



Escola Politécnica Superior
d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

**<ENGINYERIA TÈCNICA TOPOGRÀFICA>
PROJECTE FINAL DE CARRERA**

**<ESTUDI DE L'EVOLUCIÓ DE LA VEGETACIÓ A PARTIR DE LES
PRECIPITACIONS EN EL PARC NATURAL CABO DE GATA-NÍJAR
UTILITZANT IMATGES DE SATÈL·LIT>**

Projectista/es: David Cabezas Sánchez
Director/s: Carolina Puig Polo
Convocatòria: Novembre/Desembre 2013

Resum

Aquest projecte recull un estudi de l'evolució de la vegetació després de saber les precipitacions rebudes al territori del Parc Natural de Cabo de Gata-Níjar, durant el període que va del 2000 fins el 2012, utilitzant diferents mètodes de càlcul sobre imatges de satèl·lit d'observació terrestre. Aquest estudi té com a objectiu analitzar com reacciona la vegetació en funció de les pluges en diferents tipus de sòl dins del territori d'estudi. S'introdueix, una breu descripció de les característiques del Parc Natural. S'explica a continuació el concepte teledetecció. El nucli del projecte es basa en la descripció de les dades amb les què s'han treballat, la metodologia que s'ha seguit per analitzar les imatges i com s'han tractat les dades corresponents. Per acabar, s'aporten les anàlisis i resultats tant gràfics com numèrics dels diferents mètodes utilitzats amb les seves conclusions corresponents.

ÍNDIX

1	PRESENTACIÓ	3
2	INTRODUCCIÓ	4
3	ÀREA D'ESTUDI	5
3.1	LOCALITZACIÓ DEL PARC NATURAL CABO DE GATA-NÍJAR	5
3.2	ZONA PROTEGIDA (MARC HISTÒRIC)	6
3.3	PECULIARITATS DEL PARC NATURAL CABO DE GATA-NÍJAR	6
3.3.1	EL MEDI TERRESTRE	6
3.3.2	CLIMATOLOGIA	7
3.3.3	FLORA	7
4	OBJECTIUS DEL PROJECTE	9
5	IMATGES DE SATÈL·LIT I TELEDETECCIÓ	10
6	DESCRIPCIÓ DE DADES	11
6.1	DADES DE PRECIPITACIÓ. RFE (<i>RAINFALL ESTIMATES</i>)	11
6.2	DADES DE NDVI. SPOT-VEGETATION	12
6.2.1	SPOT	14
7	METODOLOGIA	16
7.1	NDVI (NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX)	16
7.2	CORRELACIÓ LINEAL	18
7.3	TENDÈNCIA	19
8	TRACTAMENT DE DADES	20
8.1	CORRELACIÓ ANUAL ENTRE PRECIPITACIÓ I NDVI	20
8.2	TENDÈNCIA TEMPORAL ENTRE EL 2000 I EL 2012	21
8.3	ESTACIONALITAT	21
9	ANÀLISI DELS RESULTATS	22
9.1	ANÀLISI DE LA CORRELACIÓ LINEAL (R I R^2)	22
9.2	ANÀLISI DE LES TENDÈNCIES (ANUAL I ESTACIONAL)	28
9.2.1	ANÀLISI TENDÈNCIA ENTRE 2000 I 2012	31
9.2.2	ANÀLISI TENDÈNCIA ESTACIONAL	42
10	CONCLUSIONS	50
11	BIBLIOGRAFIA	52
12	AGRAÏMENTS	53

1 Presentació

" La humanitat ha de viure dins dels límits de la capacitat de càrrega de la Terra. No existeix una altra possibilitat racional a llarg termini. Si no aprofitem els recursos de la Terra de manera sostenible i prudent, li estem prenent el seu futur a la gent". Així comença el document *Cuidar la Terra*, el qual es basa en l'estratègia mundial de conservació de la Natura i els seus recursos. Tots hauríem de fer una pausa després de llegir això i raonar profundament, començant per mi.

Actualment, la societat hauria de ser conscient del concepte de desenvolupament sostenible, ja que si observem els canvis produïts en aquests darrers anys en el medi ambient, es pot observar que la societat no concep la conservació del medi ambient ,com a tal, ni les conseqüències que aquest fet pot comportar. El terme desenvolupament sostenible posa de manifest la reflexió entre el benestar de l'ésser humà i el respecte que s'ha de tenir als recursos naturals, atès que aquests són limitats, que la Terra no posseeix recursos inesgotables.

En el document anomenat anteriorment *Cuidar la Terra*¹, es poden observar nou possibles principis de conscienciació social en relació al tractament del medi ambient. Tot i així aquest projecte es centra concretament en tres principis, el primer tracta sobre conservar la vitalitat i diversitat de la Terra i l'obligació ecològica de protegir els processos que mantenen el planeta apte per la vida. El segon, proposa disminuir els índexs d'esgotament dels recursos no renovables. El tercer i últim, exposa la importància de mantenir-se dins de la capacitat de càrrega de la Terra. Aquests tres principis, comprenen el manteniment del sòl, un dels recursos del patrimoni natural, i la prevenció del deteriorament continu dels geosistemes, que condueixen a la desertificació.

Cuidar la Terra¹. Part del document es troba al capítol 7 del llibre "*La teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales. Climatología y Desertificación*".

2 Introducció

Es pot estudiar, vigilar i controlar la degradació dels ecosistemes, per l'acció combinada dels canvis climàtics i intervencions humanes, mitjançant la Teledetecció, tècnica, a través de la qual podem realitzar l'observació i el diagnòstic de la Terra i dels seus recursos, gràcies a les imatges que ens proporcionen els satèl·lits artificials. La Teledetecció s'està revelant de manera creixent a les últimes dècades com una tècnica particularment valuosa per realitzar l'estudi i control dels creixents i, alhora, preocupants processos d'erosió de sòls i desertificació.

En aquest projecte, es farà un estudi del Parc Natural de Cabo de Gata-Níjar, mitjançant la tècnica de Teledetecció. L'estudi, comprès entre els anys 2000 i 2012, es centra en el creixement o decreixement anual de la vegetació a aquest sòl, d'alta aridesa, depenent de les precipitacions rebudes a la zona d'estudi.

La finalitat d'aquest estudi, és realitzar una anàlisi prèvia, any rere any, per comprovar el grau d'influència de la pluja sobre la vegetació en una zona àrida concreta. L'anàlisi es fa mitjançant el tractament d'imatges de satèl·lit, concretament amb imatges d'estimacions de precipitació Rainfall-Estimation (RFE) i amb imatges de vegetació Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).

La motivació de realitzar aquest projecte es troba en l'aportació que aquest estudi donarà una vegada finalitzat, ja que va orientat cap a altres professionals, com poden ser ecologistes o geòlegs, facilitant així les dades necessàries per a què aquests aportin el criteri i les nocions necessàries per contribuir al desenvolupament sostenible i la conservació d'una zona amb unes característiques tan diverses i alhora tant fràgils.

3 Àrea d'estudi

3.1 Localització del Parc Natural Cabo de Gata-Níjar

Localitzem aquest espai entre els municipis d'Almeria, Carboneres i Níjar, a la província d'Almeria (Andalusia, Espanya), amb coordenades de latitud $36^{\circ}51'N$ i longitud $2^{\circ}6'O$ (Figura 1).



Figura 1. Localització geogràfica del Parc

3.2 Zona Protegida (marc històric)

Va començar a tenir el grau de protecció de "Parc Natural (P.N.)" el 23 de Desembre de 1987 i així començà a ser administrat per "La Conselleria de Medi Ambient de la Junta d'Andalusia". Inicialment, les hectàrees protegides per la norma de creació del P.N. eren 26.000. Aquestes van ser ampliades al 2008, cosa que va portar a precisar novament els límits, donant al P.N. un nou abast de 37.500 ha. terrestres i 12.012 ha. marines. Amb aquest fet, es dotà el Parc de nova cartografia.

A l'any 1997 el Parc Natural Cabo de Gata-Níjar està inclòs a la *Red Mundial de Reserves de la Biosfera*. La funció d'aquesta catalogació és la conservació i protecció de la biodiversitat, com també el desenvolupament econòmic i humà, la investigació, l'educació i l'intercanvi d'informació entre les diferents reserves que formen aquesta Red Mundial.

3.3 Peculiaritats del Parc Natural Cabo de Gata-Níjar

El Parc té uns valors que vénen donats tant en la varietat de recursos interessants des del punt de vista científic i divulgatiu, com en l'accessibilitat als mateixos, cosa que facilita, en gran mesura, la seva observació i estudi. Dos de les característiques que fa únic, i per tant d'aquí que sigui un dels membres de la xarxa de GeoParcs d'Europa, és ser una àrea subdesèrtica (cosa escassa a reu del continent europeu) i ser posseïdor d'aproximadament uns 50 km. de penya-segats rocosos, els quals son considerats uns dels millors preservats del Mediterrani europeu.

3.3.1 El medi terrestre

El nucli fonamental del P.N. està constituït per la Serra del Cabo de Gata, que és un massís muntanyós volcànic. Dues terceres parts de la superfície del parc són d'origen volcànic. La costa d'aquest espai està formada per penya-segats interromputs per petits accidents geogràfics costers anomenats ancorades (entrada d'aigua de menor dimensió que una badia). Aquestes ancorades, es solen trobar a les desembocadures dels principals barrancs que erosionen les vessants

de la serra. Degut a les exigents condicions imposades pel clima local, es dona una gran carència de sòls i una coberta vegetal adaptada a l'escassetat d'aigua i a les altes temperatures ambientals, encara que això no és suficient motiu per que es mantingui la diversitat biològica, ja que els inventaris de flora d'aquesta reserva protegida, inclouen més de 1.000 espècies vegetals.

3.3.2 Climatologia

La causant de què l'àrea d'aquesta regió sigui la de major aridesa de la península ibèrica, és La Serralada Bètica que evita la incidència de les borrasques atlàntiques que subministren una gran part de les precipitacions regionals. Amb això, com a dada interessant, direm que s'establí el mínim nacional de precipitació durant el període 1961-1990 situat en els 156mm/any al Cabo de Gata.

Amb mitjanes anuals entre 18 i 20°C i amb una alternança entre els mesos més freds i els més càlids inferiors a 15°C, trobem que les temperatures ambientals són estables al llarg de l'any. Els estius són càlids, amb mitjanes de 26°C, i els hiverns són suaus, amb mitjanes de 12°C, en els que no es solen produir gelades i on les temperatures inferiors a 0°C son pràcticament nul·les.

Una última característica climàtica d'aquesta extensió, és la important activitat eòlica, la qual és determinant de factors geomòrfics i evolutius que modifiquen la topografia del territori, a llarg termini, de manera continuada i molt pausada.

3.3.3 Flora

Sabent que és una zona àrida i l'escassetat de flora que caracteritza aquest tipus de sòl, la flora del Parc és rica degut sobretot a factors geogràfics i mediambientals. Si bé és cert, que la pluja al llarg de l'any, amb prou feines arriba als 150 mm., també ho és que la humitat relativa de l'ambient arriba a cotes molt elevades fins i tot a l'estiu, això és conseqüència de la influència marítima, que escampa contínues condensacions de boires i rosades, bé de llevant o de ponent

que són aprofitades per una flora especialitzada per captar el més mínim d'aportació hídrica.

Es calcula aproximadament el 95% dels prop de mil tàxons² vegetals identificats en la superfície terrestre del Parc, són plantes autòctones que s'han adaptat perfectament a la tremenda aridesa del terreny, que com hem dit abans, l'aportació hídrica està limitada a boires, rosades i mareas.

taxó²: En biologia, un taxó és un grup d'organismes emparentats, que en una classificació donada han estat agrupats, assignant-li al grup un nom en llatí.

4 Objectius del projecte

L'objectiu principal és l'estudi temporal (2000-2012) de l'evolució de la vegetació al Parc Natural de Cabo de Gata-Níjar a través de les estimacions de precipitació mesurada per satèl·lit.

Aquest estudi, es realitzarà mitjançant l'observació dels canvis soferts durant el transcurs dels anys en aquest territori. La quantitat de vegetació vindrà donada, en gran part, per la quantitat de precipitacions presentades, és a dir, que hi hagi més o menys vegetació dependrà, en un grau molt alt, de l'aigua que aquesta rebí de les pluges caigudes.

Es treballaran dos objectius més, els quals tindran un caràcter específic. El primer d'aquests, serà la realització d'una anàlisi de la correlació que hi existeixi entre les precipitacions i la vegetació al Parc.

El segon objectiu específic consistirà en realitzar en el càlcul de la tendència, tant anual com estacional, de les precipitacions, per un costat, i de la vegetació, per un altre, entre els anys 2000 i 2012. L'estudi d'aquest objectiu es farà en sis zones diferents, específiques i definides dins del Parc.

5 Imatges de satèl·lit i Teledetecció

Per a la realització del projecte en qüestió, serà indispensable utilitzar una tècnica d'estudi que sigui capaç d'ajudar-nos a aconseguir els objectius que es proposen, i aquesta tècnica és la Teledetecció.

La Teledetecció és l'observació remota de superfície del planeta Terra que permet l'obtenció d'imatges d'aquesta gràcies als sensors instal·lats en plataformes acoblades en els satèl·lits artificials. Aquesta tècnica està cada cop més present en tota mena d'estudis gràcies a les noves tecnologies, que permeten desenvolupar software específics que ajuden a fer tot tipus d'anàlisi referits a qualsevol capa de la Terra (litosfera, hidrosfera, atmosfera i biosfera) per mitjà dels diferents sensors que poden portar els satèl·lits (dispositius capaços de mesurar magnituds físiques o químiques).

