

**Conservació i degradació de sòls a les àrees de  
muntanya en procés d'abandonament.**

**La fertilitat del sòl al Parc Natural del Cadí-Moixeró.**

**Tesi Doctoral**

**David Molina Gallart**

**2000**

A la Charo i el Martí  
que han patit més directament les absències  
i  
a l'Ona, la Núria, la Montse i l'Albert

*“L'agricultura no és la terra, no és l'arada, no és el carro, no és l'adob; això és el taller i el material (...); l'agricultura no és més que molt treball” (A. Young)*

DAVID MOLINA GALLART

**Conservació i degradació de sòls a les àrees de  
muntanya en procés d'abandonament.**

**La fertilitat del sòl al Parc Natural del Cadí-Moixeró.**

Tesi de doctorat dirigida per en  
MANUEL DE MIRÓ I ORELL

Departament de Geografia  
Universitat Autònoma de Barcelona

Bellaterra (Cerdanyola del Vallès), juny de 2000

# **Conservació i degradació de sòls a les àrees de muntanya en procés d'abandonament.**

**La fertilitat del sòl al Parc Natural del Cadí-Moixeró.**

# ÍNDIX

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓ, OBJECTIUS I HIPÒTESIS</b>	<b>1</b>
1.1	Introducció	1
1.2	Objectius i formulació d'hipòtesis	2
<b>2</b>	<b>MARC TEÒRIC</b>	<b>5</b>
2.1	Enfocaments metodològics	5
2.2	De la parcel·la a les escales mitjanes	6
2.3	Estabilitat i inestabilitat en les àrees de muntanya	8
<b>3</b>	<b>L'ÀREA D'ESTUDI: MARC FÍSIC I SOCIOECONÒMIC</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA: DE LES PARCEL·LES A LES ESCALES MITJANES</b>	<b>21</b>
4.1	Introducció	21
4.2	Criteris de selecció de les àrees homogènies	23
4.3	Determinacions i tècniques	31
4.3.1	Propietats químiques i biològiques del sòl	31
4.3.2	Propietats físiques del sòl	35
4.3.3	Humitat del sòl mostratge i seguiment	40
4.3.4	Índex de fertilitat: la classificació de l'activitat i la fertilitat agrícola de Cobertera	43
4.3.5	Erosió: mostratge i seguiment	44
4.3.6	Aforestació	46
4.3.7	Producció de les pastures	47
4.4	Caracterització de la gestió dels usos: entrevistes i fonts estadístiques	48
4.5	Bases de dades cartogràfiques	49
4.5.1	Mapa litològic	50
4.5.2	Mapa de vegetació	51
4.5.3	Mapa de radiació solar potencial	52
4.5.4	Mapa de precipitacions	54
4.5.5	Mapa de temperatures	55
4.5.6	Mapa de pendents	55
4.5.7	Mapa d'usos del sòl: 1957-1993	56
4.5.8	Mapa d'hàbitat i viàri	57
4.6	L'explotació de les dades: relacions entre variables, superposicions de cobertures, extrapolacions i projeccions	58
<b>5</b>	<b>LA GESTIÓ DELS USOS DEL SÒL</b>	<b>59</b>
5.1	Del Sistema Tradicional a l'Economia de Mercat	59
5.2	Els usos del sòl tradicionals	64
<b>6</b>	<b>LA FERTILITAT DELS SÒLS</b>	<b>87</b>
6.1	Les propietats biològiques: la matèria orgànica	87
6.1.1	La matèria orgànica en els camps actius i abandonats	88
6.1.1.1	Variacions de la matèria orgànica a l'interior dels camps, en funció de la posició i forma topogràfica, nivell de forestació i processos erosius	90
6.1.1.2	Evolució temporal de la matèria orgànica segons l'exposició i presència d'erosió en els camps.	97

6.1.2	La matèria orgànica en prats i pastures	100
6.1.2.1	La matèria orgànica en pastures montano-subalpines	101
6.1.2.2	La matèria orgànica en pastures supraforestals	102
6.1.3	La matèria orgànica forestal	104
6.2	Les propietats biològiques: la relació C/N	107
6.2.1	La relació C/N en els camps actius i abandonats	108
6.2.1.1	Variacions de la relació C/N a l'interior dels camps, en funció de la posició i forma topogràfica, nivell de forestació i processos erosius	109
6.2.1.2	Evolució temporal de la relació C/N segons l'exposició i presència d'erosió en els camps.	114
6.2.1	La relació C/N en prats i pastures	117
6.2.1.1	La relació C/N en pastures montano-subalpines	117
6.2.1.2	La relació C/N en pastures supraforestals	119
6.2.2	La relació C/N forestal	121
6.3	Les propietats químiques: el nitrògen total	123
6.4	Les propietats químiques: el fòsfor	125
6.4.1	El fòsfor en els camps actius i abandonats	126
6.4.1.1	Variacions del fòsfor a l'interior dels camps, en funció de la posició i forma topogràfica, nivell de forestació i processos erosius	128
6.4.1.2	Evolució temporal del fòsfor segons l'exposició i presència d'erosió en els camps	134
6.4.2	El fòsfor en prats i pastures	138
6.4.2.1	El fòsfor en pastures montano-subalpines	138
6.4.2.2	El fòsfor en pastures supraforestals	140
6.4.3	El fòsfor en els boscos	142
6.5	Les propietats químiques: el potassi i la CIC	145
6.5.1	El potassi en els camps actius i abandonats	147
6.5.1.1	Variacions de potassi a l'interior dels camps, en funció de la posició i forma topogràfica, nivell de forestació i processos erosius	150
6.5.1.2	Evolució temporal del potassi segons l'exposició i presència d'erosió en els camps	155
6.5.2	El potassi en prats i pastures	159
6.5.2.1	El potassi en pastures montano-subalpines	160
6.5.2.2	El potassi en pastures supraforestals	162
6.5.3	El potassi en els boscos	165
6.6	Les propietats químiques: el magnesi	168
6.6.1	El magnesi en camps actius i abandonats	169
6.6.2	El magnesi en prats i pastures	172
6.6.3	El magnesi en els boscos	173
6.7	Altres propietats químiques: el pH i els carbonats totals	175
6.7.1	El pH i els carbonats en camps actius i abandonats	178
6.7.2	El pH i els carbonats en prats i pastures	180
6.7.3	El pH i els carbonats en els boscos	181
6.8	Les propietats físiques: granulometria i textura	182
6.9	Les propietats físiques: potència i terra fina	187
6.10	Les propietats físiques: estabilitat estructural	193
6.11	Les propietats físiques: densitat aparent	198
6.12	Humitat del sòl	203

6.12.1	Variació temporal de la humitat superficial del sòl	203
6.12.2	Humitat i vegetació	208
6.12.3	Humitat, radiació solar i estatjament	215
6.13	Índex de fertilitat i avaluació del sòl	219
6.14	Discussió sintètica dels resultats	226
<b>7</b>	<b>AFORESTACIÓ I EROSIÓ A LA MUNTANYA EN PROCÉS D'ABANDONAMENT</b>	<b>241</b>
7.1	La recolonització i densificació de la vegetació als espais oberts: camps, pastures i boscos esclarissats (1957-1999)	241
7.2	El procés d'aforestació del <i>Pinus sylvestris</i> (1930-1995)	246
7.3	La producció de les pastures i la reconversió dels camps a ús ramader	253
7.4	La dinàmica erosiva	257
<b>8</b>	<b>LA DISTRIBUCIÓ DE LES ÀREES HOMOGÈNIES I LA RESTA DE PARÀMETRES FÍSICS</b>	<b>265</b>
8.1	El mapa litològic	265
8.2	El mapa de vegetació	266
8.3	El mapa de radiació solar potencial	266
8.4	El mapa de precipitacions	267
8.5	El mapa de temperatures	268
8.6	El mapa de pendents	270
8.7	El mapa d'usos del sòl	270
8.8	El mapa d'àrees homogènies	270
8.9	El mapa de la dinàmica del paisatge	271
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONS</b>	<b>273</b>
<b>10</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>279</b>
	<b>Agraïments</b>	<b>287</b>
	<b>Annex I</b>	<b>289</b>

# 1 INTRODUCCIÓ, OBJECTIUS I HIPÒTESIS

## 1.1 INTRODUCCIÓ

En el plantejament d'un treball de recerca és normal invertir una bona part del temps en delimitar l'espai real i conceptual, així com els objectius que es desitgen assolir. La memòria que ara es presenta no ha estat una excepció. Tanmateix conèixer l'àrea que es pretén estudiar és una avantatge que facilita molts aspectes de l'estudi i permet encarar amb coneixement de causa moltes de les problemàtiques detectades.

Efectivament, aquesta tesi és el resultat d'un procés d'investigació que cal emmarcar en el grup de treball de l'àrea de Geografia Física del Departament de Geografia de la UAB, amb un seguit d'antecedents que han marcat positivament l'elecció de la temàtica i l'àrea d'estudi. L'origen de moltes motivacions, neixen a partir de l'interès per estudiar les interrelacions entre el medi físic i l'activitat humana en zones de muntanya, però sempre des d'una perspectiva geogràfica, considerant el territori com un espai susceptible d'aprofitament i en conseqüència de planificació.

La voluntat d'integrar el coneixement del medi i oferir elements i eines per a la gestió, va determinar que un bon nombre de treballs es centressin a la unitat administrativa del Parc Natural del Cadí-Moixeró. A partir de l'estudi de l'abandonament dels camps de conreu a Tuixén i la relació amb la vegetació i la fertilitat dels sòls (SORIANO, 1994), es va creure convenient ampliar l'àrea d'estudi al conjunt del parc natural tot incorporant-hi elements nous. En aquest sentit la memòria de recerca per obtenir el grau de *magíster* (MOLINA, 1996) va significar el punt de partida sobre el que s'han anat edificant noves propostes i resultats. Aquest primer estudi va servir per interioritzar una àrea que no era del tot desconeguda, a causa de l'activitat excursionista prèvia i a la col·laboració amb els companys que ja feia temps hi treballaven. D'aquesta manera la cartografia de l'espai agrícola abandonat del parc, també fou el mitjà per resseguir tots els racons del territori a la vegada que se n'obtenia un coneixement sistemàtic i acurat.

El present treball es proposa aprofundir en l'estudi de la diversitat d'ambients en àrees de muntanya mediterrània, entesos com un diàleg constant entre les dinàmiques naturals i antròpiques. A partir d'aquí, veure fins a quin punt les activitats humanes tradicionals són determinants en la degradació o estabilització dels sòls i com modifiquen els principals paràmetres edàfics, sense oblidar la interacció amb d'altres variables del medi físic que hi puguin estar relacionades.

Els mètodes i les tècniques per assolir els objectius s'hauran d'engranar per dotar al conjunt d'una visió integrada que, a la vegada, permeti una interpretació dels resultats més enllà de l'àmbit estrictament acadèmic. Els resultats parcials, la seva



integració i l'anàlisi del paisatge es canalitzaran a partir de la cartografia generada amb els sistemes d'informació geogràfica, que alhora seran una eina fonamental d'anàlisi.

Després dels capítols introductoris referits al marc teòric de la recerca i a les característiques de l'àrea d'estudi, el treball s'estructurarà en una part metodològica i en els capítols referits als resultats: els aspectes culturals i socio-econòmics de l'ús de la terra i els aspectes quantitius dels paràmetres analitzats. Per últim la integració dels resultats i la visió de conjunt es centrarà en l'apartat cartogràfic, on es reflectirà la valoració del medi a partir de la fertilitat dels sòls i l'anàlisi del paisatge que se'n derivi, donant per acabat el treball a les conclusions.

## **1.2 OBJECTIUS I FORMULACIÓ D'HIPÒTESIS**

Els objectius s'han fixat entorn a les preguntes: Quina ha estat, en la història recent, la incidència de les activitats humanes a muntanya en la fertilitat dels sòls?. I com repercuteix aquesta intervenció en la conservació i degradació dels sòls lligada a l'aforestació natural i l'erosió?. Evidentment aquestes no són les úniques qüestions que d'entrada es van formular, però possiblement són les que sintetitzen millor la majoria d'inquietuds que han anat sorgint en el transcurs del treball.

És evident que la roturació de terres per posar-les en cultiu suposa una modificació important de la naturalesa dels sòls, en aquest cas serà prioritari establir si la culturització dels espais de muntanya suposen un valor afegit a la fertilitat dels sòls o per contra han empobrit el potencial inicial. Per assolir aquest objectiu caldrà comparar els camps cultivats amb els que ja han estat abandonats a partir d'una anàlisi diacrònica en funció dels anys d'abandonament. Però l'espai cultivat no és l'únic on la societat ha desenvolupat llurs activitats i, en aquest sentit també caldrà comparar l'estat dels sòls de les pastures i dels boscos en funció de la intensitat d'explotació. En darrer lloc es compararan les característiques dels sòls de l'espai agrari amb els sòls que mai s'han cultivat (pastures i boscos).

Per assolir aquests objectius, es pretén analitzar amb detall els aspectes que concerneixen als paràmetres edàfics tot combinant-los amb la cartografia de les unitats homogènies per a tota l'àrea d'estudi, emprant criteris similars als que utilitzen alguns models de paisatge.

Un segon objectiu cerca determinar fins a quin punt la forma en que es mena el sòl, també entès com un substrat d'activitats, té relació amb les propietats d'aquest i com les pot modificar. Per aquest motiu caldrà caracteritzar les activitats principals dels diversos usos i veure si hi ha diferències substancials dins l'àrea d'estudi.

