



**Universitat de les  
Illes Balears**

Facultat de Ciències

**Memòria del Treball de Fi de Grau**

# Plantejament d'un estudi sobre la descomposició de la fullaraca en boscos fragmentats del Pla de Mallorca

Catalina Ribas Vicente

**Grau de Biologia**

Any acadèmic 2013-14

DNI de l'alumne: 41583953E

Treball tutelat per Carme Garcia Ple  
Departament de Biologia

S'autoritza la Universitat a incloure el meu treball en el Repositori Institucional per a la seva consulta en accés obert i difusió en línia, amb finalitats exclusivament acadèmiques i d'investigació

Paraules clau del treball:  
Fragmentació, efecte vora, fullaraca, descomposició *Pistacia lentiscus* L.



## ÍNDEX

0. Presentació i justificació del tema .....	2
1. Introducció .....	2
1.1 Marc contextual.....	2
1.1.1 <i>La fragmentació del bosc</i> .....	2
1.1.2 <i>La descomposició de la fullaraca en els ecosistemes forestals</i> .....	3
1.1.3 <i>Efectes de la fragmentació del bosc sobre la descomposició de la fullaraca</i> .....	4
1.2 Objectius.....	5
1.2.1 <i>Objectiu general</i> .....	5
1.2.2 <i>Objectius específics</i> .....	5
1.3 Preguntes.....	5
2. Àrea d'estudi, fragment i espècie estudiada.....	5
2.1 Descripció de l'àrea d'estudi .....	5
2.1.1 <i>Localització</i> .....	5
2.1.2 <i>Clima</i> .....	6
2.1.3 <i>Geologia, litologia i sòl</i> .....	6
2.1.4 <i>Ecosistemes</i> .....	7
2.1.5 <i>Paisatge i usos del sòl</i> .....	9
2.2 Selecció del fragment de bosc i de l'espècie estudiada .....	11
2.2.1 <i>Criteris seguits per l'elecció del fragment de bosc</i> .....	11
2.2.2 <i>Espècie estudiada</i> .....	12
3. Disseny de l'estudi i metodologia .....	13
3.1 Disseny de l'estudi .....	13
3.2 Metodologia de mostreig .....	15
3.2.1 <i>Posició dins el fragment</i> .....	15
3.2.2 <i>Fauna edàfica (amb exclusió i sense exclusió)</i> .....	16
3.2.3 <i>Material a descompondre</i> .....	17
3.3 Metodologia de camp i de laboratori.....	19
3.3.1 <i>Recollida inicial i preparació de les mostres al laboratori</i> .....	19
3.3.2 <i>Instal·lació de les bosses al camp</i> .....	20
3.3.3 <i>Recollida final i manipulació de les mostres al laboratori</i> .....	21
3.3.4 <i>Determinació de cendres a les fulles</i> .....	22
3.4 Anàlisi estadística .....	22
4. Resultats i discussió.....	22
4.1 Evolució de la temperatura segons la posició dins el fragment. Combinació amb la precipitació .....	22
4.2 Pèrdua de pes sec de les fulles de <i>Pistacia lentiscus</i> L. ....	24
4.3 Pèrdua de pes sec de la cel·lulosa .....	25
5. Conclusions.....	27
6. Agraïments .....	28
7. Referències bibliogràfiques.....	28

## 0. Presentació i justificació del tema

El treball que he realitzat planteja un estudi de com afecta la fragmentació del bosc mediterrani al procés de descomposició de la fullaraca, d'una espècie arbustiva com és *Pistacia lentiscus*, L. Aquest ha estat el tema que, per varis motius, he elegit com a Treball de Fi de Grau de Biologia, per la Universitat de les Illes Balears. Primer, per la meua estima cap a l'àrea de l'ecologia, pel seu factor interdisciplinari. En segon lloc, perquè la fragmentació del territori és un tema que toquem de bona mà a diari, i en últim, també, per la manca d'estudis sobre aquest tema en condicions mediterrànies.

En la situació actual marcada pel canvi global, cada dia es dona més importància al coneixement del funcionament dels ecosistemes; la seva estructura, dinàmica i estabilitat. La sostenibilitat dels ecosistemes forestals s'assegura amb el manteniment natural dels cicles dels nutrients, entre d'altres processos. L'ecosistema requereix de fluxos d'entrada (meteorització de la roca mare, fixació biològica del nitrogen, aportacions atmosfèriques i transferència per part de la biota), de fluxos de nutrients entre les plantes i el sòl, o cicle intern (absorció radicular i foliar, retranslocació, pluviorentat, caiguda de fullaraca i descomposició) i de fluxos de sortida de nutrients de l'ecosistema (escorrentia, emissió de gasos i aerosols, transferències per la biota i explotació de recursos). Cada un d'aquets fluxos depenen uns dels altres i s'han de tenir tots en conte per a conèixer el funcionament de l'ecosistema (Bosco, Blanco, i Castillo 2004).

Amb aquest treball, apart de realitzar un plantejament que pugui ser útil per a futurs estudis, m'agradaria aportar informació per arribar a millorar l'avaluació ambiental, els plans i els programes, i sobretot les actuacions sobre el territori del Pla de Mallorca.

## 1. Introducció

### 1.1 Marc contextual

#### 1.1.1 La fragmentació del bosc

Es defineix com a fragmentació el trencament d'un hàbitat o unitat de paisatge, originàriament continu, en parts més petites, **fragments** (Forman 1995 citat a Rodà 2005). El resultat de la fragmentació és una reducció de la superfície total inicial. L'espai que queda entre els nous fragments generats passa a ser ocupat per un altre tipus d'hàbitat i ús. Processos naturals, com el vent, les fortes tempestes, i els focs entre d'altres, poden alterar el territori lentament.

Per part de la mà de l'home, el paisatge es pot veure alterat per l'establiment de cultius, carreteres, nuclis urbans, etc.

La principal causa d'extinció de les espècies és la pèrdua d'hàbitat. Aquesta inclou: la destrucció directe de l'hàbitat i el dany a l'hàbitat derivat de la degradació i la fragmentació.

La creació de fragments implica la generació de vores, abruptes o graduals, que produiran canvis que tindran efectes directes o indirectes damunt la dinàmica de l'ecosistema. Per aquest motiu s'ha de conèixer la zona que envolta als fragments, **la matriu**, que pot ser de diferents usos agrícoles, vies d'accés o pas de carreteres... i que té gran influència en els fragments; com més petits e irregulars són

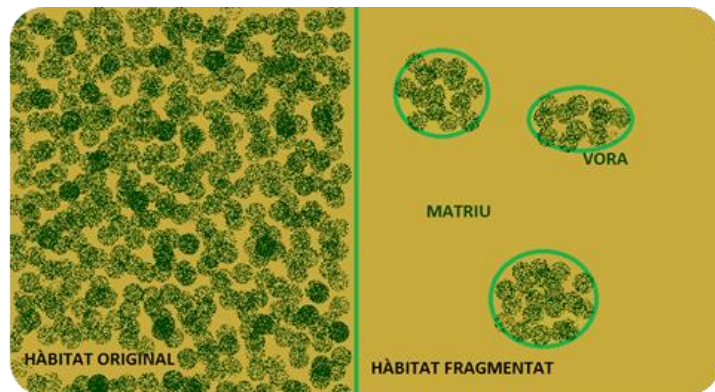
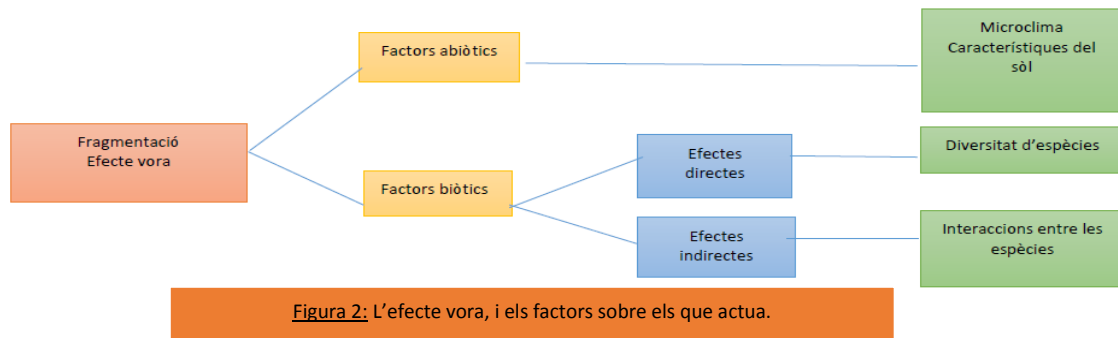


Figura 1: Representació de la fragmentació d'un hàbitat.

els fragments , més influeix la matriu ja que hi ha un augment de la permeabilitat a les condicions ambientals degut a la major relació perímetre/superfície. També tindrà més influència com més diferents sigui la matriu al propi hàbitat. Aquesta influència es coneix com **efecte vora** (figura 1).

L'efecte vora pot actuar sobre factors tant abiòtics com biòtics (figura 2). Els factors abiòtics suposen que es formi un gradient cap a l'interior del fragment, de forma que normalment disminueix la lluminositat, la evapotranspiració, la temperatura, i la velocitat del vent i per altra banda augmenta la humitat (Schelhas i Greenberg 1996; Laurance i Bierregaard 1997 citat a Primark i Ros 2002). Aquets canvis influeixen en processos biològics com la fotosíntesis, el desenvolupament de la vegetació i la descomposició o el cicle del nutrients. Cal destacar que aquets efectes no són homogenis; varien amb l'estació, l'orientació de la vora i l'estructura de la seva vegetació, els vents que dominen i el relleu (Saunders *et al.* 1991; McCollin 1998 citat a Tellería i Santos 2009). L'efecte vora pot arribar a ser important si els fragments són allargats o de formes irregulars (Bustamante i Grez 1995).

Per altre banda hi ha els efectes damunt la flora i la fauna: canvis qualitius i quantitius d'espècies, a més de les interaccions entre elles. L'increment relatiu de les vores afavoreix la penetració de les espècies generalistes dels hàbitats circumdants, i aquestes poden incidir damunt les espècies de l'hàbitat inicial (Janzen 1983,1986; Saunders *et al.* 1991).

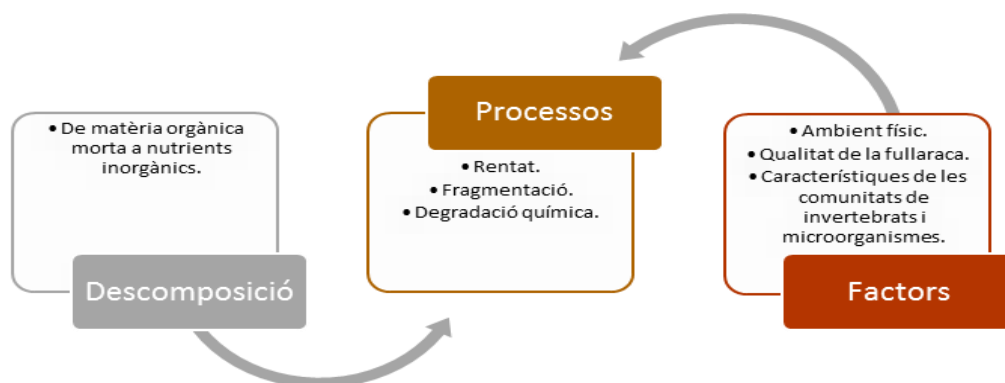


Per a conèixer bé la fragmentació de l'hàbitat s'han de tenir en compte, apart del nombre de fragments i el seu tamany, la forma, la distància entre ells (grau d'aïllament) i l'edat.

De manera concreta, en els hàbitats forestals, els fragments del bosc són més susceptibles a les condicions físiques de la vora, que exposen els organismes a les condicions extremes de una matriu d'hàbitat circumdant molt diferent a l'original ( Murcia 1995; Ries *et al.* 2004 a Rodà 2005). Els boscos són hàbitats especialment afectats per la fragmentació i la pèrdua d'hàbitat a escala global (Brooks *et al.* 2002; Echeverria *et al.* 2006 a Teixido, Quintanilla i Carreño 2009).