Entre les distintes possibles magnituds a mesurar, fent referència a la Teledetecció, seran d'utilitat aquelles que siguin representatives (rellevants i amb especificat ambiental), clares i amb variabilitat espai-temporal definida (especificat escalar). En aquesta es mostra el procés d'obtenció d'imatges de la Teledetecció (Figura 2):

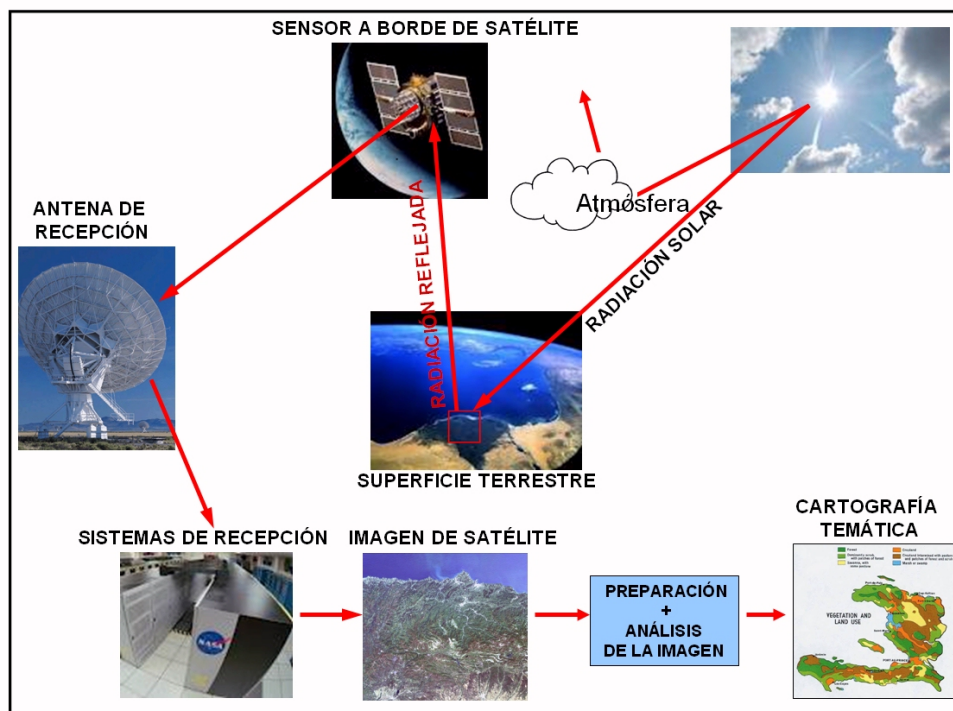


Figura 2. Exemple del procés d'obtenció d'imatges mitjançant la Teledetecció

6 Descripció de dades

Per tal d'aconseguir els objectius proposats, s'han escollit les següents dades, les quals s'ajusten al que es vol estudiar:

6.1 Dades de precipitació. RFE (*Rainfall Estimates*)

Els valors de precipitació donats pels satèl·lits no son mesures directes, sinó càlculs realitzats a partir de les observacions de la temperatura dels núvols, estimacions de precipitació.

Les dades RFE son facilitades pel *NOAA Climate Prediction Center* i es poden descarregar a la seva web.

Les estimacions de precipitació RFE estan generades a partir de quatre fonts, una de les quals aporta diàriament dades pluviomètriques que pertanyen a la xarxa GTS (*Global Telecommunication System*) de fins a 1000 estacions d'arreu del món i les altres tres fonts, proporcionen dades que provenen dels satèl·lits NOAA. Les dades d'aquestes tres, es combinen linealment utilitzant coeficients de ponderació predeterminats i després s'uneixen amb dades de les estacions pluviomètriques per determinar l'estimació de precipitació final.

Els arxius finals tenen una resolució de $0,1^\circ$, el seu àmbit espacial està comprès entre les latituds $40^\circ \text{ S} - 40^\circ \text{ N}$ i les longituds $20^\circ \text{ W} - 55^\circ \text{ E}$ i estan distribuïdes en 3 grups de 10 dies per mes (primer grup de l'1 al 10, segon grup de l'11 al 20 i tercer grup del 21 al 31).

6.2 Dades de NDVI. SPOT-VEGETATION

Les dades per l'estudi de la vegetació són dades de NDVI i s'han obtingut a la pàgina web de *free VEGETATION products* (<http://free.vgt.vito.be/>).

Aquest web ens ofereix imatges distribuïdes per *SPOT Image*, produïdes per VITO (*Vision on technology*, Bèlgica) i amb l'assistència de la BELSPO (*Belgian Science Policy Office*, Bèlgica).

El mateix lloc web, després d'haver-se registrat, permet l'accés lliure a gairebé tots els arxius *SPOT-VEGETATION* de síntesi diària de 10 dies.

Aquest web es va posar en marxa l'Abril de 1998 i ofereix els següents productes gratuïts:

- Després de l'obtenció de l'arxiu/s *VEGETATION*, permet una disponibilitat de fins a 3 mesos després de la descàrrega.
- Resolució màxima (1 Km).
- Disponible en 10 regions d'interès redefinides (Figura 3 i Figura 4).

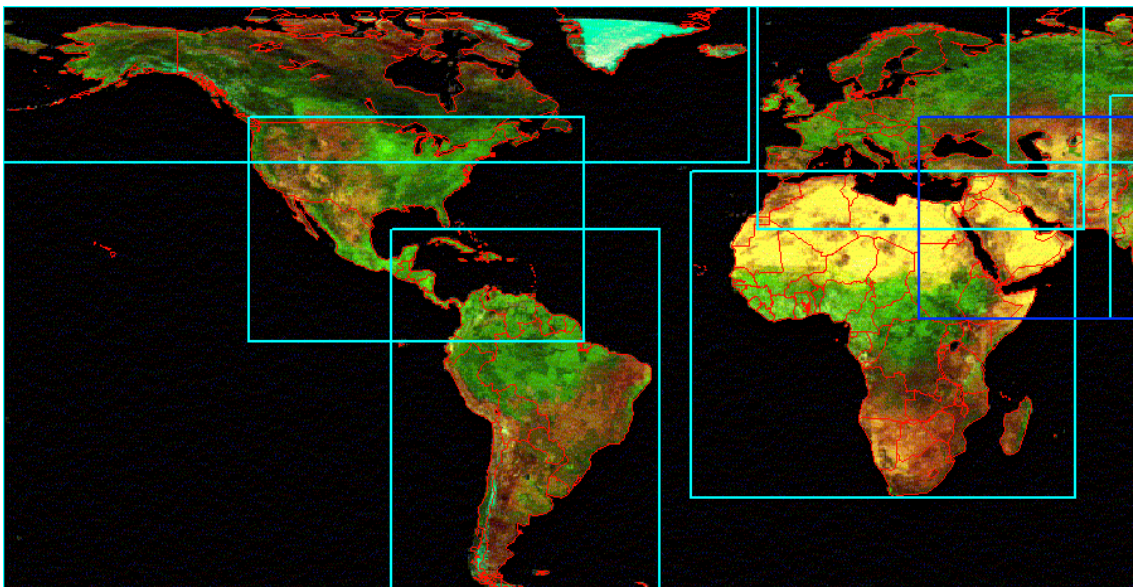


Figura 3. Mapa amb les 10 regions redefinides

Regions of interest				
Region of interest	Northern latitude	Southern latitude	Western longitude	Eastern longitude
Africa	38.00	-35.00	-26.00	+60.00
N-America	75.00	40.00	-180.00	-13.00
Central-America	50.00	0.00	-125.00	-50.00
S-America	25.00	-56.00	-93.00	-33.00
N-Asia	75.00	40.00	45.00	180.00
W-Asia	50.00	5.00	25.00	98.00
SE-Asia	55.00	5.00	68.00	147.00
Asian-Islands	29.00	-12.00	92.00	170.00
Australasia	10.00	-48.00	95.00	180.00
Europe	75.00	25.00	-11.00	62.00

Figura 4. Latituds i longituds de les 10 zones d'interès

6.2.1 SPOT

SPOT (*Satèl·lit Per l'Observació de la Terra*) són una sèrie de satèl·lits artificials de teledetecció civil d'observació del sòl.

El primer satèl·lit SPOT es va enlairar en 1986 (SPOT-1). Des de llavors s'han llançat altres satèl·lits en 1990 (SPOT-2), 1993 (SPOT-3), 1998 (SPOT-4), 2002 (SPOT-5) i 2012 (SPOT-6). Al 2014 està previst el llançament de l'SPOT-7 (Figura 5). Tots aquests s'han desenvolupat en el CNES (Centre Nacional d'Estudis Espacials francès), col·laborant amb Bèlgica i Suècia.



Figura 5. La Constel·lació SPOT. Font: eluniverso.org.es

L'SPOT orbita a una altitud d'uns 882 km., amb una inclinació de 98° i un període orbital de 101 min. Compta amb una òrbita heli síncrona i la durada del cicle és de 26 dies.

Per aquest projecte l'interès caurà sobre els SPOT-4 i 5, ja que aquests tenen incorporats el sensor *VEGETATION*, sensor idoni per estudis globals, i que és la novetat principal respecte els SPOT-1, 2 i 3.

Aquí veiem una recreació digital del SPOT-5 (Figura 6):



Figura 6. SPOT-5 amb sensor VEGETATION incorporat

VEGETATION obté una resolució espacial d'1km², en 4 bandes espectrals (A, R, IRC, SWIR), cobrint una àrea de 2.250 km. el que facilita una adquisició diària sobre tot el planeta. Les imatges adquirides pel *VEGETATION* amb dades de NDVI es poden descarregar de forma gratuïta des de la pàgina web *free VEGETATION products*, com s'ha dit anteriorment, a través de l'empresa *Spot-Image* (Figura 7), que compta amb acords amb diferents antenes receptores arreu del món.



Figura 7. Logotip empresa *Spot-Image*

7 Metodologia

En aquest apartat s'expliquen els mètodes d'estudi que s'han realitzat per arribar als objectius proposats.

7.1 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

NDVI és el que denominem una transformació (variable continua) que tracta de generar noves bandes que millorin la interpretació de la imatge.

Aquest índex de vegetació és una combinació de dues bandes espectrals, la banda del vermell i la banda de l'infraroig proper i varia entre els valors -1 i 1 (la vegetació es troba entre l'interval de 0.1 a 1, on 0.1 és vegetació escassa i 1 vegetació abundant).

L'objectiu del NDVI es separar la vegetació d'altres cobertures. Per tant, si existeix un fort contrast entre les dues bandes (del vermell i infraroig), indicarà una vegetació sana, ja que en la banda del vermell es mostra poca reflectivitat degut a què la vegetació sana absorbeix la major part de l'energia que rep (fenomen propiciat per l'aigua que conté la vegetació), cosa que no passa a la banda de l'infraroig proper, per que en aquest cas es mostra alta reflectivitat. Si existeix un contrast menor, indicarà que la vegetació té algun tipus d'estrès o és poc densa, ja que la seva reflectivitat a l'infraroig proper disminueix i augmenta en el vermell (Figura 8).

Els valors NDVI s'obtenen a través de la següent equació(Equació 1):

$$NDVI = \frac{(NIR - VIS)}{(NIR + VIS)}$$

Equació 1. NDVI

On:

NIR = Infraroig proper

VIS = Vermell

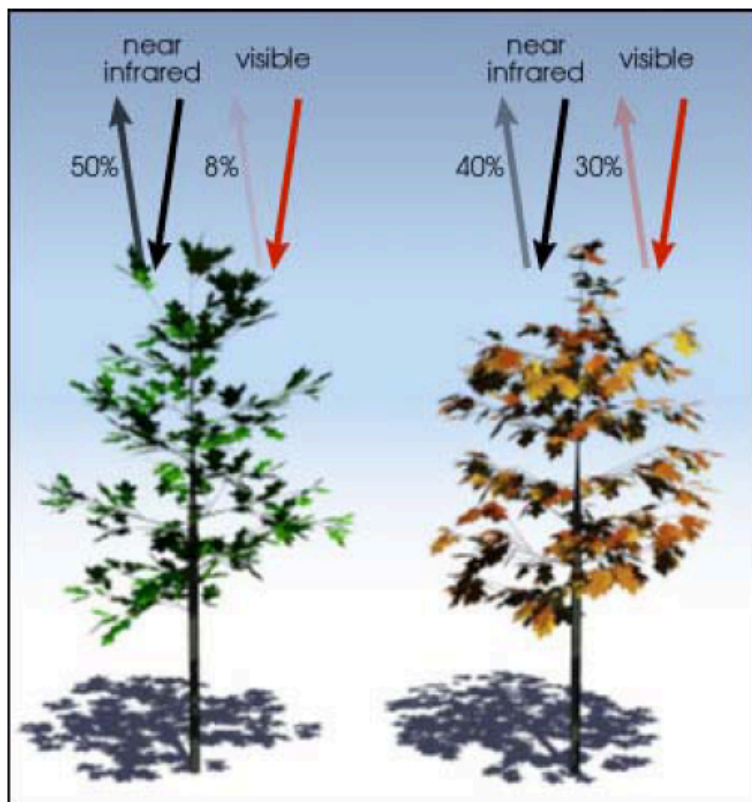


Figura 8.
reflectivitat

Exemple de la
entre les

bandes del NDVI. Font: Chuvieco

7.2 Correlació lineal

El coeficient de correlació (r) es calcula aplicant la següent equació (Equació 2):

$$r = \frac{\frac{1}{n} \cdot \sum (x_i - x_m) \cdot (y_i - y_m)}{\sqrt{\left(\frac{1}{n} \cdot \sum (x_i - x_m)^2\right) \cdot \left(\frac{1}{n} \cdot \sum (y_i - y_m)^2\right)}}$$

Equació 2. Coeficient de correlació

Numerador. Es denomina covariància i es calcula de la següent manera: en cada parell de valors (x, y) es multiplica la "x" menys la seva mitjana, per la "y" menys la seva mitjana. Es realitza la suma del resultat obtingut de tots els parells de valors i aquest resultat es divideix per la mida de la mostra.

Denominador. Es calcula el producte de les variàncies de "x" i de "y", i a aquest producte se li calcula l'arrel quadrada.

La correlació lineal tracta de quantificar la intensitat de la relació lineal entre dues variables. En aquest cas les dues variables són precipitació i vegetació. Direm que aquestes dues variables estan relacionades ja que la vegetació depèn de la precipitació. Llavors tractarem la vegetació com a variable dependent i la precipitació com a variable independent.

Aplicant la correlació lineal a les dades anuals de vegetació i precipitació per a tots els anys d'estudi, s'obindrà una imatge resultat que ens donarà informació sobre la relació, positiva o negativa, entre les dues variables.

Per l'estudi de la regressió lineal, s'han calculat dos coeficients, el coeficient de correlació (r) i el coeficient de determinació (R^2). El coeficient r ens dóna valors oscil·lants entre -1 i +1. Si s'observa que el valor de r s'aproxima a +1 significa que la relació entre les dues variables és forta, per contra, si s'observa que el valor de r s'aproxima a -1 significa que la relació entre les dues variables és mínima. Si el valor de r es igual a 0, vol dir que no existeix correlació lineal entre aquestes dues variables, cosa que passa sempre a la zona de la imatge que representa el mar, ja que a aquesta zona se l'ha donat valor 0 anticipadament per que només es fa l'estudi de la zona terrestre.