En tercer lloc, el sòl és el suport d'un bon nombre de components del paisatge, entre ells la vegetació. En un medi fortament antropitzat però en procés d'abandonament com l'àrea d'estudi, la dinàmica de la vegetació natural determinarà en gran mesura la fisonomia del territori. El relacionar aspectes importants que condicionen el creixement de les espècies vegetals com la fertilitat del sòl i les condicions del clima, ens ajudarà a entendre l'evolució

futura del paisatge. En aquest punt serà molt important comprovar la magnitud de l'avenç de la vegetació i l'erosió, així com la "qualitat" del sòl que es perd i de les espècies que predominen en la reforestació.

A partir d'aquests objectius s'han formulat tres hipòtesis:

- I. El cultiu de terres ha comportat una millora en la fertilitat dels sòls, però sempre condicionada pel tipus de cultura agrícola. En els espais ramaders i silvícoles, la qualitat del sòl mantindrà una relació inversament proporcional a la intensitat d'explotació del medi.

L'espai agrícola a l'àrea d'estudi es caracteritza per una superfície majoritàriament aterrassada de pendents suaus, aquest factor de conservació del sòl juntament a l'adobat periòdic han permès l'explotació dels cultius durant generacions. Només en aquelles situacions on s'han forçat les possibilitats agrícoles d'un terreny, la degradació pot haver conduït a l'esgotament i pèrdua del sòl. Pensem que en general les tècniques de conservació han primat a l'entorn del parc i en general s'han millorat o mantingut les propietats edàfiques.

Un cas diferent és el de l'espai ramader; aquí, per contra, explotar més intensament el medi a partir d'incrementar la càrrega ramadera pot provocar un excés de trepig i la degradació de la pastura i el sòl. D'altra banda una baixa càrrega ramadera pot anar en perjudici de la qualitat de les pastures, però no creiem que afectin negativament les qualitats del sòl. A l'espai forestal suposem un fet similar amb les tals excessives.

- II. La degradació dels sòls es dona en aquells terrenys on no s'ha assolit un equilibri entre l'explotació del medi i el potencial edàfic. En determinats casos es poden endegar processos d'erosió irreversibles de difícil solució.

Pensem que l'increment de la intensitat i ús del territori en diversos períodes històrics ha donat lloc a dinàmiques de degradació de sòls en les zones més vulnerables. La recuperació d'aquests sòls a partir del moment en que s'abandonen o disminueix la pressió, dependrà del nivell d'irreversibilitat i de les condicions ambientals de cada lloc. Tanmateix, en un bon nombre d'espais erosionats els factors naturals han estat més determinants que l'acció antròpica (*badlands* en escarpaments de meandres, grans moviments de massa,...).

- III. El paisatge actual al Parc Natural del Cadí-Moixeró és molt diferent del que hi havia el 1950 i experimentarà un canvi substancial en les properes dècades.

A causa de les particulars condicions dels sòls i els trets climàtics de l'àrea d'estudi, creiem que l'aforestació és el procés dominant. Únicament es mantenen els espais oberts en

àrees on el sòl es perd o és insuficient i en aquelles on l'acció humana evita la transformació de les pastures en superfícies forestals (a excepció dels prats alpins). Les causes d'aquest canvi estan estretament lligades a la intervenció humana en el territori i el potencial dels sòls per fer créixer la vegetació natural; d'altra banda, les conseqüències dependran de la dinàmica futura, però en qualsevol cas impliquen un seguit de transformacions a nivell ecològic i sociològic.

## 2. MARC TEÒRIC

### 2.1 ENFOCAMENTS METODOLÒGICS

Les conseqüències socioeconòmiques i ambientals de l'abandonament de terres ha estat objecte d'estudi des d'un gran nombre de disciplines i autors, que han abordat el tema a partir d'òptiques tan diverses com l'economia, l'ecologia o la geografia. Els diversos mètodes i tècniques utilitzats depenen de cada disciplina, però generalment s'han implementat amb l'objectiu d'assolir resultats concrets sobre algun aspecte parcial del procés d'abandonament. Un altre enfocament de caire multidisciplinar i integrador és el que intenta explicar les causes, processos i conseqüències a partir de l'anàlisi del paisatge, i que segurament és la que pot explicar millor el conjunt de relacions entre els diversos sistemes que interactuen.

La distribució geogràfica de l'interès per aquest tema es diversa, però fonamentalment cal cercar els inicis allà on es produïren les primeres migracions que buidaren el camp per anar cap a les ciutats. És per aquest motiu que ja trobem treballs el 1939 als Estats Units (JUDD & WELDON, 1939; JUDD & JACKSON, 1939) que ens parlen sobre les successions de la vegetació natural i els canvis en els sòls en la recolonització d'antics conreus a l'oest de Nebraska. D'altres aspectes relacionats com les conseqüències sobre els sistemes naturals i el control de plagues, també apareixen en anys posteriors (WILBUR *et al.*, 1942).

Però no és fins a èpoques més recents quan l'interès en els processos de recolonització de la vegetació, erosió i pèrdua de sòl i en general totes les implicacions en el canvi cap a no ús dels geosistemes de muntanya, han portat a gran nombre d'equips de recerca a analitzar les problemàtiques que se'n deriven. Per aquest motiu podríem destriar a grans trets dos enfocaments íntimament relacionats amb les característiques climàtiques de les regions d'origen dels estudis: les successions de vegetació natural i la pèrdua de fertilitat i erosió dels sòls.

Tot i que aquests paràmetres són una petita part de la problemàtica associada a l'abandonament del territori, des del punt de vista ambiental són els que més s'han destacat en la recerca efectuada a la Península Ibèrica. Aquesta sectorialització també ha influït en el caire dels articles presentats a les diverses publicacions regulars d'aquests centres o universitats així com revistes de major abast internacional. D'altra banda l'interès per l'abandonament del territori de muntanya és un fenomen estès per gran nombre de països europeus de l'arc mediterrani, que han vist com l'emigració de la població provocava reduccions de fins el 90% de l'espai conreat original i una disminució important de la ramaderia. Bons exemples d'aquest procés es poden trobar als Pre-Alps i massissos costaners provençals francesos (REPARAZ, 1982), al departament de l'Alta Garona

(BALENT, 1986), a la serralada Apenina a Itàlia (GHISCI, 1985) i als Pre-Alps orientals italians (SALBITANO, 1987; GUIDI, 1993), a Suïssa (DARBELLAY, 1984) i a la serralada Cantàbrica o al vessant sud dels Pirineus (CABERO, 1980; LASANTA *et al.*, 1990).

Cronològicament, l'aparició d'articles a les diverses revistes especialitzades, com s'ha dit, s'incrementa o realment eclosiona a partir de la dècada dels vuitanta al nostre país, però ja a la dècada dels seixantes i setantes a altres països europeus i EUA. En concret a Espanya, la preocupació per la desertització creixent de diverses àrees mediterrànies de la península, així com la quantificació de la pèrdua de fertilitat dels sòls impulsa el projecte LUCDEME d'ICONA i CSIC per a l'estudi d'aquests processos de degradació que es donen fonamentalment en espais agraris actius o inactius; arrel d'aquest han estat treballant diversos equips, centrant-se sobretot en la quantificació de l'erosió. Del fruit de projectes com aquest, es podrien citar aquells treballs que han aparegut molt lligats a la definició dels processos erosius (ARNÁEZ-VADILLO & PÉREZ-CHACÓN, 1986; GARCIA RUIZ, LASANTA & SOBRON, 1988; ARNÁEZ-VADILLO *et al.*, 1990; GARCÍA-RUIZ *et al.*, 1991; RODRÍGUEZ, 1992; FERRE *et al.*, 1994; ROMERO, RUIZ-FLAÑO, PÉREZ-CHACÓN, 1994).

Si en un primer moment es centra la recerca en el treball de camp descriptiu i no tant analític, posteriorment es tendeix a aprofundir en les causes d'aquests processos i generalment es realitza un tractament experimental per quantificar el balanç de sediments (LLORENS, QUERALT, PLANA, 1992; RUIZ-FLAÑO 1993, RUIZ-FLAÑO, VAN HEMERT, 1994) o de caire hidrològic (GALLART, LLORENS, 1994; GONZÁLEZ FERNÁNDEZ-NIETO, 1994; LASANTA, PÉREZ, GARCÍA RUIZ, 1994). També són nombrosos els estudis de les successions vegetals en camps abandonats o en praderies subjectes a menor pressió ramadera, des d'òptiques estrictament botàniques (WHITMAN *et al.*, 1943; LEIKOLA, 1977; MONTSERRAT, 1990; KIIRIKKI, 1993; BONET 1997), així com les relacions amb els canvis en les propietats dels sòls (JUDD & WELDON. 1939; GISI, FROSSARD, OERTI, 1979; HARO *et al.*, 1992; SORIANO, 1994).

La integració dels paràmetres del medi físic i els humans obté un dels resultats més reeixits amb l'aplicació dels models de paisatge de l'escola de Tolosa (BERTRAND, 1968; 1972; 2000) amb exemples concrets de l'impacte de l'abandonament de la muntanya (PEREZ-CHACON & VABRE, 1988).

## **2.2 DE LA PARCEL·LA A LES ESCALES MITJANANES**

Quan es pretén estudiar una àrea prou àmplia que s'escapa de les anàlisis detallades de la gran escala, cal pensar en utilitzar metodologies que sense perdre precisió i detall puguin servir per a conjunts més amplis. En la majoria d'estudis que tenen en compte paràmetres del medi físic com la vegetació i els sòls, normalment s'utilitzen tècniques de mostratge representatiu que extrapolen els resultats a la resta de superfícies no inventariades

a partir d'altres variables. La recollida de dades normalment s'efectua en una parcel·la o transecte, i la conca delimitada amb criteris hidrogràfics és la unitat immediatament superior.

L'enfocament de la problemàtica des d'aquesta perspectiva fa que l'àmbit de treball es restringeixi a grans escales, on la conca hidrogràfica es converteix en la unitat fonamental d'experimentació. Si a més es tracta d'un estudi diacrònic, el recull d'una sèrie prou llarga de dades és un requisit indispensable associat a variables que experimenten canvis relativament importants en períodes de temps curts lligats a cicles anuals o a oscil·lacions climàtiques. El principal problema que es troben aquests tipus de recerques en àrees molt extenses de muntanya es la variabilitat, no exclusivament temporal, sinó espacial de les dades en intervals relativament petits, a mida que augmenta l'àrea d'estudi el risc d'incrementar la variabilitat és major però d'altra banda és guanya amb diversitat i perspectiva global de la problemàtica.

L'especificitat de les tècniques de mostratge i anàlisi depenen del tipus de variables que s'estudien, en aquest sentit es pot diferenciar entre punts o àrees de mostratge i estacions experimentals instrumentades. Els primers recullen dades de forma puntual i l'abast espacial depèn de la significació que s'atorgui al sistema de mostratge que també determinarà si és de tipus regular, contagiós o aleatori; les segones es basen en sistemes de captura de dades (més o menys complexos) orientats a recollir informació en continu per a un període determinat de temps.

Quan es pretén conèixer que li succeeix al medi muntà des de l'òptica de les escales mitjananes, tenint en compte la ferma relació que ha mantingut i manté amb les activitats humanes, cal seleccionar les variables que s'ajustin millor a aquesta relació. El sòl i la vegetació tradicionalment han estat la font principal de recursos de les societats establertes en àrees de muntanya, però l'estudi d'aquestes variables requereix de l'anàlisi detingut dels diversos paràmetres que se'n deriven, per tal d'aprofundir en l'evolució d'aquest aprofitament. Però l'anàlisi dels sòls des de la perspectiva de la fertilitat implica des de la caracterització clàssica de tipus agronòmic, a la interrelació amb factors que augmenten o disminueixen el potencial edàfic. Si parlem de sòls agrícoles la referència als processos d'edafogènesi es centraran el tipus de sòls i la cultura d'aquest, però en sistemes agro-silvo-pastorals el coneixement de la vegetació natural és cabdal per entendre l'evolució dels sòls, així com l'ús que se n'ha fet d'ella. Per últim, a les tècniques necessàries per aproximar-se a l'estudi d'aquestes variables del medi físic, cal afegir les metodologies usals de les anàlisis socio-econòmiques de la problemàtica i la manera més indicada d'encaixar-les.

L'adequada combinació de mètodes i tècniques per a cadascuna de les variables i la integració final a partir d'eines de caràcter espacial com la cartografia automàtica i els Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG), pot esdevenir la millor manera d'encarar el compromís entre les anàlisi micro i macro, sempre en funció dels objectius plantejats i el marge d'error establert.

## 2.3 ESTABILITAT I INESTABILITAT EN LES ÀREES DE MUNTANYA

Aquesta antiga discussió ens porta una vegada més a interpretar els canvis que s'estan produint als Pirineus a la llum dels tipus de processos que s'hi donen i la repercussió futura en el paisatge. Parlar d'un medi estable o inestable en àrees de muntanya sempre haurà de tenir en compte els factors geocològics (GIGON, 1983) però també els humans (WINIGER, 1983; MESSERLI, 1985; GARCIA-RUIZ, 1990) i sobretot tenir un coneixement el més acurat possible del passat que ens permetrà interpretar l'estat actual del paisatge. De les diverses definicions donades a aquest parell de termes, caldrà retenir aquelles que es centren en l'aprofitament social del medi i que permeten la perdurabilitat dels establiments humans en aquests territoris.

