor d'aigua de les fulles.

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Índex de Vegetació de Diferència Normalitzada quantifica la verdor de la vegetació, considerant el contrast entre l'elevada dispersió que produeixen les fulles verdes en l'infraroig pròxim i l'absorció de la clorofil·la en el vermell.

EVI (Enhanced vegetation index): També anomenat índex de vegetació millorat, incorpora la radiació de la zona espectral del blau que ajuda a corregir el senyal associat al sòl i les influències de l'atmosfera.

MDT (Model digital del terreny) Representació digital de l'elevació de la superfície terrestre sense tenir en compte altres elements

MDS (Model digital de superfície). Representació digital de l'elevació de la superfície terrestre incluint tots els objectes i cossos que hi ha (edificis, vegetació, etc)

Lidar (Light Detection And Ranging). És un sistema que permet obtenir un núvol de punts del terreny prenent-los mitjançant un escàner làser aerotransportat.

Ortofoto. Imatge aèria a la qual s'han corregit les deformacions causades per la curvatura terrestre, la inclinació del sensor, els desplaçaments del relleu i altres distorsions sistemàtiques gràcies a un procés d'ortorectificació.

CHM (Canopy Height Model). És un model digital d'alçades de capçades, representa l'altura dels arbres.

Linia de regressió. És la curva que millor s'ajusta al núvol de punts d'un diagrama de dispersió. S'utilitza per predir la variable dependent a partir de la independent.

Coeficient de determinació R^2 . És un valor estadístic que mesura la capacitat explicativa d'un model.

2. Resum

Aquest document és la síntesi del Treball de Fi de Màster del “Màster en Geoinformació, 2^a. Edició”, on es recull el resultat de les pràctiques realitzades a l’Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.

La cartografia de decaïment de les masses boscoses (EVI) de la zona del Maresme i part del Vallès Oriental per als anys del 2015 al 2018 realitzada per l’equip del CSPCOT, és l’objecte d’estudi. Del qual se’n fa una validació a través d’imatges aèries del servei ortoXpress. I se’n analitzen possibles patrons espacials de desenvolupament.

A través de models de regressió estadística també s’investiga la influència de la meteorologia i de la orientació en el decaïment de la massa arbòria.

En aquesta memòria es presenten els resultats d’aquestes dues parts del projecte, que s’espera que puguin servir per afegir més coneixement a l’estudi del decaïment vegetal.

3. Resumen

Este documento es la síntesis del Trabajo de Fin de Màster del “Màster en Geoinformación, 2^a Edición, dónde se recogen los resultados de las prácticas realizadas en el Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.

La cartografía del decaimiento de la masa forestal (EVI) de la zona del Maresme y de parte del Vallés Oriental para los años del 2015 al 2018 realizada por el equipo del CSPCOT, es el objeto de estudio. Del cual se hace una validación a través de las imágenes aéreas del servicio ortoXpress. Y se analizan posibles patrones espaciales de desarrollo.

A través de modelos estadísticos de regresión se investiga la influencia de la meteorología y de la orientación en el decaimiento de la masa forestal.

En esta memoria se presentan los resultados de estas dos partes, que se espera que añadan más conocimiento sobre el estudio del decaimiento vegetal.

4. Abstract

This document is the synthesis of the final project of the 2nd edition of the Master in Geoinformation, which includes the results of the practices realized in the Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC).

Forestland decay cartography of Maresme and part of Vallès Oriental for 2015 to 2018 is our study object. From which it is done a validation through aerial imagery from the ortoXpress service. And it is analysed possible spatial development patrons.

Through statistical regression models we investigate meteorological influence and orientation influence on forestland decay.

This report shows the results from both parts, and it is expected that they would add more vegetation decay knowledge.

5. Direcció del Projecte

- **Coordinació i Supervisió del projecte**

Aquest projecte ha estat desenvolupat a l'àrea de CSPCOT (Centre de Suport del Programa Català d'Observació de la Terra) de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC) com a projecte de final del màster. L'elaboració i coordinació del projecte ha estat dut a terme per en Roger Cano Puig, alumne del màster i el Dr. Juan Fernando Marchán Hernández, professional del CSPCOT, exercint com a tutor del projecte. El supervisor del projecte és el Dr. Jordi Corbera Simón, cap del departament d'Observació de la Terra a l'ICGC (CSPCOT) .

- **Abast del Projecte**

Aquest projecte pretén validar un projecte previ del CSPCOT, alhora que s'avaluen mètodes per fer-ho de forma remota evitant treball de camp. Segueix el treball ja fet per l'equip que va realitzar l'estudi de "Anàlisi de les masses boscoses del Maresme i part del Vallès Oriental" de A. Tardà, R. Riera. S'intentarà afegir coneixement per entendre una mica millor el fenomen del decaïment vegetal i el funcionament de l'EVI (índex de vegetació millorat). El resultat que busca aquest projecte no és cap producte en forma de mapes o informació georeferenciada sinó més aviat un coneixement teòric de l'EVI i del fenomen del decaïment.

6. Introducció

La superfície de Catalunya està composta per 3.200.000 hectàrees de les quals unes 2.000.000 hectàrees són superfície forestal (suposen un 61 % del total), el 35% són conreus i el 3,5% zones urbanes i xarxes viàries. La superfície de boscos representa 1,2 milions ha.

El canvi de paradigma que va començar amb la Revolució industrial ha portat el gradual abandonament de les terres de cultiu, i a un descens de l'aprofitament forestal. Al perdre's part d'aquesta pagesia el bosc ha anat colonitzant superfície agrícola. Tot això ha portat al territori diversos problemes relacionats amb la mala gestió dels boscos, com ara els grans incendis forestals. A més a més passant cap a un model de terciarització de l'economia catalana, el bosc s'ha convertit en

un actiu important del patrimoni natural que convé tenir ben gestionat i cuidat, per l'interès del sector turístic i del benestar ciutadà en general.

A aquest factor se li ha de sumar la complicació que el canvi climàtic exerceix. Segons els experts, l'impacte humà sobre la Terra provocat per l'emissió de CO₂ de la combustió dels vehicles a motor i de l'activitat industrial, entre d'altres, està portant el desequilibri en les dinàmiques atmosfèriques a través de l'augment d'efecte hivernacle de l'atmosfera. Això està provocant ja avui en dia sequeres més pronunciades, desgel accelerat dels casquets polars i de glaceres, alteracions dels períodes plujosos, inundacions, etc. Fins i tot es parla de la propagació o mobilitat de malalties i d'espècies animals (invasores) afavorides per aquest canvi climàtic.

Dins d'aquest complex context, es situa ara mateix la gestió forestal a Catalunya. En aquests moments algunes masses boscoses estan patint l'efecte de sequeres el qual les fa més vulnerables a l'atac de paràsits. Aquests episodis de sequera, cada cop més freqüents, propicien el debilitament dels arbres, provocant una pèrdua de vigorositat i propiciant l'aparició de plagues i de paràsits. A aquest deteriorament de l'estat sanitari se'l coneix també per decaïment. En el cas de boscos litorals a Catalunya, compostos per boscos de pi pinyer, tenim com a principals paràsits:

Tomicus destruens

És un coleòpter endèmic de les zones de costa, que ataca arbres vius (especialment *P. Pinea*, *P. Halepensis* i *P. Pinaster*). És un perforador que realitza galeries sota l'escorça en forma d'espina de peix, les quals afecten la circulació de la saba i que poden provocar la mort de l'arbre. Els signes que deixa aquesta espècie són molt evidents: serradures en el rodal del pi, petits volcans de resina a l'escorça de l'arbre, branquetes terminals amb la medul·la perforada situades al peu del pi.

Les dues maneres de combatre'l són: parar trampes carregades amb hormones, i o abatre els pins afectats i eliminar-los per tal de limitar-ne la propagació.



Imatge 1. *Tomicus destruens*.
Font: Asociacionpedralvilla



Imatge 2. *Tomicus destruens*.
Font: Asociacionpedralvilla

Thyriopsis halepensis (fong defoliador de les acícules dels pins):

Aquest fong afecta principalment les acícules de *P. halepensis* i *P. pinea*. Aquest fong es detecta per unes taques fosques en forma de cercles o semicercles a les acícules. Aquestes es van morint fins que acaben caient a terra.

És una afectació difícil de tractar, així i tot existeixen alguns productes fitosanitaris per combatre'l.



Imatge 3. *Thyriopsis halepensis*. Font: AgroSALVI, S.L.

Lymantria monacha L (Limantria dels pins):

És un lepidòpter que ataca arbres dels gèneres *Pinus*, *Abies* i *Picea*, en el cas de Catalunya té una afectació especialment important sobre *Pinus sylvestris*. L'eruga d'aquesta espècie s'alimenta de les acícules i pot tenir efectes molt intensos en la defoliació de l'arbre arribant a causar-li la mort.

Per a combatre aquesta espècie és important la prevenció: col·locació de caixes nius per a ocells insectívors, i detecció i tractament prematur de focus d'afectació, per evitar-ne l'expansió.



Imatge 4. *Lymantria monacha* L. Adult: Mascle i femella. Font: Ruralcat.



Imatge 5. *Lymantria monacha* L. Eruga en 3r estadi. Font: Ruralcat.

Thaumetopoea pityocampa (Processionària):

És un lepidòpter que en estat larvari s'alimenta de les acícules dels pins. Ataca tot tipus de pins però les espècies més sensibles a aquesta espècie són el *P. sylvestris* i *P. Nigra*. Tot i que generalment no causa la mort dels arbres és un agent debilitador que pot afavorir l'arribada d'altres agents com el *Tomicus* que acabi matant-lo. El punt més negatiu de l'espècie és que afecta directament les persones a través dels seus pèls urticants.

La processionària compta amb molts depredadors tot i això sovint fan falta mètodes mecànics o fitosanitaris per a disminuir-ne el nombre.



Imatge 6. Larva. Font: Wikipedia



Imatge 7. Bosses de processionària. Font: Wikipedia



Imatge 8. Exemplars adults Font: Wikipedia

Cal recalcar el paper d'una bona gestió del bosc, en el que es redueixi la densitat d'arbres. Això permetrà eliminar la competència i que els exemplars que es conservin siguin més vigorosos i més resistents a les plagues.

Des del camp de la teledetecció i les de les imatges aèries s'ha vist una oportunitat per ajudar a descriure i a analitzar el decaïment de la vegetació, per tal d'oferir eines de gestió.

- **Antecedents**

B. Hoshino ja va realitzar un estudi de decaïment a Mongòlia l'any 2015, utilitzant dades del satèl·lit Landsat. En el que estudiava el decaïment de *Betula platyphylla*. A través de les dades de Landsat aconseguix calcular l'NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), un índex de vigrositat vegetal per a dues imatges una de 1991 i l'altre el 2015. En aquest estudi ja es manifesta la importància de les dades satel·litals per a estudis de decaïment. No només això sinó que l'estudi també analitza variables topogràfiques així com meteorològiques, i conclou que l'estat vegetal de la seva àrea d'estudi està fortament condicionada per la sequera i per l'orientació del terreny.

K. Otsu i el seu equip de treball, en el seu estudi indaguen sobre l'efectivitat i l'adequació de diferents índexs, per a una àrea d'estudi de decaïment a la zona del Solsonès, molt afectada per *T. Pityocampa* (processionària). Conclouen que les imatges preses en dron poden servir per validar els valors de decaïment obtinguts a través de les imatges satèl·lit de Landsat. Alhora aquesta metodologia permet prescindir de la supervisió in situ sobre el territori, el qual és molt costós, per tal de fer un control sobre la situació i l'evolució del decaïment més econòmic i àgil. També arriben a la conclusió que l'índex que millor explica el decaïment dels pins és el MSI (Moisture stress index).

- **Estat de la Qüestió**

El present treball és una validació del treball " Anàlisi de les masses boscoses del Maresme i part del Vallès Oriental" de A. Tardà, R. Riera. Per tant es segueixen les presumpcions a les quals arriba Tardà.

❖ *Anàlisi de les masses boscoses del Maresme i part del Vallès Oriental*

En aquest anàlisi de decaïment es centra en els boscos del Maresme, ja que aquests presenten un escenari molt precari de salut especialment *P. pinea*.

En lloc d'utilitzar imatges Landsat de 30 metres per 30 metres de resolució, com feia Otsu, utilitza les imatges que disposa l'ESA (European Spatial Agency) captades amb el satèl·lit Sentinel 2. Aquestes imatges ofereixen millors resolucions, de 20 metres i 10 metres de costat de píxel segons la banda. Primerament treballen amb tres índexs MSI, NDVI i EVI. Però s'adonen que MSI té pitjor resolució i al treballar amb bandes que tenen diferents mides de píxel els resultats no són òptims, per tant el descarten. Finalment decideixen que l'EVI distingeix millor el tipus de cobertura que l'NDVI, i decideixen realitzar la representació del decaïment amb aquest.

$$EVI = 2.5 \frac{B8-B4}{B8+6 B4-7.6 B2+1}$$

$$MSI = \frac{B11}{B8}$$

$$NDVI = \frac{B8 - B4}{B8 + B4}$$

Alhora necessiten discriminar les zones de cobertura arbòria que és la que realment interessa. Això ho aconsegueixen contrastant el MDS (model digital de superfície), obtingut a partir del sensor òptic Lidar, i el MDT (model digital del territori) amb aquest procés s'obté el CHM (Canopy Height Model) o model d'alçades de capçades. El MDS és de l'any 2016 així que per a les dades del 2018 es va haver d'actualitzar la font per a evitar possibles errors provinents de les talles sanitàries que es podrien haver produït en certs punts. Aleshores per a aquest últim any es va utilitzar una prova pilot de l'ICGC de Model d'altura de les capçades realitzat a partir d'imatges òptiques de diversos vols.

Així doncs a partir dels valors calculats dels EVI de cada any i de la màscara de la cobertura arbòria es va obtenir una cartografia que classificava el decaïment en 3 categories:

Classes EVI simplificada	Definició
Molt afectat	Masses boscoses afectades amb més d'un 25% de vegetació seca
Afectat	Masses boscoses afectades amb menys d'un 25% de vegetació seca
No afectat	Masses boscoses vigoroses

Figura 1. Anàlisi de les masses boscoses del Maresme i part del Vallès Oriental. ICGC.

Aquesta investigació amb imatges consecutives del 2015 al 2018. Mostra una metodologia a l'hora d'estudiar i tractar el decaïment vegetal a través d'imatges satèl·lit. També fa palesa la utilitat de fotografies aèries per a la validació d'aquest decaïment. A partir d'aquí, deixen la porta oberta a diferents estudis que se'n puguin derivar i a la implementació d'aquesta metodologia en d'altres zones afectades per decaïment.

- **Marc Institucional. Contextualització.**

En el Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya (DOGC), núm. 6551, de 30 de gener del 2014, es publica la Llei 2/2014, de creació de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC) i la supressió de l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC) i de l'Institut Geològic de Catalunya (IGC). Aquesta nova institució entra en funcionament l'1 de febrer del 2014.

7. Objectius del Projecte

A partir dels resultats de l'estudi del decaïment de la zona del Maresme i el Vallès Oriental, anteriorment comentat, de la seva cartografia durant el període 2015 al 2018, es pretén analitzar diferents aspectes d'aquest estudi. Aquests objectius es divideixen en dos casos d'estudi, independents un de l'altre:

- **Cas 1. Anàlisi de l'Evolució del decaïment de 2015 al 2018**

Analitzar com ha evolucionat el decaïment al llarg dels anys a partir de la interpretació de la cartografia amb l'índex EVI. Tractar de descobrir algun patró espacial a partir de les imatges dels diferents escenaris.

Al mateix moment es validarà aquesta cartografia amb les imatges de l'OrtoXpress a través de la seva fotointerpretació, per cerciorar-nos que representen fidelment la realitat del bosc.

- **Cas 2. Buscar correlacions de l'EVI amb la meteorologia**

En aquest segon cas, es pretén analitzar la influència de la meteorologia sobre els escenaris de decaïment, per tal de discriminar-ne l'efecte sobre l'EVI, i millorar la comprensió del fenomen de decaïment.

8. Desenvolupament del projecte

- **Cas 1. Anàlisi de l'Evolució del decaïment de 2015 al 2018**

- ❖ *Plantejament del problema*

Com abans s'ha descrit tenim una cartografia del decaïment per una àrea d'estudi del Maresme i una petita part del Vallès Oriental. La cartografia mostra 4 escenaris de l'estiu de 2015, 2016, 2017 i 2018. Aquests escenaris ja van ser analitzats i es va veure quina superfície variava d'un any a un altre i, si aquesta millorava o empitjorava el que no es va fer va ser una anàlisi visual per tractar de distingir uns patrons espacials d'aquest decaïment. És a dir, es pretén conèixer com es comporten aquestes masses, comprovant com evolucionen al llarg dels anys.

Paral·lelament, és necessari fer un control de la qualitat per contrastar que les dades de l'EVI concorden amb la realitat, i que confirmen que la metodologia per

obtenir les dades i el tractament d'aquestes dades donen com a resultat una cartografia fiable.