I per finalitzar, el coeficient R^2 ens mostra el percentatge de variabilitat entre el terme dependent i independent, R^2 només ens donarà valors positius, per tant els seus valors oscil·len entre 0 i 1 i així es podrà observar millor la correlació lineal existent entre NDVI i RFE, aquesta és la raó de mostrar els histogrames amb l'aplicació del coeficient de determinació. Si els valors s'aproximen a 0, tindrem poca relació o gairebé nul·la, i si els valors s'aproximen a 1, tindrem una bona relació entre les dues variables.

7.3 Tendència

Una tendència és el comportament de les dades al llarg d'un període de temps determinat i aquest comportament pot ser ascendent, a nivell o descendent. El període de temps, es determina a conveniència del que es vol estudiar o analitzar, en aquest cas, les series temporals són mensuals i anuals.

8 Tractament de dades

En aquest apartat es definirà la manera amb la qual s'han utilitzat les dades per tal de realitzar els diferents anàlisi.

En primer lloc, per l'anàlisi de la correlació entre els dos tipus de dades, de la tendència anual i de la tendència estacional, s'han utilitzat series de temps. Una sèrie temporal és l'agrupació d'una seqüència de dades o valors ordenats cronològicament en un mateix arxiu. Les series temporals s'utilitzen per estudiar la relació casual entre variables que canvien amb el temps i tenen influència entre sí.

8.1 Correlació anual entre precipitació i NDVI

Per cada any, s'ha calculat el coeficient de correlació tenint en compte un desfasament entre les dades mensuals de precipitació i vegetació.

Per l'anàlisi conjunta de dades de precipitacions i de NDVI s'ha realitzat una correlació lineal, el qual ens proporciona imatges resultat fruits del càlcul del coeficient de correlació, per a cada any. Però, a més a més, al mateix temps que fem el càlcul del coeficient de correlació, apliquem 3 *desfasaments* (+1, +2, +3) per any. El terme *desfasament* ens indica observacions temporals desplaçades en un lloc, es a dir, que si a la imatge se li aplica un *desfasament* +1, es tindrà les dades desplaçades en una unitat temporal, l'1 ens indica que té un retard d'un mes i el símbol + ens serveix per determinar, en aquest cas, que primer plou i després creix la vegetació, ja que el retard d'un mes es aplicat a la variable independent, que és la pluja en aquest projecte.

En aquest apartat es va fer una comprovació per veure si el software era lògic i treballava correctament. La comprovació va tractar de treballar amb *desfasaments* negatius. Els resultats van ser coherents, ja que el resultat era una correlació negativa, cosa que ens indica que primer creix vegetació i després plou, cosa pràcticament impossible.

Tindrem un total de 39 imatges resultat amb el càlcul de la correlació realitzat, 13 amb *desfasament* +1, 13 amb *desfasament* +2 i 13 amb *desfasament* +3.

8.2 Tendència temporal entre el 2000 i el 2012

Per la tendència temporal entre els anys 2000 i 2012, s'han utilitzat dues sèries temporals anuals, una per les dades de precipitacions i una altra per les dades de vegetació. Cada sèrie temporal està formada per un arxiu que conté 13 imatges, 1 per cada any, corresponents als 13 anys d'estudi i que contenen precipitació anual acumulada i la mediana d'NDVI anual. Per tant, tindrem dues imatges resultat, una amb l'agrupació de les imatges amb les dades de precipitació anuals dels 13 anys i l'altre amb l'agrupació de les imatges amb les dades de NDVI anual dels 13 anys.

8.3 Estacionalitat

Per a la tendència estacional, s'han utilitzat dues sèries temporals mensuals, un per les dades de precipitacions i una altra per les dades de vegetació. Cada sèrie temporal està formada per un arxiu que conté 156 imatges corresponents als 12 mesos de cada un dels anys. Per tant, tindrem dues imatges resultat, una amb l'agrupació de les imatges amb les dades de precipitacions mensuals dels 13 anys i l'altre amb l'agrupació de les imatges amb les dades de NDVI mensuals dels 13 anys.

9 Anàlisi dels resultats

9.1 Anàlisi de la correlació lineal (r i R^2)

Primerament s'han calculat els coeficients de correlació i determinació entre les imatges de NDVI obtingudes pel sensor Vegetation del satèl·lit SPOT i imatges de RFE.

Les imatges resultat vénen donades pel coeficient de correlació (r) i els histogrames obtinguts pel coeficient de determinació (R^2).

S'han obtingut un total de 3 imatges resultat i 3 histogrames per a cada un dels anys (del 2000 fins el 2012) degut al càlcul dels 3 desfasaments (desfasament +1, desfasament +2 i desfasament +3). Llavors de cada any s'han obtingut els següents arxius:

1. **Imatge resultat amb desfasament +1.**
2. **Histograma amb desfasament +1.**
3. **Imatge resultat amb desfasament +2.**
4. **Histograma amb desfasament +2.**
5. **Imatge resultat amb desfasament +3.**
6. **Histograma amb desfasament +3.**

Aquí es mostra la taula (Taula 1) amb els resultats numèrics d' R^2 per a tots els anys d'estudi:

R²

desf.	+1		+2		+3	
	Mitjana	*σ	Mitjana	σ	Mitjana	σ
2000	0.237	0.148	0.309	0.184	0.163	0.116
2001	0.273	0.165	0.377	0.196	0.271	0.162
2002	0.291	0.154	0.177	0.118	0.141	0.097
2003	0.246	0.171	0.323	0.197	0.398	0.242
2004	0.350	0.179	0.344	0.217	0.185	0.130
2005	0.140	0.080	0.148	0.100	0.270	0.155
2006	0.239	0.141	0.203	0.140	0.202	0.147
2007	0.313	0.171	0.267	0.158	0.162	0.114
2008	0.286	0.157	0.211	0.130	0.119	0.073
2009	0.324	0.200	0.394	0.220	0.352	0.226
2010	0.269	0.178	0.426	0.255	0.401	0.234
2011	0.333	0.208	0.256	0.182	0.185	0.121
2012	0.413	0.204	0.497	0.214	0.283	0.163

Taula 1. Resultats numèrics d'R² amb mitjana i desviació estàndard per cada any i desfasament. De color verd el valor més alt i en color vermell el més baix

A la taula dels coeficients de determinació (R²), s'observa que cap de les mitjanes dels anys arriba a 0.5, tots els valors es troben per sota d'aquest i amb això deduïm que la correlació en aquest territori és mínima. Amb això es demostra que a la zona d'estudi la vegetació escasseja com a conseqüència de les poques pluges que rep aquest sòl ja que trobem un clima càlid, amb molta erosió pels vents constants i un terreny molt àrid, partint de la base de que és un zona gairebé verge i protegida.

La desviació estàndard ens indica quant d'unides o agrupades estan les dades respecte la mitjana, llavors, un valor de desviació estàndard proper a zero vol dir que aquestes dades estan ben distribuïdes. Per tant, observant els valors donats a la taula anterior (referència), es pot dir que no hi ha una bona distribució ja que, generalment, la desviació estàndard no s'aproxima gaire a la mitjana. Això vol dir que la R² per a tota la zona és diferent i per tant l'ajust és mínim.

Les imatges i histogrames que es mostren a continuació (Figura 9, Figura 10, Gràfica 1 i Gràfica 2), representen la mínima correlació, que es dona a l'any 2008 amb desfasament +3, i la màxima correlació, que es dona a l'any 2012 amb desfasament +2. Com s'ha dit abans, R^2 es el coeficient de determinació, que ens indica el percentatge de l'ajust del coeficient de correlació (r), ja que es igual al quadrat del mateix. Per aquest motiu els histogrames es basen en els resultats obtinguts amb el coeficient e determinació (R^2), per veure millor l'ajust.

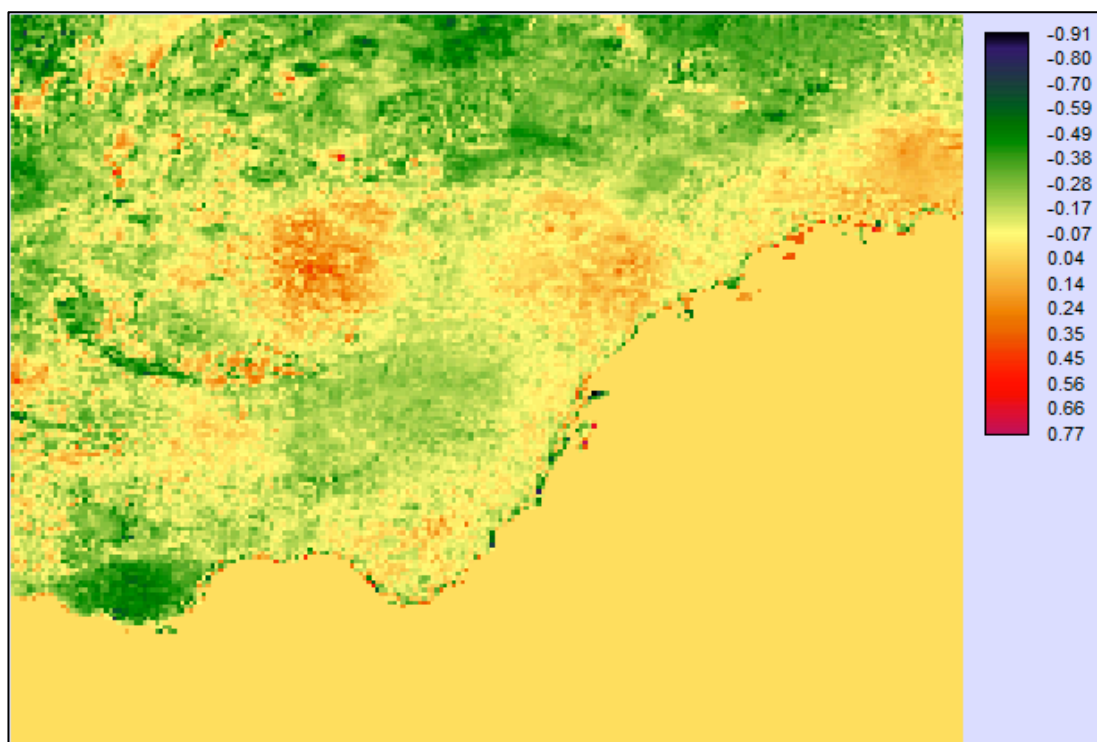


Figura 9. Any 2008, mínima correlació amb un desfasament igual a +3

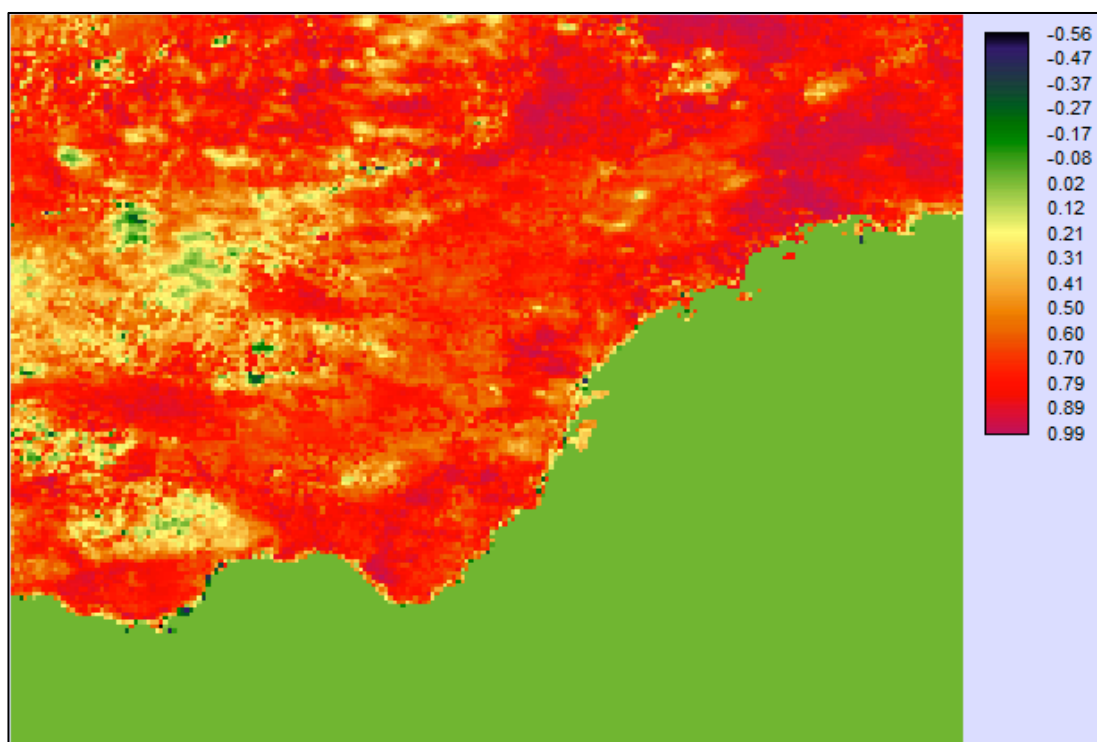
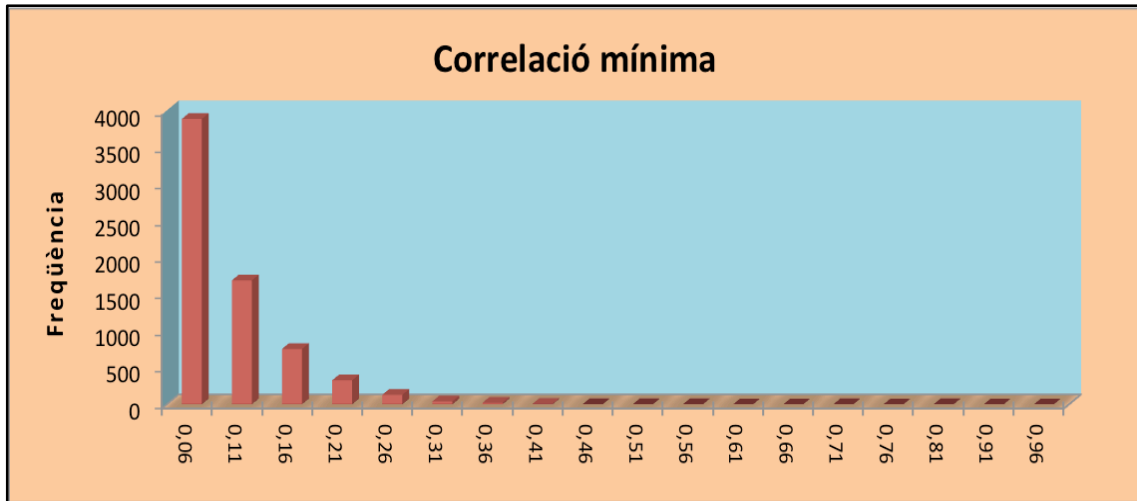
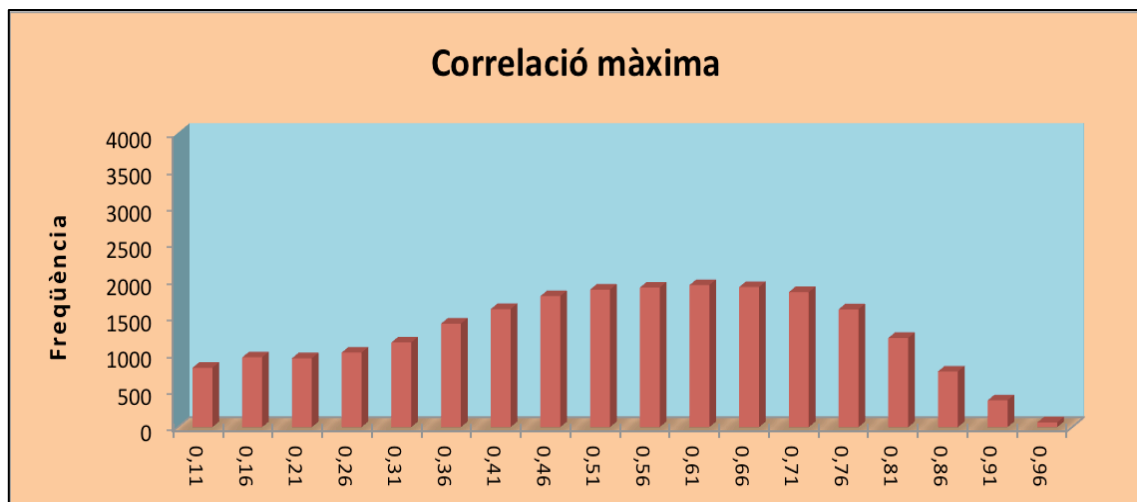