Molts dels estudis efectuats fins a l'actualitat versen sobre la doble possibilitat d'existència o no d'erosió, problema no exclusiu d'àrees de muntanya ans el contrari més propi d'altres zones (JOHNSON & LAURENCE, 1995). Els processos d'erosió i desertificació que apareixen en les zones agrícoles de climes mediterranis, poden ser molt greus en comparació amb d'altres espais on es passa a donar una major importància a les diferents successions vegetals que acabaran recobrint la pràctica totalitat del territori. Aquesta variabilitat espacial fa que els resultats canviïn radicalment en funció d'uns condicionants ambientals com la precipitació i disponibilitat d'aigua per a les plantes i el canvi d'ús dispensat per la societat.

La delimitació d'aquest fràgil equilibri s'ha considerat un objectiu prioritari a l'hora d'encarar la recerca que aquí s'exposa. El coneixement de la realitat de l'àrea d'estudi es converteix en un fet fonamental per esbrinar les possibilitats i potencialitats d'aquest territori, si a l'àrea hi concurreixen un seguit de variables geogràfiques constants en l'espai segurament existirà un grau d'homogeneïtat major que en d'altres llocs amb un major nombre de contrastos. En molts dels estudis que versen sobre el tema, l'homogeneïtat del territori o el treball a gran escala fan que la diversitat es presenti en anàlisis micro o no aparegui; per aquest motiu cal deduir de la diversitat de treballs una variabilitat espacial a escala regional o supraregional. Dels resultats de moltes de les línies de recerca endegades es dedueix que existeix un espai fronterer on la dinàmica dels sistemes tendeixen cap a la degradació o l'estabilitat amb major o menor celeritat i que l'escala d'anàlisi no és tant sols espacial sinó també temporal. En aquest darrer aspecte la interacció societat-natura juga un paper cabdal; per aquest motiu, s'hauran de tenir en compte estudis socio-econòmics sobre l'àrea d'estudi, tan des del vessant demogràfic (MENDIZÀBAL, 1987) fins al d'activitats econòmiques tradicionals (LASANTA, 1989; TULLA, 1993) i actuals (CAMPILLO *et al.* 1993; MIRALLES, 1990).

La idea de què les noves dinàmiques lligades a camps i pastures abandonades, boscos sense explotar i disminució de la càrrega ramadera a l'estatge alpí estan conformant un nou paisatge (BERTRAND, 1984), ha estat presa en aquesta tesi amb l'objectiu d'incidir en la diversitat espacial de l'evolució d'un territori de muntanya. Per tant, en parlar de fertilitat del sòl, d'erosió o de revegetació, cal forçosament parlar de què i qui la provoca,

així com de l'existència o no d'aquesta. Sovint es pot considerar la pèrdua de sòl com el problema més greu d'una zona cultivada, dels erms o espais forestals, però fins fa pocs anys no s'ha parat la suficient atenció a les problemàtiques derivades de la revegetació i sobretot, de la qualitat (des del punt de vista de l'aprofitament socio-econòmic) del sòl que es perd i de la vegetació que s'instal·la de nou.





### 3 L'ÀREA D'ESTUDI: MARC FÍSIC I SOCIO-ECONÒMIC

El Parc Natural del Cadí-Moixeró és el conjunt orogràfic més extens dels Prepirineus catalans, i un dels millors exemples de l'alta muntanya calcària. Fou creat el 1983 a partir de part de l'antiga Reserva Nacional de Caça, tot i que el Massís del Pedraforca ja havia estat declarat el 1982 com a Paratge d'Interès Nacional; aquestes figures administratives el converteixen en el parc natural més extens de Catalunya amb 41.031,68 hectàrees.

La delimitació del parc es va centrar en la individualització de les serres del Cadí, Moixeró i sector més occidental del Montgrony a partir d'una cota mitjana de 1.300-1.400 m, sense tenir en compte les unitats administratives locals o unitats naturals com les conques de drenatge. Aquests criteris no han permès incorporar la majoria d'espais agrícoles, els fons de vall principals o algunes de les pastures de més alt valor ramader. Per aquest motiu l'àrea d'estudi s'ha ampliat a dos sectors per completar els ambients considerats més representatius: l'espai agroforestal de l'entitat de Cava (zona nord del transecte de mostreig) i les pastures del Pla d'Anyella amb les de la Molina i la Masella des de la cota 1.700 m.

La superfície total de l'àrea d'estudi s'amplia fins les 43.146,4 ha (figura 3.1), tot i que com s'explicarà a la metodologia, a l'interior d'aquesta àrea s'han seleccionat uns espais representatius o àrees homogènies que han estat analitzats amb més detall.

L'heterogeneïtat litològica i estructural d'aquest territori ha accentuat el caràcter abrupte del relleu, que modelat pels processos geodinàmics externs recents donen lloc a una gran diversitat paisatgística. Les serres del Cadí, Moixeró i l'inici del Montgrony són la columna vertebral del parc; al voltant d'aquest eix s'articulen la plana neògena de la Cerdanya i la falla del Segre al nord i la complexa disposició dels tres mantells de corriments i els encavalcaments al sud, tot plegat confereix una gran complexitat estructural al territori en el que és possible trobar materials des de l'ordovicià fins a l'holocè en una sèrie incompleta, però litològicament molt variada. Sobre aquest substrat s'hi han establert un conjunt de comunitats vegetals adaptades als diferents estats altitudinals, amb una major o menor influència mediterrània o eurosiberiana. L'extensió del parc i el gran desnivell entre les cotes més baixes i les més altes, fan d'aquest espai un dels més interessants per analitzar les diverses adaptacions dels assentaments humans i el resultat que, com a conseqüència d'aquesta interacció, ha arribat als nostres dies.

La combinació dels factors ambientals amb els humans, tradicionalment han vertebrat el territori al voltant dels nuclis de població, tant concentrats com dispersos, i de

les àrees d'explotació agrícola. Els eixos de comunicació també han jugat un paper determinant al voltant d'aquest conjunt orogràfic que per la seva vigorositat ha determinat el seu traçat i freqüentació. Les divisions administratives demostren la històrica importància de les divisòries d'aigües, tant entre els pobles que formen part del parc en el vessant nord a la Cerdanya: Alp, Das, Urús, Bellver de Cerdanya i Montellà i Martinet, com en els d'Alàs i Cerc i Cava de l'Alt Urgell però amb drenatge directe al Segre i Josa i Tuixén i la Vansa i Fòrnols formant part de la conca del riu Lavansa, també tributari del Segre en el congost de Tres Ponts. Al vessant sud i entre els Cloterons i el Pedraforca s'hi troba Gósol, més a l'est Saldes, Gisclareny (l'únic municipi totalment a l'interior del parc), Vallcebre, Bagà, Guardiola de Berguedà i Castellar de n'Hug tots ells al Berguedà (veure el mapes de situació de la sèrie A0).



Figura 3.1. Mapa de situació. Escala 1:4.700.000.

La utilització del territori per part dels habitants d'aquests municipis ha estat tradicionalment intensa i diversa. L'espai agrícola s'ha construït a partir de camps situats sobre les geformes més típiques d'ambients muntanyencs, a partir d'una gran diversitat de substrats i en diverses etapes històriques que han adaptat les parcel·les al fons de les valls, als vessants o a les collades i altiplans en funció de l'expansió o regressió de la superfície

conreada. La resta del territori s'ha destinat a pastures i boscos, configurant el conjunt de paisatges rurals que trobem arreu del parc producte de les possibilitats que ofereix el medi i l'organització social i econòmica dels que l'aprofiten. Trets que en definitiva caracteritzen aquesta serralada geogràfica de múltiples noms i múltiples unitats paisatgístiques, de simetria canviant, ja bé si ens trobem al Cadí, com al Moixeró, com més enllà del Puigllançada.

El mantell del Cadí presenta una disposició monoclinal dels estrats, fortament fallats d'est a oest i cabussant cap al sud. El resultat és una alineació de cingles molt escarpats amb més de 500 metres de desnivell, afectats per un modelat glacial i postglacial que ha donat lloc a l'aspecte actual. Els torrents que neixen en les dretes canals del vessant nord, passen a ser cursos d'aigua més o menys estables que s'estructuren paral·lelament entre sí i perpendicularment al riu Segre, el curs principal. Els interfluvís, formats per les lloçades de materials paleozoics, s'assenten la majoria de nuclis de població que en aquesta zona tenen un baix grau de dispersió.

A l'altre vessant del Cadí, els cabussaments uniformes al voltant dels 40° S donen lloc a superfícies estructurals i *chevrons*, fins els fons de la vall del riu Lavansa, Josa o Saldes. Damunt d'aquest vessant trobem els mantells de corriment superiors anomenats del Pedraforca, que es subdivideixen en el superior i inferior. El Cadinell forma part del mantell de Bóixols o Pedraforca inferior, que torna a aflorar a la Serra del Verd, a partir del coll de Mola en el límit sud del parc. Damunt d'aquest hi ha el mantell del Pedraforca superior que s'exterioritza clarament en els dos pollegons d'aquest massís calcari, així com en els Cloterons. Més a l'est, aquest conjunt s'extingeix en la serra de Gisclareny dins el parc i en els inicis del Catllaràs fora d'aquest. Aquesta estructura extremadament complicada es manifesta en un relleu no menys enrevessat, donant lloc a la instal·lació d'una xarxa hidrogràfica que a l'oest del Pedraforca drena en direcció est-oest amb el riu Lavansa i les capçaleres dels rius de Josa i Mola, sota mateix del vessant oest del Pedraforca. L'Aigua de Valls a Gósol és tributària del Cardener i drena vers el sud, a partir del coll de la Trapa el riu Saldes es dirigeix cap el Llobregat vers l'est i el Bastareny fa el mateix una mica més al nord. La disposició de la xarxa hidrogràfica i la diversitat i forta inclinació dels cabussaments en aquestes unitats del Secundari, es manifesten clarament en la distribució del poblament sobre el territori. A aquestes característiques estructurals cal afegir les de naturalesa litològica on s'alternen les calcàries del Cretaci inferior i del Juràssic amb materials més tous del Garumnià, o els conjunts margosos de l'Eocè estratigràficament per sota de les calcàries del Cadí, que allà on afluïren no és rar associar-hi conjunts de camps de conreu.

Al Moixeró, la simetria del Cadí s'inverteix i el vessant més escarpat es troba al sud de la divisòria d'aigües entre el coll de Pendís i la Tossa d'Alp. L'encavalcament que dona lloc a aquest cim, fa que les calcàries devonians cabussin cap el N-NE donant lloc a un

conjunt d'espadats i agulles força impressionants intercalats per materials del carbonífer més alterables, també aprofitats per a conrear en la capçalera de la vall del riu Gréixer. El conjunt d'encavalcaments es prolonguen vers l'est, i des del Puigllançada fins la Pleta Roja, el punt més oriental del parc, continuem trobant les calcàries del devonià superior que donen lloc a un seguit de cims arrodonits molt aptes per les millors pastures d'estiu que es troben dins el parc. Cap al sud, un bon nombre d'unitats corregudes, dona pas al conjunt terciari del Cadí amb els inconfusibles *chevrons* que conformen un conjunt de valls paral·leles amb drenatge de nord a sud, que contenen un seguit d'engorjats formats per l'erosió diferencial entre les diverses unitats eocèniques. Aquest relleu tant característic des del coll de Pendís fins el Clot del Moro i el riu Arija, ja fora del parc, ha determinat que el continu agrícola es trobi sobre els materials més tous de l'eocè i de les lutites de la unitat roja inferior tardiherciniana, aparentment separats dels camps de la vall principal, del Llobregat i Bastareny, pels cingles calcaris.

La vegetació existent avui en dia en aquest territori, és una mostra de la coexistència històrica amb el poblament humà. Tot i trobant-se en un àmbit força extrem com és el de la mitjanana i alta muntanya, les diverses adaptacions humanes han deixat l'empremta sobre el paisatge vegetal que en molt pocs espais s'ha vist lliure d'un aprofitament social més o menys intens. Tradicionalment la silvicultura, ramaderia i l'agricultura han estat les activitats que s'han estès més profusament per tot el parc: la silvicultura per tots els espais forestals, la ramaderia en tots els estages però sobretot en els prats supraforestals i l'agricultura en les zones més baixes i assolellades on el clima afavoria el creixement de les collites. En períodes històrics més recents les activitats extractives i turístiques també han provocat un canvi considerable de la vegetació allà on s'han assentat, generalment transformant-la en erms o prats. El fort desnivell entre les àrees més baixes del parc al riu Saldes i el cim culminant del Pic de la Canal Baridana al Cadí, amb una gran varietat d'exposicions i influències climàtiques, fan que la diversitat de comunitats vegetals sigui molt gran. Les espècies calcícoles predominen en les zones somitals i sud de la serra, mentre que les calcífugues tenen l'oportunitat d'estendre's en els terrenys paleozoics de naturalesa silícica, més abundants en el vessant nord de la serralada.