❖ *Metodologia*

Per a dur a terme la primera part, només es tracta de fer una interpretació de les zones de decaïment a través de la plataforma QGis. Per a la segona part cal representar conjuntament tant la cartografia del decaïment del maresme, com les imatges OrtoXpress amb el fals color compost per les bandes del NIR-R-G (Near Infrared), que és la més indicada per apreciar diferència en la vigrositat de les espècies arbòries. Una de les consideracions que es van tenir en compte va ser la disponibilitat d'imatges presses en vols realitzats en dates pròximes a les dates de les imatges satèl·lits de l'EVI, d'aquesta manera les possibles taies sanejadores i transformacions dels boscos es puguin percebre en les ortoimatges.

❖ *Implementació*

El programari utilitzat en aquesta part del projecte va ser el QGis 3.4 per a visualitzar l'EVI i crear els polígons de control, i visualitzar les imatges d'OrtoXpress de forma solapada. A l'hora d'extreure resultats es van realitzar retalls de visor de Qgis i es va fer una composició d'imatges a través de Powerpoint.

Per a dur a terme aquest procés es van dur a terme els següents passos:

Establir zones de mostreig

El territori del qual disposem dades és molt estens i una anàlisi genèric del fenomen seria difícil d'abordar, per tal de permetre una anàlisi eficaç, vam acotar unes zones de control que servissin com a unitats d'anàlisi, seleccionant unes zones on es produís un decaïment diferenciable entre les 4 imatges que es disposen. Així doncs vàrem delimitar 5 zones de control en les quals s'hagi detectat nivells de decaïment en almenys 1 dels anys. Aquestes es van crear com a polígons amb l'eina de Qgis per a crear una nova capa vectorial. La mida d'aquestes es troba des d'1,1 km² a 2,4 km².

Validació amb OrtoXpress

Per als EVIs obtinguts per a cada any respectivament se li associà una imatge aèria representada amb el NIR, que s'obté de les imatges provisionals que es van

realitzar per a aquests anys i que es poden consultar al recull del servei Ortoexpress de l'ICGC. D'aquesta manera localitzant les zones de control en aquestes imatges podem comparar una imatge representativa del territori i contrastar-la amb el seu EVI corresponent.

Composició de l'evolució del decaïment

Per tal d'interpretar les imatges, es van agrupar els EVIs dels quatre anys per a cada zona de control, emprant retalls de cada zona de control. De tal manera que aconseguim una visualització simultània de les zones de decaïment cronològicament ordenades.

❖ Resultats

Complementàriament es pot consultar la totalitat de composicions analitzades a l'apartat 3 de l'Annex.

Validació amb Ortoexpress

Amb les següents comparatives, es pot apreciar bastant bé que l'EVI coincideix amb la realitat:

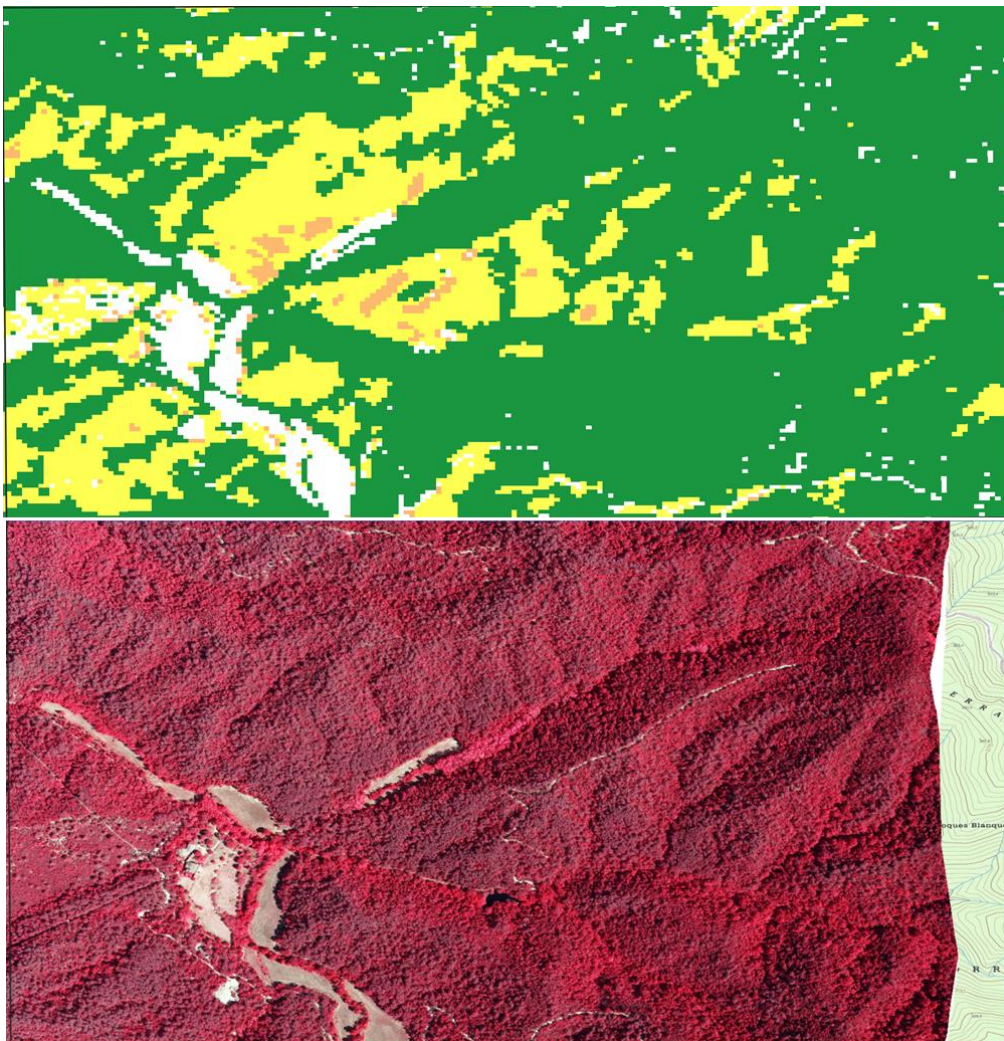


Figura 2. Representació de Zona de control 3 (estiu 2016). Imatge superior representació EVI. Ortofoto infraroja. Font: elaboració pròpia.

Tal com es veu, la zona de control 3 representada a sobre amb l'EVI i a sota amb Infraroig de l'Ortoimatge. Ens permet contrastar la informació i veure si hi ha alguna incongruència entre elles. Les zones blanques de l'EVI equivalen a zones sense arbrat i que coincideixen amb camins i camps segats de l'ortofoto infraroja.

El roig de l'ortofoto infraroja representa qualsevol tipus de vegetació, però en la tonalitat d'aquest roig es pot distingir el decaïment i la vigoresitat d'aquesta. Les zones roges pàl·lid equivalen a decaïment i les vermelles més viu en zones on no hi ha decaïment.

El nivell de zoom que ofereix l'ortoXpress permet fer una aproximació bastant correcta de l'espècie d'arbre que domina en l'estrat superior.

Composició de l'evolució del decaïment

Així doncs obtenim les composicions fotogràfiques per a l'anàlisi de l'evolució del decaïment:

Zona 1

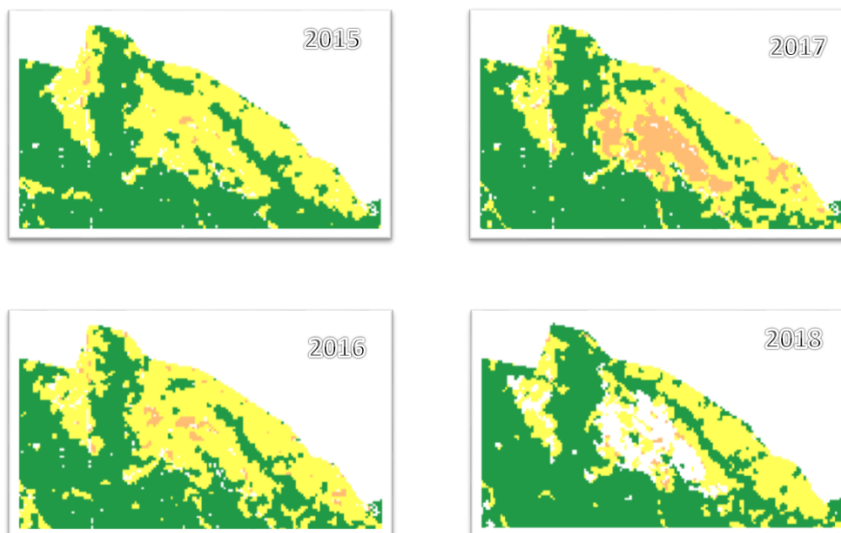


Figura 3. Representació Zona 1 EVI. Font: elaboració pròpia.

En aquest cas veiem una zona que pateix un decaïment important que va en augment, que troba el seu pic el 2017 i que a través d'unes taules de sanejament

s'intenta aturar l'expansió del fenomen, d'aquí les zones blanques el 2018.

Zona 2

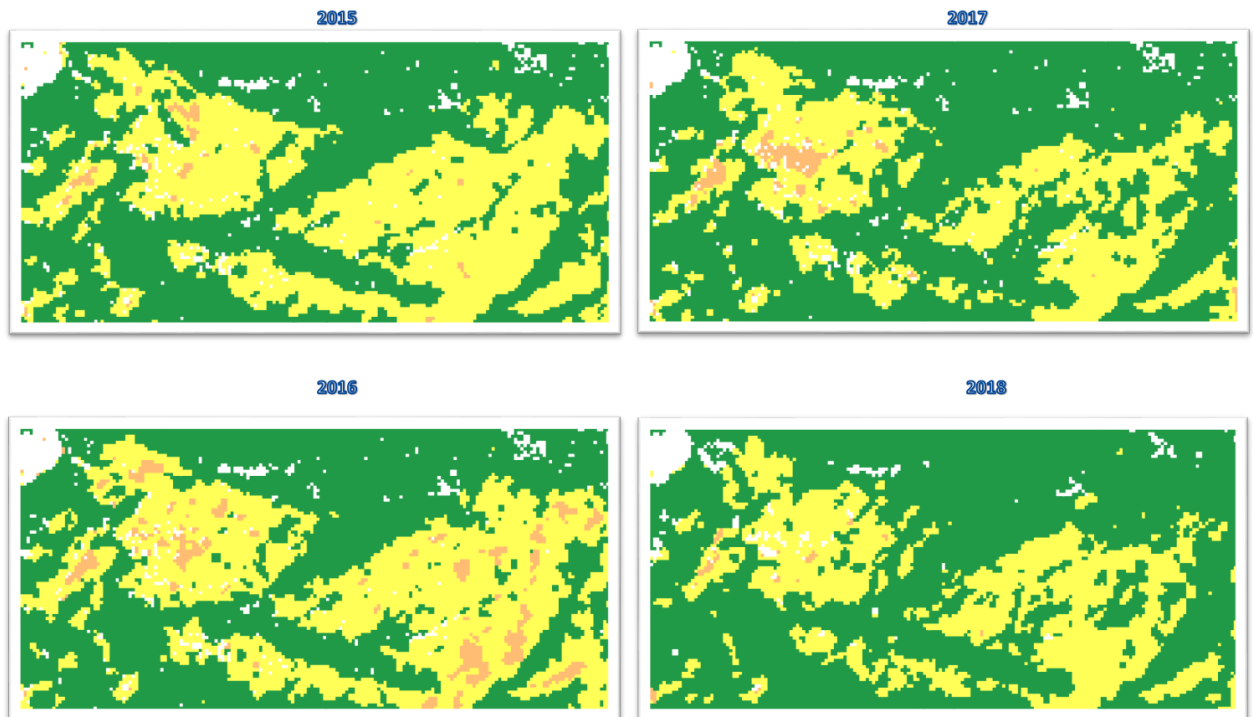


Figura 4. Representació Zona 2 EVI. Font: elaboració pròpia.

La zona 2 es diferencia clarament de la 1. Presenta major complexitat en el seu decaïment, veiem com el 2016 és l'any en què el decaïment és més crític i de cara al 2017 aquest decaïment evoluciona positivament en la meitat est del quadrant.

Zona 3

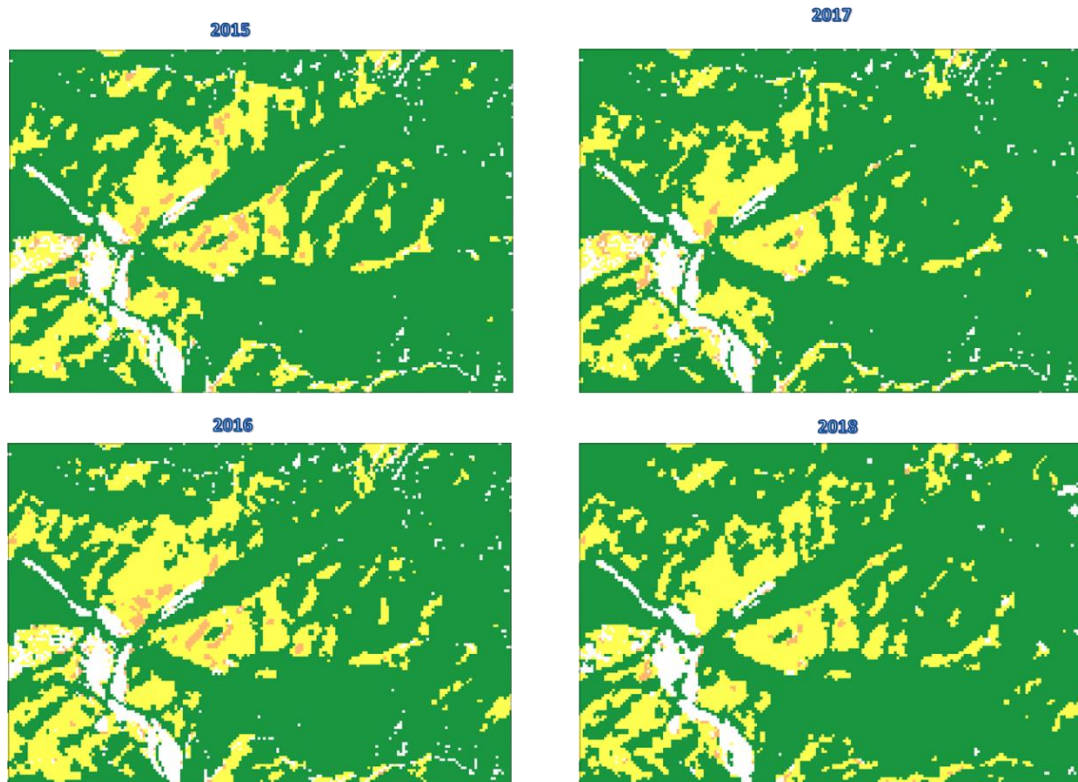


Figura 5. Representació Zona 3 EVI. Font: elaboració pròpia.

La zona 3 presenta una situació d'afectació no tan agreujada com les dues primeres i és en el 2015 i el 2016 quan es troba en una situació pitjor. En els dos darrers anys veiem una millora en la vigrositat de la zona.

Zona 4

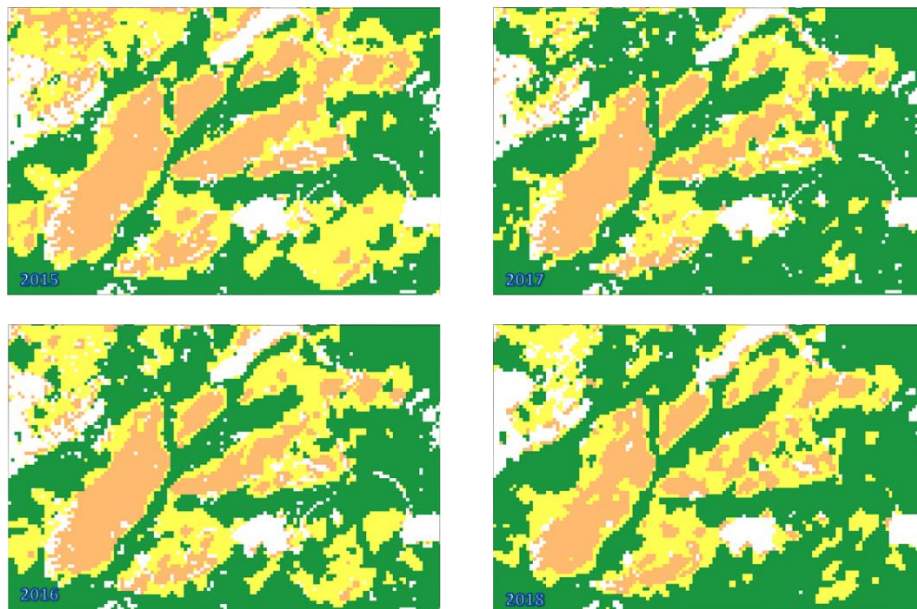


Figura 6. Representació Zona 4 EVI. Font: elaboració pròpia.

Es pot detectar en aquesta quarta zona de control unes extensions de decaïment molt grans i força homogènies. Costa de detectar millores significatives al llarg dels anys, com a molt caldria destacar la cantonada nord-oest on l'afectació disminueix una mica.