Figura 10. Any 2012, màxima correlació amb un lag igual a +2



Gràfica 1. Histograma de l'any 2008, mínima correlació amb un desfasament igual a +3



Gràfica 2. Histograma de l'any 2012, màxima correlació amb un desfasament igual a +2

Podem observar com la correlació en la imatge resultat de 2008 es pràcticament nul·la a tota la zona d'estudi, i sabent que el color que té el mar, en tots els casos, es igual a 0, a partir d'aquest fins el color verd obscur son valors negatius (fins a -1) i fins el color vermell obscur son valors positius (fins a +1). Llavors es pot dir que en aquesta imatge la correlació entre RFE i NDVI és gairebé inexistent ja que predominen els valors negatius a la major part del territori, i que en la imatge de 2012 la correlació es gairebé total ja que predominen els valors positius al llarg del territori, sobretot a la zona nord-est de la imatge.

Al primer histograma, el de l'any 2008, podem veure com els valors s'aproximen a 0 en l'ajust d' R^2 cosa que ens indica que la correlació és pràcticament nul·la amb el desfasament +3, això vol dir que amb un retard d'uns 3 mesos no ha crescut gairebé vegetació, llavors deduïm l'escassetat de pluges en aquest període de temps. Al segon dels histogrames, que pertany a l'any 2012 amb desfasament +2, veiem com els valors s'aproximen a l'1, el qual vol dir que tenim una correlació forta entre RFE i NDVI.

9.2 Anàlisi de les tendències (anual i estacional)

Per l'anàlisi de les tendències s'han escollit sis zones del Parc Natural determinades gracies a un mapa temàtic extret de la pàgina web de "Corine Land Cover" (Figura 11). Cada zona està delimitada per una regió circular de 45 píxels (0.03 graus de Radi) que equival a uns 45.40 km², ja que 1° són aproximadament 111 km.

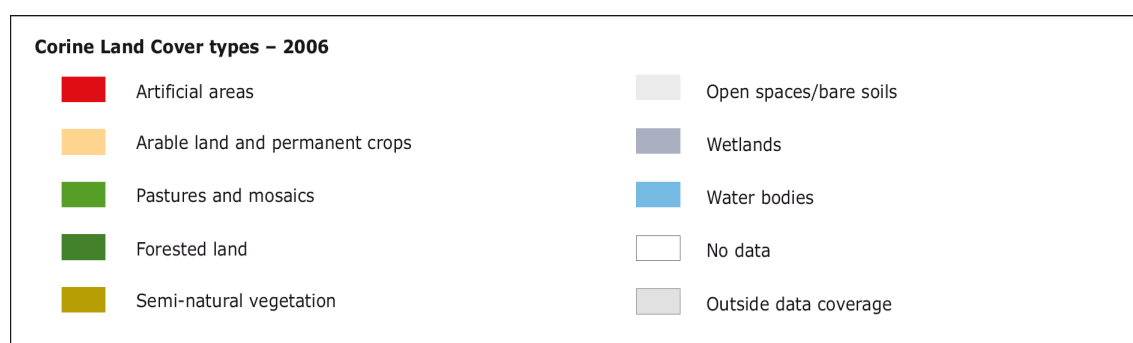


Figura 11. Mapa temàtic amb la seva corresponent llegenda

Les sis zones escollides són les següents:

- *Zona 1. Espai natural obert:* aquesta primera zona es troba a prop de la costa i ocupa un terreny amb poques irregularitats geogràfiques.
- *Zona 2. Vegetació seminatural:* es troba, també, a prop de la costa, a l'oest de la primera zona. Aquest terme vol dir que és una zona modificada per la influència humana, però conserva moltes característiques naturals.
- *Zona 3. Terres forestals, mosaics i pastures:* està situada al nord del Parc.
- *Zona 4. Terra arable i cultius permanents:* de les zones escollides, és la que es troba més a l'est del Parc. La seva situació respecte la zona 1 és nord-est. Zona modificada per la influència de l'home.
- *Zona 5. Cultius permanents a prop de zona urbana:* un altre cop cultius, però en aquest cas propers a la civilització, per tant amb influència humana. Està situada a prop de les zones 3 i 4 i al sud de les mateixes.
- *Zona 6. Espai natural obert a cotes elevades:* es torna a tenir un espai obert, però aquesta vegada en terrenys de més altitud. Està entre les zones 3 i 5 i a l'est de les mateixes.

En aquest mapa (Figura 12) es pot veure la situació de cada una de les zones:

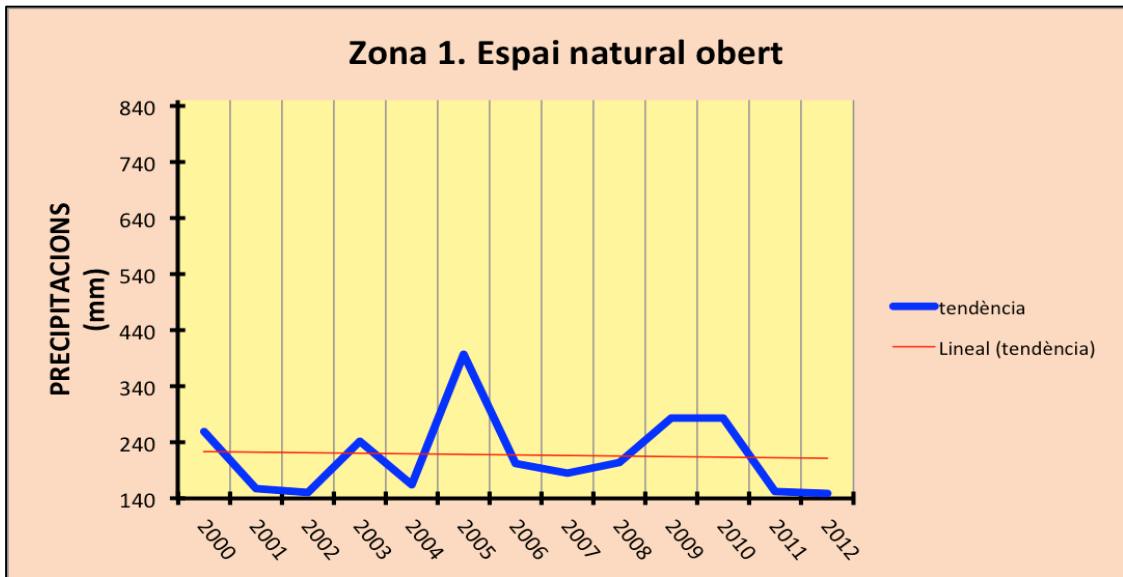


Figura 12. Màscara de l'àmbit del Parc amb la localització de les sis zones d'estudi

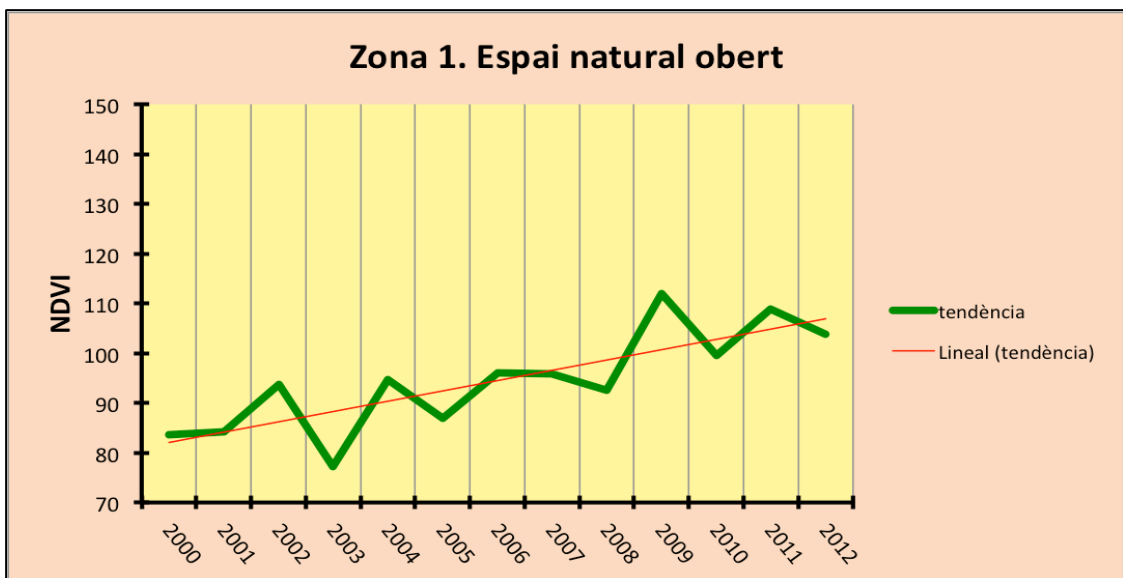
9.2.1 Anàlisi tendència entre 2000 i 2012

Per entendre aquests gràfics cal analitzar la distribució de la precipitació durant l'any, ja que per tots els anys d'estudi la màxima precipitació es va donar a finals d'any.

Zona 1. Espai natural obert: l'any amb més precipitacions és el 2005 i l'any de més abundància vegetal en aquest lloc és el 2008. Durant el període d'estudi, la tendència de precipitacions es manté a nivell mentre que la de vegetació és ascendent (Gràfica 3 i Gràfica 4).



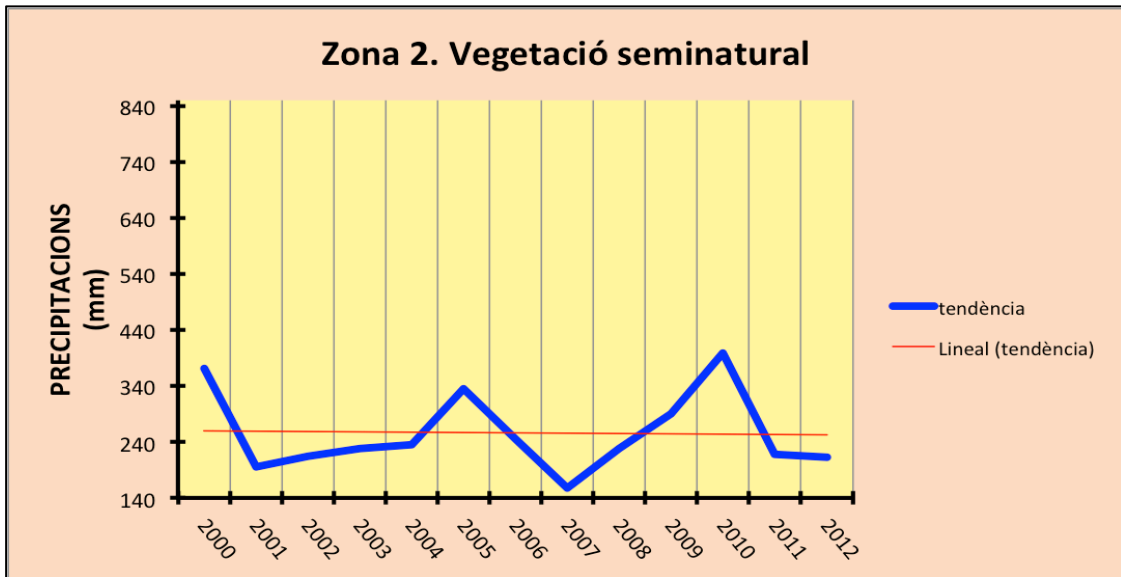
Gràfica 3. Tendència anual de precipitacions a la zona 1



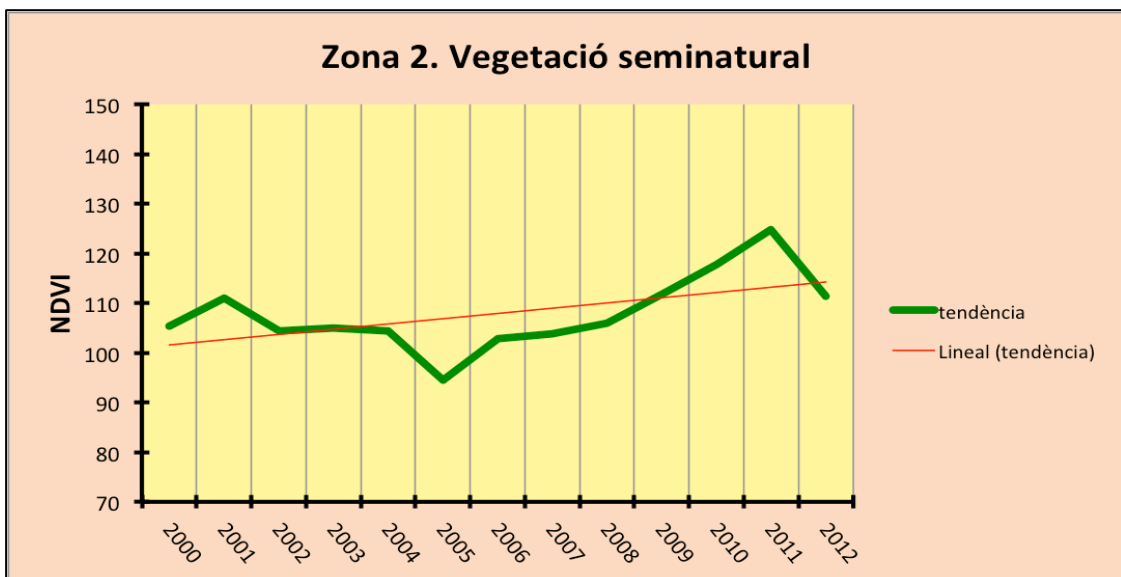
Gràfica 4. Tendència anual del NDVI a la zona 1

S'observa que a partir de l'any 2005 on es troba el màxim valor de precipitacions acumulades, als anys vinents a aquest els valors de NDVI agafen un caire ascendent constant, cosa que vol dir que la vegetació creix a conseqüència de l'aigua rebuda per les precipitacions. També s'observa que quan un any té un valor molt baix de precipitacions acumulades, als anys vinents a aquest els valors de NDVI també disminueixen, com per exemple a l'any 2003, on hi trobem el mínim valor NDVI a conseqüència de dos anys d'escasses precipitacions (2001 i 2002).