En la distribució de les formacions vegetals, a banda de la naturalesa del substrat, és important conèixer les disponibilitats d'aigua i les variacions tèrmiques. A causa de l'efecte de barrera orogràfica que efectuen les diverses serralades i massissos, a l'interior del parc la varietat de microambients és enorme; tanmateix, a grans trets, les precipitacions i la rigurositat de la temperatura venen donades per l'orientació de les diverses valls i l'altitud dels diferents estatges. La influència mediterrània amb les nuvolades provinents de llevant, sobretot a la tardor, marquen els màxims pluviomètrics del sector inclòs a l'Alt Llobregat; allà on arriba la influència atlàntica, al nord de la serralada, la distribució dels mesos de pluja es reparteix més equitativament de primavera a tardor tot i que cal destacar el baix

índex pluviomètric a la conca de la Cerdanya, finalment el sector sensiblement més eixut es concentra en la vall de Lavansa orientada a ponent (taula 3.1.).

Població		Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	Any
Alp 1.159 m	mm	29,0	28,0	49,0	49,0	68,0	75,0	80,0	83,0	74,0	75,0	27,0	43,0	680,0
	°C	2,1	3,4	6,8	10,2	13,0	16,4	19,1	18,8	15,8	11,6	5,9	1,4	10,4
Bagà 785 m	mm	93,9	46,3	55,7	89,6	90,4	92,6	58,9	116,3	35,9	76,0	94,6	35,8	886,0
	°C	2,0	3,1	5,9	8,3	12,6	15,8	19,0	18,8	15,8	10,9	5,7	2,3	10,0
Brocà 962 m	mm	34,0	32,4	69,9	65,2	96,4	94,8	57,1	82,4	99,1	84,5	61,0	60,3	837,1
	°C	1,4	2,5	5,3	7,7	12,0	15,2	18,4	18,2	15,2	10,3	5,1	1,7	9,4
Gisclareny 1.319 m	mm	27,3	46,4	92,6	92,4	107,5	76,8	46,4	76,0	117,2	83,2	101,8	112,9	980,5
	°C	0,7	1,1	2,8	4,5	8,7	12,7	16,0	15,4	13,8	9,4	3,4	1,7	7,5
Vallcebre 1.119 m	mm	34,0	32,0	87,0	94,0	113,0	74,0	51,0	78,0	116,0	84,0	95,0	85,0	943,0
	°C	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
La Molina 1.500 m	mm	69,8	57,7	81,7	108,7	148,9	142,8	102,5	117,2	127,0	103,2	126,1	79,1	1264,7
	°C	-1,5	-1,4	0,5	2,8	6,9	10,6	13,9	13,7	11,1	6,7	2,0	-1,7	5,3
La Pobla de Lillet **	mm	43,1	41,0	46,3	88,8	107,7	105,9	78,8	121,3	92,7	73,3	84,6	56,9	940,4
	°C	2,1	3,2	6,0	8,4	12,7	15,9	19,1	18,9	15,9	11,0	5,8	2,4	10,1
La Seu d'Urgell **	mm	39,1	36,1	40,2	56,6	69,8	77,2	44,9	75,5	65,9	59,2	77,2	47,5	689,2
	°C	2,2	4,1	8,6	10,8	14,0	18,0	20,7	20,1	16,9	12,2	6,8	3,2	11,5
La Vansa 989 m	mm	21,1	26,7	46,2	74,0	82,8	68,0	62,2	73,5	74,7	48,5	61,5	77,1	716,3
	°C	1,3	3,0	5,2	8,8	12,5	16,2	20,3	19,8	17,8	12,6	6,2	3,4	10,6

Taula 3.1. Precipitacions i temperatures. Mitjanes mensuals i anuals d'estacions amb un mínim de 15 anys de recollida de dades.

Font: Instituto Nacional de Meteorologia delegació de Catalunya i Memòria del Pla Especial del Parc Natural del Cadí-Moixeró.

(\*) Informació no disponible.

(\*\*) La Pobla de Lillet: 843 m; La Seu d'Urgell: 692 m.

A la diversitat d'influències a causa de l'entrada dins les valls d'unes adveccions o d'altres, cal afegir la gradació altitudinal que augmenta la precipitació en alçada, molt evident en els registres de la Molina, alhora que disminueixen les temperatures mitjanes i s'extremen el descens de les mínimes. Un cas molt representatiu d'aquesta variació en alçada de les quantitats de precipitació, es posa de manifest a la Cerdanya on gran nombre de recs artificials prenen l'aigua de les cotes altes dels torrents que descendeixen del Moixeró o del Cadí per regar la plana amb dèficits hídrics a l'estiu.

La persistència de les gelades relacionada amb els factors atmosfèrics i altitudinals, unit a les hores d'insolació molt diferents en les solanes que en les obagues, han creat la diversitat vegetal que a continuació descriurem, i que es manifesta en el paisatge per la frondositat d'unes o altres formacions situades en les diferents orientacions tot i que aquest no és l'únic factor que afavoreix el creixement de les diverses espècies vegetals.

La vegetació dominant de l'estatge montà és la de les rouredes submediterrànies de roure martinenc (*Buxo-Quercetum pubescentis*), que a causa de l'acció antròpica han estat substituïdes per les pinedes de pi roig (*Pinus sylvestris*) allà on s'ha restablert el bosc. En moltes de les antigues rouredes el procediment habitual per a convertir-les en conreables no va consistir en tallar i arrancar la soca dels arbres, segurament per algun altre tipus d'ús a

que anaven destinades;, per aquest motiu, un gran nombre d'aquests boscos presenten avui en dia un aspecte immadur amb molts rebrots per peu, que és un reflex típic de les activitats dels boscaters que explotaven la fusta pel carboneig o de les activitats ramaderes que obrien clarianes al bosc per facilitar la pastura dels ramats (deveses). El caràcter de relictos que presenten molts boscos vells d'aquestes espècies junt amb d'altres típiques de les fagedes en l'estatge montà, denoten la tradicional explotació humana d'aquest medi. Algunes raconades ben conservades fins a l'actualitat com les fagedes del bosc de Gresolet, de la baga de Rebost, o la baga de Rus, algunes clapes de rouredes als solells de Riutort, la Casa Nova, o Gréixer així com les petites comunitats d'alzinar muntanyenc amb individus de grans dimensions entre Fòrnols i Cornellana i a la solana de Gisclareny, son una mostra clara de la baixa intervenció a causa del règim de tinença de la terra o la impossibilitat d'explotació d'aquests paratges. L'estatge muntà és, per la seva accessibilitat i bonança climàtica, el medi on la interacció societat-natura ha estat més intensa i perllongada.

Les pinedes de pi roig (*Hylocomio-Pinetum sylvestris*) continuen dominant en cotes superiors a 1.300 metres, junt a algunes avetoses calcícoles (*Buxo-Abietetum albae*) que es troben en la transició dels dominis del pi roig i del pi negre, a l'obaga de la serra del Cadí, però sobretot entre la capçalera del torrent de Bastanist i el coll de Jou al Moixerò. Les àrees de dispersió actual d'aquestes comunitats havien estat cultius o pastures, tot i que els boscos més frondosos dels vessants obacs no s'han deforestat amb tant d'ímpetu, ja que el sostre altitudinal del conreu és més baix en aquests espais amb una menor insolació i major persistència de les gelades. El que sí apareix amb freqüència en aquests espais altimontans, són les clarianes que tradicionalment han servit de transició entre les pastures dels fons de les valls i els prats alpins. Un gran nombre de prats amb noms propis, Prat de Cadí, Prat de l'Estenedor, etc., denoten aquest caràcter antròpic en la conservació d'aquests prats que d'una altra manera possiblement serien més reduïts al voltant de mulleres o colls batuts pel vent.

El domini de les coníferes continua muntanya amunt en els límits de les comunitats forestals, representat per les pinedes de pi negre (*Pulsatillo-Pinetum uncinatae*) amb exemplars que s'enfilen a alçades inverosímils sobre les parets calcàries de tot el parc. Aquest sostre forestal ha estat rebaixat en forces punts per tal d'ampliar les pastures d'altura dels ramats, clivellat en la confecció de pistes d'esquí com les de la Masella i la Molina, o reintroduït quan la pressió dels ramaders ha minvat per la disminució de caps de bestiar com en les repoblacions forestals del Tossal de Rus. Les modificacions de l'entorn en funció dels desitjos i necessitats de les diverses activitats i gestions del territori han estat constants al llarg del temps, i el reflex d'aquestes actuacions sobre la vegetació ha suposat un continu rejuveniment dels ecosistemes per tal d'extreure'n la màxima productivitat.

El mantell vegetal arrela en una variada tipologia de sòls que en general es caracteritzen pel poc desenvolupament dels horitzonts. Els sòls forestals sovint presenten

sòls bruns de tipus hùmic, àcid (al vessant nord de la serralada) o càlcic quan disminueix la matèria orgànica i abunden els carbonats. En ambients xèrics on la coberta vegetal és mes escassa i els aportos orgànics minven, abunden els orthents (rankers d'erosió, rendzines i regosols) molt freqüents en les superfícies estructurals del vessant sud o a les pastures supraforestals. Aquest tipus de sòls també són els més abundants a l'espai agrícola abandonat damunt de terrenys calcaris. Per últim els fluvents no es troben gaire ben representats al parc, a causa de l'escassetat de terrasses fluvials i l'encaixament en el relleu de la majoria de cursos d'aigua; tot i així juguen un paper molt important en l'agricultura de muntanya.

Les terres al voltant dels nuclis històrics medievals han sofert una explotació que, amb algunes interrupcions, podríem definir de constant fins a l'actualitat. Molts dels camps situats al fons de la vall o al voltant de masos amb referències d'aquella època, encara mantenen els murs originals tot i que tinguin elements més moderns. Amb gran probabilitat aquests assentaments es van crear a partir del poblament primigeni que introduí l'agricultura com a forma de vida, amb el suport de la recol·lecció i caça que encara avui forma part dels hàbits culturals d'aquests pobles. El resultat d'aquesta colonització secular és evident en les terrasses al·luvials i el llit major dels rius, on la inexistència d'extenses comunitats vegetals madures és total, tot i conservar la franja del bosc de ribera en més o menys bon estat.

Però l'origen de la intensificació en l'explotació d'aquest territori, es situa en el creixement demogràfic i l'evolució de l'agricultura catalana al segle XVIII (FONTANA, 1988). L'increment de la productivitat mitjançant l'extensió dels cultius amb el desboscament i la construcció de bancals foren, junt amb la introducció de noves tècniques i el complement de la ramaderia, els catalitzadors d'un canvi substancial en el modus de vida del camp català i també en les àrees de muntanya. Per exemple la població d'un municipi com Castellar de N'Hug, va multiplicar per tres nombre d'habitants entre 1717 i 1787, increment que s'allargaria fins a la meitat del segle XIX a tots els municipis que formen part del parc. La millora de les condicions de vida respecte a anys anteriors, per la possibilitat de la població camperola de conrear allò que consideressin més rendible i adaptat a les seves necessitats per tal de crear un excedent amb el que poguessin mecadejar, i l'accés a les terres comunals dels camperols sense propietats, provocà un increment de la superfície cultivable al voltant dels pobles en forma de taca d'oli que s'extenia pels vessants de les muntanyes circumdants amb la roturació de les terres mitjançant la construcció de feixes que permetien reduir el fort pendent de la muntanya. Un gran nombre d'aquestes impressionats graderies de camps que es troben dins el parc, la seva perifèria i en general a tot el Pirineu, foren creades per aquest massa de camperols sense terra que van millorar el seu *estatus* contractual. És clar que aquest increment de la superfície cultivable va anar en detriment de pastures i boscos, fet que devia implicar alguns conflictes amb la ramaderia per una banda i



provocà la disminució de la superfície forestal tant de les comunitats de frondoses com de les secundàries o estables de pins.

Aquesta pressió sobre el medi, amb el màxim històric enregistrat de població del parc el 1860, no sols es manifestava en el conreu sinó que també suposava un aprofitament de tots els recursos disponibles, fonamentalment els ramaders com suport a l'economia agrícola, els forestals des del punt de vista energètic i fertilitzant i gran nombre d'activitats que permetien un suplement a les fonts bàsiques d'ingressos. Pobles de l'entorn del parc, de vocació ramadera, com Josa del Cadí o Castellar de n'Hug, fonamenten aquesta activitat en la propietat de les majors extensions de pastures a la serralada.

Moltes d'aquestes activitats cada cop són més residuals a l'àrea d'estudi com l'agricultura i no tant la ramaderia. D'altres s'han reconvertit a la puixant terciarització com la recollida de bolets o la caça, i d'altres fins els anys 40 i posteriors encara s'exerrien en el marc d'una economia autàrquica de subsistència com la fabricació de calç, pega i trementina, estris i eines... La primera matèria de moltes d'aquestes activitats s'extreu de la biomassa forestal, tant per l'aprofitament directe per a fusta, llenya, matèria vegetal verda o cremada per adobar, així com per la utilització d'aquest espai per augmentar la superfície de pastura i esporàdicament roturar-la per conrear en artigues. La tradició d'aquests aprofitaments té les arrels en els drets i usos medievals que posteriorment s'han prolongat en el temps amb l'explotació dels terrenys comunals. Tant l'increment de la superfície agrícola com la forta pressió sobre espais silvopastorals, van contribuir a la deforestació d'aquests muntanyes a partir de mitjanans del segle XVIII, diferències encara constatables entre la meitat del segle XX i avui en dia.