### 1.1.2 La descomposició de la fullaraca en els ecosistemes forestals

Es coneix com a descomposició al procés general de transformació de la matèria orgànica morta que prové de la caiguda de la fullaraca, de les arrels, de restes i excrements d'animals i microorganismes, en nutrients inorgànics directament disponibles per a les plantes i diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>). Es per tant, el procés clau per a que el cicle intern de nutrients i la productivitat del bosc funcioni. La descomposició de la fullaraca és el principal procés de reciclatge de nutrients als ecosistemes (Del Valle 2003 a Rave-Oviedo *et.al* 2013). La primera capa de matèria orgànica que s'acumula es coneix com a mantell i a mesura que avança la descomposició, s'alliberen nutrients inorgànics que poden ser assimilats per les plantes i els microorganismes. El material restant, l'humus, allibera nutrients lentament i durant molt de temps. En la descomposició es distingeixen tres processos que actuen simultàniament. Aquets processos són: el rentat per la pluja, la fragmentació per la fauna edàfica i la degradació química per els microorganismes (Landsberg i Gower 1997; Waring i Running 1998).



**Figura 3:** Processos i factors que intervenen en la descomposició.

La descomposició està controlada per tres tipus de factors: 1) l'ambient físic, principalment el clima i el sòl, 2) la qualitat de la fullaraca disponible per els descomponedors i 3) les característiques de les comunitats de invertebrats i microorganismes (Swift *et al.* 1979 citat a Romero *et al.* 2010 i a Sarasola i Vera 1998).

Si es fes una comparació de descomposició a escala global, la evapotranspiració és l'índex que millor explica les diferències de les taxes de descomposició; si l'estudi és a escala local, els factors microclimàtics que tenen més importància són la temperatura i la humitat (Gallardo 2001). Al mediterrani el procés de descomposició pot estar alentit a l'hivern per a les baixes temperatures, tot i la disponibilitat de aigua, i a l'estiu per la manca d'aigua. Les característiques intrínseques de la fullaraca que determinen més la taxa de la descomposició es troben en la duresa de la fulla, la concentració de lignina, cutina, nitrogen, polifenols i tanins. Altres factors com la baixa disponibilitat de nutrients en el sòl, la biomassa microbiana o la fauna edàfica també exerceixen un paper primordial i un important control de la taxa de descomposició (Gallardo 2001). Els sòls contenen una àmplia varietat de formes biològiques, amb tamanys molts diferents, com els virus, bacteries, fongs, algues, nematodes, col·lèmbols, àcars, cucs, formigues, arrels vives de les plantes superiors... (Fassbender 1982; Wild 1992 citats a Otiniano *et al.* 2006).

### 1.1.3 Efectes de la fragmentació del bosc sobre la descomposició de la fullaraca

Un dels efectes addicionals de la fragmentació als boscos és la modificació de processos ecosistèmics com la descomposició de la matèria orgànica. Canvis en el microclima com la disminució de la humitat del sòl, producte de la fragmentació, redueix l'activitat microbiana i, per tant, la taxa de descomposició de la matèria orgànica; la disminució de la fauna edàfica també. La falta d'eficiència en el procés de descomposició és un contratemps per a la dinàmica dels ecosistemes terrestres que limita la baixa disponibilitat de nutrients al sòl (Gallardo 2001).

En l'àmbit internacional són nombrosos els estudis en boscos de Xilè (Bustamante 1995 i Palacios-Bianchi 2002), Colòmbia (Varela, Barriga, Ahumada 2002; Varela i Feria 2004 i Romero, Varela 2011) Uruguai (Sarasola i Vera 1998), i Argentina (Moreno, Perez-Harguindeguy i Valladares 2011).

Als ecosistemes mediterranis s'han fet estudis sobre la descomposició i sobre la fragmentació però sobre els dos temes conjuntament no se n'ha trobat cap estudi en el àmbit més pròxim. Dins els estudis de descomposició són clàssics els de Gallardo y Merino 1993, i Gallardo 2001. Els estudis sobre els efectes de la fragmentació dels boscos més nombrosos es refereixen a la biodiversitat i concretament als ocells. Destaca l'estudi del CREAM (Centre de recerca Ecològica i Aplicacions Forestals), dirigit per Rodà 2005, en relació als efectes sobre la flora del sotabosc, les formigues i els ocells.

## 1.2 Objectius

### *1.2.1 Objectiu general*

L'objectiu general d'aquest treball és dissenyar un estudi adient per comprovar si la fragmentació del bosc influeix sobre la descomposició de la fullaraca en modificar els seus factors reguladors.

### *1.2.2 Objectius específics*

Els objectius específics d'aquest treball són:

- Seleccionar el disseny i la metodologia adequats per avaluar els efectes de la posició dins un fragment de bosc damunt la descomposició de les fulles de *Pistacia lentiscus* L. i sobre l'activitat microbiana (activitat cel·lulòtica).
- Seleccionar el disseny i la metodologia adequats per avaluar els efectes de la fauna edàfica damunt la descomposició de les fulles de *Pistacia lentiscus* L. i sobre l'activitat microbiana (activitat cel·lulòtica).
- Determinar les interaccions que poden presentar els factors citats (posició dins el fragment i fauna edàfica) sobre la descomposició de les fulles de *Pistacia lentiscus* L. i sobre l'activitat microbiana.

## 1.3 Preguntes

Amb l'assoliment dels objectius específics s'espera trobar la resposta a les següents preguntes:

- 1) Hi haurà diferència en el percentatge de descomposició de la fullaraca de *Pistacia lentiscus* L. entre les vores i l'interior del fragment?
- 2) Tendrà qualche efecte l'exclusió de la fauna edàfica damunt el percentatge de descomposició de la fullaraca de *Pistacia lentiscus* L.?
- 3) Hi haurà diferència en el percentatge de descomposició de la cel·lulosa entre les vores i l'interior del fragment?
- 4) Tendrà qualche efecte l'exclusió de la fauna edàfica damunt el percentatge de descomposició de la cel·lulosa?
- 5) Hi haurà diferència entre el percentatge de descomposició de la fullaraca de *Pistacia lentiscus* L. i el percentatge de descomposició de la cel·lulosa en funció de la posició?
- 6) Hi haurà diferència entre el percentatge de descomposició de la fullaraca de *Pistacia lentiscus* L. i el percentatge de descomposició de la cel·lulosa en funció de l'exclusió de la fauna edàfica?
- 7) Hi haurà diferència de temperatura entre les vores i l'interior del fragment?
- 8) Permetrà el disseny i la metodologia utilitzats respondre a les preguntes formulades?
- 9) Pot ser útil el plantejament presentat a futurs estudis?

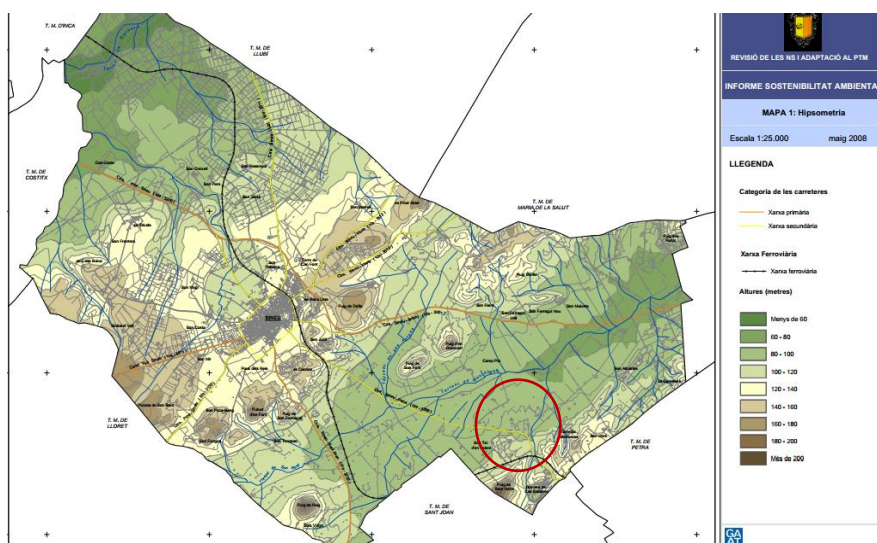
## **2. Àrea d'estudi, fragment i espècie estudiada**

### 2.1 Descripció de l'àrea d'estudi

#### *2.1.1 Localització*

Per a l'objectiu general del treball calia que l'àrea d'estudi contingues abundants fragments de bosc; que fos relativament homogènia pel que fa al clima, vegetació, etc. El Pla de Mallorca resumeix totes aquestes característiques, a més de ser (Maria de la Salut) el lloc de residència de l'autora d'aquest treball, el que ha facilitat molts dels aspectes (visites a propietats privades, seguiment de l'estudi, ...).

El fragment elegit, Sa Torre de Montornés, pertany al T. M. de Sineu i és una propietat privada localitzada a l'est del terme. El fragment té unes coordenades UTM X=506023 i Y=4387144, i es troba a una altitud de 112,89 m (figura 4).



**Figura 4:** Hipsometria (Escala 1:25.000)

### 2.1.2 Clima

Les dades que s'han utilitzat en aquest apartat s'han obtingut del model estadístic per estimar el clima termoplumivètric de qualsevol quadrícula UTM de les Illes Balears (cliba2) de J.A. Guijarro (1986) (taula 1). A Mallorca dominen dos tipus de circulació atmosfèrica, la dominada pels vents de ponent que porten fronts nuvolosos i una altre provinent de la zona tropical amb altres pressions i poques precipitacions. A la zona d'estudi la precipitació mitjana anual és de 542,5 mm i la temperatura mitjana anual és de 16,4 °C.

	gen	feb	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	oct	nov	des	anual
<b>P</b>	46.2	39.8	45.8	47.3	35.2	21.2	10.5	31.5	55.0	84.2	59.3	66.5	542.5
<b>T</b>	9.7	10.0	11.0	13.3	17.3	21.4	24.7	25.2	22.4	18.2	13.5	10.5	16.4
<b>TM</b>	14.4	14.8	16.1	18.5	22.9	27.3	30.9	31.1	27.9	23.1	18.4	15.0	31.1
<b>Tm</b>	5.0	5.2	5.9	8.0	11.6	15.4	18.5	19.3	17.0	13.2	8.6	6.1	5.0
<b>ETR (Th.)</b>	20.7	22.9	31.6	46.3	41.4	22.5	10.3	36.5	54.7	67.8	35.6	22.9	413.2

**Taula 1:** Taula amb els resultats del cliba2 (Guijarro, 1986) de Sa Torre de Montornés (coordenades X=506023 km, Y=4387144 km. P:Precipitacions (mm), T:Temperatura mitjana (°C), TM: Temperatura màxima (°C) , Tm: Temperatura mínima (°C), ETR: Evapotranspiració real segons Thornthwaite (mm).

### 2.1.3 Geologia, litologia i sòl

Des de el punt de vista litològic (figura 5), a Sa Torre de Montornés, al pinar hi tenim calcarenites i a la zona de conreus hi aflora una alternança de margues, conglomerats i gresos del Miocè mitjà i superior (comunicació personal de Dr. Bernardí Gelabert , abril 2014).



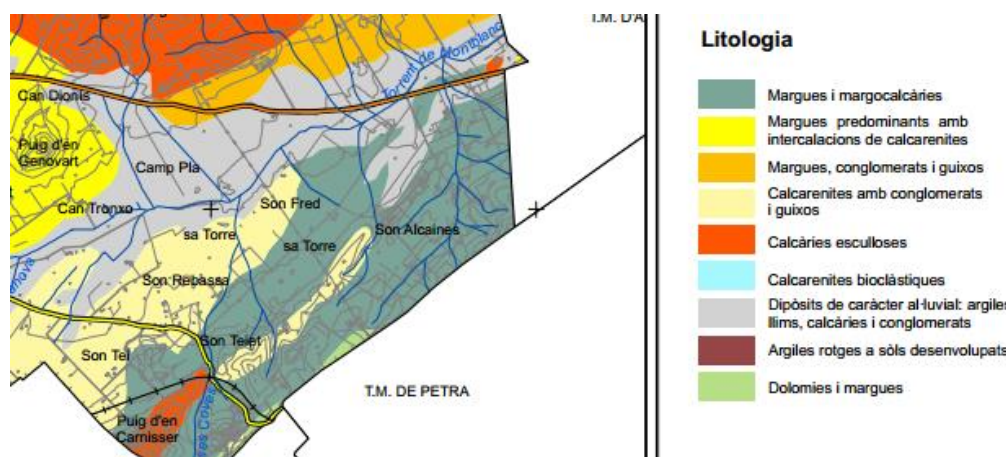


Figura 5: Litologia. (Escala 1:25.000)

De fet, es pot deduir que la litologia exerceix un control sobre el tipus de sòl i de la vegetació existent. A les zones planes del mediterrani, els peus de vessant o les formacions càrstiques, són freqüents els sòls relictos, amb dominància dels bru-rogens. La predominança de sòls superficials condiona de manera dràstica la seva productivitat. El volum de sòl útil per a l'emmagatzematge de nutrients i aigua es condiona per la profunditat del sol colonitzable per les arrels i el contingut en pedres i graves que són pràcticament inerts. Les plataformes calcàries càrstiques presenten sòls discontinuus, superficials i pedregosos amb poca productivitat per unitat de superfície, malgrat la bona qualitat intrínseca de la poca terra fina existent. En aquests sistemes i altres d'equivalents molts d'arbres i arbustos presenten arrels pivotants ancorades en el substrat litològic (Vallejo *et al.* 1998).