Zona 2. Vegetació seminatural: en aquest segon cas, s'observa que el 2010 és l'any en el que es van tenir més precipitacions i el 2011 el de més augment de la vegetació. La tendència de pluges es manté a nivell i la de vegetació és lleugerament ascendent (Gràfica 5 i Gràfica 6).



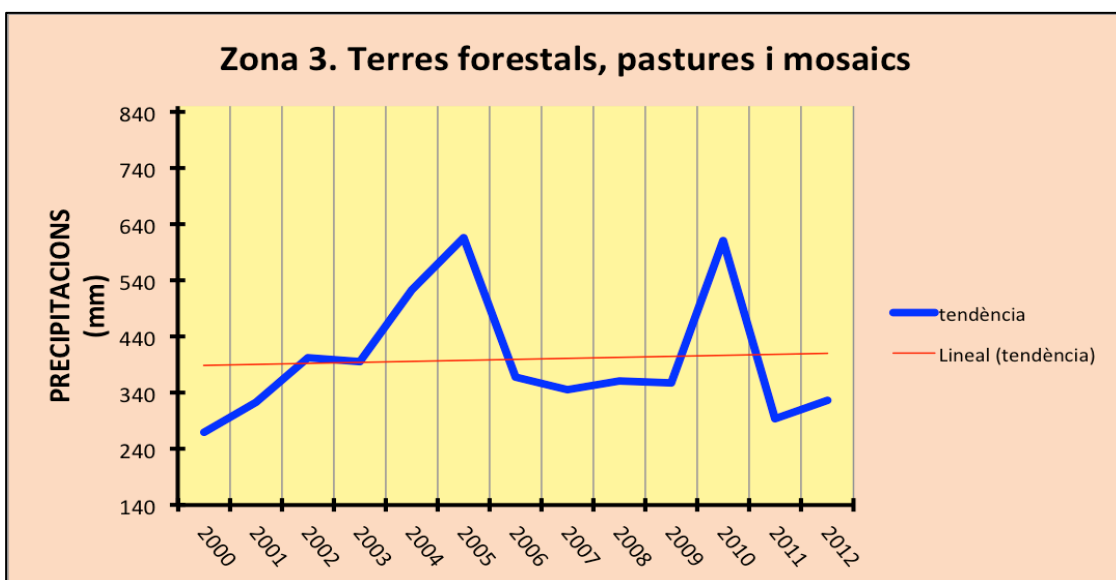
Gràfica 5. Tendència anual de precipitacions a la zona 2



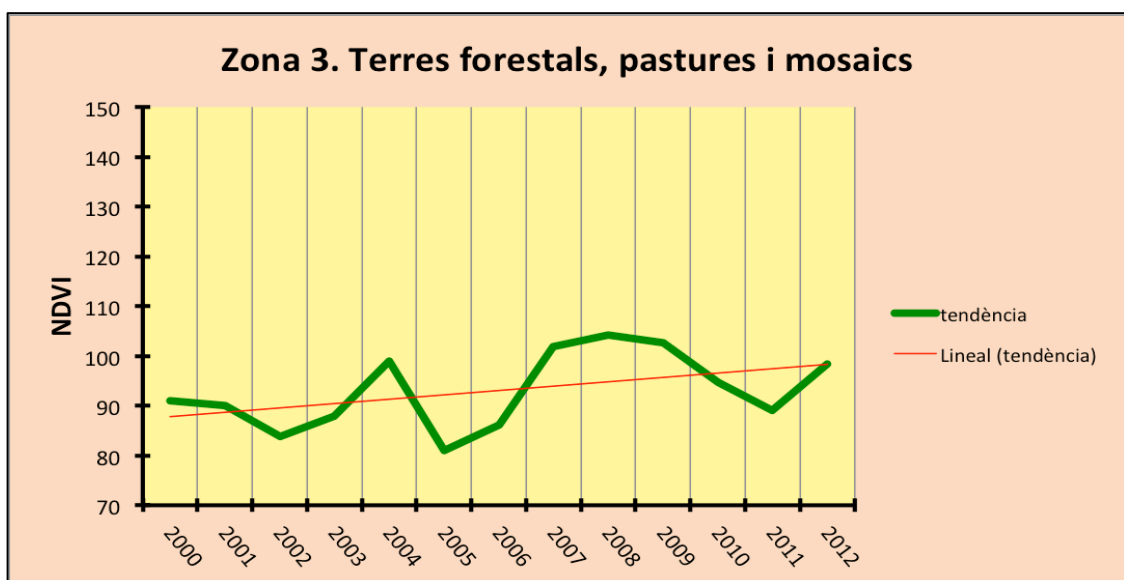
Gràfica 6. Tendència anual del NDVI a la zona 2

Els valors NDVI a aquesta zona augmenten o disminueixen en funció de les pluges com és en el cas de l'any 2005, on els valors NDVI baixaven de forma brusca i amb els bons nivells de pluja acumulada a aquest mateix any, els valors NDVI agafen un caire ascendent cap a l'any 2006 i els anys vinents.

Zona 3. Terres forestals, pastures i mosaics: a aquest lloc l'any amb més precipitacions és el 2010 i el 2011 és en el que es troba la màxima crescuda de la vegetació, igual que en el cas anterior. La tendència de les pluges és lleugerament ascendent, gairebé es manté a nivell, i la tendència de la vegetació és clarament ascendent (Gràfica 7 i Gràfica 8).



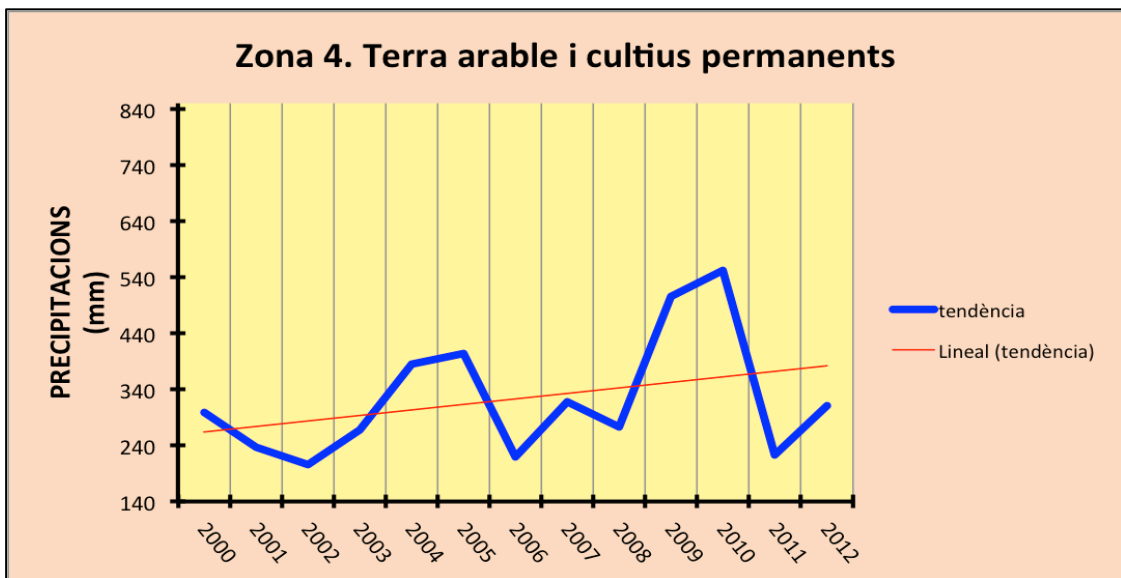
Gràfica 7. Tendència anual de precipitacions a la zona 3



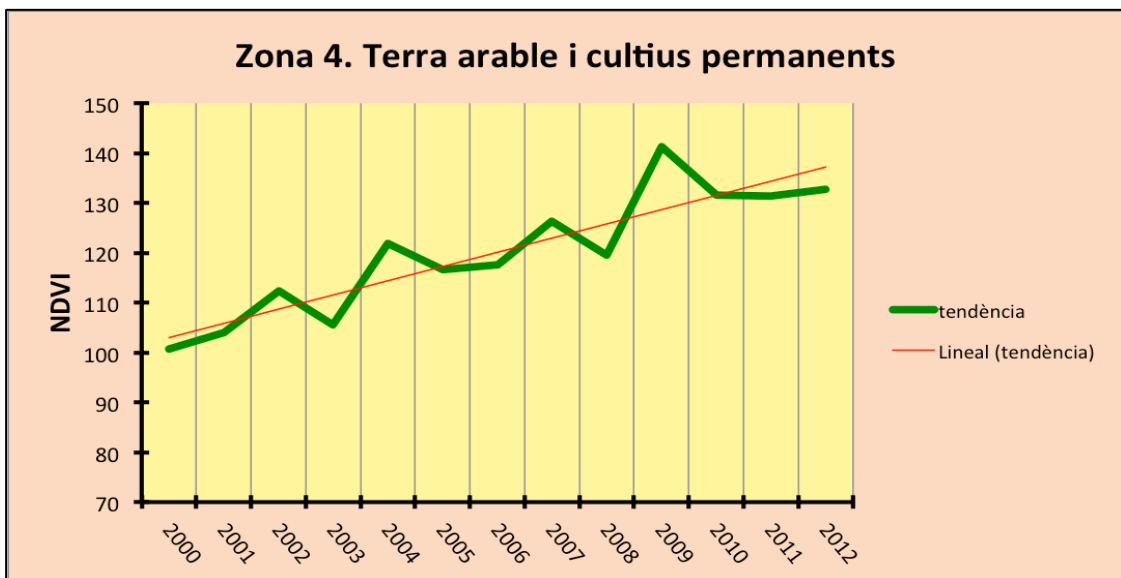
Gràfica 8. Tendència anual del NDVI a la zona 3

En aquest tercer cas els valors de NDVI varien bruscament i això és degut a que en aquesta zona la vegetació no segueix el curs de les precipitacions estrictament, ja que hem de tenir en compte que en aquestes terres la vegetació està a disposició d'homes que exploten les terres forestals i d'animals que s'alimenten en les pastures i per tant a les terres dels mosaics, que es troben entre mig de les terres forestals i les pastures, la vegetació sofreix pràcticament el mateix procés que en les altres dues.

Zona 4. Terra arable i cultius permanents: en aquesta zona, s'observa que l'any amb el valor màxim de precipitacions és al 2010 i el de màxima vegetació és el 2012. La tendència de les pluges es mostra ascendent i en el cas de la tendència de vegetació es veu una línia ascendent encara més pronunciada (Gràfica 9Gràfica 10).



Gràfica 9. Tendència anual de precipitacions a la zona 4

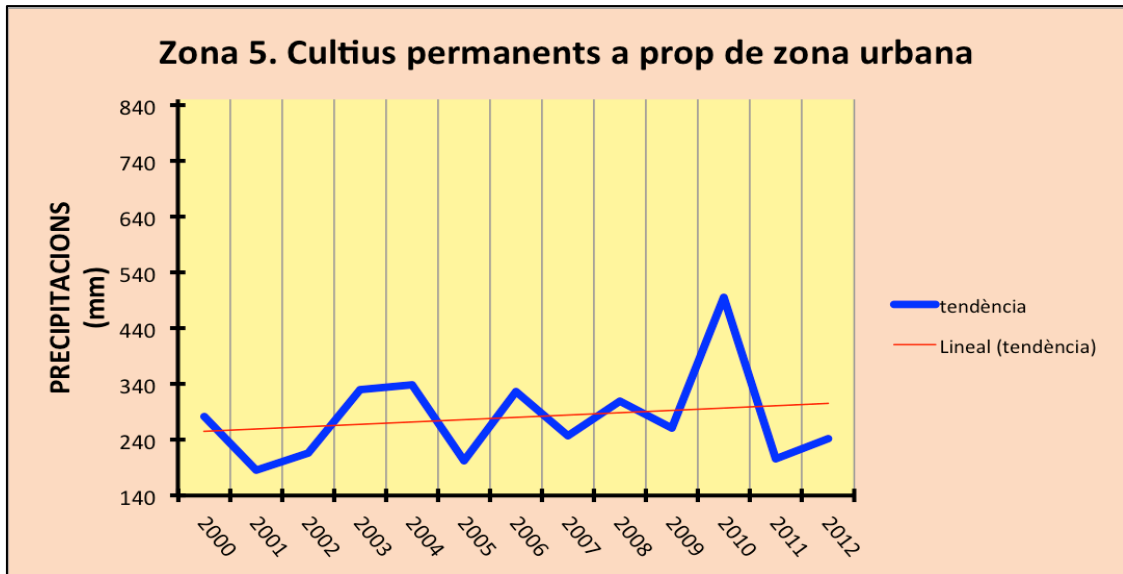


Gràfica 10. Tendència anual del NDVI a la zona 4

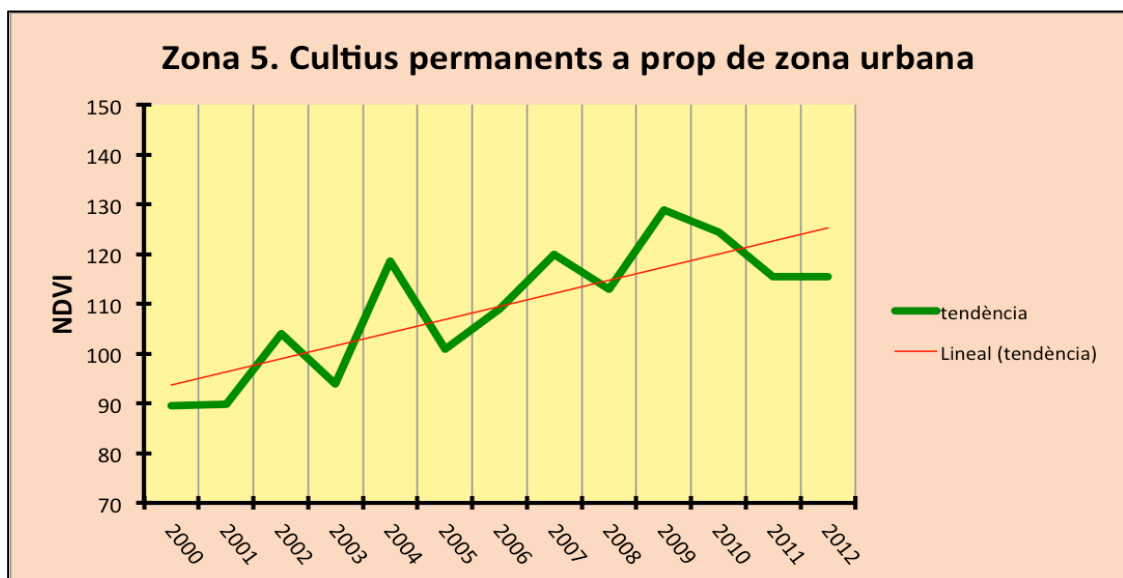
En aquesta zona els valors de precipitacions tenen un caire ascendent al llarg dels anys arribant a uns bons nivells de pluja acumulada i a conseqüència

d'això també trobem bons nivells de NDVI i amb caire ascendent. A aquest territori també hem de tenir en compte la influència de l'home sobre el mateix.