Un altre element d'expansió de l'agricultura a partir de la colonització nous espais, ve donat pels avantatges econòmics i socials de l'emfiteusi (GIRALT, 1987). Aquesta va permetre l'aparició de molts masos allunyats dels nuclis principals i de les cases dels propietaris, per la possibilitat de disposar lliurement del domini útil de la terra, amb capacitat per vendre, empenyorar o transmetre la unitat d'explotació. Moltes cases de pagès, avui en runes, van aparèixer entre mitjanans del segle XVIII i el XIX roturant terres que difícilment s'haguessin posat en cultiu i pasturant petits ramats per vessants i cingles. La complicada estructura tectònica de l'Alt Berguedà i un percentatge alt de propietat privada de la terra, va afavorir que aquesta població dispersa s'extengués més que a d'altres zones del parc, amb més llarga tradició de superfície comunal en el municipi o per causes molt lligades al relleu i la disposició de la terra potencialment cultivable al voltant del poble, com és el cas de Tuixén o Josa del Cadí.

D'aquest màxim històric de població cap a 1860, del que se'n té constància, tot i que diversos autors apunten que a l'època medieval es podrien haver assolit també densitats elevades, la minva de l'activitat agrària ha estat constant. El decrement d'habitants, des del màxim assolit a mitjanans del segle XIX, fins l'actualitat és constant en tots els municipis

del parc. Tan sols aquells que sustenten la base econòmica en d'altres sectors diferents a l'agrícola i ramader, com el terciari turístic d'Alp o el també turístic i industrial de Bagà i Guardiola de Berguedà (que alhora representen centres de captació de la població dels municipis petits de l'Alt Berguedà), han pogut mantenir o augmentar el nombre d'habitants. La concentració de la població dispersa, tant de cases aïllades com de nuclis petits, en els nuclis que representen caps de subcomarca o comarca junt a l'emigració cap a zones industrials, és una constant en totes les àrees del Pirineu Català i és molt evident en la distribució de la població de l'Alt Urgell amb un major pes de la capital, la Seu d'Urgell, enfront a la tradicional relació de major població en els municipis petits, succeint el mateix amb Bellver de Cerdanya per als pobles del sector cerdà del parc i els anteriorment mencionats junt amb Berga per al sector sud. La relació entre població i superfície conreada és molt evident en els casos on no hi ha hagut una activitat alternativa que afavoreixi l'estabilitat dels habitants en la residència d'origen, en el capítol de resultats es pot observar que la reducció dels camps actius des de 1957 fins a 1994 ha seguit una tendència similar a la de la població.

Actualment l'activitat agrícola i ramadera és minoritària en el total de la població activa dels municipis que constitueixen el parc, passant al capdavant el sector turístic que ha estat l'impuls econòmic per a evitar el total despoblament de nuclis com Tuixén, Castellar de N'Hug, Urús, i d'altres on la residència secundària té un pes creixent. La reducció de les explotacions agrícoles ha estat el motiu principal del despoblament en l'interior i perifèria del parc, a causa de la inviabilitat de moltes unitats en el pas del sistema tradicionals d'autoconsum i mercadeig a l'economia de mercat (TULLA, 1993). Les activitats mineres que restaven dins el parc, han estat tancades, exceptuant les explotacions de Carbons del Pedraforca que donen treball a un bon nombre d'habitants de les poblacions veïnes de Vallcebre, Maçaners, Gósol i Saldes. Alguns d'aquests nuclis han experimentat un important desenvolupament turístic a l'entorn del massís del Pedraforca. La indústria tèxtil es manté a Bagà i la Pobla de Lillet en indrets molt propers al parc com el Clot del Moro. En el cas de considerar la població que té la residència principal dins el parc manté l'activitat agrícola i ramadera de forma residual i en la majoria dels casos la mitjanana d'edat supera els 50-60 anys. Els nuclis de població habitats dins el parc es limiten a Josa del Cadí, Gisclareny i Gréixer, la resta d'habitants es dispersen en masos situats fonamentalment al vessant sud-est.



## 4 METODOLOGIA: DE LES PARCEL·LES A LES ESCALES MITJANANES

### 4.1 INTRODUCCIÓ

L'anàlisi d'un extens territori com el Parc Natural del Cadí-Moixeró pot abordar-se des de multiplicitat d'enfocaments metodològics que normalment utilitzen les aplicacions estadístiques i cartogràfiques habituals per a resoldre els problemes plantejats. La complexitat d'una visió general del medi augmenta a mida que s'incrementen les variables que intervenen en el procés d'anàlisi, així com el grau de variabilitat d'aquestes.

En aquest treball es pretén realitzar una aproximació al funcionament d'un territori de muntanya immers en dinàmiques naturals influenciades per l'abandonament de les activitats humanes, que han marcat la fesonomia del paisatge en les darreres centúries. S'ha optat per l'anàlisi de la fertilitat dels sòls com a indicador dels canvis i la diversitat, en tant que integra un bon nombre de paràmetres del medi físic estretament relacionats i és possiblement una de les variables que millor reflecteix la valoració del des de l'òptica de l'aprofitament agrícola o a través del paisatge.

Per assolir els objectius proposats s'han establert una sèrie d'àrees homogènies representatives dels espais majoritaris dins el parc i que són indicatives de la interacció societat-medi natural. L'àrea escollida es caracteritza per ser un dels exemples més orientals del Pirineu de mitjana i alta muntanya calcàrea, en la que actualment es realitza una gestió conservadora respecte el patrimoni natural i un baix aprofitament econòmic. També es pot trobar una gran varietat litològica i botànica, importants contrastos climàtics en un conjunt immers en dinàmiques lligades a l'abandonament. El resultat de la combinació de tants factors pot donar lloc a un elevat nombre d'àrees amb característiques homogènies, o en la terminologia de l'anàlisi integrada del paisatge (BERTRAND, 1966) de geosistemes, geofàcies i geotops. Per tal de simplificar les àrees que es podrien derivar d'aquests creuaments, s'han establert quatre tipus de restriccions des del punt de vista de les variables físiques i dos més referents a l'ús del territori: un substrat majoritàriament calcícola, orientació a solana (radiació mitjana anual  $> 700 \times 10\text{Kj/m}^2 \times \mu\text{m} \times \text{dia}$ ) o obaga (radiació mitjana anual  $< 700 \times 10\text{Kj/m}^2 \times \mu\text{m} \times \text{dia}$ ) vegetació herbàcia-arbustiva en camps abandonats, absència/presència de processos erosius en camps abandonats, cronologia de l'abandonament dels camps i intensitat d'ús en pastures i boscos.

La justificació d'aquesta elecció resideix en part a un treball previ realitzat per l'autor a la mateixa àrea d'estudi (MOLINA, 1996) on es caracteritzava la interrelació entre variables en els camps abandonats a partir de l'anàlisi binària mitjançant taules de contingència, verificant el model d'independència amb el test de *ji quadrat* i l'anàlisi de

residus. A partir d'aquests resultats, els de SORIANO (1994) per a l'àrea propera de Tuixén i el treball de camp s'ha considerat convenient seleccionar les àrees en funció dels criteris abans mencionats. Les característiques químiques (pH) similars del substrat facilitaran la interpretació de l'assimilabilitat dels nutrients i del tipus de reaccions que s'hi donen. Una biomassa estable entre les parcel·les que comparteixen un mateix grup d'ús, no provocarà grans desequilibris en els aportos de matèria orgànica al sòl. Els dos grups de radiació solar s'han ajustat a les exposicions de solana i obaga, tot relacionant-los amb la disponibilitat d'aigua al sòl i la quantitat i tipus de vegetació que colonitza aquests espais. Per últim el criteri cultural s'ha establert a partir de la definició dels usos del sòl majoritaris dins l'àrea d'estudi (MASSES, 1984; PERDIGÓ, 1985; TULLA, 1988; MILL & VALLS, 1988), així com del resultat d'entrevistes a pagesos, ramaders, guardes forestals i altres agents actius del parc efectuades a l'inici d'aquesta recerca.

Tanmateix hi ha àrees que no compleixen estrictament aquest patró, a causa de l'absència d'alguns tipus predeterminats en el transecte seleccionat o a l'increment de la complexitat que obliga a matisar alguns tipus. Aquestes variacions no suposen un greu problema de cara als resultats finals, ja que no es pretén realitzar una modelització sistemàtica de totes les possibles combinacions entre variables, i sí veure com afecta als sòls, la gestió diferenciada de determinades àrees, tot mantenint constants la resta dels principals paràmetres físics. Per tal de facilitar l'extrapolació de resultats al conjunt de parc natural, s'han simplificat els períodes d'abandonament tot ajustant-los a les possibilitats de la fotointerpretació (actius, abandonats després de 1957, abandonats abans de 1957), o s'han diferenciat clarament el tipus d'ús en els espais ramaders i forestals, tot cercant les pastures amb més càrrega ramadera del parc i les que pràcticament mai es pasturen i els boscos centenaris dels intensament explotats.

El procés metodològic que s'exposa a continuació, és el resultat d'una sèrie d'etapes que han donat lloc als resultats i conclusions finals estructurades en:

- Cartografia i caracterització de l'espai agrícola actiu i abandonat. En un procés previ a aquesta memòria es va realitzar l'inventari dels camps del parc a partir d'una tipologia que tenia en compte: etapes d'abandonament, tipus de camps, vegetació, pendent, textura i acidesa/basicitat dels sòls i tipologies de processos erosius. L'anàlisi d'aquestes (en part expressat en el mapa de camps abandonats) dades es va constituir com el punt de partida del present estudi.
- El mapa anterior s'ha completat amb la cartografia de la resta d'espais del parc: ramaders, forestals i improductius, però a partir d'una caracterització menys exhaustiva segons els tipus d'ús.
- Realització d'entrevistes a pagesos de les àrees més representatives del parc .

- Selecció de les variables a tractar: edàfiques, culturals, litològiques, botàniques, climàtiques... i de l'àrea de mostratge, així com de les característiques de les parcel·les.
- Cartografia vectorial de les variables amb informació per a tot el parc: mapa geològic, mapa de pendents, mapa d'úsos amb perspectiva històrica, mapa de vegetació i recobriments, mapes termo-pluviomètrics i mapa de radiació solar potencial, a partir de la fotointerpretació, derivats del Model Digital d'Elevacions (MDE) i fonts diverses.
- Campanyes de mostratge ajustades a cada variable i verificació del mapa d'usos sobre el terreny.
- Anàlisis de laboratori: determinacions de les propietats químiques del sòl al Laboratori Agrari de Cabrils (DARP) i determinacions de les propietats físiques al Laboratori de Geografia Física del Departament de Geografia de la UAB.
- Explotació dels resultats i extrapolació mitjançant els Sistemes d'Informació Geogràfica a tota l'àrea d'estudi.
- Caracterització paisatgística dels possibles escenaris: passats, presents i futurs

## 4.2 CRITERIS DE SELECCIÓ DE LES ÀREES HOMOGÈNIES

Quan es pretén treballar a dos nivells d'escala tan diferents com el que representen les parcel·les d'uns 2.000 m<sup>2</sup> i una àrea d'estudi de 43.146 ha, cal arribar a un compromís entre el nivell de detall i la generalització. La impossibilitat de situar punts de mostratge a tot el parc, a causa de les dificultats en el recull de les dades però també a l'anàlisi d'aquestes, va fer que s'optés per el mètode del perfil o transecte, situat en una zona el més representativa possible de l'àrea d'estudi, a l'entorn del qual es disposarien un seguit d'àrees homogènies.

L'orientació est-oest de la serralada facilita aquesta tasca, ja que es poden traçar seccions similars en un extrem o l'altre del parc en referència al substrat litològic, la vegetació o els trets climàtics. Tot i així, també hi ha contrastos que caldrà tenir en compte mitjançant la ponderació dels resultats alhora de l'extrapolació.

El transecte seleccionat es troba en el sector occidental de l'àrea d'estudi situat entre els nuclis de Josa del Cadí i Cava (figures 4.1a. i 4.1b.), al sud i nord de la Serra del Cadí respectivament, tot i que per a dues àrees s'ha fet una excepció i s'han situat a l'extrem oriental del parc (Pla d'Anyella-Castellar de n'Hug) a causa de la manca d'aquests tipus en

el perfil. Aquesta línia imaginària inclou dos dels ambients més característics del parc com són les solanes i les obagues a diferents altituds, en els que es poden situar: entre 1200 i 1600 m la majoria de camps actius i abandonats, per damunt d'aquests o entre ells les pastures i boscos montano-subalpins i en cotes superiors als 1800 m les pastures supraforestals i algun bosc de pi negre (*Pinus uncinata*) fins assolir el sostre del perfil a 2300 m.