Zona 5

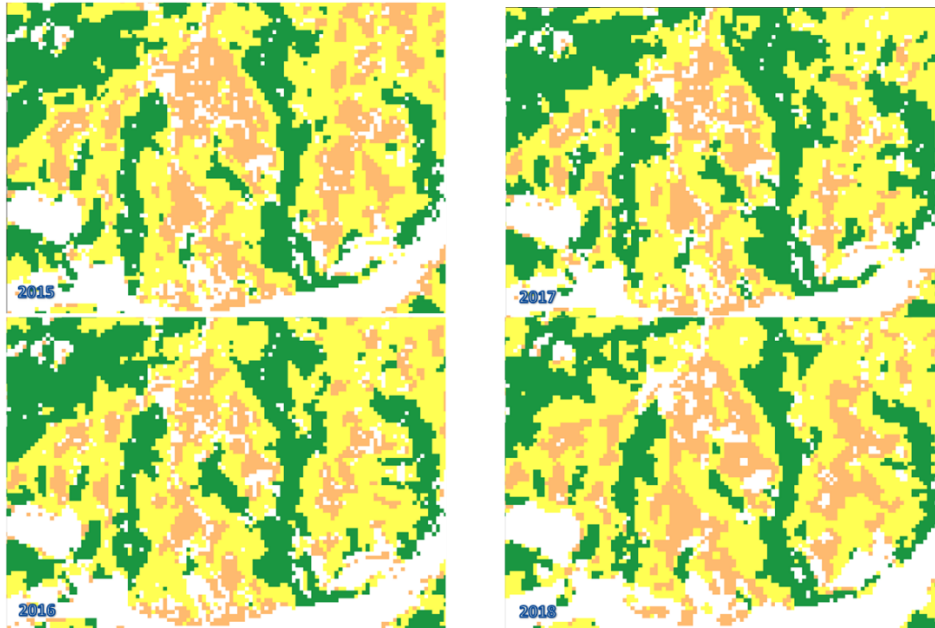


Figura 7. Representació Zona 5 EVI. Font: elaboració pròpia.

En aquesta última zona de control, no es detecta una millora del decaïment de la vegetació al llarg dels anys.

Anàlisi espacial del decaïment

Sense tenir en compte més paràmetres que l'Evi, veiem que les zones decaïgudes es comporten una mica com taques d'escalfor, en el seu interior presenten decaïments més acusats (color taronja) per contra a les zones externes veiem decaïments menys acusats (color groc). La regularitat no és constant de les taques, ja que hi ha diversos factors que no es tenen en compte que possiblement influeixen en el dibuix del fenomen com són l'orografia, les pendents, les orientacions d'insolació, les espècies arbòries dominants.

- Cas 2. Correlació de l'EVI amb paràmetres meteorològics

- ❖ *Plantejament del problema*

Ens trobem davant un fenomen teòricament influenciat per la sequera i l'estrès hídric de la massa boscosa, per tant s'hauria de poder distingir la influència meteorològica en els resultats de l'EVI, ja que les imatges satèl·lit es prenen en moments diferents els quals presentaran escenaris meteorològics diferents. No és el mateix la imatge del decaïment presa en un moment en què feia un mes que no plovia, que no d'una imatge presa 48 hores després de la descàrrega de 30 mm de precipitació. Així doncs es pretén veure la influència de diversos paràmetres meteorològics per veure quin grau d'afectació poden tenir sobre l'EVI. Si s'aconsegueix discernir la influència meteorològica que pot existir sobre l'EVI, aconseguirem la situació real del decaïment.

- ❖ *Metodologia*

Per fer possible això, cal seleccionar àrees del territori que no presentin decaïment i d'una superfície considerable (com a mínim 1 ha). Alhora per disposar de dades meteorològiques ens adreçarem al servei meteorològic català per sol·licitar les dades per a les dates que afectin els EVIs. Les dades són captades en punts concrets del territori, per tant haurem de seleccionar les àrees de control que es trobin propers a les Estacions meteorològiques automàtiques, per tal d'extrapolar-ne els valors meteorològics de forma òptima i així, no obtenir valors falsos. Un cop aquí s'haurà d'estructurar les dades meteorològiques i de l'EVI mitjançant l'EXCEL i finalment realitzar els gràfics de dispersió (plot) encreuant les diferents variables amb els valors de l'EVI.

- ❖ *Implementació*

- Acotar zones d'estudi*

A través de l'editor de QGis crearem uns polígons que ens serviran de motlle per a extreure estadístics de l'EVI.

A l'hora de crear aquests polígons o zones de mostreig tindrem en compte els següents criteris:

- Espècie dominant (*Pinus halepensis*, *Pinus pinea*, *Quercus ilex* i *Quercus súber*)

Cal tenir en compte que els diferents tipus d'arbre es poden comportar de forma diferent, d'aquesta manera hem seleccionat els casos agrupant-los per la seva espècie dominant: 1 *Pinus halepensis*, 2 *Pinus pinea* i 3 *Quercus súber* i *Quercus ilex*. Per a reconèixer les espècies dominants vam fer servir el mapa de cobertes del Sòl de Catalunya del 2009. Al ser del 2009 aquestes espècies podrien haver canviat en certa mesura per això es va contrastar aquesta informació amb les imatges aèries de l'OrtoXpress.

Per a exemplificar-ho, mostro un retall de com he sobreposat el mapa de cobertes del sòl per seleccionar i classificar polígons segons espècie arbòria dominant.

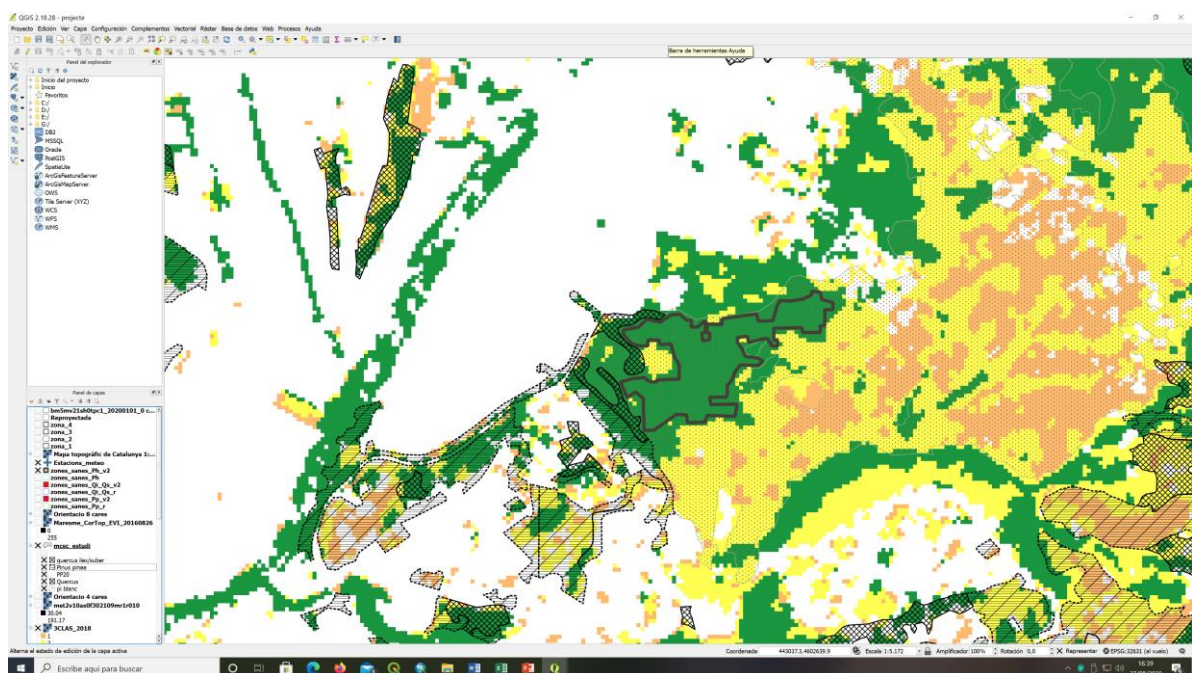


Figura 8. Programari QGIS. Sobre posició de capes Font: pròpia.

- Superfície

Per tal que l'estudi tingui certa fiabilitat els polígons de mostreig havien de tenir una superfície el més gran possible. Es va establir que 1 ha era una superfície òptima per polígon no obstant veient que faltaven parcel·les es va decidir aprofitar-ne també les petites. Es pot consultar la superfície dels polígons de mostreig a la taula 1 de l'Annex. Tenim polígons que van de 0,14 ha fins a 7,04 ha.

- EVI saludable en els 4 anys

És necessari que les zones a estudiar no tinguin decaïment en cap dels quatre anys per així poder analitzar la influència de les variables meteorològiques. En la següent imatge es pot veure com el polígon delimitat per una línia negra compren valors sans per a les 4.

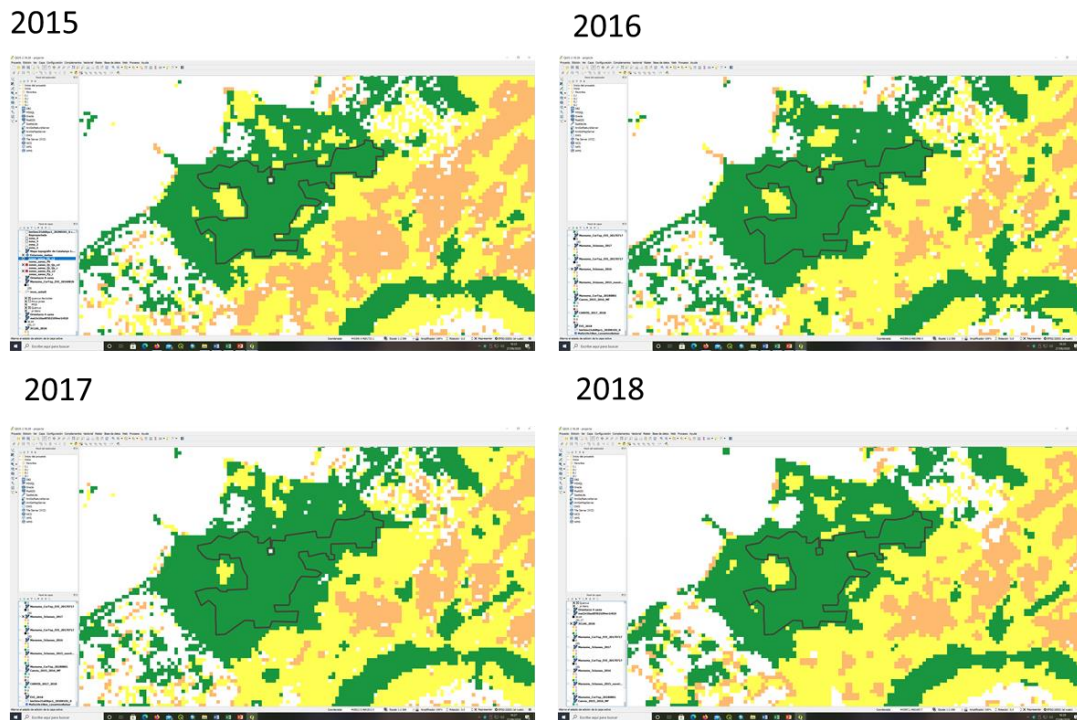


Figura 9. Programari QGIS Comparativa imatges EVI. Font: Elaboració pròpia.

- Proximitat a una estació meteorològica automàtica

La representativitat de les dades meteorològiques a l'estar subjecte a la geografia del terreny, microclimes i a la disponibilitat d'estacions meteorològiques, ha sigut necessari establir els polígons de mostreig el més a prop d'aquestes, per tal que a l'hora d'extrapolar la meteorologia sigui el més acord amb la realitat. En el següent mapa es mostren les zones de mostreig i les estacions meteorològiques corresponents: Vilanova del Vallès (WE), Cabrils (UP), Dosrius (UQ), Malgrat de Mar (WT) i Fogars de la Selva (KP).

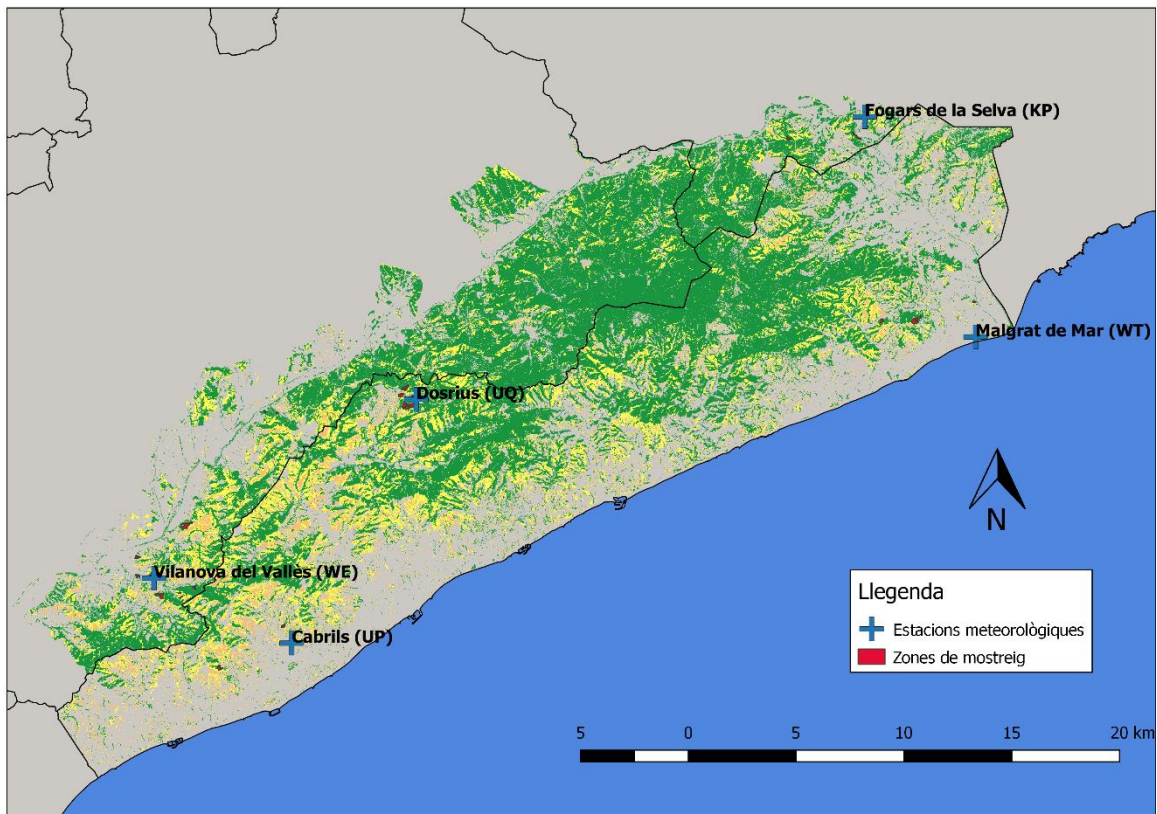


Figura 10. Representació Estacions Meteorològiques. Font: elaboració pròpia.

Per tant a cada polígon se li assignaran els valors meteorològics de la seva estació més propera.

Extreure estadístiques dels polígons de mostreig

A partir d'aquests polígons calcularem una sèrie d'estadístics de les capes EVI, emprant l'eina Zonal Statistics de QGIS. Les estadístiques que es va decidir utilitzar en un primer moment van ser la mitjana, la mediana i la desviació estàndard. No obstant a l'hora de fer els diagrames es va acabar utilitzant la mitjana, ja que semblava ser el més acord al què necessitàvem.

Estadístiques d'orientació

Com que estem treballant amb un camp d'estudi amb una orografia complexa com és la serralada litoral, i aquesta afecta considerablement a les condicions del terreny causa de les vessants, les hores d'insolació, etc. i això afecta directament a la humitat del terreny i la temperatura. Es va decidir buscar el component d'orientació dels polígons.

Primerament es va buscar un model digital d'elevacions del terreny de la zona d'estudi, i un cop aquí emprant l'eina de QGIS Orientation de l'apartat d'Anàlisi

Ràster, obtenim un ràster amb les orientacions. Per a classificar els polígons en una orientació determinada va fer falta calcular estadístics d'orientació, emprant l'eina Zonal Statistics, i finalment es va decidir utilitzar l'estadístic de la mediana per a incorporar la variable d'orientació als polígons de mostreig.