Des de un punt de vista edafològic a la nostra zona d'estudi es va realitzar una calicata (figura 6) on es va observar un horitzó A ben desenvolupat amb moltes de restes vegetals. Després de haver-ho consultat amb el Dr. Jaume Vadell (maig 2014) a la "Base Referencial Mundial del Recurso del Suelo, 2007" de la FAO, arribam a la conclusió de que a la nostra zona hi tenim un sòl Phaeozem epilèptic (calcarí). Aquest tipus de sòl es caracteritza per tenir un horitzó A mòllic obscur a causa de l'acumulació de matèria orgànica amb una estructura ben desenvolupada i una alta saturació de bases. El fet de que sigui un sòl epilèptic ens indica que trobam una roca continua a partir dels 50 cm de profunditat des de la superfície del sòl.



Figura 6: Fotografia de la calicata feta per a conèixer el tipus de sòl

#### 2.1.4 Ecosistemes

A Sa Torre de Montornés s'hi troben boscos termomediterranis d'*Olea* i *Ceratonia* o la garriga de ullastre (*Cneoro tricocci-Ceratonietum siliquae*), que es tracta d'un dels hàbitats més freqüents a Mallorca, especialment al centre de l'illa i a la zona meridional (figura 7). És la vegetació climàtica d'aquestes zones, on s'acusa l'aridesa en relació amb la Serra de Tramuntana (Llorenç, Gil i Tébar 2007).

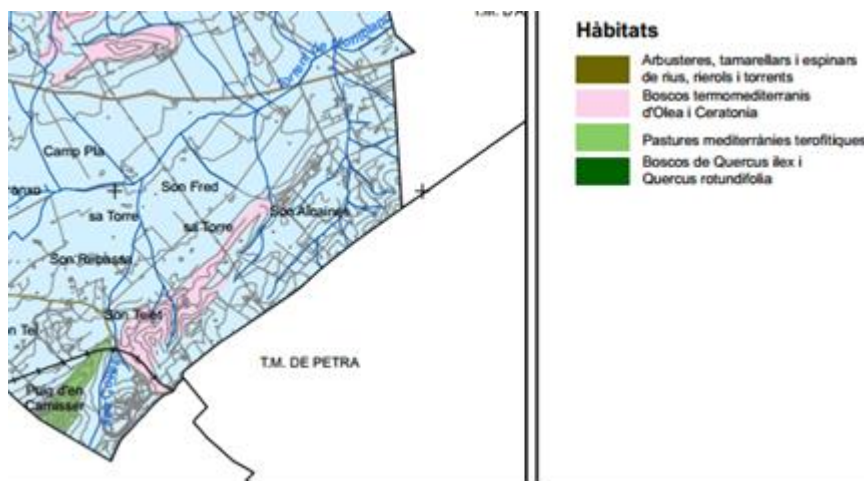


Figura 7: Tipus de vegetació. (Escala 1:25.000)

En la zona concreta estudiada hi tenim un pinar, no molt dens, amb sotabosc de mates i ullastres. També hi predominen les espècies herbàcies i les lianes. Cal esmentar l'abundància i qualitat de molses i fongs, i d'espècies protegides com el cirerer de betlem (*Ruscus aculeatus* L.). També s'hi poden veure exemplars d'orquídies com *Barlia robertiana* L.. Possiblement, la zona que hem triat per fer el treball era un ullastrar, del qual només se n'ha conservat una part, i l'altre, de la qual no se n'han cuidat, ha estat envaïda pel pi i el seu sotabosc de mates i ullastres. És a dir, tenim un pinar secundari (figures 8 i 9). La matriu circumdant de la zona és conreu de secà.



Figura 8: Ortofoto de l'any 1956 i ortofoto de l'any 2012 de Sa Torre de Montornés. Escala 1:5000.

Passejant per dins el fragment s'ha vist la tortuga mediterrània (*Testudo hermanni hermanni* L.) i moixos (*Felis silvestris* L.) i s'ha notat la presència de la marta (*Martes martes* L.), de la geneta (*Genetta genetta* L.), el mostel (*Mustela nivalis* L.), la rata cellarda (*Eliomys quercinus* L.), el ratolí de bosc (*Apodemus sylvaticus* L.) i de l'eriçó (*Atelerix algirus* L.). S'ha pogut escoltar el cant de la cadenera (*Carduelis carduelis* L.), el buscuret (*Sylvia balearica* L.), el rossinyol (*Luscinia megarhynchos* L.) i el verderol (*Chloris chloris* L.) entre altres espècies que estan de passada per la zona. És de destacar la importància que té el Pla de Mallorca com a zona de passada de moltes espècies d'aus, de la qual el GOB en du a terme un estudi.



Figura 9: Sotabosc de la zona i fotografia del pinar

### 2.1.5 Paisatge i usos del sòl

El paisatge pot considerar-se com una síntesis visual del territori que agrupa elements naturals (abiòtics i biòtics) i antròpics. L'adaptació de les Normes Subsidiàries al Pla Territorial de Mallorca, fent referència a la qualitat paisatgística, qualifica el paisatge de Sa Torre com a "Molt Bo" (figura 10).

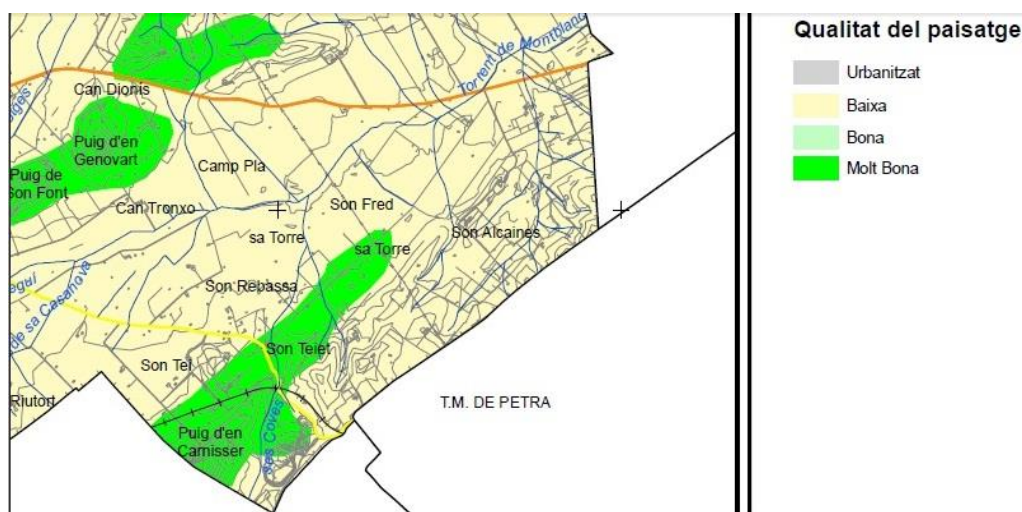


Figura 10: Qualitat del Paisatge. (Escala 1:25.000)

Pel que fa als usos del sòl atorga l'ús de "Garriga" als terrenys de Sa Torre envoltats per correus de secà arbrat i sense arbrat (figures 11 i 12).



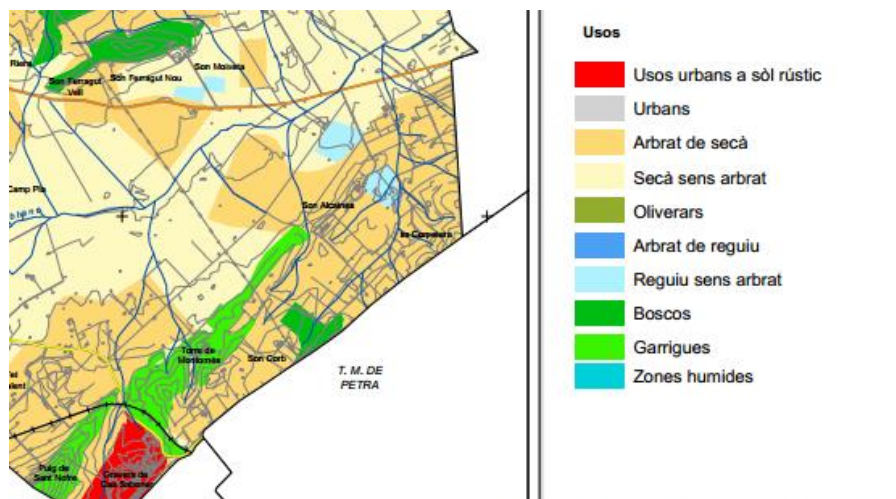


Figura 11: Mapa usos del sòl. (Escala 1:25.000)



Figura 12: Marge de seca arbrat i marge de seca sense arbrat.

Segons la Revisió de les Normes Subsidiàries de l'Ajuntament de Sineu adaptades al Pla Territorial de Mallorca de maig de 2008 pel Gabinet d'Anàlisi Ambiental i Territorial (GAAT), es classifica el fragment que s'ha elegit per fer el treball com a "Sòl Rústic de Règim General Forestal" envoltat per "Sòl Rústic de Règim General" i una "Àrea Natural d'Especial Interès (ANEI)" ubicada al sud de Sa Torre, el Puig d'en Carnisser concretament a menys de 2 Km de distància (figura 13).

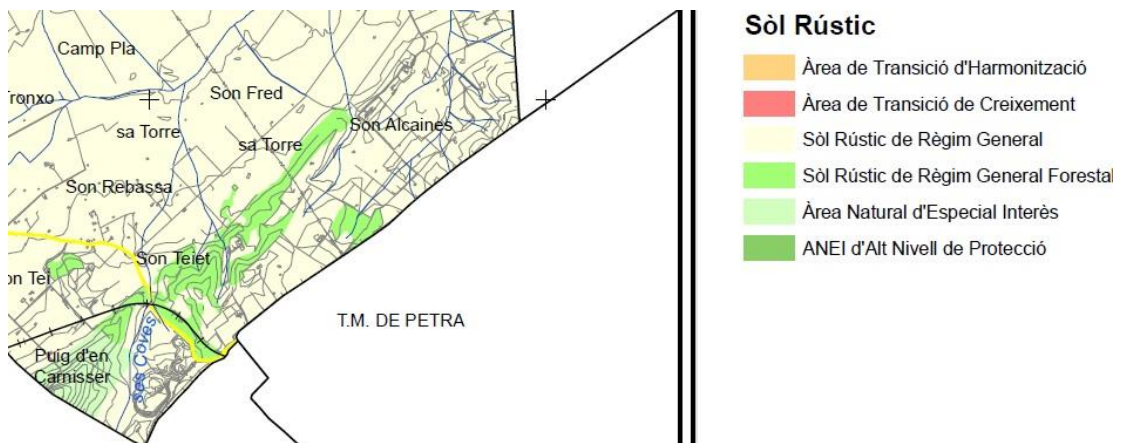


Figura 13: Classificació del sòl. (Escala 1:25.000)

## 2.2 Selecció del fragment de bosc i de l'espècie estudiada

### *2.2.1 Criteris seguits per l'elecció del fragment de bosc*

L'etapa que ha portat més temps del previst a l'hora de realitzar aquest treball ha estat l'elecció del fragment, que no va resultar fàcil i va retardar l'inici del seguiment de la descomposició. Per aquesta elecció s'han tingut en compte els següents factors: la mida del fragment, el tipus de vegetació, l'edat del fragment (quan es va fragmentar la zona), la darrera pertorbació, i altres variables rellevants com la intervenció per part de la fauna ramadera i el grau de freqüentació humana. Durant els mesos de setembre i octubre es varen visitar i tantejar diversos terrenys que s'han anat descartant principalment per un factor: l'ús d'aquets per a la ramaderia ovina. La matriu dels fragments de boscos al Pla de Mallorca es pràcticament agrícola, dedicada al conreu de secà, i als fragments hi predominen els pins, les alzines i els ullastres.