Com ja s'ha comentat a la introducció, les àrees homogènies s'han elegit en funció de variables físiques i socials del medi i s'han distribuït al llarg del perfil en funció del lloc on era possible localitzar les condicions establertes (la representació de cadascuna de les parcel·les i els punts de mostreig es troba a l'annex 1, figures A.1 a A.25). El resultat d'aquest procés ha donat lloc a les 35 àrees de test que a continuació passem a descriure:

### **Agrícola:**

Camps abandonats abans de 1957, estables a solana (vessant Josa):	100
Camps abandonats abans de 1957, estables a solana (vessant Cava):	210
Camps abandonats abans de 1957, estables a obaga (vessant Josa):	200
Camps abandonats abans de 1957, estables a fons de vall (vessant Josa):	300
Camps abandonats abans de 1957, inestables a solana (vessant Josa):	400
Camps abandonats abans de 1957, inestables a obaga (vessant Josa):	500
Camps actius el 1957, estables a solana (vessant Josa):	600
Camps actius el 1957, estables a solana (vessant Cava):	610
Camps actius el 1957, estables a solana (hort, vessant Cava):	620
Camps actius el 1957, estables a obaga (vessant Josa):	700
Camps actius el 1957, estables a obaga (vessant Cava):	710
Camps actius el 1957, estables a fons de vall (vessant Josa):	800
Camps actius el 1957, inestables a solana (vessant Josa):	900
Camps actius el 1957, inestables a solana (vessant Cava):	910
Camps actius el 1957, inestables a obaga (vessant Josa):	1000
Camps actius el 1997 a solana (vessant Josa):	1100
Camps actius el 1997 a solana (vessant Cava):	1200

### **Ramader:**

Pastures montano-subalpines, baixa càrrega ramadera a solana (vessant Josa):	1400
Pastures montano-subalpines, baixa càrrega ramadera a solana (vessant Cava):	1410

Pastures montano-subalpines, baixa càrrega ramadera a solana (devesa, v.Cava):	1420
Pastures montano-subalpines, baixa càrrega ramadera a obaga (vessant Josa):	1500
Pastures montano-subalpines, baixa càrrega ramadera a obaga (vessant Cava):	1510
Pastures montano-subalpines, elevada càrrega ramadera a solana (pleta, v. Josa):	1600
Pastures montano-subalpines, elevada càrrega ramadera a obaga (pleta, v. Cava):	1710
Pastures supraforestals, baixa càrrega ramadera a solana (vessant C. de n'Hug):	1800
Pastures supraforestals, baixa càrrega ramadera a obaga (vessant Josa):	1900
Pastures supraforestals, elevada càrrega ramadera a solana (vessant Josa):	2000
Pastures supraforestals, elevada càrrega ramadera a obaga (vessant Pla d'Anyella):	2100
Pastures supraforestals, elevada càrrega ramadera a obaga (devesa, vessant Josa):	2110

### **Forestal:**

Roureda poc intervinguda a solana (vessant Cava):	2210
Pineda de pi roig poc intervinguda a obaga (vessant Cava):	2310
Pineda de pi negre poc intervinguda a solana (vessant Josa):	2400
Roureda molt intervinguda a solana (vessant Cava):	2410
Pineda de pi roig molt intervinguda a obaga (vessant Cava):	2510
Pineda de pi negre molt intervinguda a solana (vessant Josa):	2600

La nomenclatura de les àrees homogènies consta de tres a quatre dígitos entre les centenes i els milers, les xifres que incorporen una o dos desenes corresponen al vessant de Cava (a excepció del camp actiu 1200) i les que passen dirèctament a la centena a Josa o a les dues parcel·les situades a Castellar de n'Hug i el Pla d'Anyella. De la xifra 100 a la 1200 s'inclouen els espais agràris (camps abandonats: 100-1000; camps actius: 1100-1200), de la 1400 a la 1710 les pastures montano-subalpines, de la 1800 a la 2110 els prats i pastures supraforestals i de la 2210 a la 2600 l'espai forestal.

La desproporció del nombre d'àrees per a cada gran tipus d'ús ve donada per la intensitat d'utilització de cadascun. A la important transformació del medi que implica la creació de l'espai agrari, s'ha d'afegir una zonificació cronològica de l'ús molt més evident que en el ramader o el forestal. Com es pot observar la majoria de camps actius i abandonats es troben en el sector sud del perfil entorn al poble de Josa del Cadí. Tot i haver estat tradicionalment un nucli que ha combinat l'agricultura i la ramaderia amb més intensitat que la resta de municipis del parc, aquesta vall conté un ampli ventall d'espais agràris subjectes a diverses fases d'abandonament, recobriment vegetal, exposicions... i sobretot abundància de processos erosius que permeten incloure les àrees anomenades inestables. L'estabilitat o inestabilitat d'un camp s'ha establert a partir de la presència o



absència de processos erosius, identificats en la memòria de recerca prèvia a aquest estudi (MOLINA, 1996). En els casos que ha estat possible s'han efectuat rèpliques per a cada àrea en qualsevol dels usos però fonamentalment a l'agrícola i el ramader. Els camps de Cava formen part d'aquest conjunt respecte als de Josa tot i que alguns tenen característiques pròpies que cal destacar. Si bé és cert que s'ha definit un perfil en un medi neutro-basòfil, el sector nord presenta un conjunt de sòls acidòfils que s'han considerat, tot i que superficialment, com a contrapunt de l'espai calcícola. El reduït conjunt de camps i pastures de Cava amb pH àcid es compararà amb els homòlegs de la resta del transecte i d'aquesta manera es podrà valorar (encara que esbiaixadament) la fertilitat d'aquests sectors del parc .

Només hi ha camps actius a solana, ja que els que resten a obaga no compleixen els requisits que s'exigien a la definició d'actiu: camp llaurat, amb sembra de cereal o horta i afemat periòdicament amb adobs locals (fems). Aquestes tasques de cultiu són les que més s'assemblen actualment a les que s'efectuaven en el passat en els camps abandonats, tot i que avui en dia representen una minoria de l'espai actiu destinat fonamentalment a prats de dall.

De les 11 àrees homogènies agrícoles i les 6 rèpliques (17 en total), es passa als 8 tipus de prats i pastures i les 4 rèpliques o variants (7 montano-subalpines i 5 supraforestals). Les pastures poden ser un àmbit perfectament definit però també són un espai de frontera entre la superfície agrícola i l'espai forestal segons la intensitat del seu ús, tanmateix cal diferenciar les pastures supraforestals o alpines sotmeses tradicionalment a una gestió interregional (transhumància). Per facilitar l'anàlisi s'han distingit els prats o pastures montano-subalpines sotmesos a una elevada càrrega ramadera (>1,5 UR/ha) en el present o en un passat molt recent (des de 1970), representats per les pletes on es tanca el bestiar i zones properes respecte a zones menys freqüentades (matollars, boscos intensament aclarits per la pastura o deveses: baixa càrrega ramadera). En el cas de les pastures supraforestals la diferenciació ha consistit en mostrejar àrees d'una càrrega ramadera elevada com les comes, abeuradors.. i zones inaccessibles on la pastura és esporàdica (normalment relleixos situats en cingles). A banda de l'altitud, les primeres es troben per sota els 1700 m i les segones per damunt d'aquesta cota; la diferència fonamental entre elles rau en la composició florística i el tipus de gestió ramadera (pastures de pas o de subsistència i pastures de transhumància).

L'extens espai forestal que recobreix bona part del parc conté una gran varietat de formacions arbòries<sup>1</sup>, però les que ocupen les majors extensions són les pinedes de pi roig

---

<sup>1</sup> Un tipus de bosc d'escleròfil·les, 17 tipus de caducifolis i 28 tipus d'aciculifolis. (VIGO & CARRERAS a Mapa de vegetació de Catalunya 1:50000 ICC, 1994).

(*Pinus sylvestris*) incloent totes les associacions botàniques possibles a l'estatge montà-subalpí, les rouredes (*Quercus pubescens/petraea*) a les solanes per sota els 1500-1600 m i les pinedes de pi negre (*Pinus uncinata*). Les àrees homogènies mostrejades recullen aquests tres tipus de forests diferenciant els que han estat intensament explotats (molt intervingut) mitjançant una extracció regular de fusta del bosc o amb importants aclarides causades per la pastura, de les poc intervingudes que representen els boscos més madurs amb exemplars centenaris.

La vegetació de les parcel·les situades en camps abandonats s'ha intentat homogeneïtzar, per reduir el nombre de casos producte de la combinació de les etapes de la successió vegetal amb la resta de variables. Tenint en compte els resultats del treball de Soriano (1994) referits a l'evolució de la fertilitat lligada al procés de colonització vegetal, en aquest estudi s'ha prioritzat l'anàlisi d'aquesta evolució però sota condicions de recobriment el més estable possible en els tres períodes cronològics analitzats, més acords amb els criteris d'estabilitat i inestabilitat. D'aquesta manera s'intenta apartar el major nombre d'elements que distorsionin la comparació entre els camps erosionats, normalment recoberts d'herbassars, amb els estables sota el mateix tipus de vegetació, obviant l'efecte enriquidor del sòl per la transformació en un espai forestal.

En aquest sentit s'ha procurat que la majoria d'àrees homogènies dels camps abandonats presentin l'aspecte dels herbassars purs, o colonitzats en major o menor mesura per arbusts de gabarneres (*Rosa canina*), argelagues (*Genista scorpius*) o ginebres/ginebrons (*Juniperus communis/spp nana*).

Però a l'hora de seleccionar les àrees ha prevalgut el criteri del parcel·lari. La unitat bàsica de mostratge és la compresa en un o diversos camps, en funció de les dimensions de les feixes, i aquests límits difícilment coincideixen estrictament amb un sòl tipus de comunitat vegetal lligat al procés successional. Així podem trobar zones on exclusivament hi ha vegetació herbàcia (normalment el centre i parts baixes), altres espais de transició a l'arbustiva o inclús bosquines denses normalment a la perifèria dels camps. També és normal trobar arbres (generalment *Pinus sylvestris*) disseminats per la parcel·la o formant petits grups i inclús recobrint totalment la parcel·la en aquells camps situats junt al límit del bosc. Aquestes heterogeneïtats es podrien considerar com elements invalidadors d'una àrea que es pretén sigui el màxim homogènia possible, però en aquest cas s'ha considerat que era millor reflectir una realitat més complexa i dissenyar l'estratègia de mostratge en funció d'aquests condicionants, tal com descriurem en el punt 4.4.1.

Els resultats generals es referiran a una vegetació no forestal; tanmateix també s'extreuran conclusions de les submostres o rèpliques d'àrees homogènies sota cobertura arbòria, amb la finalitat de determinar com respon el sòl a l'enriquiment orgànic de les etapes més madures d'aforestació.

Un altre paràmetre físic que cal mantenir constant és el pendent dels camps. La influència del pendent en els processos d'acumulació i pèrdua de sòl és ben conegut (WISCHMEIER & SMITH, 1978; DUCHAUFOR, 1984), i per aquest motiu s'ha cercat la màxima uniformitat possible en la inclinació de les parcel·les que en la majoria dels casos es troben entre el 7 i el 17% de pendent. De la mateixa manera que succeeix amb la vegetació hi ha diferències de pendent a l'interior dels camps, però en aquest cas amb un patró que es repeteix per a totes les àrees i a tot el parc (MOLINA, 1996): camps aterratsats amb un perfil més suau a les zones baixes darrera el marge de terra o mur de pedra seca i més inclinat en els sectors mitjans i superiors. Aquestes particularitats també es tindran en compte a l'hora d'analitzar els resultats. Els pendents a l'espai ramader i forestal són més elevats però mes constants, oscil·lant els valors entre 25 i el 50% tot i que hi ha algunes zones de pastura d'elevada càrrega ramadera properes al 17%.

Per últim, com ja s'ha mencionat, les parcel·les a l'espai agrari s'ajusten als límits naturals del camp i en el cas de tractar-se de feixes molt estretes s'estén fins a dues o tres unitats, sumant una superfície total de 3.000 a 5.000 m<sup>2</sup>. Per a prats i boscos la superfície pot augmentar lleugerament, però en cap cas sobrepassen els 7.000 m<sup>2</sup>, localitzant-se en vessants el màxim homogenis possibles.

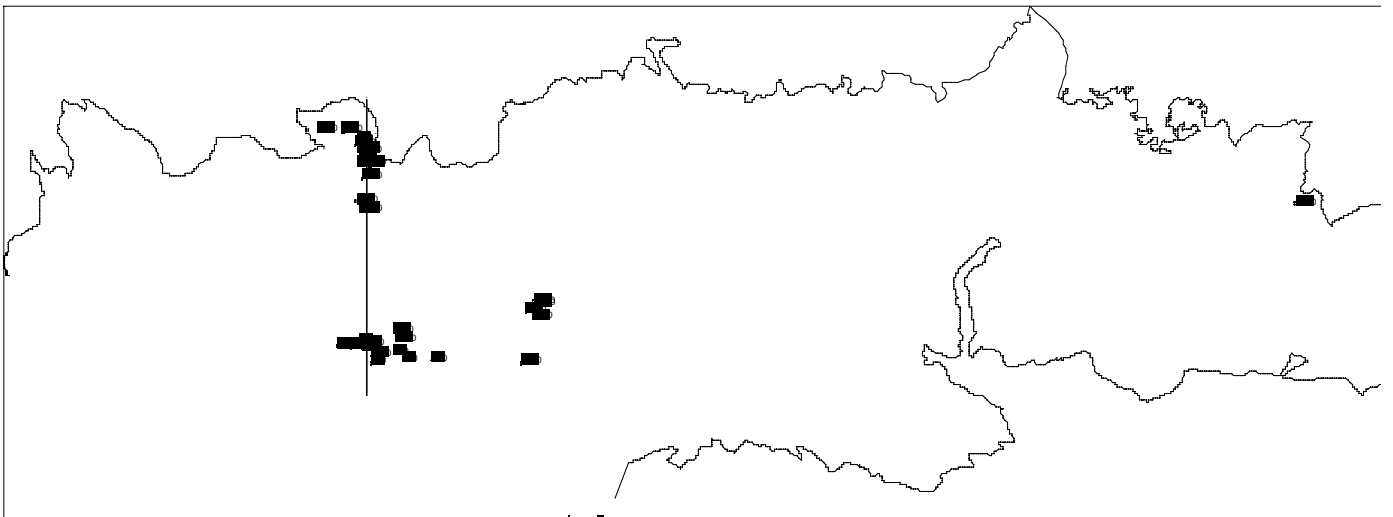


Figura 4.1a.