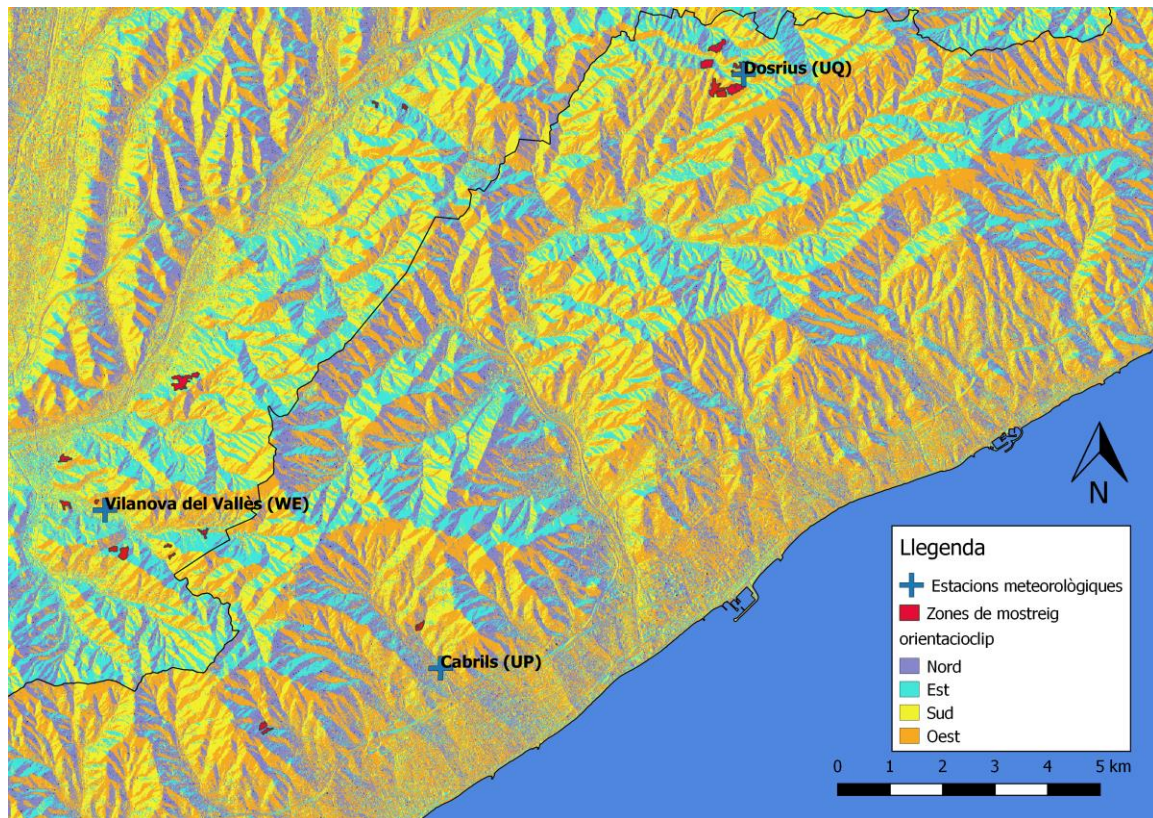


Figura 11. Plànol representació de les orientacions. Font: elaboració pròpia.

Dades Meteorològiques

Per a obtenir les dades meteorològiques, primer va fer falta sol·licitar les dades al servei meteorològic català. Es van sol·licitar les dades de les estacions que ens interessaven i per a la finestra temporal que necessitàvem. Ens vam ajustar a les dates en què es van prendre les imatges Sentinel utilitzades per calcular l'EVI:

- 2 Agost 2015
- 26 Agost 2016
- 17 Juliol 2017
- 1 Agost 2018

Així doncs es van sol·licitar les dades dels nou dies abans d'aquestes dates per als següents paràmetres:

- Temperatura mitjana
- Temperatura mínima
- Temperatura màxima
- Humitat relativa mitjana
- Precipitació diària

Finalment les sèries de dades dels nou dies anteriors només es van utilitzar per calcular la precipitació acumulada per cinc i nou dies.

A continuació es va organitzar en una taula d'Excel totes aquestes dades per polígons de mostreig on constaven dades meteorològiques, orientació, superfície, valors mitjans de l'EVI, espècie arbòria i any. I es va deixar preparat per a poder crear els diagrames de dispersió.

Diagrames de dispersió

Per tal de conèixer la influència de cada variable sobre l'estat de salut de la massa boscosa (EVI) es va decidir fer diagrames de dispersió de punts utilitzant la mitjana de l'EVI en l'eix Y i les variables a comprovar en l'eix X:

Eix Y: mitjana de l'EVI

Eix X: T. Mitjana (C°), T. Mínima (C°), T. Màxima (C°), humitat relativa mitjana (%), precipitació acumulada de cinc dies (mm), precipitació acumulada de nou dies (mm) i orientació (°).

Els valors utilitzats en cada diagrama són tots els polígons de mostreig agrupats per espècies incloent les sèries de dades dels quatre anys. D'aquesta manera obtenim tres diagrames de cada variable (7 variables), és a dir en total 21 diagrames.

A més a més es va calcular la línia de regressió per cada gràfic i el coeficient de determinació (R^2) que ens mostraran si l'EVI està determinat per les variables de l'eix X, és a dir si hi ha una influència determinant sobre l'EVI per part de les variables observades.

Aquests passos es van realitzar amb l'Excel.

❖ Resultats

Com a resultat d'aquest procés s'obtenen 21 diagrames de dispersió. Tal com es mostra a continuació a tall d'exemple:

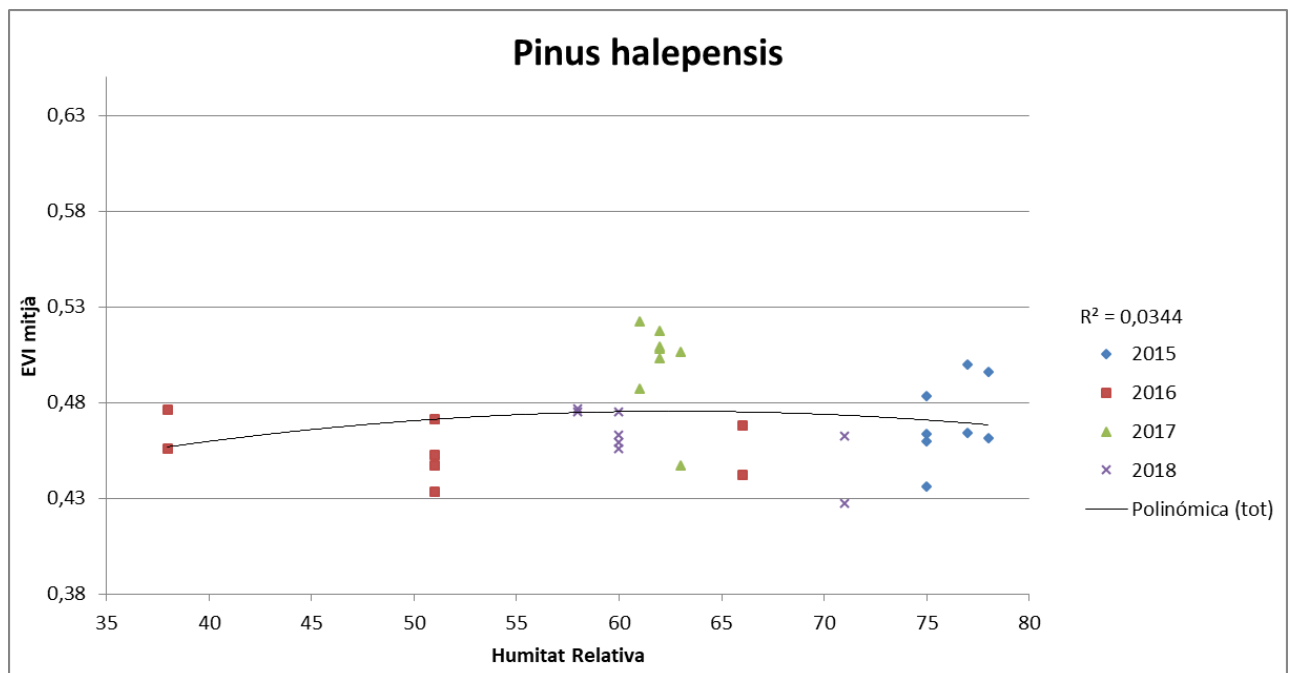


Diagrama de dispersió 1 Font: Elaboració pròpia

L'estructura dels 21 diagrames segueix la del diagrama anterior. Tenim l'eix de coordenades Y que és la variable dependent (EVI) i per l'altre eix de coordenades X, tenim la variable independent de la qual en volem conèixer la seva influència sobre l'EVI, en aquest cas es tracta de la humitat relativa. A sobre de la llegenda tenim el coeficient de determinació R^2 . Tal com es veu en aquest gràfic el coeficient R^2 és 0,03 per tant la variable EVI no està gens determinada per la humitat relativa.

De fet com es pot veure a l'apartat 4 de l'Annex, totes les variables donen valors molt allunyats d'una representativitat de l'EVI per part de les variables independents. Els valors de R^2 més elevats els hem trobat en el diagrama de *Pinus halepensis* amb la temperatura mitjana amb un R^2 de 0,37, i en el diagrama de *Pinus pinea* amb l'orientació amb un R^2 de 0,40. Tot i això tampoc es tracta d'uns valors que demostrin una determinació molt marcada.

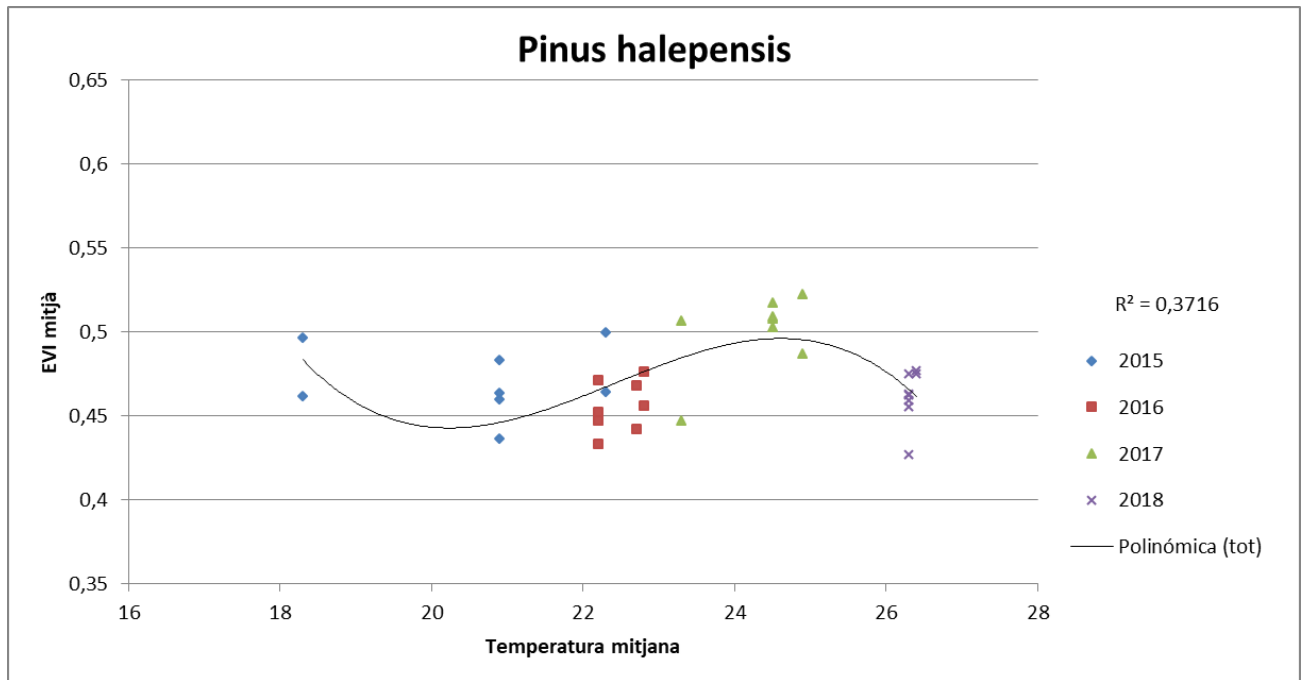


Diagrama de dispersió 2. Font: Elaboració pròpia

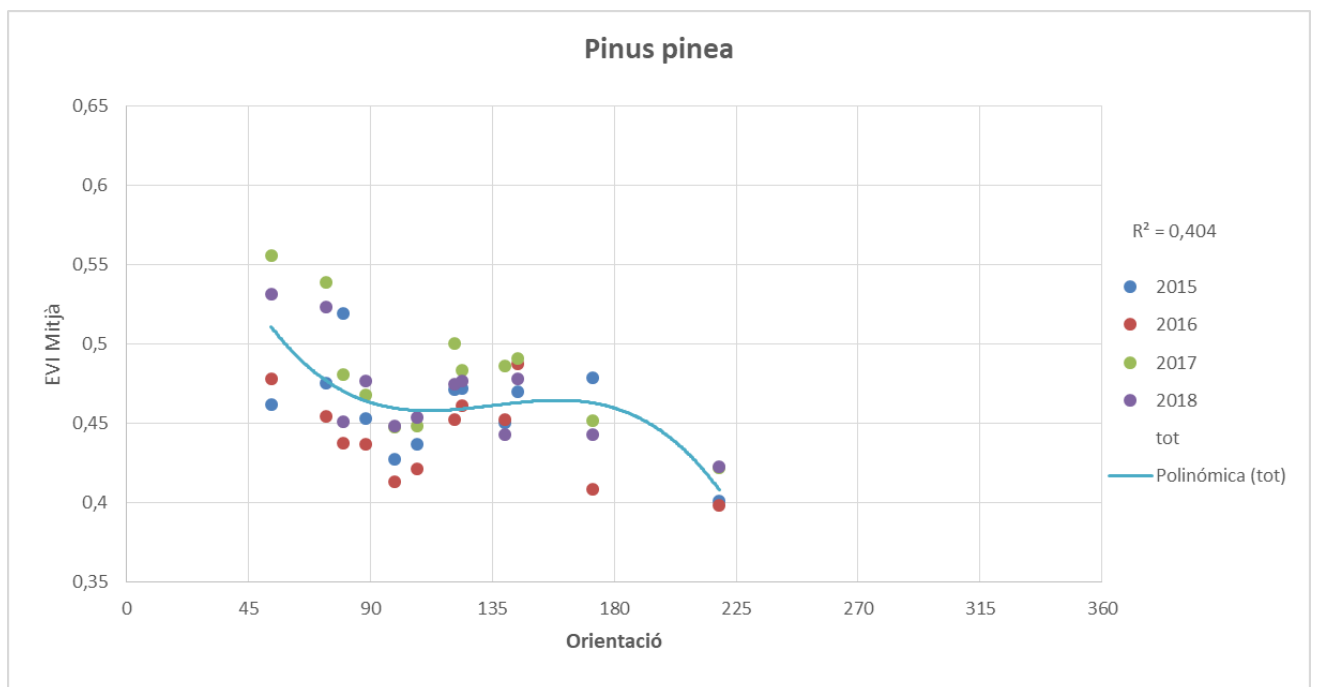


Diagrama de dispersió 3. Font: Elaboració pròpia

9. Conclusions

- **Cas 1. Anàlisi de l'Evolució del decaïment de 2015 al 2018**

A nivell de validació del EVI, les sensacions han sigut positives. Les imatges aèries de l'Ortoexpress, presenten un nivell de concordança òptim per a les 5 zones de control que s'havien observat. A més a més el nivell de detall que ofereixen les imatges en alguns casos permet reconèixer les espècies d'arbre principalment de *Pinus pinea*, gràcies a la característica forma arrodonida de les seves copes. Per tant per a certes funcions de reconeixement d'espècies pot evitar el treball de camp.

L'anàlisi solament visual dels EVI's no ha sigut suficient per reconèixer patrons d'expansió del decaïment, tractant-se d'un fenomen que succeeix en un territori en el qual moltes variables hi poden estar involucrades, fan de mal predir només a partir dels patrons espacials d'aquest decaïment. Probablement podria ser necessari incloure complementàriament variables com ara l'estat dels aqüífers o un model digital d'elevacions.

A simple vista sembla que les zones amb un major decaïment acostumen a ser zones amb major insolació i que estan més exposades. Per contra sovint es veien llengües de vegetació sana separant zones de decaïment que coincidien amb petites valls o amb canals de desguàs o torrents. Això podia fer pensar que en aquestes zones sovint més humides i fresques la vegetació pugui ser més vigorosa.

- **Cas 2. Buscar correlacions de l'EVI amb la meteorologia**

Partint del coneixement que es tenia sobre el fenomen del decaïment de les masses boscoses, es podia preveure que la meteorologia podria ser determinant. No obstant això, els diagrames de dispersió conjuntament amb les rectes de regressió i els coeficients de determinació, indiquen que els indicadors meteorològics tal com els hem fet servir no són determinants en la pèrdua de salut dels arbres.

A més a més el paràmetre de l'orientació que en un primer moment partint d'allò observat en el cas 1, indicava que podia ser determinant, a través dels diagrames se'ns ha mostrat que tampoc és tan determinant, si més no sembla tenir una mica més d'influència que els indicadors meteorològics observats.

Caldria analitzar si el mostratge que s'ha utilitzat ha sigut suficient i si ha sigut òptim a l'hora d'obtenir resultats significatius. A l'haver extrapolat els valors meteorològics de les estacions més properes, les quals en els millors dels casos es podien trobar a 200 metres, i en els pitjors a 7 km, on la mitjana de proximitat són 0,9 km, fa pensar que els valors podrien diferir una mica de la realitat.