Al terme municipal de Maria de la Salut s'han destriat les zones de: Montblanc, Son Perot Nou, Son Perot des Clapers, Roqueta, Sa Pleta de Son Bacs i Llampí; dins el terme de Llubí la finca de Sa Verdura. A la [taula 2](#) es mostren tots els llocs visitats i les seves característiques.

En un principi la intenció era poder comparar fragments amb les mateixes característiques (vegetació, sòl, matriu circumdant, darrera pertorbació, ...) però amb mides diferents, es a dir: tenir un fragment petit, un de mitjà i un notablement més gran. La dificultat de trobar-los va ser molt gran. Finalment, es va escollir només un fragment, de petit tamany i de forma rectangular per a poder accentuar els efectes de la fragmentació. El fragment escollit pertany al terme de Sineu: Sa Torre de Montornés; s'estima que fou creat fa més de 100 anys. Té una superfície de 10,11 ha i un perímetre de 2,09 km.

Els fragments de certa grandària més pròxims són a: 1,78 km la finca de Son Ferragut (Maria de la Salut); 2,59 km Son Bacs (Maria de la Salut); a 2,99 km Sa Font de Dalt (Sineu) i a 3,09 km Es Rafal (Sant Joan).

Amb el visualitzador de mapes del IDEIB (Infraestructura de dades espacials de les Illes Balears) s'han pogut aconseguir les ortofotos dels terrenys i les seves àrees (figura 14).



Municipi:	Terreny:	Mida del fragment:	Vegetació:	Modificacions importants dels darrers anys:	Ús per a la ramaderia:
<b>Maria de la Salut</b>	Montblanc	533 ha	Pinar amb ullastres i garriga baixa	Temporal de vent a l'any 2001 va tomar molts de pins	Dins tota la zona de pinar hi passen les ovelles
	Son Perot Nou	10.44 ha	Pinar amb sotabosc d'alzina	No hi ha hagut modificacions importants durant els darrers anys	Presència de ases
	Son Perot dels Clapers		Ullastres i mates	S'ha fet net i ja només es conserven alguns ullastres. El temporal del 2001 va tomar els pins que hi havia	Presència d'una llegua
	Roqueta	4.12 ha	Pinar amb sotabosc de mates	No hi ha hagut modificacions importants durant els darrers anys	Pastura de ovelles
	Llampí	1.39 ha	Alzinar amb sotabosc de mates i ullastres	No hi ha hagut modificacions importants durant els darrers anys	No hi ha ús per a la ramaderia
	Sa Pleta de Son Bacs	13.83 ha	Alzinar amb sotabosc de mates	No hi ha hagut modificacions importants durant els darrers anys	Presència de cavalls
<b>Llubi</b>	Sa Verdera	17.61 ha	Alzinar amb sotabosc de mates	Cap modificació important als darrers anys	Era previst un ús pel ramat
<b>Sineu</b>	Sa Torre de Montornés	10.11 ha	Pinar, amb sotabosc de ullastres i mates	Als voltants del terreny hi ha una zona que va ser alterada per a la instal·lació d'un fil elèctric. També, qualche pi vell va caure pel temporal de vent al 2001	No hi ha ús per a la ramaderia

Taula 2: Llocs visitats i principals característiques.

### 2.2.2 Espècie estudiada

L'espècie estudiada en aquest treball ha estat *Pistacia lentiscus* L., de nom comú mata o llentiscle; és de la família de les Anacardiàcies. A continuació es descriuen algunes característiques de l'espècie segons Rita i Carrulla (1996). La mata és un arbust perennifoli de dos-tres metres d'alçada tot i que se n'han trobat exemplars que creixen més alts; la copa és molt ramificada i densa. Les seves fulles són compostes, amb un nombre parell de folíols irregularment ovalats, de color verd clar i moltes

vegades amb tons vermellosos i groguencs. Les flors són petites, poc vistoses, reunides en inflorescències molt compactes de color vermell; hi ha peus masculins i peus femenins. Els fruits tenen forma de petites bolletes carnosos de color vermell que poden tornar negres al madurar (figura 15). Floreix a principi de primavera, durant els mesos de març i abril; la fructificació es dona durant l'octubre i el novembre. Les fulles velles li cauen al principi de la tardor, quan es va fer la recollida de la fullaraca per aquest treball.

La podem trobar per tots els ambients de les Illes Balears, és característica del bosc mediterrani.



Figura 15: Imatge en detall de la inflorescència de la mata i del seus foliols.

Les característiques químiques de les fulles són un aspecte important: en conjunt, el contingut de nitrogen, fibra i compostos secundaris afecta a l'activitat de microorganismes i detritívors, i per lo tant, al procés de descomposició. Es tracten a l'apartat 3.2.3.

### 3. Disseny de l'estudi i metodologia

#### 3.1 Disseny de l'estudi

Aquest apartat correspon a l'objectiu general del present treball que és important recordar: dissenyar un estudi adient per a comprovar si la fragmentació del bosc influeix sobre la descomposició de la fullaraca en modificar els seus factors reguladors.

La metodologia utilitzada en aquest tipus d'estudi assoleix un alt grau de diversitat tant referent a la descomposició com a la fragmentació.

La descomposició de la fullaraca s'avalua com a la pèrdua de pes sec a través del temps en relació al pes sec inicial. La tècnica més utilitzada per a estimar la descomposició de la fullaraca en ecosistemes terrestres (Wieder i Lang; King, *et al.* 1997) és la de les bosses de fullaraca "litterbags" de Bock i Gilbert 1957. Amb aquest mètode també es poden avaluar els canvis en la composició química de les fulles.

Aquestes bosses són de xarxa plàstica i contenen un pes conegut de fulles recol·lectades en l'època de màxima caiguda. Es col·loquen damunt el sòl i després del temps d'incubació desitjat es recullen per al seu processament al laboratori.

En aquest treball s'ha dissenyat un estudi per avaluar els efectes tant de la posició dins el fragment, com de la fauna edàfica, sobre la descomposició de les fulles de *Pistacia lentiscus* L.

Es va realitzar un disseny factorial de 3 x 2 per estudiar els efectes de dos factors, variant el primer factor de tres maneres i el segon factor de dues maneres. Per tant les interaccions entre els dos factors han estat 6 (taula 3).

	Posició frag. Vora A	Posició frag. Centre B	Posició frag. Vora C
Exclusió fauna edàfica			
Sense exclusió fauna edàfica			

Taula 3: Disseny factorial 3 x 2.

Factor “posició dins el fragment” : 3 nivells (vora A, centre B i vora C).

Factor “fauna edàfica” : 2 nivells (amb exclusió i sense exclusió).

Variable resposta: pèrdua de pes sec de les fulles de *Pistacia lentiscus* L .

Paral·lelament es va realitzar un disseny idèntic per avaluar els efectes de la posició dins el fragment i de la fauna edàfica sobre la descomposició de la cel·lulosa. La descomposició de cel·lulosa dona una mesura interpretable de l'activitat microbiana (activitat cel·lulòtica dels microorganismes en el sòl) i es considera un referent de la capacitat de descomposició de la matèria orgànica (Breymer 1978, Kurka i Sattr 1997, Latter y Harrinson 1988, Latter i Walton 1988).

Es varen col·locar bosses de xarxa petita (exclusió de fauna edàfica) i bosses de xarxa gran (sense exclusió de fauna edàfica) amb fulles de mata i també amb cel·lulosa (paper) en un total de 4 punts de mostreig per posició dins el fragment (vora A, centre B, vora C).

Com a unitat de mostreig s'ha pres un grup de 3 bosses amb la mateixa xarxa i el mateix contingut amb 4 rèpliques per posició (taula 4). El total de bosses col·locades ha estat de 144 bosses i el temps transcorregut ha estat de 198 dies d'incubació d'aquestes al camp.

Posició dins el fragment	Punt de mostreig	Nº de bosses de fullaraca amb exclusió de la fauna edàfica	Nº de bosses de fullaraca sense exclusió de la fauna edàfica	Nº de bosses de tires de paper amb exclusió de la fauna edàfica	Nº de bosses de tires de paper sense exclusió de la fauna edàfica	Nº total de bosses per punt:
Vora A	1A	3	3	3	3	12
	2A					
	3A					
	4A					
Centre B	1B	3	3	3	3	12
	2B					
	3B					
	4B					
Vora C	1C	3	3	3	3	12
	2C					
	3C					
	4C					
Total de bosses:		36	36	36	36	144

Taula 4: Rèpliques i pseudo-rèpliques.



A la figura 16 es mostra la disposició de les bosses en un punt de mostreig en concret. S'han col·locat molt juntes, la separació entre bosses ha estat d'uns 6 cm. Les 12 bosses han ocupat una superfície aproximada de 0.75 m<sup>2</sup>.

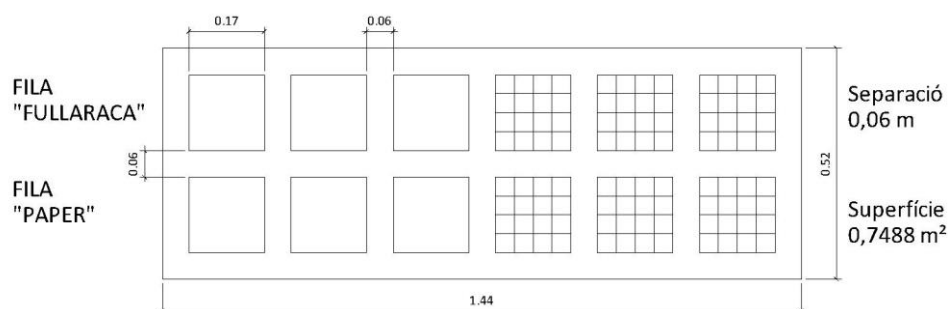


Figura 16: Esquema de la disposició de les 12 bosses en un punt de mostreig (unitats en m).

Els quatre punts de mostreig d'una mateixa posició estan separats 30 m per a evitar interferències i aconseguir d'aquesta manera que les rèpliques siguin independents (requisit per a l'anàlisi estadístic posterior).

La separació entre rèpliques és un problema de l'ecologia de camp. Es tracta de mantenir la independència espacial però no sempre es poden agafar les majors distàncies a causa de l'augment de la heterogeneïtat. En la extensa bibliografia es troben separacions entre rèpliques des de 10 m, 20 m i 50 m fins a 100 m o 200 m, depenen del tema d'estudi i del lloc de mostreig.

A continuació es detalla la posició de totes les bosses dins el fragment (figura 17), la grandària exacte de les xarxes i les característiques del material a descompondre.

## 3.2 Metodologia de mostreig

### 3.2.1 Posició dins el fragment

La posició dins el fragment reflexa els canvis microclimàtics. El microclima de la vora d'un fragment és diferent del microclima de l'interior d'aquest, la qual cosa afecta al procés de descomposició de la fullaraca (ja explicat a la introducció). Però això depèn de la mida i de la forma del fragment: teòricament la influència de l'efecte vora en dues formes geomètriques diferents (circular vs. allargada) però d'àrea similar, és major a l'allargada.

És important conèixer la penetració de l'efecte vora per poder assegurar o no que l'interior del fragment està lliure d'aquest efecte. Una vora d'amortiment de 50 m es considera una distància adequada (Murcia 1995) tot i que hi hagi treballs que utilitzen tant distàncies menors (32 m per Romero *et al.* 2010) com majors (100 m per Rodà 2005). És a dir, es considera que hi ha un diàmetre mínim del fragment de 100 a 200 m que permet el mostreig de l'interior fins a distàncies considerables del marge del bosc.

També varien les distàncies que corresponen a la vora, des de 0, 10, 20, ...del límit físic (Rodà 2005; Romero *et al.* 2010). Les diferències metodològiques entre treballs són importants.

El fragment elegit, Sa Torre de Montornés, tendeix a tenir una forma rectangular amb una superfície de 10,11 ha (figura 8) y un perímetre de 2.09 km. En el present context, les clapes de bosc del Pla de Mallorca, es pot considerar un fragment de mida mitjana; si el comparéssim amb una gran extensió de bosc continu podria considerar-se de mida petita (Rodà 2005).

Dins el fragment es van delimitar quatre transectes (figura 17) des de la vora A passant per el centre fins la vora C. Els transectes tenien una longitud entre 100 m i 130 m, amb una orientació de 320 °C nord-oest i una pendent màxima del 18%. Aquesta delimitació no va ser fàcil per l'impediment del sotabosc, i es va fer amb una cinta mètrica junt amb una cinta d'abaliment, la qual va facilitar la localització dels punts de mostreig durant tot l'estudi.