Figura 4.1b. Situació del transecte a l'àrea d'estudi i posició de les àrees homogènies.

**Taula 4.1. Característiques de les àrees homogènies**

ÀREA	SUPERFÍCIE m <sup>2</sup>	POTÈNCIA	POTÈNCIA	PENDENT °	GEOFORMA	PEDREGOSITAT	EROSIÓ	VEGETACIÓ
		MÀXIMA cm	MÍNIMA cm		Tipus de vessant	superficial i/o sòl nu en %	Processos/formes	Formacions i espècies dominants i recobriments
<b>100</b>	2.233	150	40	9	Convex/còncav	0	2 incisions/hidromorf. (10 m2).	Herbassar dens amb <i>Rosa canina</i> al 5%
<b>200</b>	2.855	84	25	13	Uniforme	0	hidromorfisme local (15 m <sup>2</sup> ).	Herbassar dens amb Juniperus comunis al 15% + <i>Pinus sylvestris</i> (alt recob.)
<b>210</b>	2.917	90	60	5	Lleuger. convexe	0		Herbassar dens amb Juniperus comunis al 25%.
<b>300</b>	2.387	70	30	6	Lleuger. còncav	0		Herbassar dens.
<b>400</b>	2.254	35	0	20	Convex	60	difusa severa generalitzada	Herbassar esclarissat amb <i>Genista scorpius</i> al 15%
<b>500</b>	2.338	120	30	12	Convex	15	xaragalls a la perifèria/difusa sup.	Herbassar esclarissat amb <i>Genista scorpius</i> al 25% + <i>Pinus sylvestris</i> (baix recob)
<b>600</b>	1.085	200	50	3	Còncav	0		Herbassar dens amb <i>Genista scorpius</i> al 25%
<b>610</b>	973	150	70	10	Uniforme/convex	0		Herbassar dens amb <i>Rosa canina</i> al 10% + <i>Pinus sylvestris</i> (baix recob.).
<b>620</b>	141	100	100	0	Pla	0		Herbassar dens amb <i>Rosa canina</i> - <i>Genista scorpius</i> al 50%
<b>700</b>	1.402	270	35	14	Convex/pla	0		Herbassar dens
<b>710</b>	2.791	150	50	8	Uniforme	0		Pineda de <i>Pinus sylvestris</i> alt recob.
<b>800</b>	2.437	130	85	10	Uniforme	0		Herbassar dens
<b>900</b>	2.190	300	0	4	Convex/pla	50	difusa severa sup/2 xaragalls	Herbassar esclarissat amb <i>Genista scorpius</i> al 25%
<b>910</b>	870	130	70	18	Còncav	10	difusa sup.	Herbassar esclarissat amb <i>Rosa canina</i> al 15%
<b>1000</b>	1.797	120	30	10	Lleuger. convex	25	xaragalls al sector sud.	Herbassar esclarissat amb <i>Genista scorpius</i> al 25% + <i>Pinus sylvestris</i> (baix recob)
<b>1100</b>	4.661	230	80	3,5	Uniforme	llaurat		Conreu
<b>1200</b>	6.956	300	70	4	Còncav	llaurat		Conreu
<b>1400</b>	4.838	15	5	35	Uniforme	45	afloraments rocosos/difusa	<i>Buxus sempervirens</i> al 50%. Individus joves aïllats de <i>Quercus pubescens</i> .
<b>1410</b>	4.583	20	5	30	Irregular-abrupte	30	afloraments rocosos	Roureda de <i>Quercus petraea</i> amb <i>Pinus sylvestris</i> (baix recob.)
<b>1420</b>	1.967	80	70	29	Lleuger.convex	0	terrasetes per pas de ramats	Herbassar amb <i>Genista scorpius</i> al 50%. <i>Quercus pubescens</i> a la perifèria.
<b>1500</b>	1.666	20	5	35	Lleuger.còncav	20	afloraments rocosos	Matollar de <i>Buxus sempervirens</i> i <i>Arctostaphylos uva-ursi</i> al 75%/herbassar 25%.
<b>1510</b>	3.956	40	15	26	Uniforme	0		Pineda de <i>Pinus sylvestris</i> alt recob.
<b>1600</b>	2.917	80	80	6	Convex	0	trepig intens de ramats	Herbassar dens amb <i>Buxus sempervirens</i> al 15%.
<b>1710</b>	5.349	100	80	7	Pla	0		Herbassar dens amb <i>Buxus sempervirens</i> al 50%.
<b>1800</b>	569	35	0	30	Irregular-abrupte	60	afloraments rocosos	Herbassar dens- prat supraforestal
<b>1900</b>	264	15	5	25	Relleix penjat	65	petites tarteres/ 2 xaragalls	Herbassar dens- prat alpí
<b>2000</b>	1.830	20	10	17	Uniforme	35	lòbuls de solifluxió	Herbassar esclarissat - prat d'ussona ( <i>Festuca scoparia</i> )
<b>2100</b>	4.845	50	0	15	Convex	50	xaragalls i trepig de ramats	Herbassar dens erosionat
<b>2110</b>	3.148	10	10	25	Convex	45	solifluxió/terrasetes de ramats	Herbassar dens erosionat. Individus joves aïllats de <i>Pinus uncinata</i> .
<b>2210</b>	3.277	50	10	26	Uniforme	15	difusa en clarianes	Roureda antiga i esclarissada de <i>Quercus pubescens</i> .
<b>2310</b>	1.889	50	20	25	Convex	0		Pineda antiga de <i>Pinus sylvestris</i> (alt recob.).
<b>2400</b>	3.509	50	30	12	Uniforme	0		Prat supraforestal amb individus antics i aïllats de <i>Pinus uncinata</i> .
<b>2410</b>	2.290	40	30	39	Irregular-còncav	35	afloraments rocosos	Roureda mixte de <i>Quercus pubescens/petraea</i> i <i>Pinus sylvestris</i> .
<b>2510</b>	7.412	50	30	25	Uniforme-còncav	0		Pineda de <i>Pinus sylvestris</i> (alt recob.).
<b>2600</b>	2.948	50	30	17	Uniforme	0		Pineda antiga i esclarissada de <i>Pinus uncinata</i> .

### **4.3 DETERMINACIONS I TÈCNIQUES**

L'estudi de la fertilitat del sòl requereix d'un seguit d'analítiques que poden ser més o menys necessàries per tal de caracteritzar-la. Les efectuades en aquest treball cal situar-les entre les considerades imprescindibles (SAÑA *et al.*, 1996; PORTA *et al.*, 1999) a més d'afegir valoracions de l'estructura o de la terra fina per hectàrea sovint menys usuals.

Els mètodes i tècniques emprats són els estandarditzats per la majoria de laboratoris edafològics i s'ha tingut cura que els resultats fossin comparables amb la majoria d'estudis de fertilitat, així com especialment amb els efectuats entre el grup de treball en el que s'integra la present memòria.

Per a la resta de paràmetres analitzats: humitat del sòl, taxes d'erosió, procés d'aforestació i productivitat de les pastures, s'han utilitzat metodologies específiques que en alguns casos permetien el seguiment temporal de la variable.

#### **4.3.1 Propietats químiques i biològiques del sòl.**

Les mostres d'aproximadament 100 g analitzades en les 8 determinacions que a continuació s'exposen, s'han generat a partir de 25 submostres recollides aleatòriament a cada parcel·la. Per tal d'estudiar les variacions dins de cada àrea a causa d'algunes de les especificitats abans mencionades en els camps abandonats, les submostres s'han agrupat en conjunts de 3 a 4 en funció de la posició que ocupen en el camp, el recobriment vegetal i si es troben en una zona erosionada. El resultat d'aquest primer reagrupament ha donat lloc a les mostres que s'han analitzat (taula A.X annex 1), obtenint unes dades que finalment s'han promitjanat per a cada determinació i a cadascuna de les àrees homogènies.

Els diversos apartats del capítol 6, corresponent als resultats, s'estructuren a partir d'aquests dos nivells d'anàlisi:

- Anàlisi de les variacions dins de les parcel·les de camps abandonats (en algunes pastures també es fa menció a diferències per erosió o altres).
- Anàlisi de la fertilitat global de cada àrea homogènia i comparació entre elles.

L'extracció de mostres per a les determinacions de la fertilitat química i biològica s'ha efectuat en una única campanya concentrada entre els mesos d'abril a juny de 1997, un cop han transcorregut més de 5 mesos després de l'adobat dels dos cultius del perfil (SAÑA *et al.*, 1996). L'obtenció de les mostres amb aixada ha permès recollir una quantitat regular de sòl entre els 20 cm de profunditat una vegada eliminades la vegetació i l'humus no

incorporat al sòl; aquesta fondària és l'estandarditzada per estudis de fertilitat en sòls cultivats (COBERTERA, 1983; DARP, 1983), mentre que en el nostre cas possiblement hauria estat més correcte analitzar perfils sencers. Però per la proposta d'avaluar el sòl com un recurs i estudiar les propietats biològiques, químiques i físiques dels horitzonts més superficials, el mètode emprat s'ajusta perfectament als objectius. D'altra banda estem parlant de sòls de muntanya (*rendzines, rankers...*) amb potències mitjananes de 30 cm pels naturals i 90 cm pels antropitzats.

L'assecat de les mostres ha estat a l'aire i s'han mesclat després de tamisar amb el sedàs de 2 mm de llum (DARP, 1983; LLORCA, 1991).

Les anàlisis de les mostres s'han efectuat al Laboratori Agrari de Cabrils dependent del Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya, seguint els mètodes que s'exposen a continuació:

- **Determinació volumètrica de la matèria orgànica.** (PORTA 1986, pp. 59-67).

CÀLCULS I EXPRESSIÓ DE RESULTATS:

$$\% \text{ C orgànic} = (V_b - V_m) \text{ ml} \times N_{\text{Fe}} \frac{\text{meq}}{\text{ml}} \times \frac{12 \text{ mg C}}{4 \text{ meq C}} \times \frac{1}{p \text{ g sòl}} \times \frac{100 \text{ g sòl}}{100 \text{ g sòl}} \times \frac{1 \text{ g C}}{1000 \text{ mg C}} \times f$$

on  $V_b$  = volum de sal ferrosa gastada en l'assaig en blanc

$V_m$  = volum de sal ferrosa gastada en la mostra

$N_{\text{Fe}}$  = normalitat de la sal ferrosa

$p$  = pes de la mostra en g

$f$  = factor de recuperació (d'acord amb la tècnica operatòria seguida, aquí el valor és 1,29)

- **Càlcul aritmètic de la relació C/N.** (SAÑA *et al.*, 1996, pp. 139).

CÀLCULS I EXPRESSIÓ DE RESULTATS:

La relació carboni/nitrogen s'obté de la fracció entre el carboni orgànic i el nitrogen total. Si tenim en compte que la matèria orgànica conté un 58% de C podem aplicar la fórmula:

$$\text{Matèria Orgànica} = \text{C orgànic} \times (100/58) = \text{C orgànic} \times 1,724$$

Aquest factor anomenat de Van Bemmelen, és el més utilitzat en sòls agrícoles amb menys del 10% de matèria orgànica. Per a les mostres que superen aquest llindar s'ha aplicat un factor de 2.

Els càlculs finals s'expressarien de la següent manera:

$$C/N = \frac{\frac{MO}{1,724}}{N \text{ total}} \text{ si la MO} \leq 10\% \quad ; \quad C/N = \frac{\frac{MO}{2}}{N \text{ total}} \text{ si la MO} > 10\%$$

- **Determinació del nitrogen total pel mètode KJELDHAL.** (McRAE, 1988, pp. 228-229).

CÀLCULS I EXPRESSIÓ DE RESULTATS:

$$N \%p/p = \frac{(V_a \times N_a - V_k \times N_k)0,014}{M_o} \times 100\%$$

on  $V_a$  = volum de de  $H_2SO_4$   
 $V_k$  =volum de de  $OHNa$   
 $N_a$  = normalitat de  $H_2SO_4$   
 $N_k$  = normalitat de  $OHNa$   
 $M_o$  = massa de la mostra

- **Determinació del fòsfor assimilable pel mètode OLSEN-WATANABE.**  
(PORTA, 1986, pp. 235-252).

CÀLCULS I EXPRESSIÓ DE RESULTATS:

$$P \text{ ppm} = \frac{C \text{ mgP}}{1000 \text{ ml solució final}} \times \frac{V' \text{ ml solució final}}{a \text{ ml solució extracte}} \times \frac{V \text{ ml solució extracte}}{P \text{ g sòl}} \times \frac{1000 \text{ g sòl}}{1 \text{ Kg sòl}}$$

- **Determinació del potassi assimilable per fotometria de flama. Solució extractant: acetat amoni 1 M a pH 7.** (PORTA 1986, pp. 59-67).