Penso que si bé els resultats no han mostrat cap relació significativa entre aquestes variables i l'EVI, si que es podria seguir buscant noves variables que puguin oferir correlacions més elevades, com podrien ser l'altura sobre el nivell del mar o l'estat dels aqüífers.

O també es podria engrandir i millorar el mostratge realitzat per acabar de confirmar que aquestes variables definitivament no tenen correlació amb l'EVI.

A nivell personal aquestes pràctiques m'han ensenyat a desenvolupar un projecte d'investigació, a utilitzar eines com el QGis i l'Excel, a treballar amb eines d'estadística i a interpretar imatges aèries. Així com a millorar la meua comprensió dels espais forestals de Catalunya, que des de la societat sovint és desconeixen enormement aquestes problemàtiques.

10. Annexos

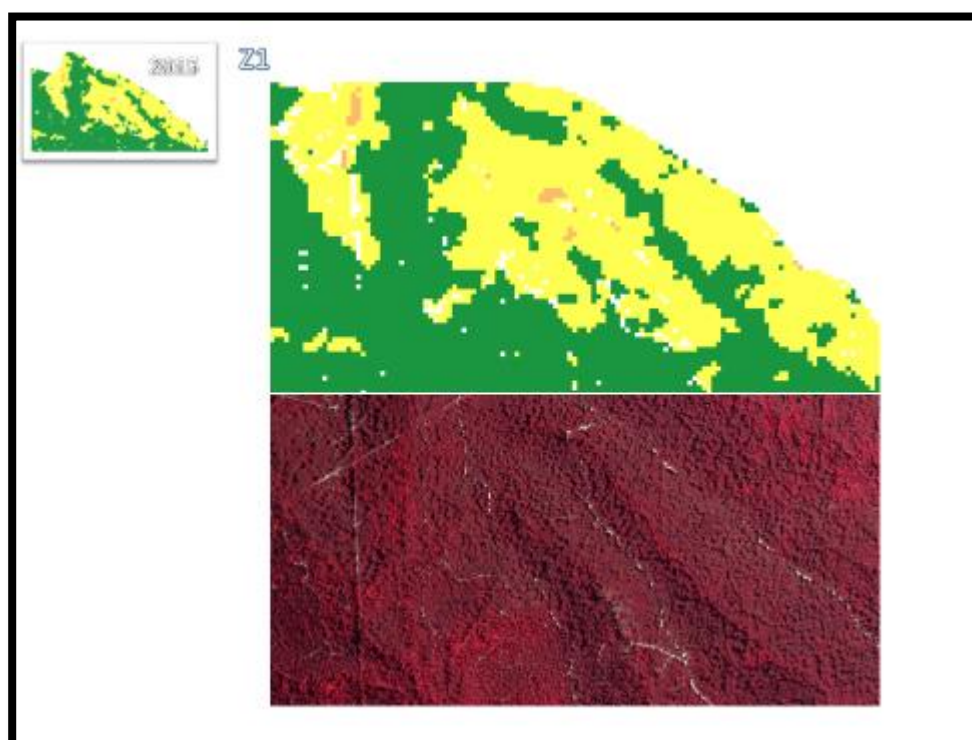
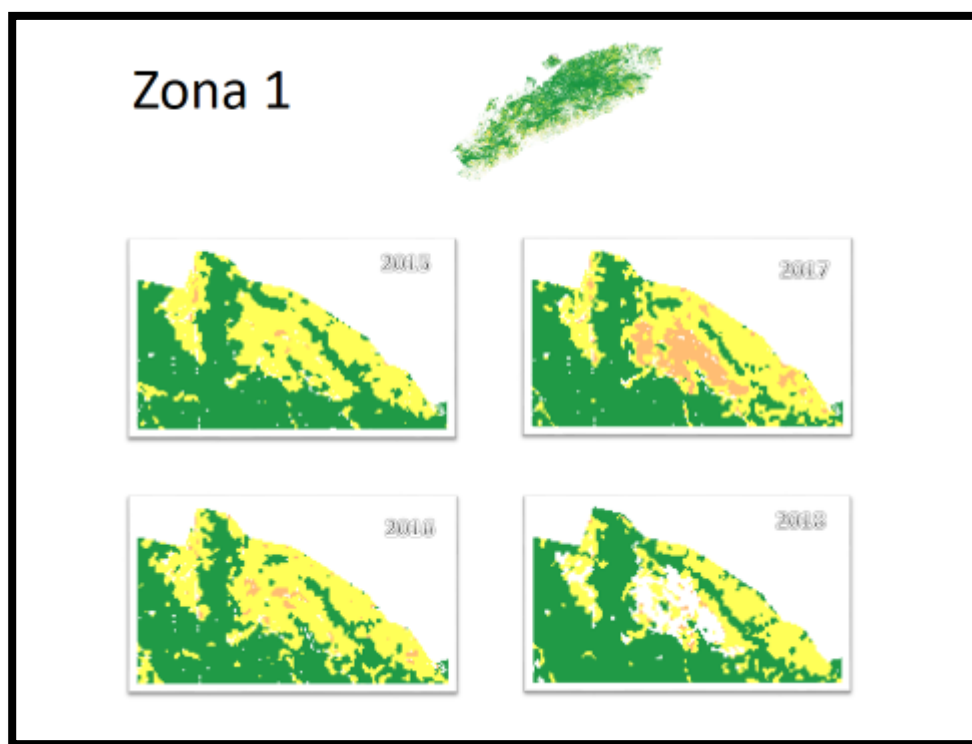
1. Taula de la superfície dels polígons de mostreig

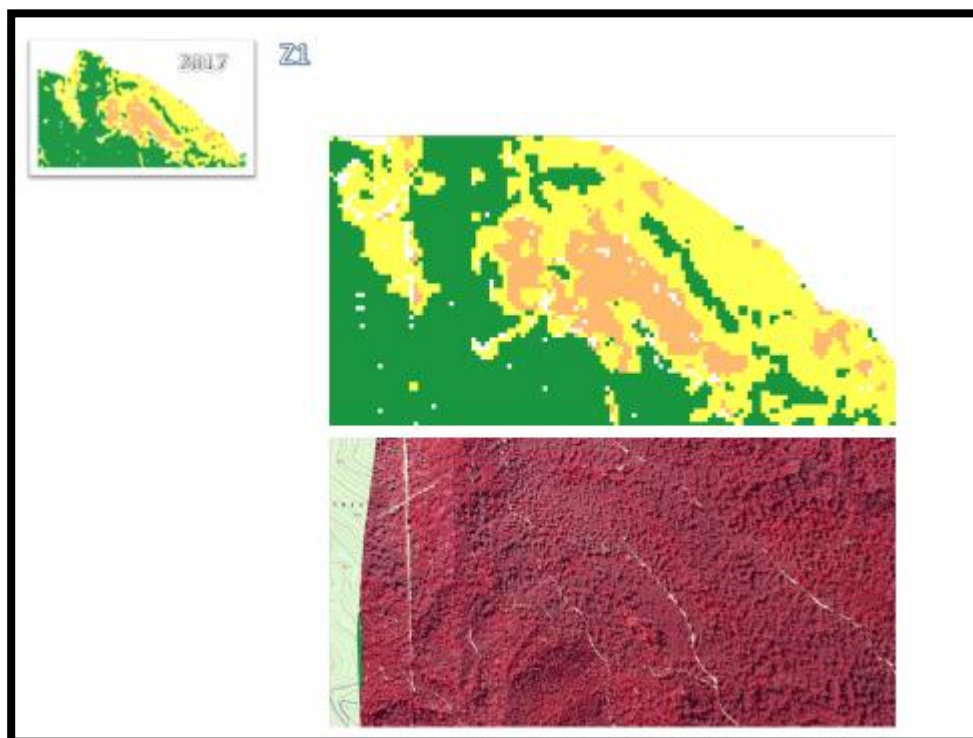
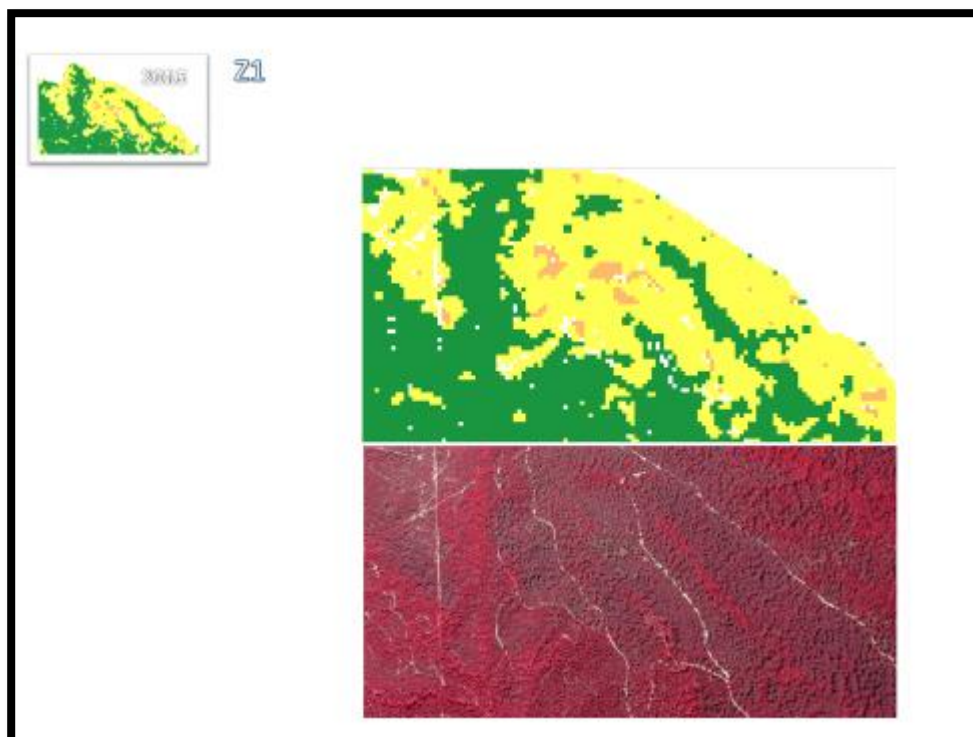
Espècie	ID	Superfície (ha)
Ph	1	0,53
Ph	5	0,53
Ph	2	0,57
Ph	3	0,50
Ph	4	0,66
Ph	6	1,87
Ph	9	7,04
Ph	10	1,35
Pp	1	0,24
Pp	2	0,54
Pp	3	0,14
Pp	4	1,49
Pp	5	0,51
Pp	8	1,84
Pp	10	1,38
Pp	11	1,04
Pp	12	4,32
Pp	13	3,06
Pp	14	3,57
Pp	16	1,85
QiQs	1	1,28
QiQs	2	0,46
QiQs	3	1,96
QiQs	4	4,15
QiQs	5	1,68
QiQs	6	3,13
QiQs	7	1,60
QiQs	13	0,79
QiQs	14	5,75
QiQs	15	2,43

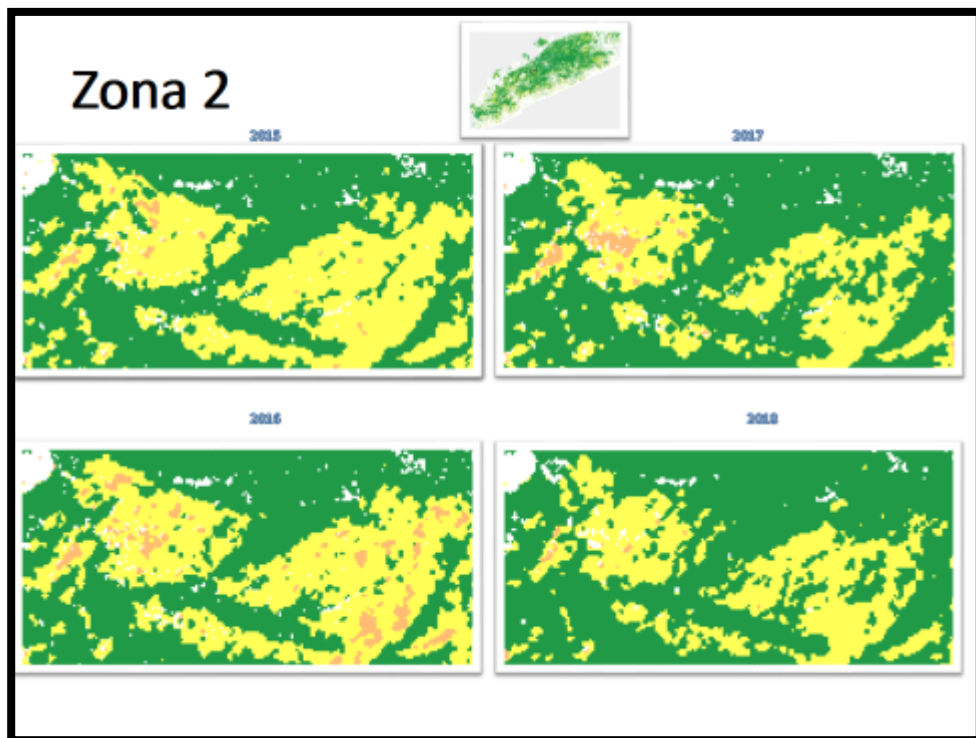
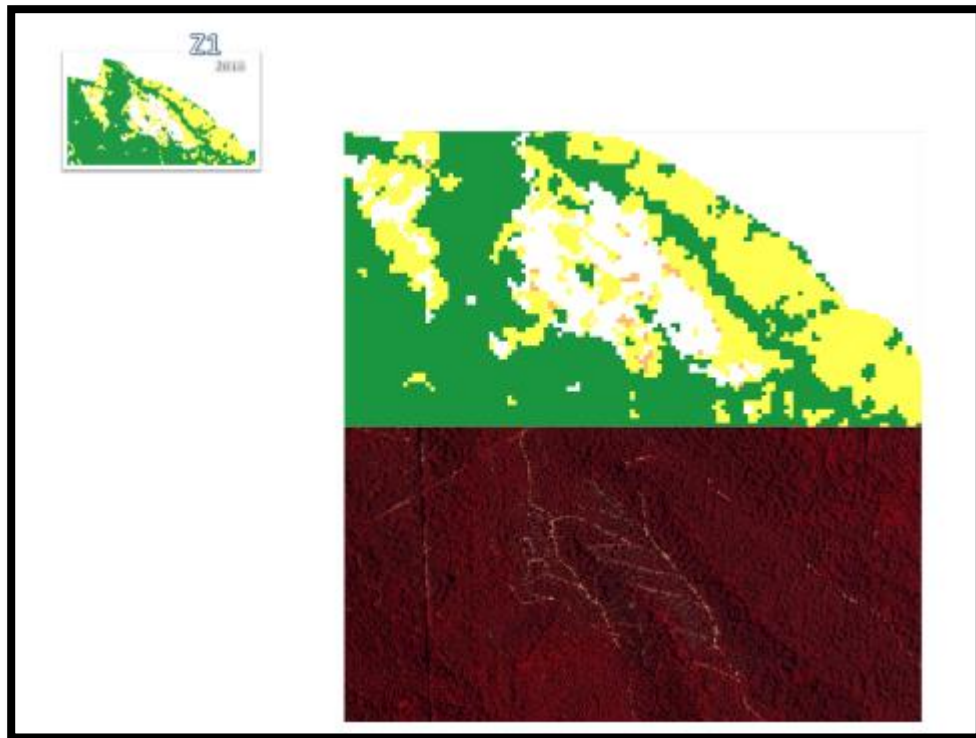
2. Taula general valors estadístics