La distància on es col·locaren les bosses que corresponien al centre del fragment va ser entre 50 m i 65 m. Les bosses que corresponien a la vora és col·locaren a 5 m del límit físic, és a dir, s'han exclòs intencionadament els primers 5 m més propers al marge, on els efectes de vora són evidentment més intensos (Rodà 2005).

La vora A del fragment està voltada per una reixeta d'àmplia llum colonitzada per arbustos i herbes i per un petit camí d'1,5 m d'amplària que separa la matriu de l'inici del fragment. En canvi, la vora C no està voltada per cap reixeta i està en contacte directe amb la seva matriu. Per tant, la vora A hi tenim una vora més difusa i a la vora C hi tenim una vora més abrupte.

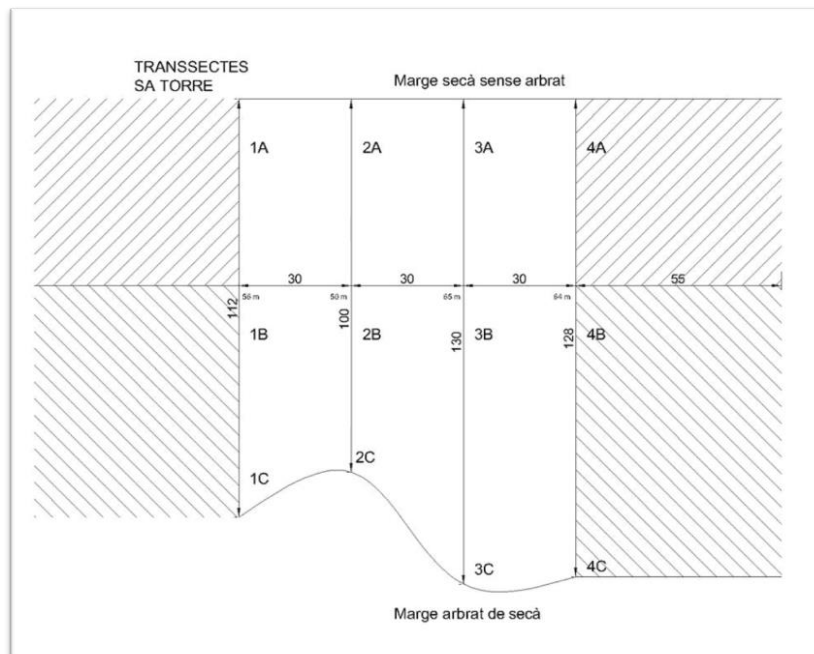


Figura 17: Esquema general dels 4 transectes i de la distribució dels 12 punts des mostreig. Es detallen les distàncies en m.

### 3.2.2 Fauna edàfica (amb exclusió i sense exclusió)

L'activitat que duu a terme la fauna edàfica permet la regulació de processos ecosistèmics com ara la descomposició de la fullaraca. Els organismes que componen la fauna edàfica es poden classificar segons la seva funció dins l'ecosistema en diferents grups funcionals: enginyers del sòl, detritívors, herbívors, depredadors (carnívors), fungívors ... .

També es poden prendre en consideració altres aspectes, com la seva situació en el sòl i el temps de la seva permanència en ell (si passen tot el seu cicle de vida al sòl o només n'hi passen una part). Respecte a la seva situació, hi ha tres tipus diferents d'organismes: epiedafon (superfície del sòl), hemiedafon (primer horitzó ric en matèria orgànica) i euedafon (zona més profunda amb predomini de sòl mineral).

Finalment, els organismes que componen la fauna edàfica es poden classificar segons la seva mida (amplada del cos o longitud) encara que els límits varien segons la bibliografia consultada, especialment

en la microfauna: diàmetre  $<0,1$  mm (Swift *et al.* 1979)  $<0,2$  mm (Socorrás 2013). A continuació es donen alguns exemples, tot i què durant el treball no s'ha duit a terme cap identificació taxonòmica.

- Microfauna ( $<0,2$  mm de diàmetre): protozous, nematodes, rotífers, tardígrads
- Mesofauna (0,2 mm - 2 mm de diàmetre): enquitrèids, proturs, diplurs, àcars, col·lèmbols, pauropodes, sinfils.
- Macrofauna ( $>2$  mm de diàmetre): diplòpodes, quilòpodes, isòpodes, lumbrícids, mol·luscs, formícids, coleòpters, dípters, aranèids, opilions.



Figura 18: Quilòpode a la zona d'estudi

Si s'utilitzen bosses de xarxa plàstica amb diferent mida de llum es pot estudiar l'efecte de l'exclusió d'alguns invertebrats, discriminant per la seva mida. Les mides de llum més utilitzades són 1 mm i 2 mm, encara que també n'hi ha de més petites com 0,1 mm i 0,5 mm o més grans 5 mm, 7 mm i 1 cm segons la mida de la fullaraca (García 2001).

Amb les bosses de xarxa gran es poden produir pèrdues per la fragmentació de les fulles. Molt probablement, es pot atribuir a la descomposició una pèrdua de pes desconeguda que és imputable als fragments alliberats de les fulles i encara no descomposats.

En alguns treballs, per evitar l'ingrés de la fauna edàfica s'introdueix naftalina a les bosses (Varela *et al.* 2007).

Finalment, la col·locació de les bosses també varia segons la bibliografia que es consulti, es poden col·locar a la superfície del sòl o a diferents profunditats (García 2001).

En aquest treball s'han fet servir bosses amb dues mides de llum diferents: 0,2 mm i 5 mm. Per tant, les bosses de xarxa petita només varen permetre l'accés de la microfauna (i dels organismes més petits de la mesofauna segons la classificació que s'utilitzi). Per contra, les bosses de xarxa gran varen permetre l'entrada de tots. Les bosses es van col·locar sota la fullaraca.

Existeixen pocs estudis que hagin avaluat l'influència dels organismes del sòl damunt la taxa de descomposició en ambients fragmentats. Moreno *et al.* 2011 presenta un disseny sobre la descomposició de la fullaraca en funció de tres factors: presència/absència d'invertebrats del sòl, mida del fragment i posició vora/interior; a més de considerar totes les interaccions. En el present treball s'ha realitzat un disseny similar encara que amb metodologies diferents.

### 3.2.3 Material a descompondre

- Fulles de *Pistacia lentiscus* L.

Els restes vegetals rics en substàncies fàcilment degradables, amb suficients quantitats de nitrogen i altres nutrients essencials, es degradaran fàcilment i ràpidament. En canvi, residus rics en lignina o en

ceres, grasses i resines, seran més problemàtics, per la major complexitat estructural d'aquests compostos i per l'acció tòxica d'alguns d'ells. La velocitat de degradació d'alguns components de la fullaraca són: sucres > hemicel·luloses > cel·lulosa > lignina > ceres > fenols (Minderman 1968).

Respecte al contingut en polímers estructurals de la paret cel·lular (hemicel·lulosa, cel·lulosa i lignina) es pot resumir en l'índex d'esclerofil·la. La fulla esclerofil·la de les plantes mediterrànies ha sigut caracteritzada tradicionalment per dos trets bàsics: un elevat pes específic (LSW: massa per unitat de superfície de fulla, sovint per damunt dels 20 mg/cm<sup>2</sup>) i per una baixa concentració de N per unitat de massa (al voltant de l'1%), fet que suposa una relació fibra/proteïna elevada, desfavorable a la descomposició (Terrades 2001).

L'índex d'esclerofil·la de *Pistacia lentiscus* L. té valors entre 22-26 mg/cm<sup>2</sup> (Gigon 1979, Sala 1986) i revisant la bibliografia, Medina *et al.* (1979), han trobat un contingut foliar de nitrogen de 1.40-1.46 %, tot i que aquest contingut pot variar segons el contingut de nitrogen present al sòl.

Respecte al contingut en compostos secundaris (fenols, tanins i terpens) Charela (2005) cita un 11% en tanins (polifenols) i Murko *et al.* (1983) un 14-16%. Fleisher *et al.* (1992) citen varis terpens (compostos orgànics volàtils) en les fulles amb percentatges variables segons la seva localització.

Les fulles, molt aromàtiques, tenen olor resinosa (sobretot durant l'estiu), com també l'escorça de l'arbust què excreta resina què es compon de hidrocarburs monoterpènics (41%), èsters (17%), alcohols (16%), compostos carbonatats (15%) e hidrocarburs sesquiterpens (95%) (Calabro *et al.* 1974). Tot i així s'ha vist com la composició d'aquesta resina varia amb les estacions i amb les diferents zones on podem trobar l'espècie (Buil *et al.* 1975).

Es recol·lectaren fulles de mata corresponents a cada un dels 12 punts ja que la posició dins el fragment pot influir en les característiques de la fullaraca (Varela, Barriga, Ahumada 2002; Romero i Varela 2011; Sarasola i Vera 1998).

#### ➤ Cel·lulosa

L'activitat microbiana del sòl es refereix en sentit ampli a la degradació de diferents substàncies (carbohidrats, cel·lulosa, midó, lignina, lípids, proteïnes,...) què són descompostes en diferent grau per bacteries, fongs (figura 19) i actinomicets. En les primeres etapes de la descomposició participen bacteries i fongs; a mesura que avança la descomposició el procés és més lent, actuant al final els actinomicets.



Figura 19: Fulles amb restes del miceli dels fongs.

Existeixen diferents mètodes què permeten estimar la intensitat de l'activitat microbiana en el sòl. Des de mesurar la respiració microbiana en la fullaraca (Varela i Feria 2004), fins a utilitzar diferents substrats com la cel·lulosa (tires de paper, tires de cotó) per a mesurar l'activitat de descomposició al sòl (Ontiniano *et al.* 2006; García *et al.* 2010; Rave *et al.* 2013; García 2001; Sanz 2002).

Rychnovská (1985) cita els resultats de Úlehlová y Hundt, els quals utilitzaren cel·lulosa (paper de filtre) com a substrat i mesuraren la velocitat de la descomposició d'aquesta en diferents tipus de associacions vegetals, trobant que l'activitat cel·lulòsica s'incrementava principalment amb la productivitat de la vegetació, essent a la vegada dependent de la humitat, temperatura i tipus de sòl (Stanton 1988 citat a Ontiniano *et al.* 2006).

El paper és un material estàndard que s'enterra com a referència del procés de descomposició i està format essencialment per cel·lulosa distribuïda de forma uniforme (Ontiniano *et al.* 2006; García *et al.* 2010; Rave *et al.* 2013; García 2001).

En aquest treball s'han utilitzat tires de paper Whatman 3 mm (es tracta d'un paper de grossor mitjana) de 7 x 3.5 cm que s'introduïa en el mateix tipus de bosses de xarxa plàstica que les utilitzades per a estudiar la descomposició de la fullaraca de *Pistacia lentiscus* L.

La fragmentació afecta a l'activitat microbiana del sòl amb diferències entre les vores i el centre del fragment (Varela i Feria, 2004). A més, la fauna edàfica també influeix damunt l'activitat microbiana (Ontiniano *et al.* 2006). Per aquest motiu s'ha realitzat l'estudi de comparació entre la descomposició de la cel·lulosa i la descomposició de les fulles de *Pistacia lentiscus* L. amb un disseny i metodologia similars.

### 3.3 Metodologia de camp i de laboratori

#### *3.3.1 Recollida inicial i preparació de les mostres al laboratori*

Es recol·lectaren fulles senescents durant els dies 26 i 27 d'octubre del 2013, coincidint amb un màxim de caiguda de *Pistacia lentiscus* L. (figura 20).



**Figura 20:** Caiguda de fullaraca de *Pistacia lentiscus* L.

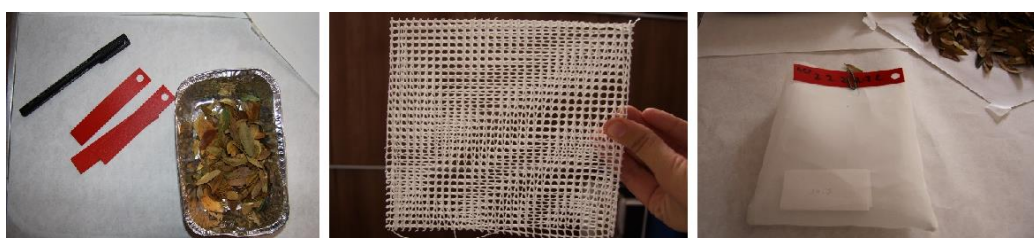
Es varen dur al laboratori, es van estendre damunt paper de filtre i es deixaren assecar a l'aire, a temperatura ambient, durant una setmana (figura 21), temps necessari per obtenir percentatges de contingut d'aigua inferiors al 10% en pes sec (s'explica més endavant).