Zona 5. Cultius permanents a prop de zona urbana: en aquesta regió, el valor més alt de precipitacions és al 2010 i el de vegetació al 2009. La tendència de pluges és lleugerament ascendent i la de vegetació és positiva (Gràfica 11 i Gràfica 12).



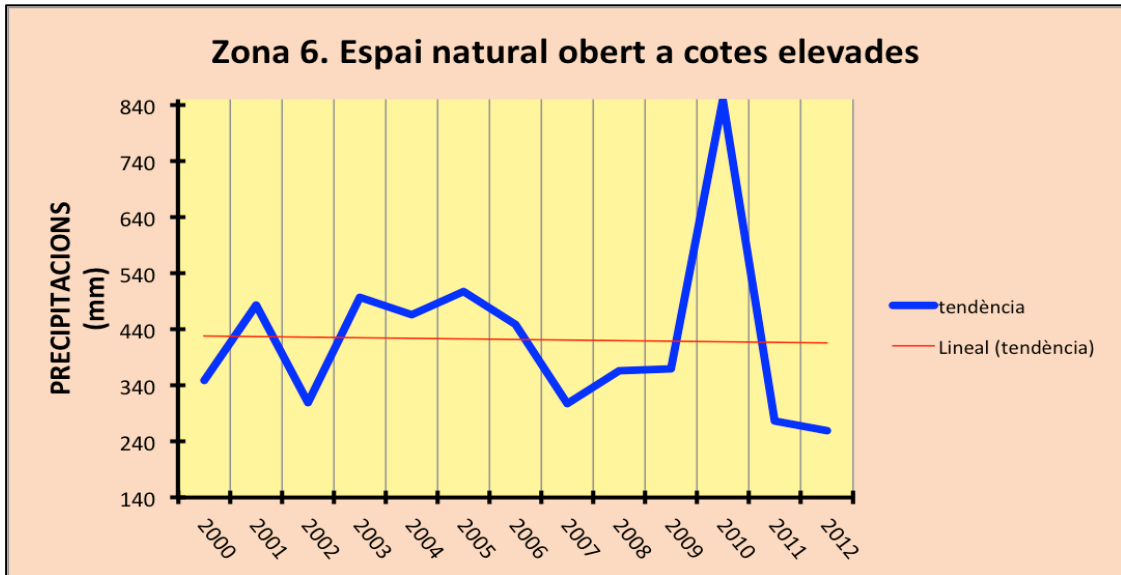
Gràfica 11. Tendència anual de precipitacions a la zona 5



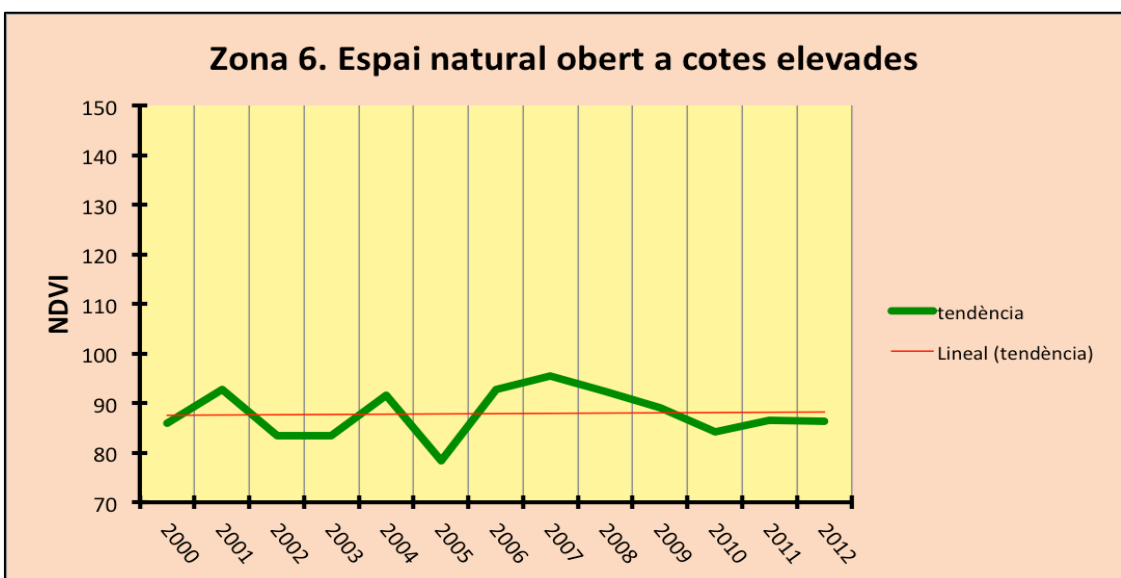
Gràfica 12. Tendència anual del NDVI a la zona 5

D'aquesta zona, deduïm el mateix que a l'anterior.

Zona 6. Espai natural obert a cotes elevades: a aquesta franja, el màxim valor de precipitacions es troba a l'any 2010 i el de vegetació al 2007. La tendència de pluges acumulades és a nivell i la de vegetació es manté també a nivell (Gràfica 13 i Gràfica 14).



Gràfica 13. Tendència anual de precipitacions a la zona 6



Gràfica 14. Tendència anual del NDVI a la zona 6

La tendència pluvial a aquest cas té els valors més alts de entre les sis zones d'estudi i per contra, s'observa que els valors de NDVI són els més baixos de entre les sis zones.

Amb l'anàlisi conclòs de les sis zones, es pot dir que els valors de NDVI són molt semblants en quant a valors a totes les zones d'estudi. Aquests mantenen uns bons nivells de vegetació, tenint en compte l'escassetat de pluges i sabent que el NDVI està comprès entre els valors 0 i 255.

També observem com els valors de NDVI tenen un caire ascendent, van de menys a més i això vol dir que amb el pas del temps els nivells de vegetació en aquest territori estan augmentant.

En quant a la vegetació tractada sota la influència de l'home i com a menjar d'animals es pot dir que l'adaptació al medi és correcte ja que les tendències són positives en aquestes zones (3, 4 i 5) i els valors de vegetació són bons tot i l'escassetat de pluja.

A continuació, es mostra una taula (Taula 2) amb els valors màxims i mínims de pluges acumulades i NDVI per a cada una de les sis zones i amb els seus corresponents anys:

	PRECIPITACIONS				NDVI			
	VALOR MÍNIM (mm)	ANY	VALOR MÀXIM (mm)	ANY	VALOR MÍNIM	ANY	VALOR MÀXIM	ANY
Zona 1	148.14	2012	396.72	2005	77.13	2003	111.89	2009
Zona 2	157.61	2007	398.82	2010	94.43	2005	124.86	2011
Zona 3	269.26	2000	609.84	2010	80.99	2005	104.10	2008
Zona 4	205.76	2002	552.32	2010	100.69	2000	141.22	2009
Zona 5	185.40	2001	495.97	2010	89.53	2000	128.91	2009
Zona 6	258.33	2012	848.79	2010	78.30	2005	95.44	2007

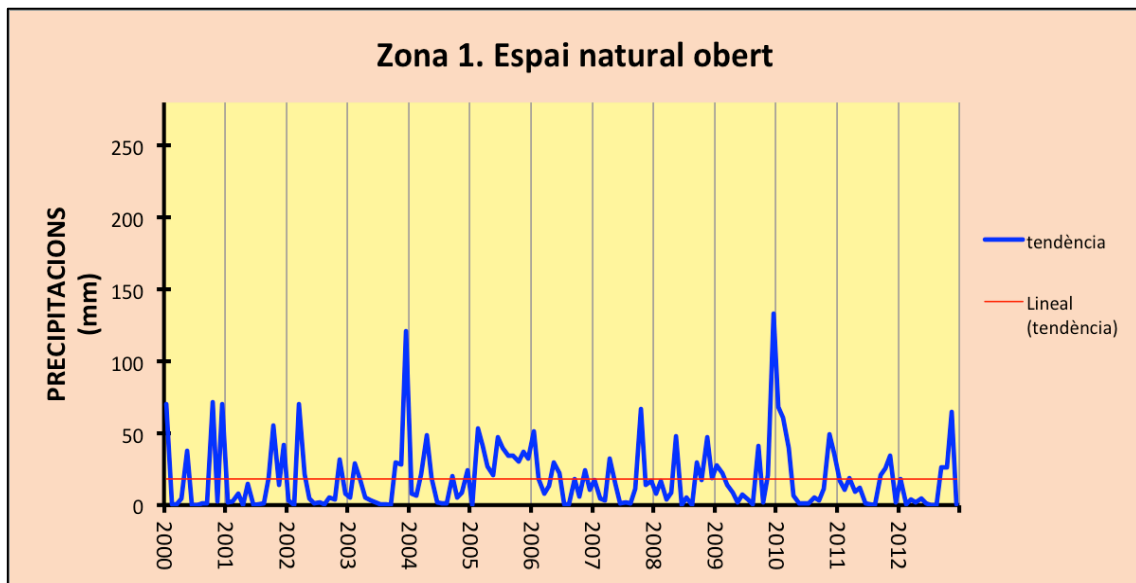
Taula 2. Valors de tendència anual màxims i mínims de precipitacions i NDVI

S'observa que l'any 2007 va ser el de menys pluja acumulada i l'any 2010 el de més pluja acumulada. L'any amb el mínim valor de NDVI és el 2003 i el de màxim valor NDVI és el 2009.

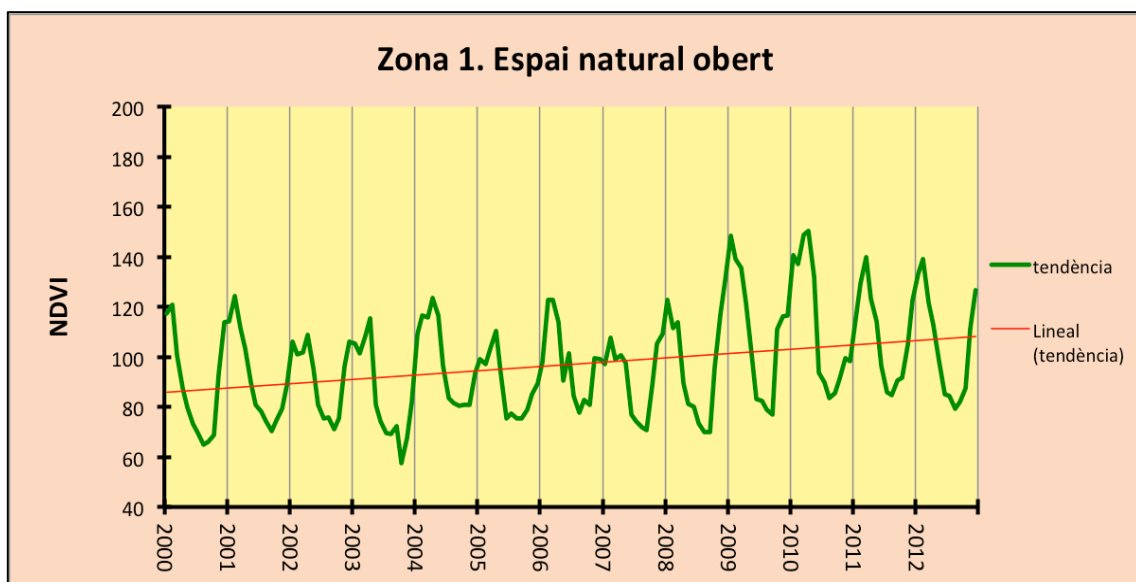
A partir d'aquesta taula, es pot deduir que no per què a un any hi hagi el màxim valor de pluja acumulada, necessàriament l'any vinent hagi de ser el de màxim valor NDVI.

9.2.2 Anàlisi tendència estacional

Zona 1. Espai natural obert: a aquesta primera zona el registre més alt de precipitacions és a la tardor de 2009 i el registre més alt de NDVI és a la primavera de 2010. La tendència de les precipitacions és constant i la tendència de la vegetació és ascendent (Gràfica 15 i Gràfica 16).