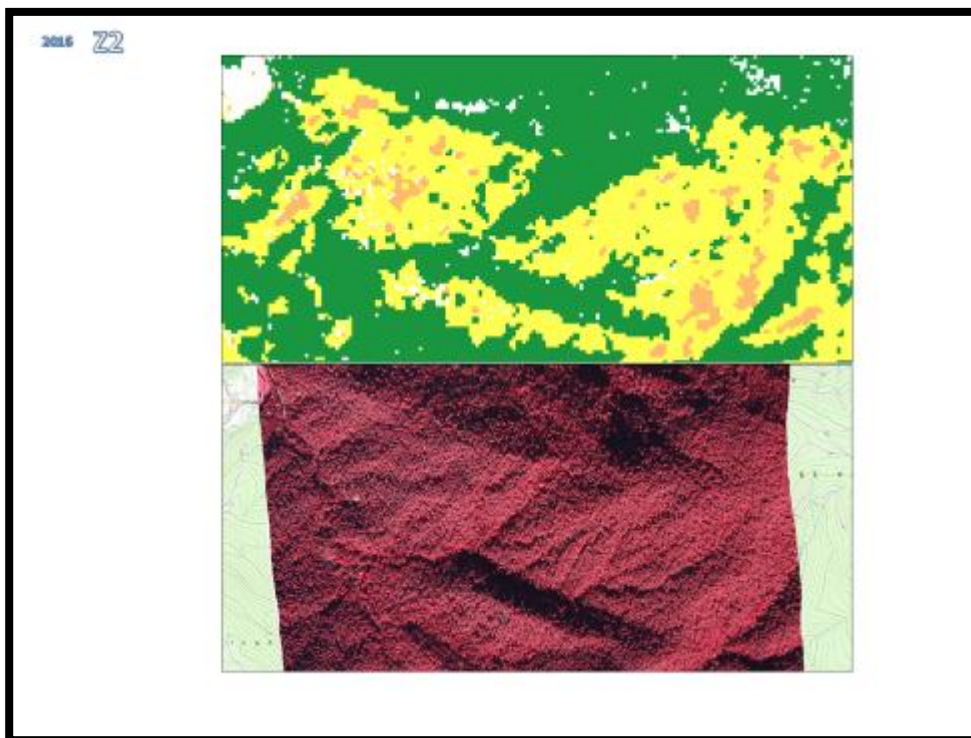
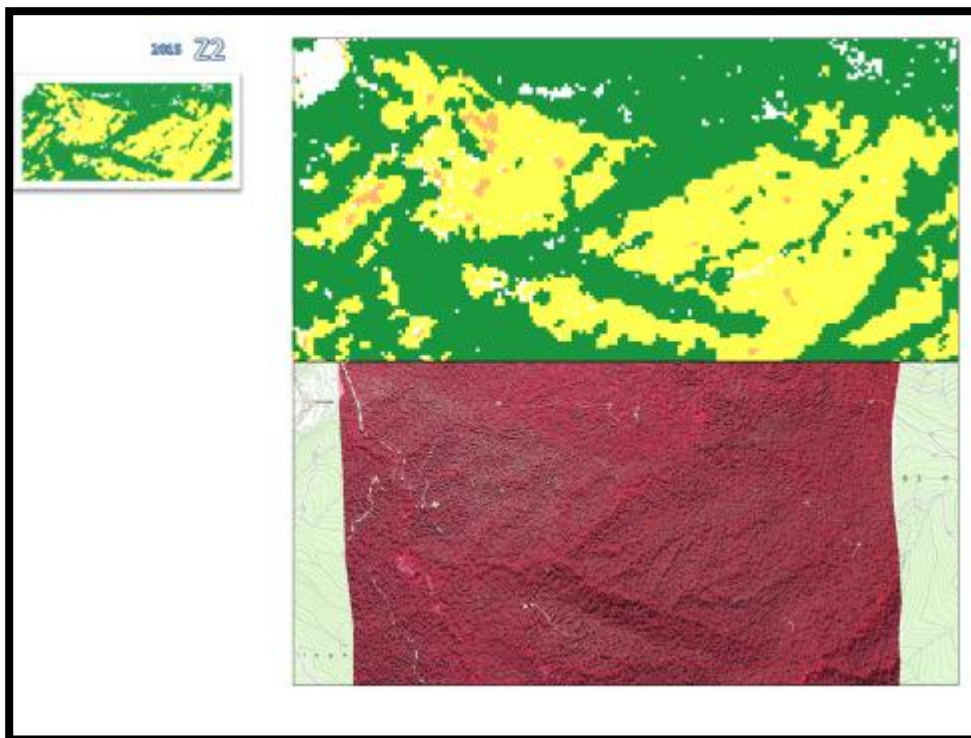
Table with 15 columns (Especie ID, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14, P15) and 1000 rows of statistical data for various species.

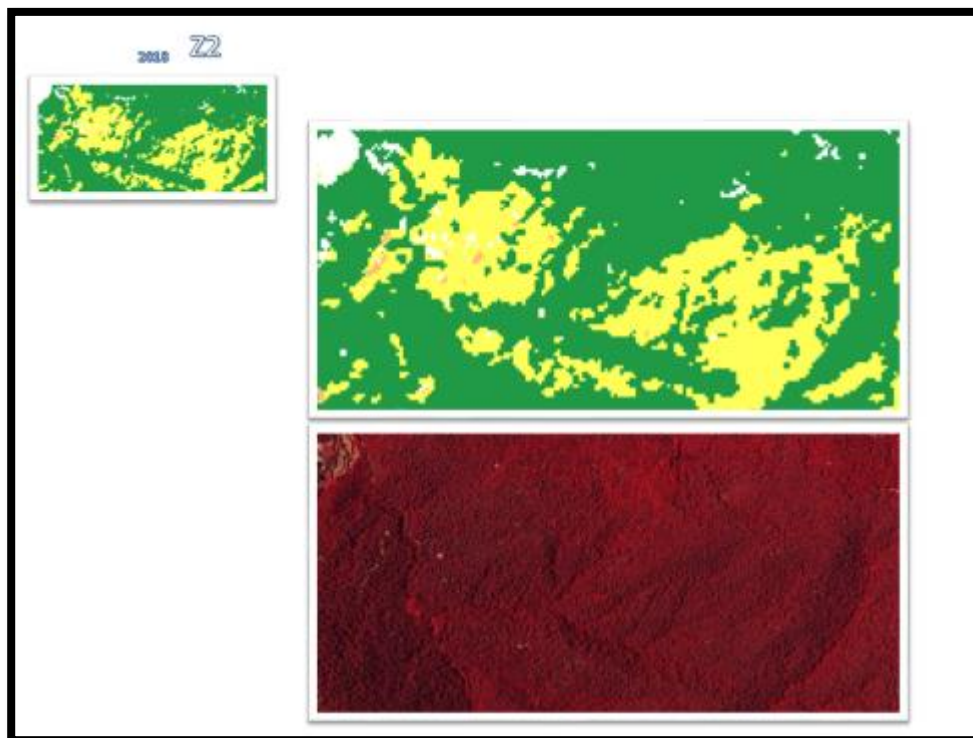
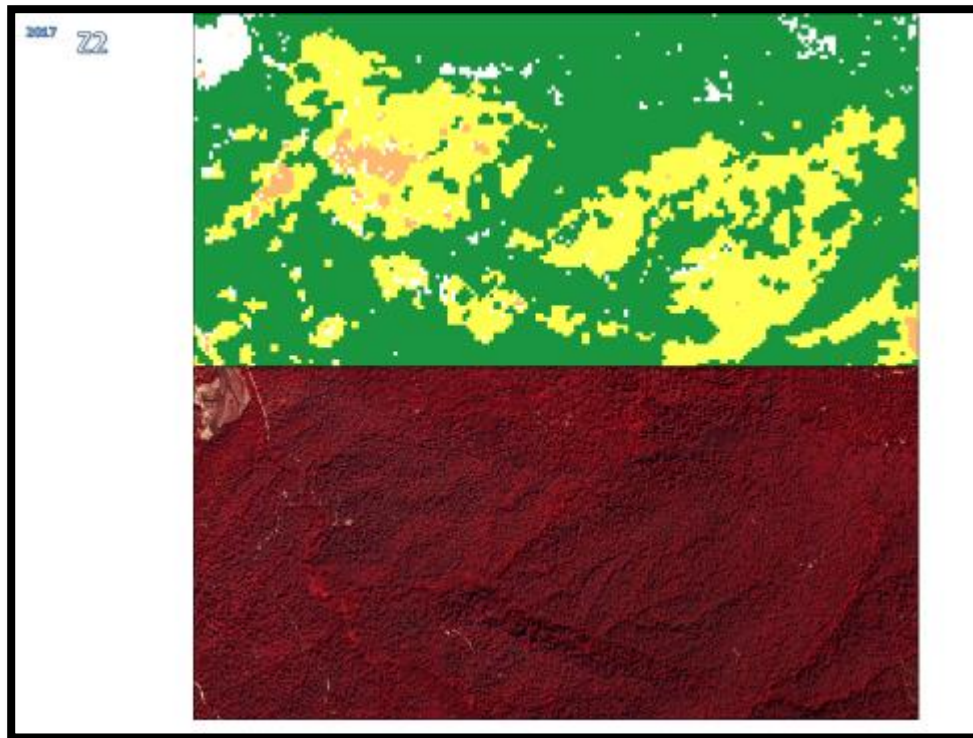
3. Evolució del decaïment i Validació amb OrtoXpress, a continuació adjunto les composicions i imatges observades en la validació:

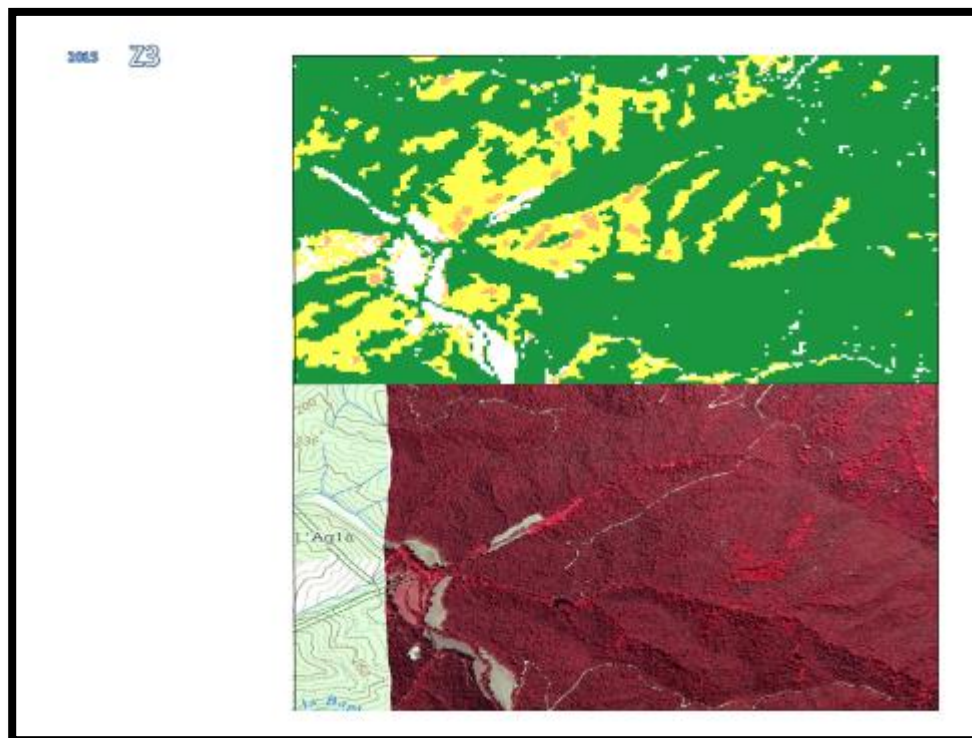
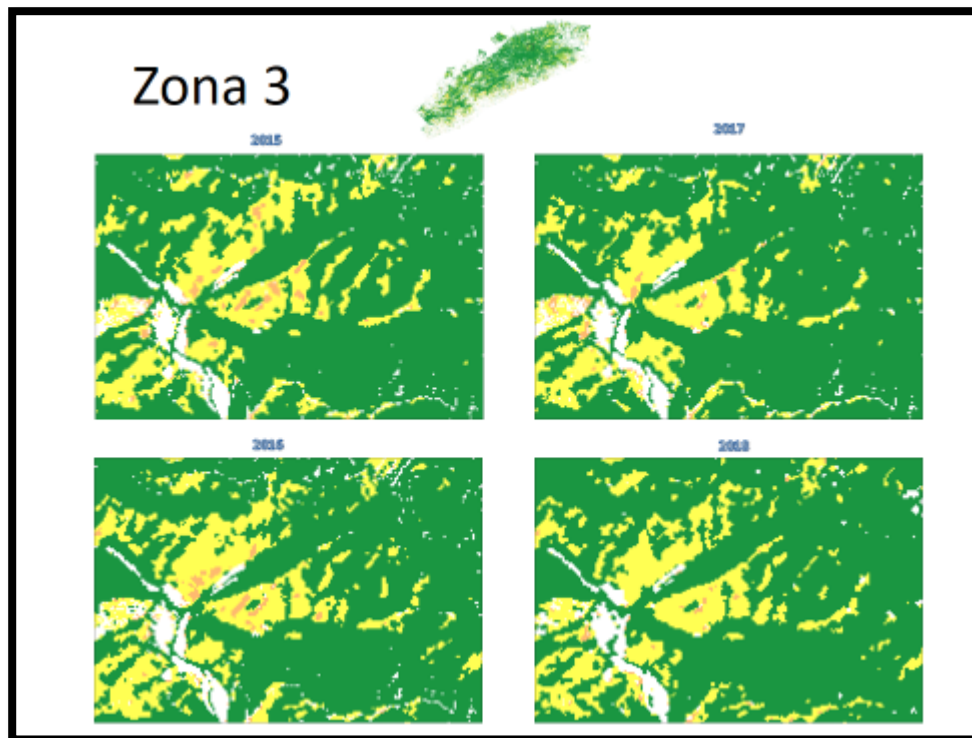


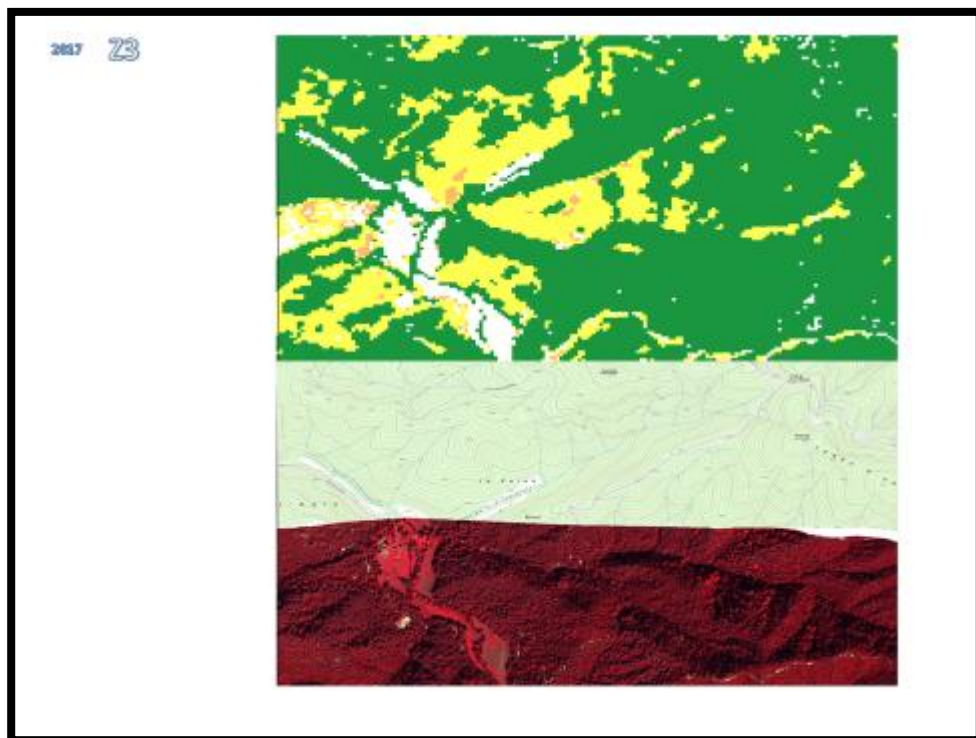
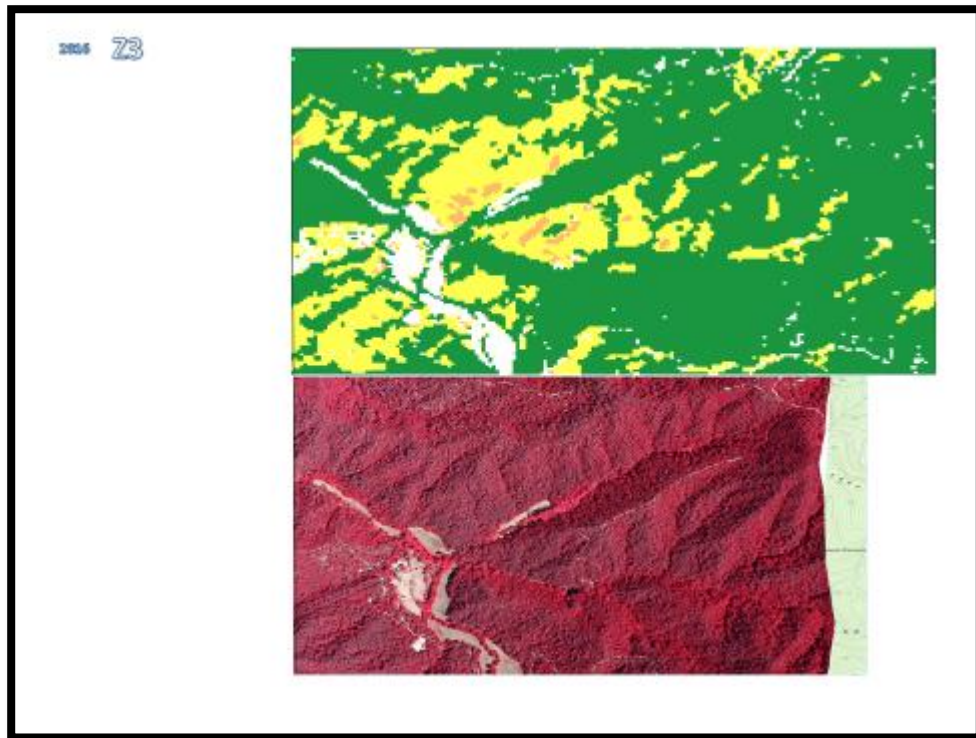