**Figura 21:** Fullaraca a secar a temperatura ambient.

Després d'aquest procés, es pesaven les fulles (pes sec inicial)  $5 \pm 0.3$  g i s'introduïen dins les bosses de xarxa plàstica de dues mides de llum diferent (explicat anteriorment); alhora la mida de les bosses era de 17 x 17 cm. Finalment es tancaven i etiquetaven les bosses per a la posterior col·locació al camp (figura 22) .



**Figura 22:** Procés de preparació de les mostres.

Per a conèixer el pes sec inicial, quantitats addicionals de fulles de cada punt foren assecades a l'estufa de circulació forçada d'aire a 60°C fins arribar al pes sec constant. Aquesta temperatura minimitza les pèrdues de substàncies volàtils.

Es va fer un triplicat per punt, en total foren 36 mostres de fulles de 5 g de pes fresc cada una. El percentatge d'aigua va variar entre un 4 i 8 % en les fulles i un 4 % en el paper.

Així, el pes sec inicial que es deixarà a descompondre s'estima a partir de submostres que, un cop assecades, proporcionen la relació pes sec/pes fresc, de manera que el material utilitzat a l'estudi no ha estat sotmès a secat previ a l'estufa.

Aquesta forma de procedir comporta que, quan la taxa de descomposició és molt baixa, els errors que es cometien com a resultat d'aquest mostratge per a estimar el pes sec poden fer que no s'apreciï la pèrdua de pes.

De la mateixa forma es va procedir a realitzar la conversió de pes fresc inicial a pes sec inicial per a les tires de paper, aquesta vegada només amb tres mostres.

### 3.3.2 Instal·lació de les bosses al camp

El dia 3 de novembre, en cada un dels punts de mostreig, es col·locaren les bosses entre el sòl i la capa de fullaraca (incubació). Es fixaren totes les bosses amb piquetes de metall per evitar la seva pèrdua. A la figura 23 es mostra com s'han col·locat les bosses sobre el sòl abans de ser tapades amb la fullaraca.



Figura 23: Col·locació de les bosses al camp. Fila superior fullaraca, fila inferior paper.

Tant en el trasllat inicial per deixar les bosses al camp com el retorn al laboratori es tingué cura de no perdre material per extravasament, revisant les bosses de paper que havien servit d'embolcall de les de plàstic de xarxa gran.

A més de col·locar les bosses, per a cada punt de mostreig es disposaren termòmetres de màxima i mínima fixats als arbres del voltant a 1.5 m de terra (figura 24). Al llarg de l'estudi, a partir de la setmana 4, es va visitar el fragment setmanalment per poder registrar la temperatura màxima i mínima.

També s'ha anat controlant la pluviometria amb un pluviòmetre de fàcil accés situat a 2 km de la zona d'estudi. A la segona setmana es va haver de regar la zona, ja que la tardor va començar molt seca i hi havia una manca d'aigua notable al sòl. Es va regar amb una quantitat d'aigua corresponent a la estimada per el mes de novembre repartida en els dies corresponents (Guijarro 1986). Després ja va ploure i no es va regar més. A partir de la quarta setmana de l'estudi es va començar l'estudi periòdic de temperatura i precipitació.



Figura 24: Un dels termòmetres de màxima i mínima situats a la zona d'estudi.

### 3.3.3 Recollida final i manipulació de les mostres al laboratori

Després de 198 dies (aprox. 7 mesos i 2 setmanes) d'incubació de les bosses al camp, es recolliren totes les mostres. El material va ser transportat amb sobres de paper al laboratori anant alerta de no perdre material per extravasament com ja s'ha comentat anteriorment.

Tant les fulles com les tires del paper es netejaren minuciosament amb un pinzell per a eliminar els restes de terra, restes vegetals, excrements, etc. Posteriorment, el material es va assecar a 60 °C fins a aconseguir el pes constatat (una setmana) i es va pesar amb una balança *BlauScal* AH-600 de capacitat 600 g i sensibilitat de 0.01 g.

### 3.3.4 Determinació de cendres a les fulles

Amb la finalitat de determinar el contingut inicial en matèria orgànica i cendres, una vegada aconseguides les dades del pes sec inicial (submostres) tot el material es va moldre amb un molinet de cafè convencional; entre mostra i mostra es netejava el molinet amb escrupolositat.

Després de la trituració de cada mostra es posaven aproximadament 4 g en un gresol i es procedia a la incineració en un forn mufla a 450 °C durant 12 hores (figura 25). Finalment es col·locaven tots els gresols dins d'un dessecador, i una vegada assolida la temperatura ambient es pesaven.



Figura 25: Determinació de cendres

Es va fer un triplicat per punt de mostreig (llevat a la vora C on sòls es va poder fer un duplicat per la manca de mostra). En total foren 32 mostres.

### 3.4 Anàlisi estadística

La comparació del percentatge de pèrdua de pes sec tant entre les vores i el centre del fragment com entre l'exclusió i no exclusió de la fauna edàfica es va realitzar mitjançant l'estadística inferencial, utilitzant el programa R.

Es va comprovar l'homogeneïtat de les variàncies entre els diferents grups mitjançant el test de Bartlett i la normalitat amb un test de Kolmogórov-Smirnov (K-S) o el test de Shapiro-Wilk. Després es va procedir a la realització de l'anàlisi de la variància (ANOVA) per veure si hi havia diferències significatives; finalment es va realitzar el test de Bonferroni per saber on es trobaven en concret aquestes diferències significatives.

## **4. Resultats i discussió**

En aquest apartat és important remarcar que es tracten de dades del procés inicial de descomposició i que, com a mínim, seria necessari disposar de les dades de tot un any per veure el pas de totes les estacions.

També és important recordar la manca de bibliografia damunt els efectes de la fragmentació del bosc sobre la descomposició de la fullaraca en ecosistemes mediterranis el que dificulta la comparació dels resultats.

### 4.1 Evolució de la temperatura segons la posició dins el fragment. Combinació amb la precipitació

En general les temperatures mitjanes més elevades s'han registrat a la vora C i les més fresques a la vora A i al centre B. Les temperatures mitjanes més altes han estat entorn als 21 °C durant la penúltima setmana de l'estudi a les tres posicions i les més baixes han estat de 7,5 °C (vora A) y 8,6 °C (centre B) durant la setmana cinc de l'estudi.



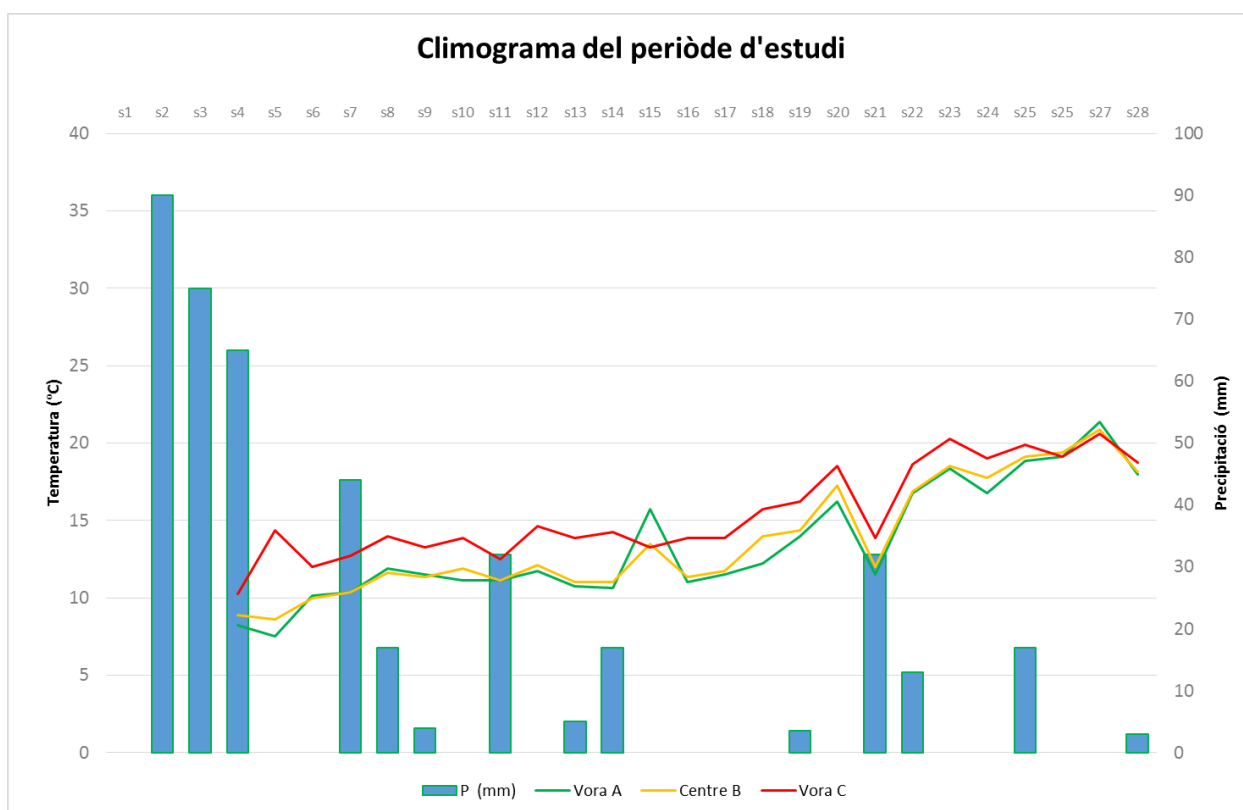


Figura 26: Evolució de la temperatura mitjana segons la posició dins el fragment. Combinació amb la precipitació.

Temperatura (°C)	VORA A	CENTRE B	VORA C
<b>Mitjana</b>	13,46	13,72	15,50
<b>Desviació</b>	3,75	3,64	2,95
<b>Error</b>	0,75	0,73	0,59

El total de precipitació ha estat de 404,5 mm amb una regada extra de 13 mm a la setmana 2. Tal com es mostra la figura 26 el període on ha plogut més quantitat i més seguit ha estat des de la setmana 2 a la setmana 14 (del final del novembre a mitjan gener). Després hi va haver quatre setmanes sense precipitació i durant el març arribaren de nou les precipitacions coincidint amb una notable decaiguda general (a les tres zones) de les temperatures que fins en aquell moment havien anat pujant i que a partir d'aquesta caiguda es van anar tornant a recuperar.

Els canvis microclimàtics són els efectes més evidents de la fragmentació de boscos; poden produir-se canvis en la temperatura i humitat del sòl. En principi, una menor cobertura vegetal, tot i què permeti una menor entrada de pluja al sòl, maximitza la pèrdua de humitat per una major exposició al vent i a la llum solar (Romero i Varela 2011).

Tot i així és possible que es presentin efectes compensatoris locals que no permetin veure diferències en variables microclimàtiques entre la vora i el centre dels fragments (Varela, Barriga i Ahumada 2002). Característiques puntuals en la vora dels fragments, poden referir-se a la topografia i a la quantitat de cobertura vegetal entre altres. L'efecte de la cobertura vegetal sobre les variacions microclimàtiques poden estar reduint l'efecte de la fragmentació. Què a la vora C i a la vora A les temperatures siguin diferents es deu a la topografia de la zona i a la cobertura de la vegetació, amb una menor presència de pins a la vora C.

Adicionalment, l'edat del fragment pot haver permès la regeneració de la cobertura boscosa en la major part de la seva vora A, el qual ha minimitzat l'efecte vora.

#### 4.2 Pèrdua de pes sec de les fulles de *Pistacia lentiscus* L.

La pèrdua de pes sec a la vora A i al centre B és bastant similar, essent aproximadament d'un 24% en fulles que han estat dins bosses de xarxa petita i del 21% dins bosses de xarxa gran (figura 27). En canvi, a la vora C la pèrdua de pes sec ha estat menor en comparació a les altres dues posicions i entre els dos tipus de bosses (xarxa petita i xarxa gran) la diferència és pràcticament inexistent arribant en ambdós casos a quasi el 18% de pes sec perdut.