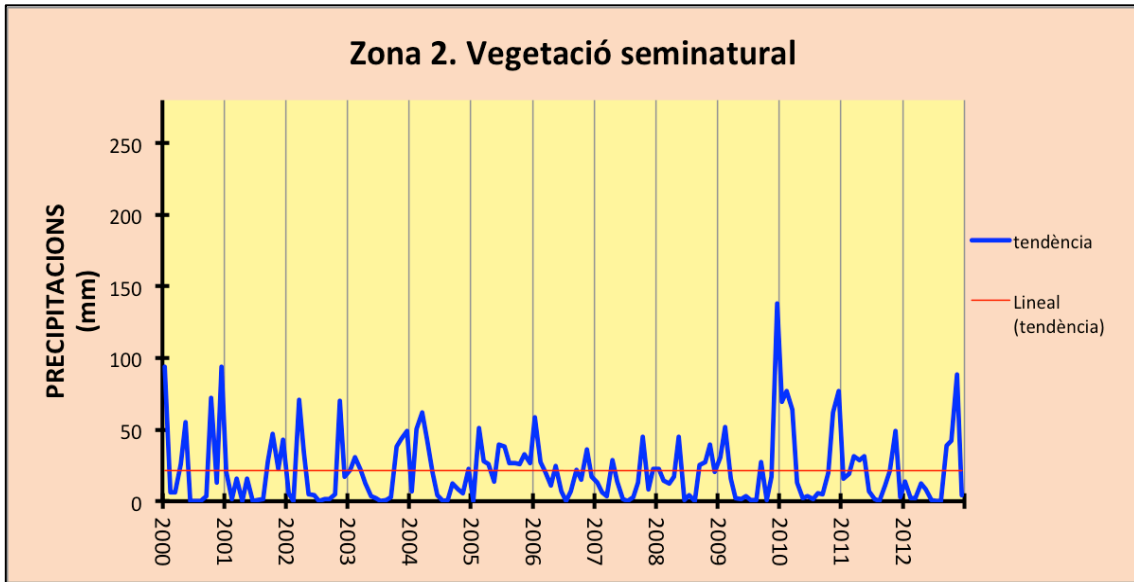


Gràfica 15. Tendència estacional de precipitacions a la zona 1

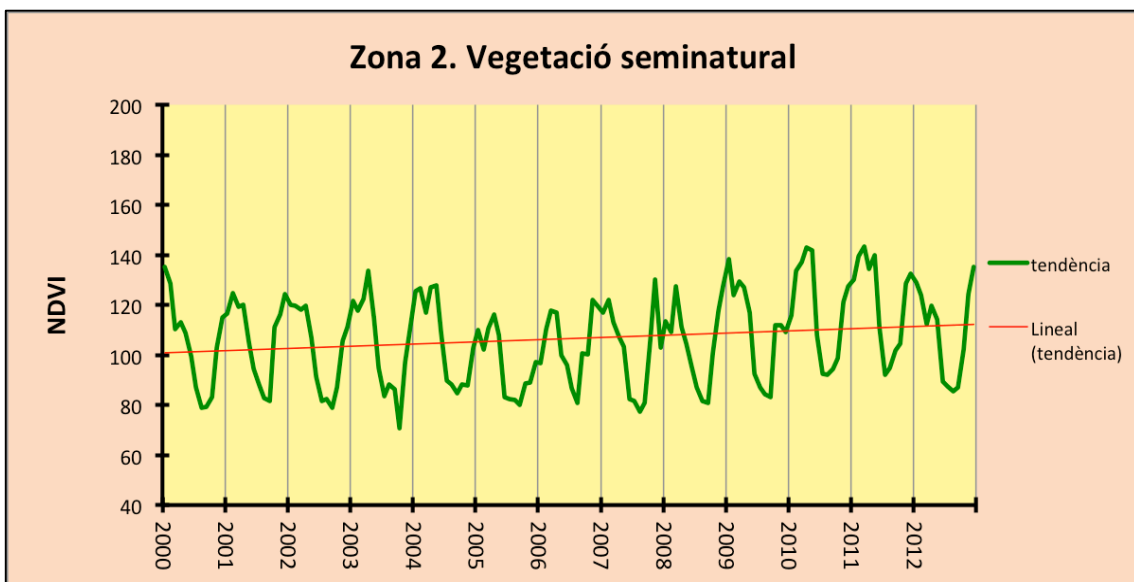


Gràfica 16. Tendència estacional del NDVI a la zona 1

Zona 2. Vegetació seminatural: en aquesta segona zona tenim que el màxim registre de precipitacions és a la tardor de 2009 i la primavera de 2010, el màxim de NDVI. La tendència pluvial és constant, mentre que la de vegetació és lleugerament ascendent (Gràfica 17 i Gràfica 18).

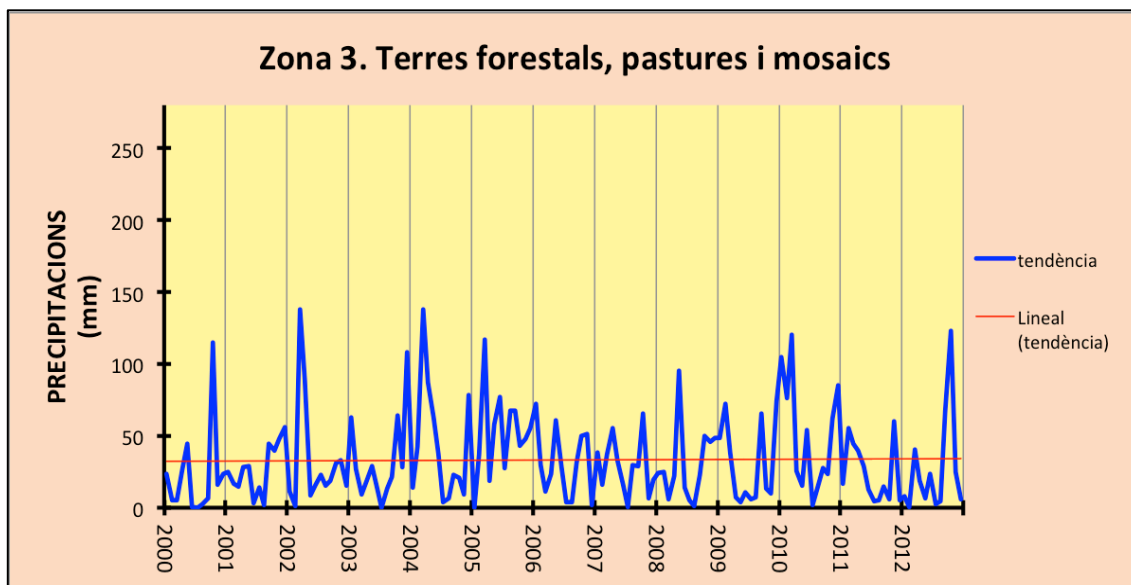


Gràfica 17. Tendència estacional de precipitacions a la zona 2

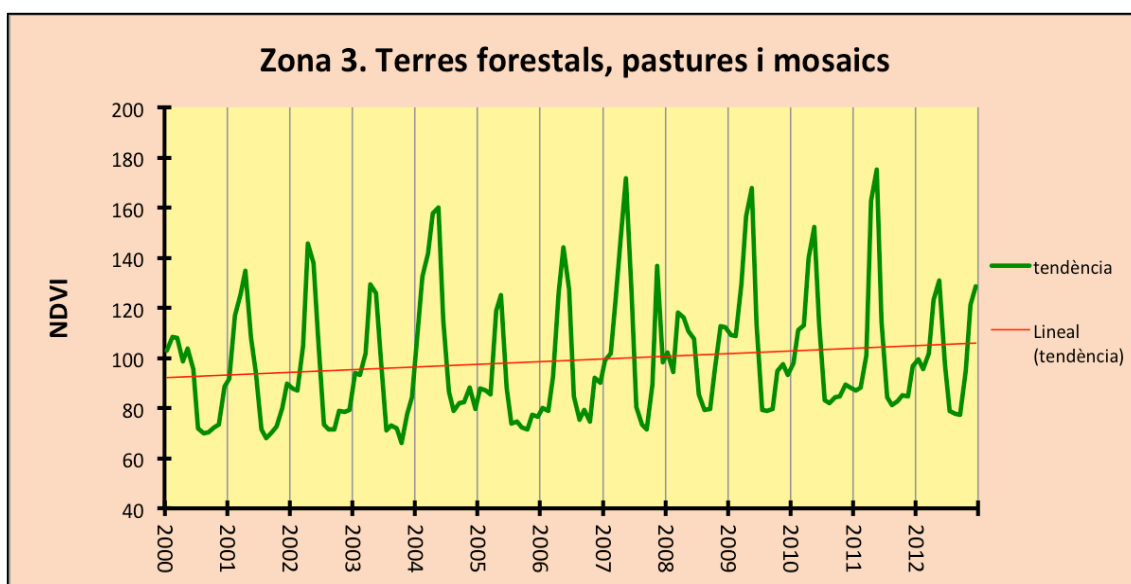


Gràfica 18. Tendència estacional del NDVI a la zona 2

Zona 3. Terres forestals, pastures i mosaics: en aquest cas el registre màxim de pluges és a l'hivern de 2002 i el punt més alt de NDVI a la gràfica es troba a la primavera de 2011. La tendència pluviàl es manté a nivell i la tendència de vegetació és lleugerament positiva (Gràfica 19 i Gràfica 20).

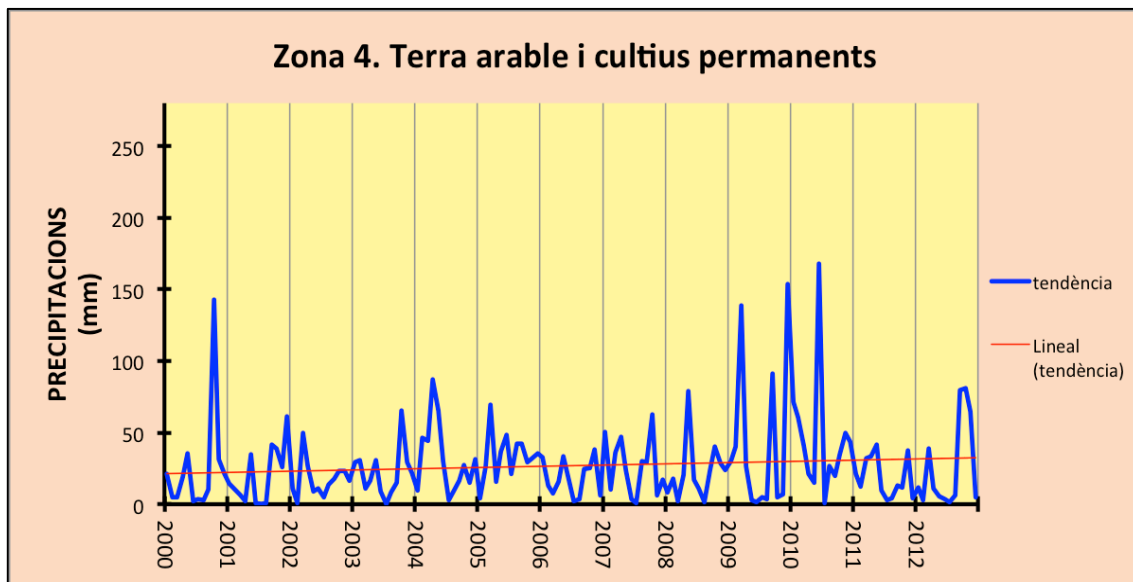


Gràfica 19. Tendència estacional de precipitacions a la zona 3

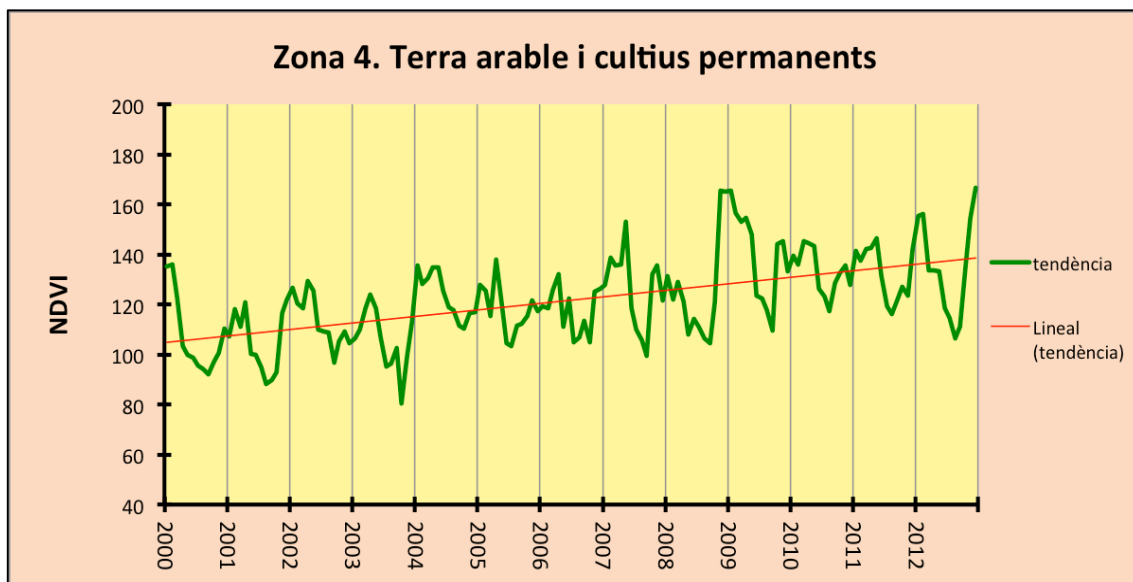


Gràfica 20. Tendència estacional del NDVI a la zona 3

Zona 4. Terra arable i cultius permanents: el valor màxim de precipitacions es troba a la primavera de 2010 mentre que el de NDVI es troba a la tardor de 2012. La tendència de les pluges és a nivell, amb un petit caire positiu, i la de vegetació és clarament ascendent (Gràfica 21 i Gràfica 22).