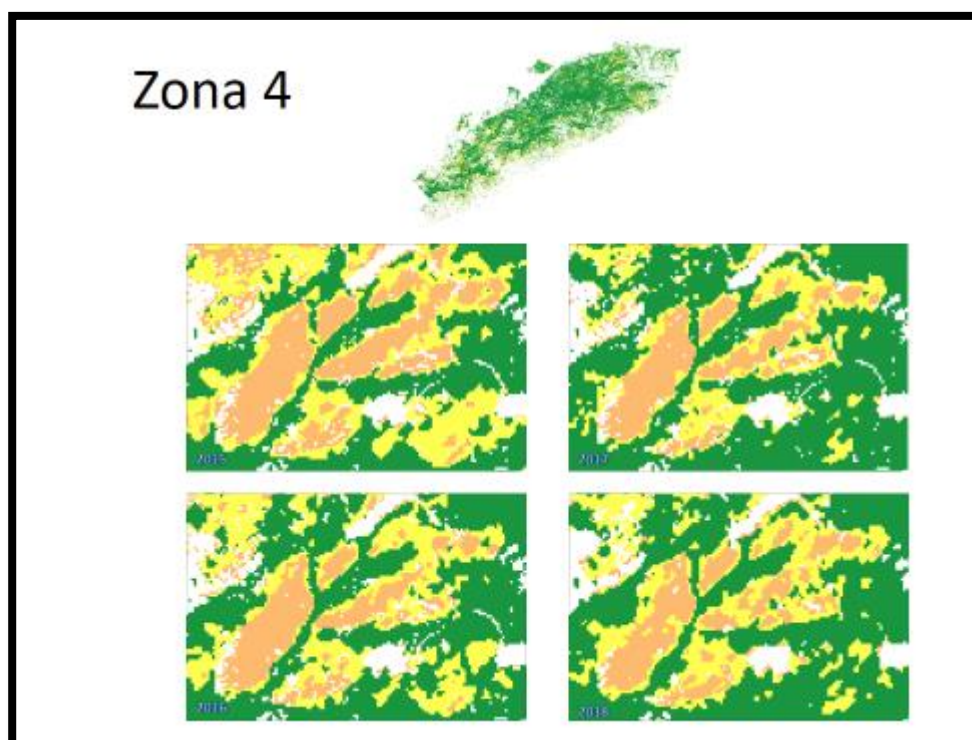
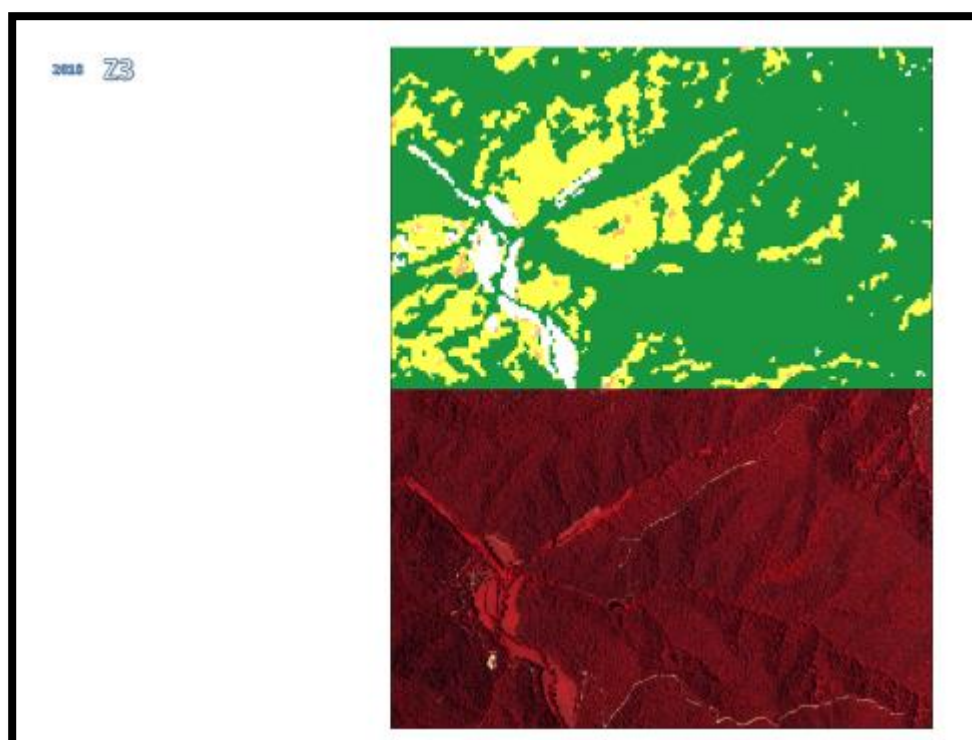


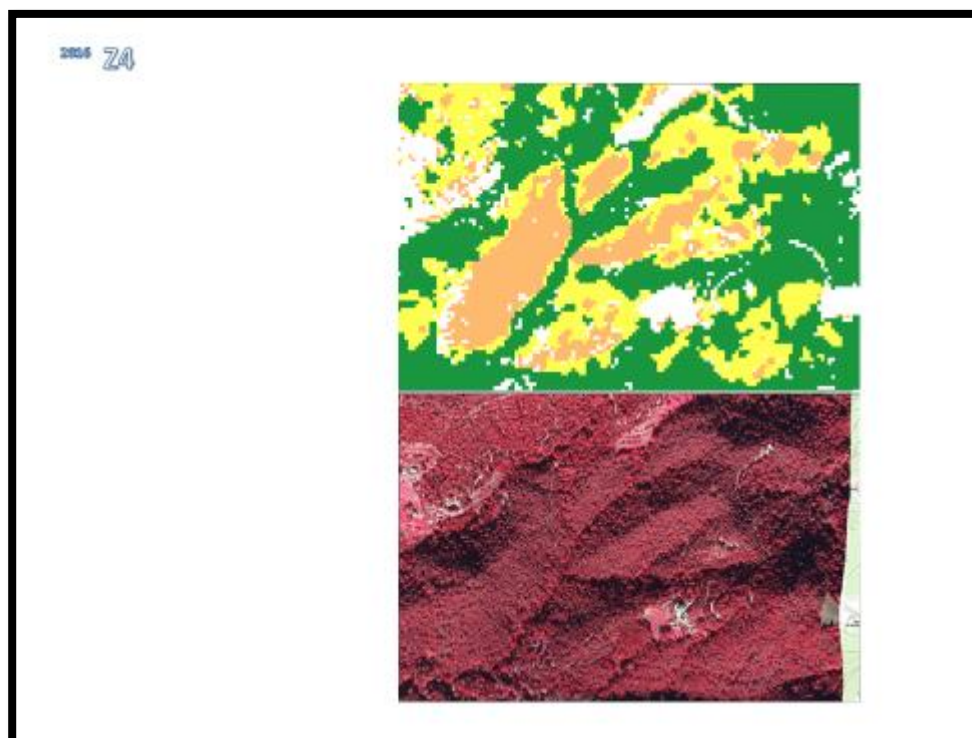
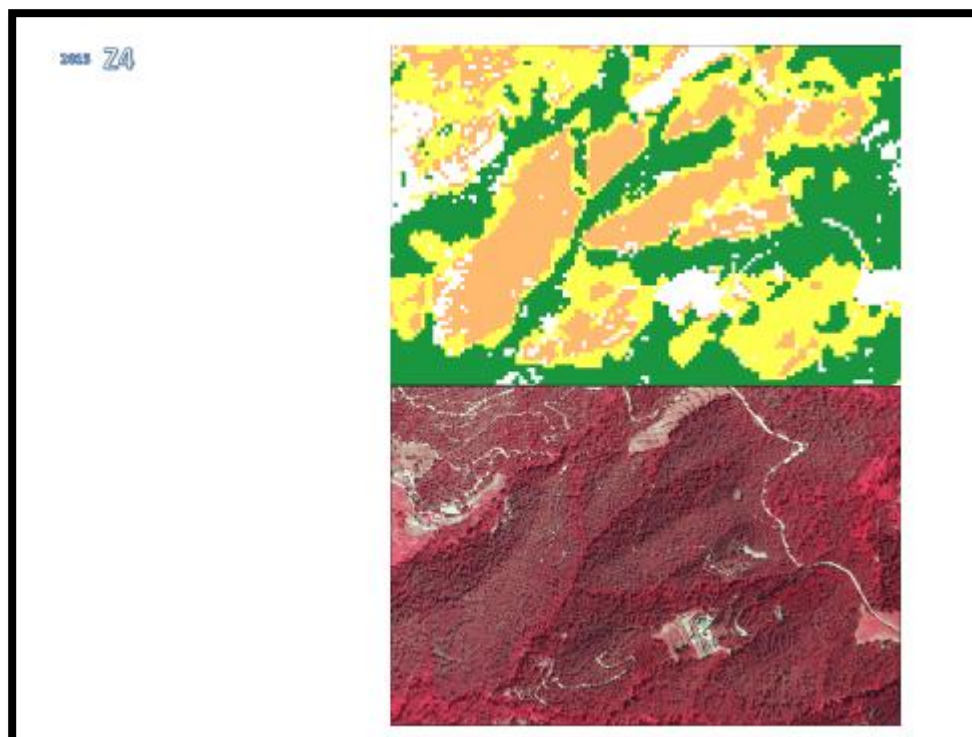


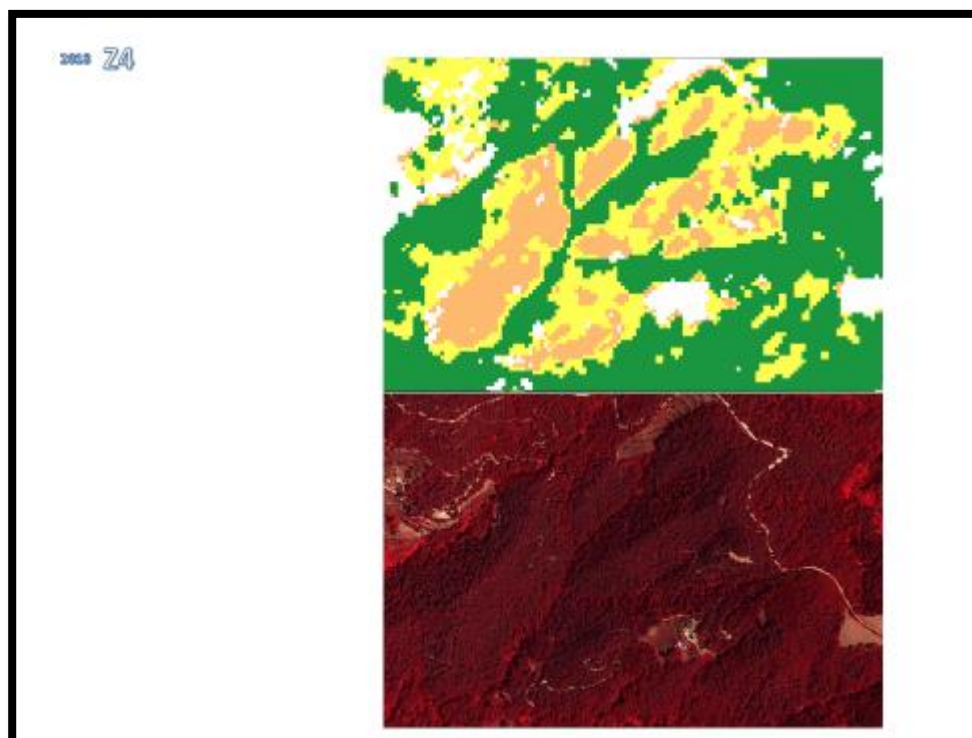
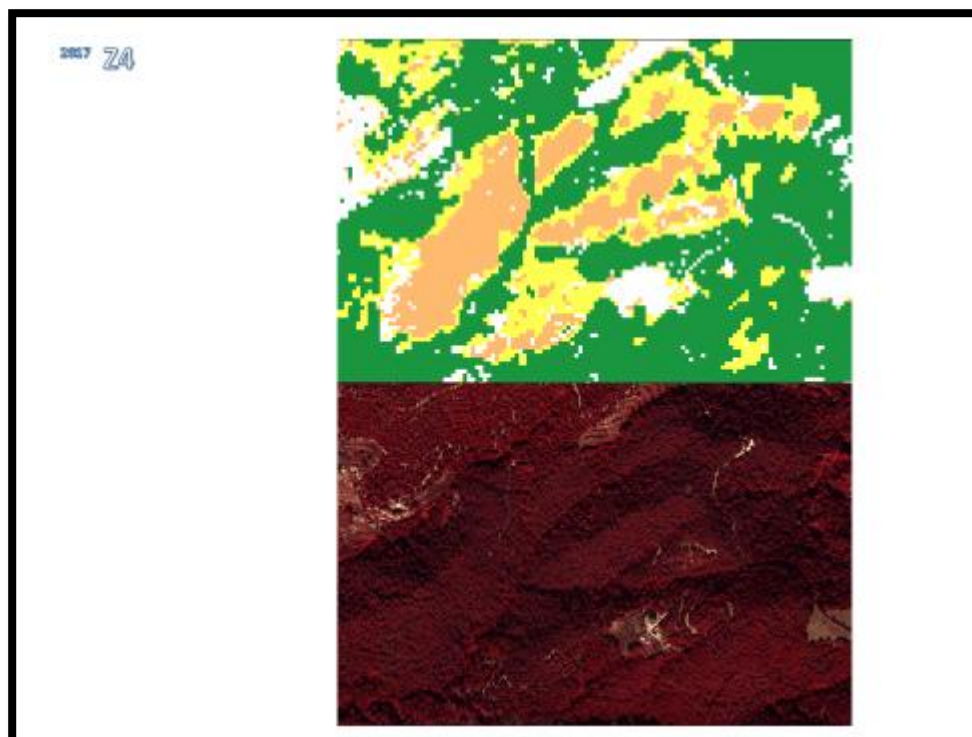




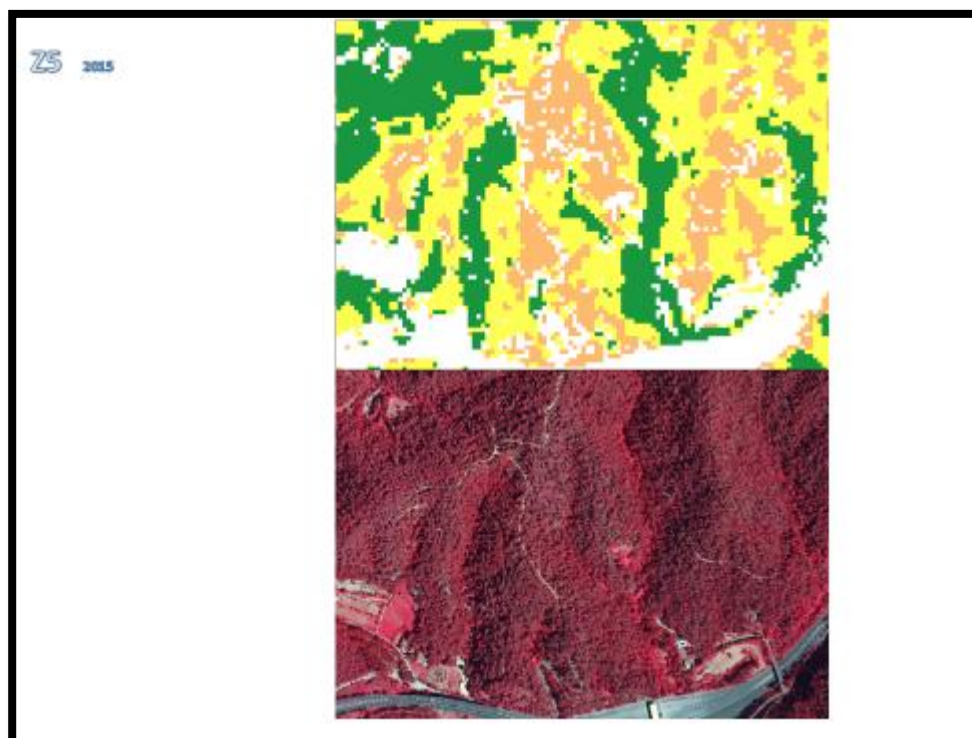
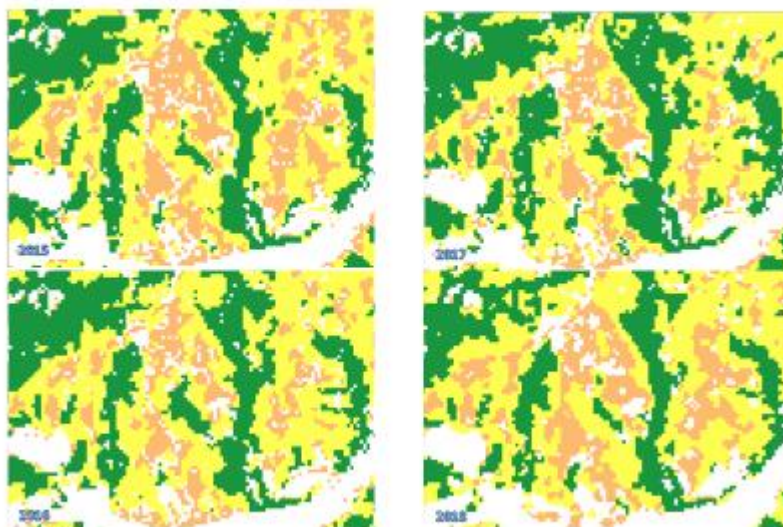