El resultat de la anàlisi de la variància (ANOVA), amb una confiança del 95 % ens dona què hi ha diferències significatives en el factor "posició dins el fragment" on  $p(0.007) < 0.05$  i en canvi no hi ha diferències significatives en el factor "fauna edàfica" (exclusió/sense exclusió) on  $p(0.09) > 0.05$ .

El test de Bonferroni ens ha concretat que les diferències significatives del factor posició estan entre el centre B i la vora C on  $p(0.019) < 0.05$  i entre la vora A i la vora C on  $p(0.017) < 0.05$ . És a dir, entre la vora A i el centre no hi ha diferències significatives  $p(1.00) > 0.05$ .

Precisament, les diferències entre la vora A i la vora C, i a la vegada entre el centre B i vora C es donen també amb la temperatura i on per tant la humitat tampoc ha estat la mateixa.

Una menor humitat del sòl a la vora C en comparació amb les altres posicions podria influir en què en aquest lloc hi hagi una menor descomposició de la fullaraca. La major producció de molses observada al centre del fragment és un indicador de una major humitat al lloc.

Els canvis que s'han produït al terreny fragmentat són suficientment grans com per a afectar a la descomposició en aquesta primera etapa de incubació i la distància establerta entre les vores i el centre del fragment ha estat la indicada per veure els diferents efectes.

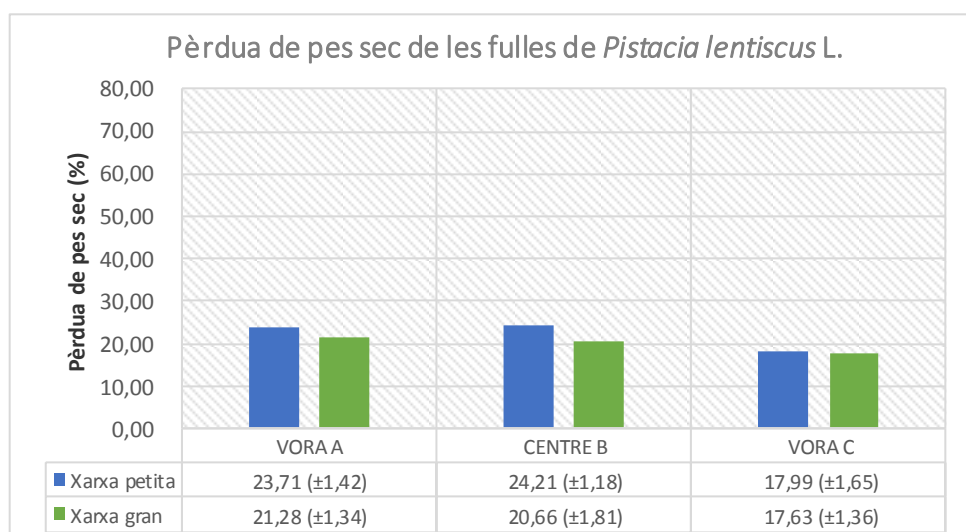


Figura 27: Pèrdua de pes sec de les fulles de *Pistacia lentiscus* L.

La incidència de l'efecte vora en el fragment ha estat diferent entre les dues vores ja què la seva matriu no era la mateixa i tampoc ho era el seu grau de penetració. S'ha pogut veure com una vora abrupte, com es el cas de la vora C, té una influència més negativa damunt la descomposició que una vora més gradual com la vora A. A més cal destacar l'efecte de la reixeta i de la barrera de vegetació present en aquesta darrera, i què ha amortitzat l'efecte. El centre i la vora A tenen condicions homogènies de més humitat i cobertura vegetal que han induït a una major descomposició.

Als resultats dels estudis de Palacions-Bianchi (2002), Romero i Varela (2011) i Sarasola i Vera (1998) també es va veure una relació entre la posició de les bosses i la seva descomposició. Tot i així, és important assenyalar que els estudis realitzats sobre l'efecte de la fragmentació damunt la descomposició de la fullaraca han mostrat resultats pocs clars i contradictoris (Varela, Barriga i Ahumada 2002).

Respecte a la fauna edàfica esperàvem que la descomposició de la fullaraca fos major en les bosses de xarxa gran que en les de xarxa petita com a conseqüència de una major activitat de la mesofauna i macrofauna edàfica, però no ha sigut així. Probablement hi hagi influït la època en què s'ha realitzat l'estudi coincidint amb un període de menor activitat en el cycle biològic de les diferents espècies, la majoria de les quals es poden trobar en més abundància durant les primeres pluges de la tardor.

No obstant, la macrofauna edàfica opera en escales de temps i espai més àmplies que els organismes més petits. La majoria de la macrofauna es caracteritza per tenir un cycle biològic llarg (un any o més), baixa taxa reproductiva, moviments lents i poca capacitat de dispersió (Gassen i Gassen 1996). Pareix a ser que en un primer període es produeix l'alliberament per les restes vegetals de substàncies, com els polifenols que allunyen els detritívors (Verdú, 1984).

Per altra banda, la xarxa petita permet l'accés de la microfauna del sòl i dels organismes més petites corresponents a la categoria de mesofauna. Aquets invertebrats promouen l'activitat microbiana i acceleren la descomposició de la matèria orgànica (Wright *et al.* 1989; Christiansen *et al.* 1989).

Els nostres resultats suggereixen que, l'escala de temps estudiada (primeres etapes de la descomposició), els invertebrats no jugarien un rol important. Resultats similars han siguts registrats en altres estudis en etapes inicials de incubació. Probablement en aquest període d'incubació sigui més important per a la descomposició el rol que duen a terme els microorganismes (Meyer III *et al.* 2011 citat a Moreno, Harguindeguy i Valladares 2011) essent necessari analitzar etapes més avançades del procés.

Finalment, cal citar un treball sobre descomposició de matollar mediterrani (Lavado *et al.* 1988) on es va trobar una pèrdua de pes per *Pistacia lentiscus* L. del 33,11 % en 330 dies (utilitzant una xarxa de 1 mm de llum). Nosaltres hem obtingut una pèrdua de pes entre 18 i 24 % en 198 dies però utilitzant xarxes de mida diferent, per tant no son valors massa baixos.

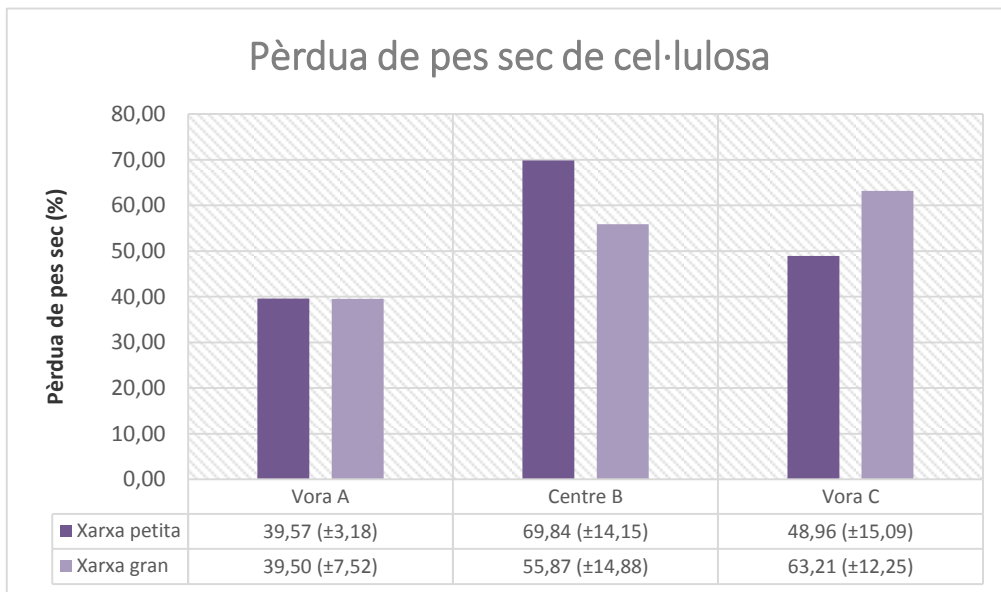
La prevalença de majors precipitacions en la primera meitat de l'estudi ha afavorit el rentat i l'activitat microbiana de descomposició (Varela *et al.* 2002). La pèrdua de pes en el procés inicial de descomposició, es deu a la lixiviació i a la degradació dels compostos més làbils (Sarasola i Vera 1998).

#### 4.3 Pèrdua de pes sec de la cel·lulosa

En quant a la descomposició de la cel·lulosa, s'han trobat resultats més dispars (figura 28). A la vora A s'ha obtingut el mateix resultat tan en paper que han estat dins bosses de xarxa petita com dins bosses de xarxa gran essent d'un 39,5 % el pes sec perdut.

Al centre B, sí hi hem obtingut resultats diferents depenent del tipus de bossa. En aquest cas, el paper dins bosses de xarxa petita ha perdut quasi un 70% i el paper dins bosses de xarxa gran un 56%; per tant, el paper que estava dins bosses de xarxa petita ha perdut un 14% més de pes sec que el de xarxa gran.

Tot el contrari passa a les bosses ubicades a la vora C, el paper dins bosses de xarxa gran ha perdut un 14% més de pes sec que el paper a la xarxa petita, essent d'un 63% el pes perdut en bosses de xarxa gran i d'un 49% en bosses de xarxa petita.



**Figura 28:** Pèrdua de pes sec de la cel·lulosa

De la mateixa manera que amb les fulles de *Pistacia lentiscus* L. s'ha procedit a realitzar una ANOVA amb una confiança del 95 %. Aquesta no ha donat diferències significatives ni amb el factor "posició dins el fragment" on  $p(0.16) > 0.05$ , ni amb el factor "fauna edàfica" on  $p(0.99) > 0.05$ .

Vegent els resultats de forma gràfica sembla clar que hi ha diferències en el factor posició, però l'ANOVA no les detecta i s'hi ha produït un error de tipus II (la hipòtesi nul·la és falsa, però l'ANOVA no l'ha rebutjada). Això indica que possiblement en la metodologia s'haurien d'haver estudiat més rèpliques i analitzar períodes d'incubació més prolongats.

Finalment, un darrer anàlisi de la variància (ANOVA) ens dona que la posició afecta de diferent manera a les fulles de *Pistacia lentiscus* L. i a la cel·lulosa  $p(1.05^{-6}) < 0.05$ .

El paper s'utilitza per avaluar la intensitat de l'activitat cel·lulolítica dels microorganismes al sòl. Els bacteris, els fongs i els actinomicets, també tenen les seves exigències d'energia (carboni), elements nutritius (nitrogen, fòsfor,...), humitat, temperatures adequades, pH del sòl ...

Pels valors de pèrdua de pes sec obtinguts en general, és bastant clar que les condicions climàtiques de la zona han beneficiat la descomposició de la cel·lulosa.

En tots els casos, la cel·lulosa es descompon més ràpidament que la fullaraca de *Pistacia lentiscus* L., el que pot indicar una major demanda de carboni per part dels microorganismes. D'acord amb García, Rios i Molina (2010) i García (2001) que citen a West i Klemmedson (1978), al introduir al sòl una font de carboni s'estimula l'activitat dels microorganismes edàfics i proliferen fongs descomponedors, com s'ha vist per les colònies establertes en les tires de paper.

Per altra banda, la fullaraca conté compostos químics heterogenis (apartat 3.2.3) que farien respondre de forma diferent i més complexa que la cel·lulosa (Swift *et al.* 1979). Segons la qualitat de la fullaraca la descomposició pot ser més ràpida o més lenta; un bon indicador d'aquesta qualitat és la relació C/N (valors baixos) que en aquest treball no s'ha determinat. Si es determinaren les cendres del material inicial amb valors entre un 7 i un 9% a les fulles, essent pràcticament inexistent en el paper.

## 5. Conclusions

A continuació es responen les preguntes formulades a la introducció com a conclusions obtingudes en el present treball.

1. Hi haurà diferència en el percentatge de descomposició de la fullaraca de *Pistacia lentiscus* L. entre les vores i l'interior del fragment?

Efectivament hi ha hagut diferències significatives en el percentatge de descomposició de la fullaraca entre les posicions. La posició més diferent ha estat la vora C. La vora C és tracta d'una vora més abrupta que la vora A. Per aquest motiu, entre la vora A, més suau, i l'interior no hi ha hagut diferències significatives.

2. Tindrà qualque efecte l'exclusió de la fauna edàfica damunt el percentatge de descomposició de la fullaraca de *Pistacia lentiscus* L.?

L'anàlisi estadístic ha respost que no hi ha diferències significatives entre la exclusió o no exclusió de la fauna edàfica damunt el percentatge de descomposició.