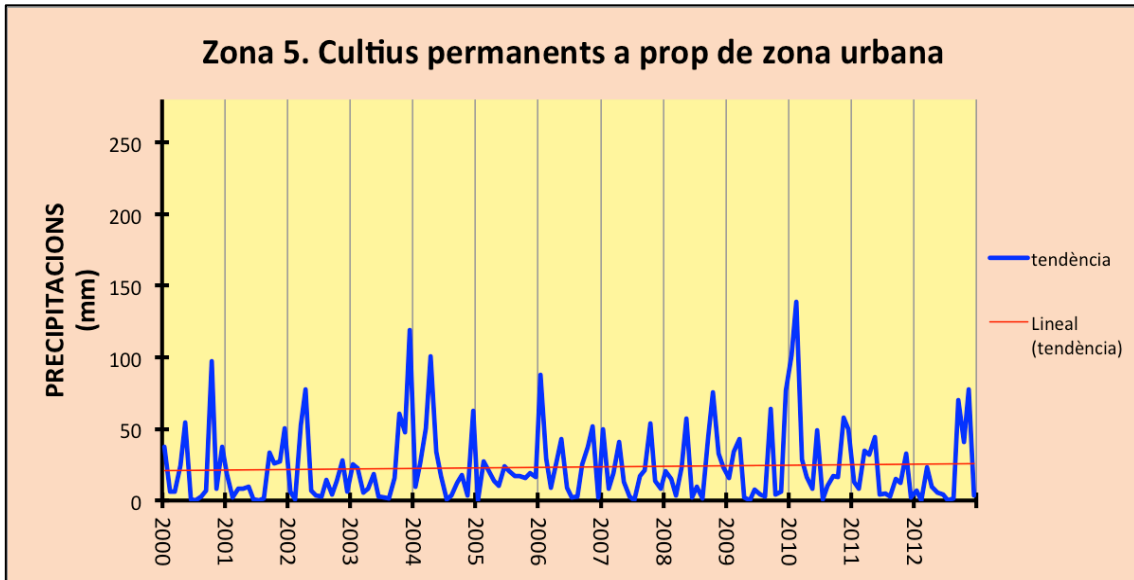


Gràfica 21. Tendència estacional de precipitacions a la zona 4

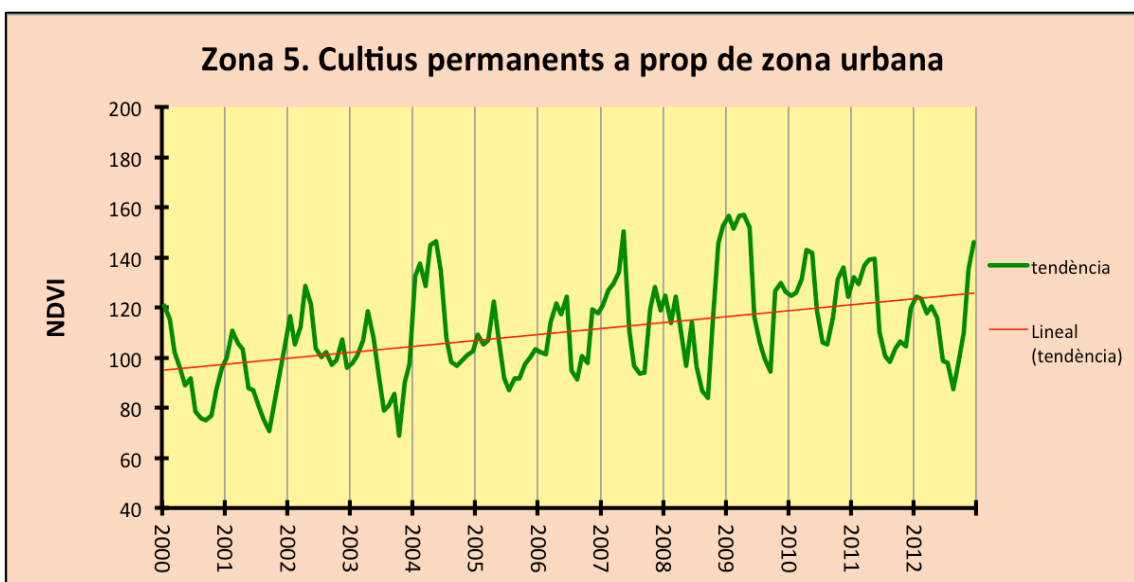


Gràfica 22. Tendència estacional del NDVI a la zona 4

Zona 5. Cultius permanents a prop de zona urbana: el registre més alt de precipitacions es troba l'hivern del 2010 i el registre més alt de NDVI es troba a la primavera de 2009. La tendència pluviàl és a nivell i la tendència de vegetació és positiva (Gràfica 23 i Gràfica 24).

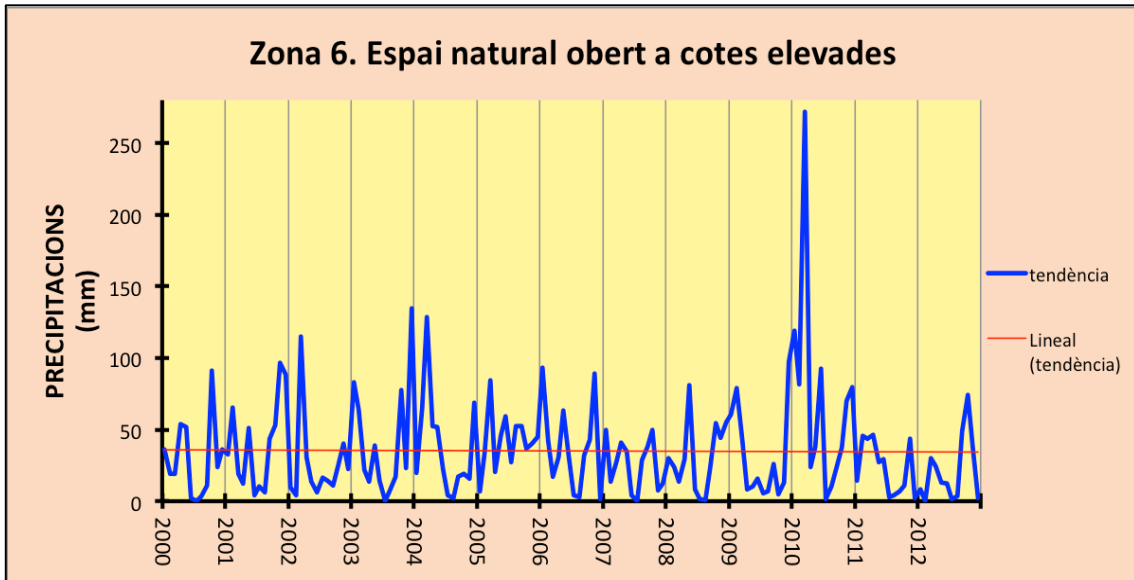


Gràfica 23. Tendència estacional de precipitacions a la zona 5

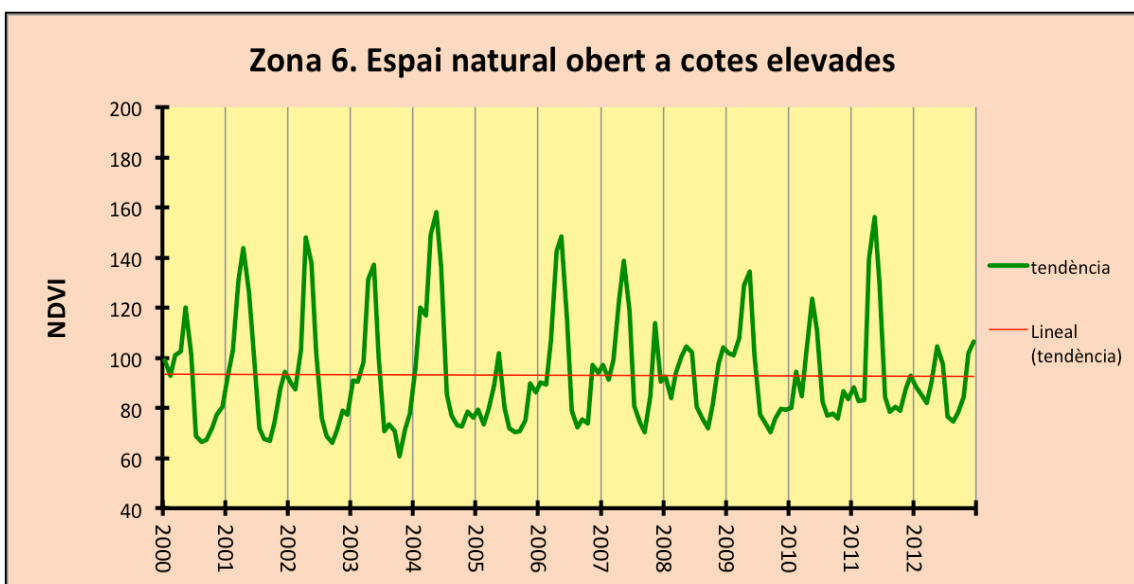


Gràfica 24. Tendència estacional del NDVI a la zona 5

Zona 6. Espai natural obert a cotes elevades: tenim el valor màxim de precipitacions a l'hivern de 2010 i a la primavera de 2004 el màxim valor de NDVI. La tendència pluvial és clarament negativa i la de vegetació es manté a nivell (Gràfica 25 i Gràfica 26).



Gràfica 25. Tendència estacional de precipitacions a la zona 6



Gràfica 26. Tendència estacional del NDVI a la zona 6

Es pot observar com, normalment, l'escassetat de pluges la trobem a l'estiu i a l'hivern. Al estiu és gairebé total aquesta escassetat, mentre que a l'hivern és més irregular, alterna valors mínims i màxims de precipitacions als diferents anys, però clarament amb més mínims que màxims. Per contra, l'abundància de pluges la trobem a la primavera i la tardor, amb valors més alts a la primavera que a la tardor.

En el cas del NDVI, es segueix, gairebé sempre, un mateix cicle de creixement i decreixement. Aquest cicle funciona de la següent manera: a la tardor comencen a pujar els nivells de NDVI després de passar l'estiu, ja que en aquesta estació gairebé sempre s'hi donen els valors mínims, i aquesta continua creixent progressivament a l'hivern, que actua com a transició del creixement, i arriba la primavera, on el NDVI arriba al seu valor màxim (normalment) i just després d'aquest, tornen a baixar els valors de NDVI amb l'arribada de l'estiu, llavors els valors tornen a ser mínims.

Aquí es pot observar la taula (Taula 3) amb els valors màxims de pluges i NDVI amb els seus corresponents anys i mesos:

	PRECIPITACIONS			NDVI		
	VALOR MÀXIM (mm)	ANY	MES	VALOR MÀXIM	ANY	MES
Zona 1	132.88	2009	Desembre	150.22	2010	Abril
Zona 2	138.26	2009	Desembre	143.02	2010	Abril
Zona 3	138.15	2002	Març	175.18	2011	Maig
Zona 4	168.00	2010	Juny	166.60	2012	Desembre
Zona 5	139.03	2010	Febrer	157.09	2009	Abril
Zona 6	272.04	2010	Març	158.00	2004	Maig

Taula 3. Valors màxims de tendència estacional de precipitacions i NDVI

S'observa que els màxims registres de precipitacions es troben a la tardor i a la primavera i els anys més abundants de precipitacions són el 2010 i el 2009, respectivament. Curiosament, trobem 3 valors màxims a l'hivern.

En quant a la vegetació, observem amb claredat que l'estació amb més abundància és la primavera. Tenim que els valors màxims es troben dins del període entre 2009 i 2012.

A continuació es mostra la taula (Taula 4) amb els valors mínims de NDVI amb els seus corresponents anys i mesos:

NDVI			
	VALOR MÍNIM	ANY	MES
Zona 1	57.40	2003	Octubre
Zona 2	70.71	2003	Octubre
Zona 3	65.93	2003	Octubre
Zona 4	80.36	2003	Octubre
Zona 5	68.87	2003	Octubre
Zona 6	60.71	2003	Octubre

Taula 4. Valors mínims de tendència estacional de NDVI

Observem que a totes les zones el valor mínim de vegetació coincideix al mateix any i mes, concretament l'Octubre de 2003, a la tardor, just quan acaba l'estiu.

No s'han treballat els valors mínims de les precipitacions per què coincideixen aquests valors en molts dels mesos d'un mateix any. Però si que es pot dir què l'estiu de 2003, en totes les zones, els valors de precipitacions són molt aproximats a 0.

10 Conclusions

La teledetecció ha demostrat ser una eina fonamental per estudis com els que es presenten en aquest Projecte Final de Carrera. Avui dia la teledetecció substitueix a la topografia clàssica sobretot en treballs en els que el territori d'estudi és extens ja que aquesta aporta una ràpida visualització i anàlisi del territori en qüestió. Aquest avenç tecnològic donat en les últimes dècades també serveix com a eina d'estudi d'altres professionals, ja que és molt interessant la seva utilitat per realitzar estudis mediambientals.

Primerament, en aquest projecte es pretenia observar i analitzar l'evolució de la vegetació a partir de les precipitacions acumulades i a través d'imatges resultat, gràfiques i taules numèriques. Després de realitzar els diferents anàlisis, les conclusions són les següents:

- L'anàlisi de la correlació lineal ha estat de gran ajuda per veure que hi existeix relació entre les dues variables d'estudi, i encara que aquesta relació entre precipitacions acumulades i NDVI sigui mínima, deduïm que el NDVI depèn de les precipitacions que rebí.
- L'anàlisi de la tendència anual ens ha fet veure que, tot i que s'han analitzat sis zones amb diferent localització dins del Parc, els valors de NDVI són molt similars a les sis zones i aquests han anat augmentant progressivament del 2000 fins al 2012. S'observa que a majors nivells de precipitació acumulada s'obtenen majors nivells de NDVI experimentant una ascendència lleugera i progressiva.
- Per últim, l'anàlisi de la tendència estacional ens ha ajudat a deduir les estacions amb més i menys acumulació de precipitació i les estacions amb majors i menors valors de NDVI. S'ha observat com en el cas del NDVI, la tendència estacional segueix un mateix cicle, normalment, cada any.

Personalment, he quedat satisfet amb els resultats per què són coherents i mostren dades interessants dels valors NDVI a aquesta zona, ja que no sóc un expert en matèria de vegetació, però, després de tots els anàlisis realitzats i gràcies a les dades obtingudes amb el NDVI, que sempre manté uns bons nivells als

resultats, considero que la vegetació té una bona adaptació al medi en el qual es troba.

Per acabar i amb motiu de la meva implicació en aquest projecte, espero que aquest sigui de gran utilitat per altres professionals o per futurs estudiants i projectistes.

11 Bibliografia

Fernández Martínez, J.C., "*Paisaje, conservación y desarrollo: Evolución socioeconómica del litoral almeriense*" (Article de la revista electrònica *El eco del Parque*, núm 59)

Gandía, S.; Meliá, J., "*La Teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales. Climatología y Desertificación*" (Universitat de València. Departament de Termodinàmica)

Chuvieco Salinero, E., "*Teledetección ambiental; La observación de la Tierra desde el Espacio*" (Ediciones Ariel Ciencia)

Puig Polo, C., "*Apunts Teledetecció*" (ETT-EPSEB-UPC)

Fabricante, I.; Oesterheld, M.; Paruelo, J.M., "*Annual and seasonal variation of NDVI explained by current and previous precipitation across Northern Patagonia*" (Journal of Arid Environments)

Terrádez, M.; Ángel, J., "*Series temporales*" (UOC)

Ruiz Fernández, L.A.; Porres de la Haza, M.J.; Recio Recio, J.A.; Fernández Sarría, A., "*Pràctiques de teledetecció*" (Editorial de la UPV)

12 Agraïments

Agraeixo a la tutora d'aquest projecte final de carrera, Càrol Puig Polo, la seva disposició, l'aportació dels seus gran coneixements sobre teledetecció i la ajuda en la realització i execució de les tècniques de teledetecció utilitzades.