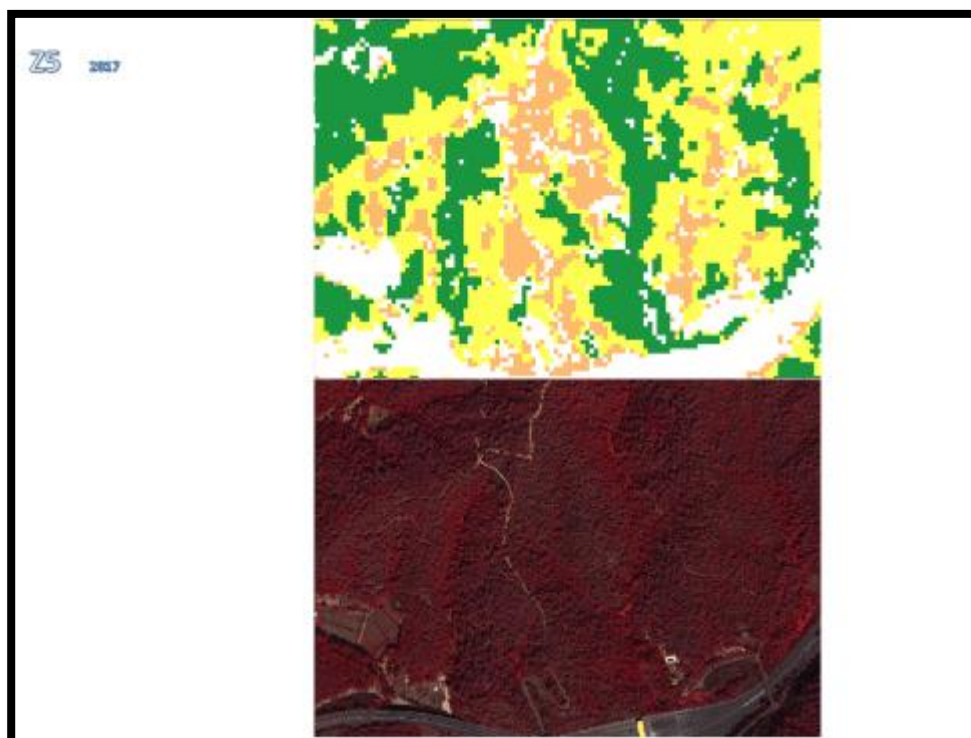
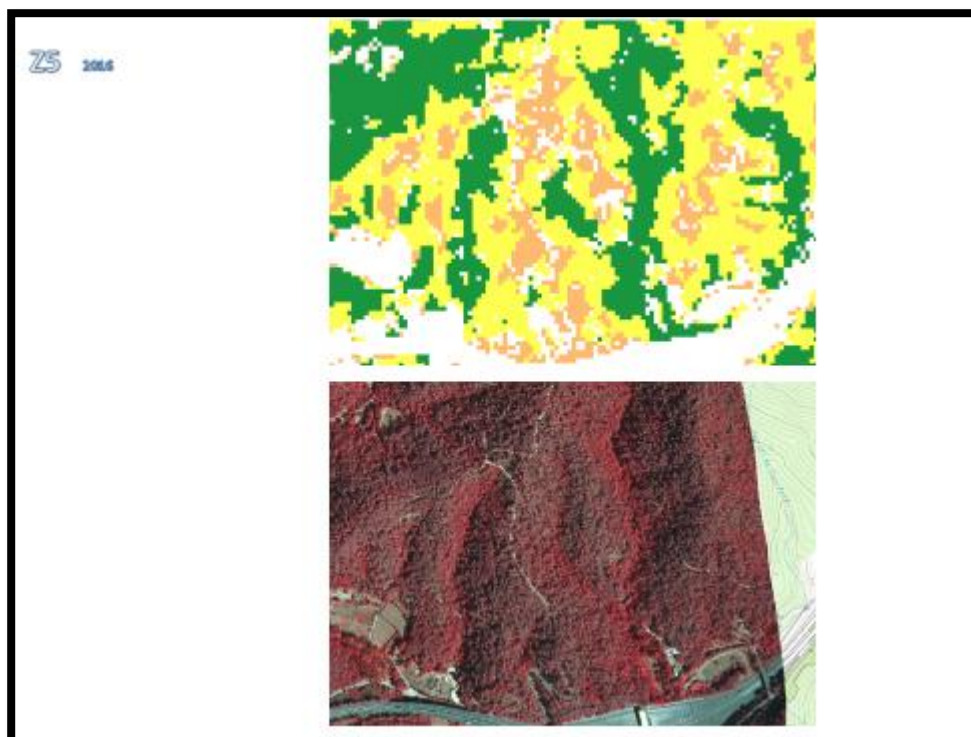


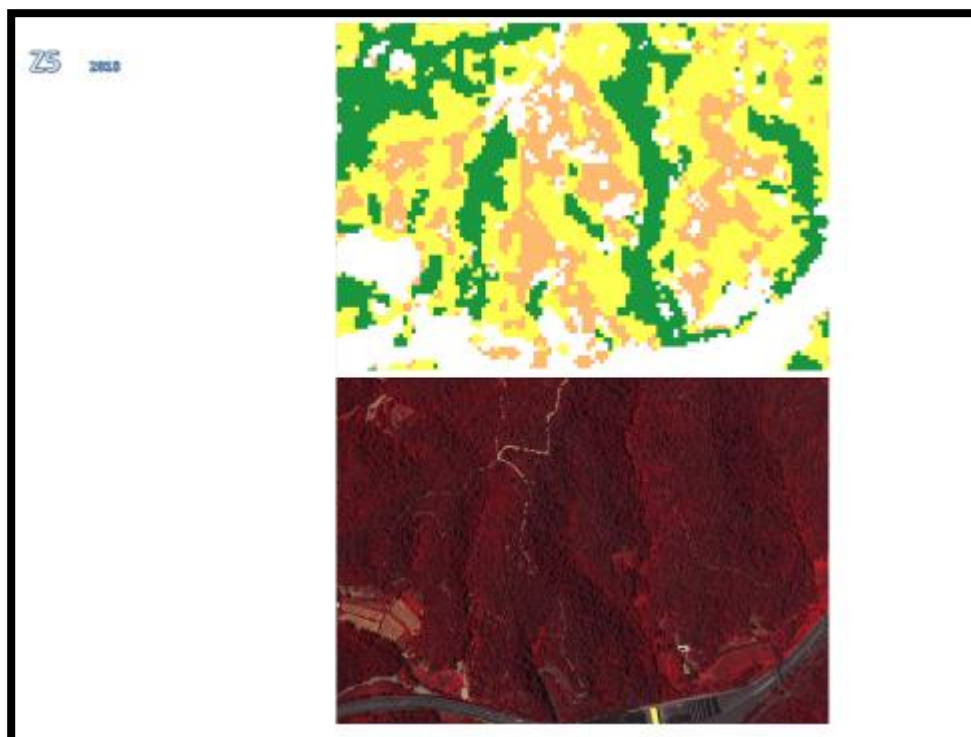




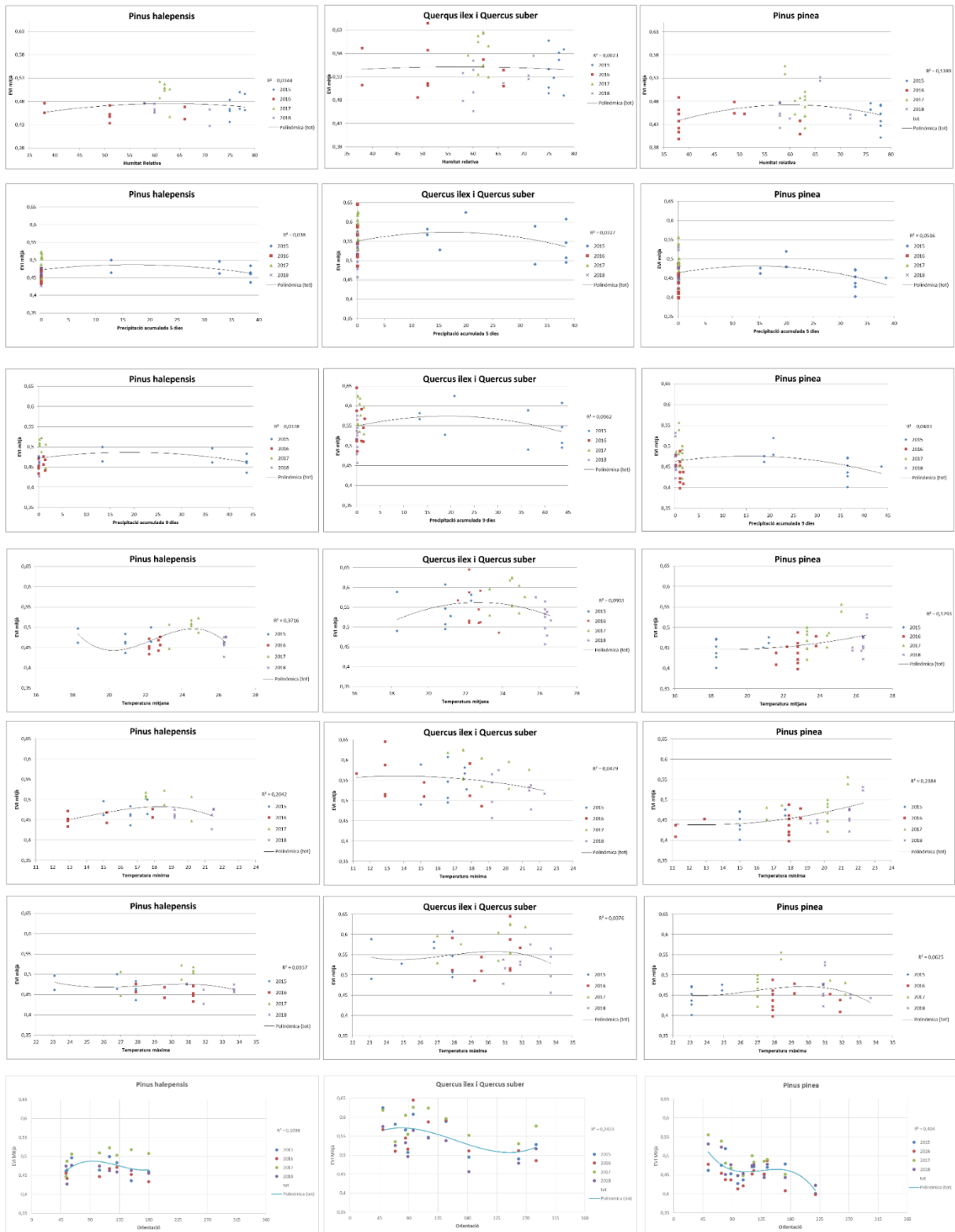
Zona 5







4. Diagrames de dispersió (Elaboració pròpia a partir de dades del Servei Meteorològic de Catalunya i de l'EVI)



11. Referències Bibliogràfiques / Web

Tardà, A; Riera, R. *Anàlisis de les masses boscoses del Maresme i part del Vallès Oriental: Mapa de decaïment de la massa forestal a partir d'imatges Sentinel-2*. 2019.

Castelló, R.; Collellmir, JM^a.; Valls, JM^a.; Reixachs, J.; Alfaras, X.; De Ribot, JM^a.; Serrahima, A. *La gestió forestal, clau per avançar-se a les plagues*. Consorci Forestal de Catalunya. Setembre de 2018. Núm. 137. Publicació trimestral d'àmbit forestal. [Consulta Online: 28/08/2020].

https://www.forestal.cat/bdds/imatges_db/revistes/document_1/REVISTA_1080500015446394.pdf

Hoshino, B.; Sasamura, T.; Sugimoto, A.; Tserendulam T.; Ganbold U.; McCarthy, C.; Kaneko, M. *Studies on the Forest Dieback Phenomenon in a Semi-Arid Region Using Remotely Sensed Data*. ResearchGate July 2018.

https://www.researchgate.net/publication/326682282_Studies_on_the_Forest_Dieback_Phenomenon_in_a_Semi-Arid_Region_Using_Remotely_Sensed_Data

Otsu, K.; Pla, M.; Vayreda, J.; Brotons, L. *Calibrating the Severity of Forest Defoliation by Pine Processionary Moth with Landsat and UAV Imagery*. Sensors. 2018. https://ddd.uab.cat/pub/artpub/2018/201104/sensors_a2018v18n10p3278.pdf

SANIDAD AGRÍCOLA ECONEX, S.L. [Consulta Online: 28/08/2020]

<https://www.e-econex.net/es/para-plagas-forestales/econex-tomicus-destruens-60-dias-396.html>

Ruralcat. Fitxers de plagues num 6. La processionària del pi (*Thaumetopoea pityocampa*). Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca. [Consulta Online: 28/08/2020]

http://agricultura.gencat.cat/web/.content/ag_agricultura/ag02_sanitat_vegetal/ag02_02_plagues/documents_plagues/fitxers_estatics/fitxa_06_procesionaria_pi.pdf

Ruralcat. Fitxers de plagues num.12. La Monaca o limantria dels pins (Lymantria monacha). Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca. [Consulta Online: 28/08/2020]

<https://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/88184/La+m%C3%B3naca+o+lim%C3%A0ntria+dels+pins.pdf/40609ea5-5a0b-4e90-b050-44ae2568b66d>

IEFC. Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya: Catalunya. CREAM. [Consulta Online: 28/08/2020].

<http://www.cream.uab.es/iefc/pub/Catalunya/Sinopsi.htm>

Blog Associació Pedral Villa. Consulta [Consulta Online: 28/08/2020].

<https://asociacionpedralvilla.wordpress.com/2015/02/10/salvemos-nuestros-pinos/>

Twitter AgroSALVI, S.L. [Consulta Online: 28/08/2020].

<https://twitter.com/AGROSALVI>

Ruralcat. Fitxers de plagues num.12. La Monaca o limantria dels pins (Lymantria monacha). Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca. [Consulta: 28/08/2020]

<https://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/88184/La+m%C3%B3naca+o+lim%C3%A0ntria+dels+pins.pdf/40609ea5-5a0b-4e90-b050-44ae2568b66d>

Wikipedia. Enciclopedia llibre- Thaumetopoea pityocampa. [Consulta Online: 28/08/2020].

https://es.wikipedia.org/wiki/Thaumetopoea_pityocampa

Viquipèdia. L'enciclopèdia Lliure. Orthophoto. LIDAR. [Consulta Online: 28/08/2020].

<https://en.wikipedia.org/wiki/Orthophoto>

<https://ca.wikipedia.org/wiki/LIDAR>

GuiaLab. *Cas Instrumental, Espectrómetro, Espectroscopía, Espectroscopía de Reflectancia, Espectroscopía NIR*. [Consulta Online: 28/08/2020].

<https://www.guialab.com.ar/notas-tecnicas/espectroscopia-de-reflectancia-nir-y-sus-aplicaciones/>

Guía para la incorporación de la teledetección al seguimiento de la Red de Parques Nacionales. Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente. Red de parques nacionales. TRAGSA. 2012 [Consulta Online: 28/08/2020].

https://www.miteco.gob.es/es/parques-nacionales-oapn/plan-seguimiento-evaluacion/guia-teledeteccion_tcm30-69164.pdf

Tardà, A.; Pineda, L.; Palà, V.; Riera, R.; Corbera, J.; Pérez, F. Resultados preliminares sobre el decaimiento de las masas forestales del Maresme usando imágenes Sentinel-2A. ICGC. Diputació de Barcelona.

De la Fuente, B. *Relació entre variables: causalitat, correlació i regressió*. PID_00161056. Universitat Oberta de Catalunya. [Consulta Online: 28/08/2020].

http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/6828/10/Estad%C3%ADstica_M%C3%B2dul4_Relaci%C3%B3%20entre%20variables%3B%20causalitat%2C%20correlaci%C3%B3%20i%20regressi%C3%B3.pdf

Nunes, J. *Model digital d'elevacions*. Universitat Autònoma de Barcelona. Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, 2013. [Consulta Online: 28/08/2020].

<https://www.icgc.cat/Ciutada/Informa-t/Diccionaris/Model-digital-d-elevacions>

Institut Cartogràfic de Catalunya, Termcat, Enciclopèdia Catalana. *Diccionari Terminològic de Teledetecció*. [Consulta Online: 28/08/2020].

<https://www.termcat.cat/ca/diccionaris-en-linia/197/search/mdt?type=basic&condition=contains>

SM GEODIM. Modelos de información de la tierra. [Consulta Online: 28/08/2020].

<http://www.geodim.es/pdf/Geodim%20SENTINEL-2A.pdf>