3. Hi haurà diferència en el percentatge de descomposició de la cel·lulosa entre les vores i l'interior del fragment?

Tot i què el anàlisi de la variància no trobi diferències significatives en el percentatge de descomposició de la cel·lulosa entre les posicions, pareix a ser què si que hi hagi una tendència a averin-hi. Per aquest motiu seria necessari fer un estudi amb més rèpliques, per tal de poder disminuir l'error de tipus II.

4. Tindrà qualque efecte l'exclusió de la fauna edàfica damunt el percentatge de descomposició de la cel·lulosa?

L'exclusió o no exclusió de la fauna edàfica damunt el percentatge de descomposició de la cel·lulosa no ha tingut cap diferència significativa.

5. Hi haurà diferència entre el percentatge de descomposició de la fullaraca de *Pistacia lentiscus* L. i el percentatge de descomposició de la cel·lulosa en funció de la posició?

Si hi ha diferències significatives en la descomposició de la fullaraca de la mata i la del paper de cel·lulosa en funció de la posició.

6. Hi haurà diferència entre el percentatge de descomposició de la fullaraca de *Pistacia lentiscus* L. i el percentatge de descomposició de la cel·lulosa en funció de l'exclusió de la fauna edàfica?

No hi ha diferències significatives en la descomposició de la fullaraca de la mata i la del paper de cel·lulosa en funció de l'exclusió de la fauna edàfica.

7. Hi haurà diferència de temperatura entre les vores i l'interior del fragment?

S'han vist diferències de temperatura en la vora C respecte a la vora A i el centre B. Aquest fet es deu a la topografia del fragment i a la cobertura vegetal.

8. Permetrà el disseny i la metodologia utilitzats respondre a les preguntes formulades?

El disseny ha permès contestar a totes les preguntes formulades llevat de si hi ha diferència en el percentatge de descomposició de la cel·lulosa entre les vores i l'interior del fragment ja què s'ha detectat un error de tipus II.

9. Pot ser útil el plantejament presentat a futurs estudis?

El plantejament presentat ofereix un bona base a futurs estudis sobre la fragmentació dels boscos a casa nostra. Per a acabar de donar claredat als resultats es recomanaria utilitzar un major nombre de rèpliques i, evidentment, allargar el estudi en el temps. També seria interessant comparar fragments amb característiques diferents.

### Conclusió Final:

Els resultats obtinguts a Sa Torre de Montornés, tot i què siguin referents al procés inicial de la descomposició, poden servir per a poder identificar pautes que es donin en altres fragments de bosc del Pla de Mallorca de cara a la seva conservació.

## **6. Agraïments**

Agreix-ho a totes les persones que m'han ajudat en la realització d'aquest treball. A la meva tutora, Carme Garcia, per la seva ajuda, bones idees, constància i entusiasma en tot moment. A tota la meva família i sobretot al meu pare, per la seva ajuda en la tasca a l'àrea d'estudi i a la meva germana pel seu suport. A Guillem Carbonell per deixar-me fer feina en la seva propietat. I a tots els professors que han contribuït aportant els seus coneixements; Dr Bernardí Gelabert, Dr Jaume Vadell i Dr Sebastià Massanet. Gràcies.

## **7. Referències bibliogràfiques**

Bosco, J., Blanco, J. A., Castillo, F.J, en Valladares, F. 2004. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Páginas 479-506. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S.A., Madrid. ISBN: 84-8014-552-8.

Bustamante, Ramiro., Grez, Audrey A. (1995). Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos. *Ciencia y Ambiente*. Vol. XI nº 2. 58-63.

Christiansen, T.A., J.A. Lockwood, and J. Powell. 1989. Litter decomposition by arthropods in undisturbed and intensively managed mountain brush habitats. *Great Basin Nat.* 49:562-569.

Escudero Garcia, J. C. (1988). Velocidad de descomposición anual de hojas en dos especies de matorral mediterráneo: *Myrtus communis*, L. y *Pistacia lentiscus* L. *I Congreso Mundial del bosque mediterráneo*. Càceres (España).

Fernández Hocaya, Ana M<sup>a</sup>. (2000). *Estudio Etnobotánico en el Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas. Investigación química de un grupo de especies interesantes*. Tesis Doctoral. Universidad de Jaén. Jaén. Facultad de Ciencias experimentales. Dpto. de Biología Animal, Vegetal y Ecología.

Flora de la Ribera Navarra. *Pistacia lentiscus* L. Recuperat març 2014 a <http://floradelariberanavarra.blogspot.com.es/2012/04/pistacia-lentiscus-l.html>

Gallardo, Antonio. *Capítulo 4: Descomposición de la hojarasca*. Páginas 95-122.

Gallardo, A., Covelo, F., et al. (2009). Ciclos de nutrientes y procesos edáficos en los ecosistemas terrestres: especificidades del caso mediterráneo y sus implicaciones para las relaciones suelo-planta. *Ecosistemas* 18 (2) 4-19.

García, D. (2011). Efectos biológicos de la fragmentación de hábitats: nuevas aproximaciones para resolver un viejo problema. *Ecosistemas* (20), 1-10.

García Ibañez, Epifanio. (2001). *Efecto sobre el suelo de la hojarasca de arbustos en la Sierra de Guadarrama* (Memoria para optar al grado de doctor) Facultad de Ciencias Biológicas. Departamento de Ecología. Universidad Complutense de Madrid. Madrid. ISBN: 84-669-1693-8.

García-Velásquez, Luz M., Rios-Quintana, Adriana, Molina-Rico, Ligia J.. (2010) *Estructura, composición vegetal y descomposición de hojarasca en el suelo, en dos sitios de un bosque nublado andino (reforestado y en sucesión espontánea), en peñas blancas, Calarcá (quindío), colombia*. Páginas 147-164. *Actual Biol* 32 (93). Colombia.

Gassen, D.N.; Gassen, F.R. 1996. Plantio direto o caminho do futuro. *Passo Fundo*, Aldeia Sul. 207 p.

IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma.

Julca-Otiniano et al (2006). *La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura*. Volumen 24, nº: 1, Páginas 49-61. IDESIA. Chile.

Llorens Leonard, Gil Llorenç i Tébar Francisco Javier., *La Vegetació de l'illa de Mallorca. Bases per a la interpretació i gestió d'hàbitats*. Consell de les Illes Balears. Depòsit legal; PM-2859-2007. I.S.B.N 978-84-612-0488-5. S.A de Litografia.

- Medina Carnicer, M. (1979). La flora arbustiva mediterránea y su valoración. X. nota sobre la evolución de la composición química de *Pistacia lentiscus* L. (Lentisco)\* Archivos de zootecnia. Vol. 28, núm. 110, 105-111.
- Morales Morales, G. et al (2009) 5º Congreso Forestal Español : *Montes y Sociedad: Saber qué hacer*. Ávila. Editores: S.E.C.F.-Junra de Castilla y León. ISBN 978-84-936854-6-1.
- Moreno, M.L, Perez-Harguindeguy, N., Valladares, G. (2011). El tamaño del fragmento y los invertebrados de suelo: ¿afectan la descomposición inicial de hojarasca en el Chaco Serrano? *Revista de la Asociación Argentina de Ecología de Paisajes 2* (2) Volumen especial IIIJAE; Hacia la sustentabilidad ecológica en un planeta que cambia rápidamente”: 9-14.
- Murcia, Carolina. (1995). Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Reviews, Elsevier Science, TREE*, vol, 10 no. 58-62.
- Palacions-Bianchi, Pilar A. (2002). Producción y descomposición de hojarasca en un bosque Maulino fragmentado. *Seminario de Título, Biología Ambiental*.
- Perez Gonzalez, Mª Eugénia. (2002). *Humedales de la confluencia de los ríos Riansares y Cigüela: Estudio de ciertas funciones relevantes en Geografía Física* (Memoria para optar al grado de doctor). Facultad de Geografía e Historia. Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física. Universidad Complutense de Madrid. Madrid
- Primack, Richard B., Ros, Joandomenèc. (2002). Introducción a la Biología de la Conservación. Ariel Ciencias. 102-139.
- Rave-Oviedo, Sindria Y., Montenegro-Ríos, Mónica, Molina-Rico, Ligia J.. (2013) *Caída y descomposición de hojarasca de Juglans neotropica diels (1906) (juglandaceae) en un bosque montano andino, pijao (Quindío), Colombia*. Páginas 33-43. *Actual Biol* 35 (98). Colombia.
- Rita Joan i Carnulla Jordi. *Arbres i arbusts de les Balears. Boscos i Garrigues*. Guia de camp. Número 2 de la col·lecció Educació i societat, Sèrie didàctica. Segona edició: setembre del 1996, Palma, Mallorca. I.S.B.N: 84-920552-4-3. Edicions Ferran Sintes.
- Roda, Ferran. (2005). *CEAF: Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals: Fragmentación y conectividad ecológica en Cataluña: se necesitan marcos de referencia*, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona
- Romanyà, Joan et al. (2000). *La materia orgánica en el suelo*.
- Romero-Torres, Mauricio., Varela Ramírez, Amanda. (2011). Efecto de borde sobre el proceso de descomposición de hojarasca en bosque nublado. *Acta Biologica Colombiana*. 11 pàgines. Recuperat setembre 2013 a [www.revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/view/15707/28017](http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/view/15707/28017).
- Romo Ángel M., *Árboles de la Península Ibérica y Baleares. Guía ilustrada para identificar y conocer todas las especies*.
- Santos, T., Tellería, J.L. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas*. 2 3-12 (7).
- Sarasola, Manuela., Vera, Horacio. (1998). Dinámica en la necromasa en dos bosques de humedal. *Sección Ecología*, Facultad de Ciencias, Universidad de la República. 198-207.
- Saray Sánchez, G. Crespo, Marta Hernández Descomposición de la hojarasca en un sistema silvopastoril de *Panicum maximum* y *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit cv. Cunningham: II. Influencia de los factores climáticos *Pastos y Forrajes*, vol. 32, núm. 4, diciembre, 2009, pp. 1-9, Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" Cuba
- Socorrás, Ana. (2013). Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. *Pastos y Forrajes*, Vol. 36, No. 1, enero – marzo, 5-13.
- Teixido, A.L., Quintanilla, L.G. (2009). Fragmentación del bosque y pérdida del hábitat de helechos amenazados en el Parque Natural Fragas do Eume (NW de España). *Ecosistemas* (18), 60-73.
- Tellería, J.L. & Santos, T. 2001. Fragmentación de hábitats forestales y sus consecuencias, pp. 293-317 (cap. 11). En: Zamora, R. & Pugnaire, F.I. (eds.), *Ecosistemas Mediterráneos: Análisis funcional*. Colección textos universitarios nº 32. CSIC – AEET, Granada.
- Terrades Jaume, *Ecología de la Vegetación. De la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes*. 2001. Barcelona. Edicions Omega. I.S.B.N: 84-282-1288-0.
- Valladares, F. 2004. *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Páginas 479-506 Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A., Madrid. ISBN: 84-8014-552-8.
- Vallejo, V.R et al. 1998. *Sobre els trets distintius dels sòls mediterranis*. Pàgines 603-632. *Acta Bot. Barc.*, 45 (Homenatge a Oriol de Bolòs). Barcelona.

Varela, Amanda., Barriga, Pablo., Ahumada, Jorge A. (2002). Comparación de factores abióticos relacionados con la descomposición de hojarasca entre fragmentos y no fragmentos de bosque altoandino nublado (Sabana de Bogotá, Colombia). *Ecotropicos*. 15 (2). Sociedad venezolana de Ecología. 185-193.

Varela, Amanda., Cortés, Camilo., Cotes, Catalina. (2007). Cambios en edafofauna asociada a descomposición de hojarasca en un bosque nublado. *Revista Colombiana en Entomología* 33 (1): 45-53.

Varela, Amanda., Feria, Liliana. I. (2004). Comparación de la actividad microbiana en hojarasca entre un fragmento i un área continua de bosque nublado del sector occidental de la Sabana de Bogotá. *Universitas Scientiarum. Revista de la Facultad de Ciencias PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA*. Vol. 9, 47-58.

Verdú Gonzalez, A.M. (1984) Circulació de nutrients en tres ecosistemes forestalls de Montseny: caiguda de virosta i descomposició de la fullaraca. Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.

Wright, D.H., V. Huhuta, and D.C. Coleman. 1989. Characteristics of defaunated soil. II. Effects of reinoculation and the role of mineral component. *Pedobiologia* 33:427-435.