CÀLCULS I EXPRESSIÓ DE RESULTATS:



$$C \frac{\text{mg K}}{1000 \text{ ml}} \times \frac{V_2 \text{ ml}}{a \text{ ml}} \times \frac{V_1 \text{ ml}}{P \text{ g}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} = \frac{C \times V_2 \times V_1}{a \times P}$$

on P = pes de la mostra (normalment 5 g)

V<sub>1</sub> = volum de percolació (100 ml)

a = alíquota (25 ml)

V<sub>2</sub> = volum final (100 ml)

Si V<sub>1</sub> = a 100 ml V<sub>2</sub> = 100 ml a = 25 ml i P = 5 g, el càlcul es redueix a :

$$K^+ \text{ assimilable} = C \times 80 \text{ ppm}$$

- **Determinació del magnesi assimilable per fotometria de flama. Solució extractant: acetat amoni 1 M a pH 7.** (PORTA, 1986).
- **Determinació de carbonats totals (calcímetre de BERNARD).** (PORTA 1986, pp. 69-76).

#### CÀLCULS I EXPRESSIÓ DE RESULTATS

Per a fer càlculs s'utilitza, de tres lectures (L') amb el carbonat càlcic pur, la que més s'apropa a la de la mostra.

En cas que totes les lectures corresponents a carbonat càlcic pur difereixin en ± 10 de la mostra no es calcularà el resultat i es repetirà l'anàlisi pesant una quantitat de mostra de lectura L comparable a una de les L'

Els resultats s'expressen en grams de CaCO<sub>3</sub> en 100 g de mostra:

$$\% \text{ carbonats totals} = \frac{L \text{ cm}^3 \text{ CO}_2 \text{ mostra}}{L' \text{ cm}^3 \text{ CO}_2 \text{ blanc}} \times \frac{p' \text{ g CaCO}_3}{p \text{ g mostra}} \times \frac{100 \text{ g sòl}}{100 \text{ g sòl}}$$

on: L = lectura amb la mostra

L' = lectura amb el CaCO<sub>3</sub> pur

p = pes de mostra (g)

p' = pes de CaCO<sub>3</sub> (g)

- **Determinació del pH (a l'aigua 1/2,5 P/V).** (COBERTERA, 1993, pp.190-191).

### 4.3.2 Propietats físiques del sòl.

Les propietats físiques del sòl analitzades han requerit, en alguns casos, estratègies de mostratge diferenciades de la resta de determinacions.

Per a l'anàlisi de la granulometria s'han utilitzat les mostres formades a partir de les 25 submostres a fi d'obtenir un valor per àrea, tot i que en aquells sòls amb fondàries suficients també s'han extret mostres fins a dos horitzons per sota els 20 cm.

La definició de les característiques texturals dels sòls de les parcel·les s'ha realitzat mitjançant l'avaluació de l'estabilitat dels agregats amb el test *CND* (*Counting the Number of Drop-impacts*). L'aplicació d'aquesta tècnica requereix agregats inalterats que es van recollir entre les 25 submostres abans del tamisat. Amb l'objectiu d'estudiar la relació de l'estructura amb l'ús i degradació dels sòls, es van seleccionar dos tipus de mostres en aquelles parcel·les amb presència de morfologies erosives: agregats recollits en àrees erosionades i agregats d'àrees recobertes de vegetació

La determinació de la terra fina o quantitat de partícules del sòl inferiors a 2 mm entre tots els horitzons o fondària mostrejada, requereix una major quantitat de sòl que la resta d'analítiques. Normalment es considera suficient des del punt de vista agronòmic obrir cates de 50x50x50 cm (0,125 m<sup>3</sup>) per recollir totes les mides d'elements grollers (COBERTERA, 1983); en el nostre cas, i a causa de la poca potència de molts dels sòls mostrejats i el difícil accés d'algunes àrees, s'han considerat suficients les cates de 25x25x25 cm, amb una mitjanana de 3 a 4 kg per mostra, obertes en el punt més representatiu de la parcel·la.

La densitat aparent s'ha calculat a partir de mostres superficials inalterades extretes amb un cilindre metàl·lic de volum conegut, entre 0 i 10 cm de fondària.

**- Determinació de la granulometria amb el mètode de BOUYOUCOS abreviat.**  
(COBERTERA, 1983, pp.174-175).

#### EQUIPAMENT I MATERIAL PER AL MÈTODE OPERATORI USUAL

##### **A. Equip general**

1. Balança analítica amb precisió de  $\pm 0,1$  mg
2. Agitador mecànic.
3. Agitador magnètic.
4. Sedàs ASTM malla 2 mm  $\varnothing$

##### **B. Equip específic**

1. Hidròmetre ASTM (Bouyoucos) 0-60 g./ml.

##### **C. Material per a realitzar l'anàlisi**

1. Probeta 1.000 ml especial d'agitador.
2. Probeta 1.000 ml (34,5 cms de la base a la marca, dintre dels límits ASTM).
3. Termòmetre graduat en dècimes de grau °C.
4. Cronòmetre.

#### **D. Material per a preparar els reactius**

1. Probeta de 10 ml.
2. Probeta de 100 ml
3. Vas de precipitats de 500 ml.

#### REACTIUS

1. Solució dispersan d'hexametafosfat de sodi: 50 g./l d'aigua destil·lada.
2. Aigua oxigenada al 3%.

#### MÈTODE OPERATORI USUAL

1. Es pesen 50 g de mostra de sòl prèviament tamisada a 2 mm i assecada a l'aire. Si el sòl és de textura netament sorrenca es prenen 100 g
2. Es tracta la mostra durant 24 hores amb 100 ml d'una solució d'aigua oxigenada al 3% i es remou en un agitador magnètic, per tal d'eliminar la matèria orgànica. Posteriorment s'afegeixen 125 ml de solució dispersant (hexametafostat de sodi 50 g/l) durant 15 hores.
3. Es trasbalsa el contingut del vas de precipitats a la probeta de l'agitador tot afegint aigua destil·lada fins els 700 ml aproximadament i es posa en marxa l'agitador durant 1 hora.
4. S'introdueix la suspensió a la probeta de 1.000 ml i s'enrassa fins aquesta marca, per després agitar enèrgicament. Es deixa reposar quaranta segons i s'efectua la lectura amb l'hidròmetre Boyoucos que s'haurà introduït a la probeta uns 30 segons abans. Segons la llei de Stokes a partir d'aquesta lectura, si s'han pres 100 g de sòl, es coneix el percentatge en pes de les partícules inferiors a 50 microns (llim +argiles USDA). Si es prenen 50 g de terra, el percentatge de la lectura s'ha de multiplicar per 2.
5. Es treu l'hidròmetre de la suspensió i es deixa reposar quatre hores per, passat aquest temps, tornar a fer una segona lectura. Com el cas anterior s'obtindrà el valor corresponent a l'argila.
6. En cada lectura cal prendre la temperatura de la suspensió.

#### CÀLCULS I EXPRESSIÓ DE RESULTATS

Cal corregir la lectura del hidròmetre dels efectes de la temperatura i l'agent dispersant, segons la següent expressió

$$L_c = L + (0,28T - 5,6) - d$$

on:  $L_c$  = lectura corregida

$L$  = lectura de l'hidròmetre

$t$  = temperatura en °C de la suspensió

d = pes en g de l'agent dispersant

La primera lectura es resta del pes del material que s'està analitzant obtenint el pes de la primera fracció fina. La segona lectura es resta de la primera i les sorres s'obtenen de la diferència entre el pes total i la suma de les primeres. Aquests pesos s'expressen en percentatges del pes total de mostra seca.

El mètode de l'hidròmetre requereix treballar a una temperatura ambient constant el més propera possible a 20 °C, en el nostre cas les temperatures van oscil·lar entre 22 i 23,5 °C.

El diàmetre de les partícules es calcula mitjançant l'equació:

$$S = \sqrt{\frac{R}{T}}$$

on: R = 16,3 - 0,164 Lc

T = lapse de temps en minuts

**- Determinació de l'estabilitat estructural amb el test CND (*Counting the Number of Drop-impacts*). (GRIEVE, 1979, pp. 15-19).**

#### EQUIPAMENT I MATERIAL PER AL MÈTODE OPERATORI USUAL

##### **A. Equip general**

1. Sedassos ASTM malla 4 i 5 mm Ø
2. Dessecador per buit

##### **B. Material per a realitzar l'anàlisi**

1. Tub de metacrilat de 130 cm d'alçada i 65 mm Ø
3. Bureta amb dipòsit i claus Rotaflo.
3. Tub de latex i broc de 3 mm Ø
4. Vasos de precipitats de 250 i 500 ml
5. Embut de malla de 1 mm de llum i orifici central de 3 mm Ø

#### MÈTODE OPERATORI USUAL

1. Es passa la mostra pel sedàs de 5 mm i posteriorment pel de 4 mm, per seleccionar 20 agregats compresos entre ambdós diàmetres.
2. Els agregats de sòl es prehumitegen en un paper de filtre situat damunt 10 cm de sorra de quarç saturada d'aigua a 5 cm de la superfície. Per evitar una excessiva evaporació i formació de sals es col·loca el conjunt a l'interior d'un recipient amb tapa. El temps de prehumitejat és de 24 hores.
3. Situem l'agregat al centre de l'embut de malla, centrat a la vertical del degotejador tal com mostra la figura 4.2., de manera que les gotes llançades a 1 m d'altura impactin directament a la mostra. La freqüència de les gotes ha d'èsser d'una per segon, que amb una massa de

0,1 g provoquen impactes d' aproximadament  $9,8 \times 10^3$  erg (LOW, 1954) similars a l'energia cinètica de les gotes de pluja.

4. Es compten el nombre d'impactes necessaris per fer passar l'agregat entre l'orifici de 3 mm de l'embut, aturant el comptatge a les 200 gotes si aquest és prou resistent.

#### CÀLCULS I EXPRESSIÓ DE RESULTATS

L'índex d'estabilitat s'estableix a partir del càlcul mitjà d'impactes dels 20 agregats. Tanmateix els resultats s'acostumen a presentar com la mitjanana del  $\log_{10}$  del nombre d'impactes.

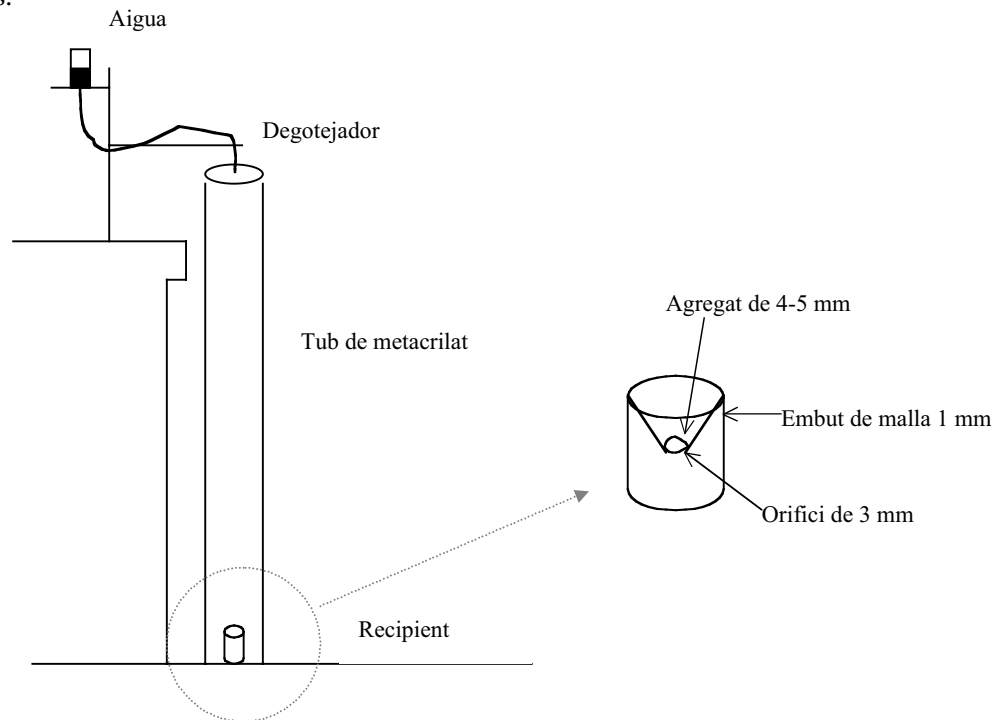


Figura 4.2. Aparell de *Drop Test*.

- **Determinació de la terra fina per hectàrea (Tm de TF/Ha)** (COBERTERA, 1983, pp. 173-174).

#### EQUIPAMENT I MATERIAL PER AL MÈTODE OPERATORI USUAL

##### A. Equip general

- 1 Sedàs ASTM malla 2 mm  $\varnothing$
- 2 Balança analítica amb precisió de  $\pm 0,1$ mg

#### MÈTODE OPERATORI USUAL

1. Es deixa assecar a l'aire la mostra i posteriorment es pesa.
2. Es passa la mostra pel sedàs de 2 mm tot rentant-la abundantment amb aigua.

3. Es pesa la fracció superior a 2 mm que ha quedat retinguda en el sedàs.

#### CÀLCULS I EXPRESSIÓ DE RESULTATS

Els resultats s'expressen com el percentatge d'elements grollers i terra fina respecte al total de la mostra o com la quantitat de sòl útil (terra fina per hectàrea) en els 25 cm de fondària d'on s'han extret les mostres:

$$TF \text{ Tm/Ha} = \frac{\text{kg. TF}}{10^6} \times 16 \times 10^4 \times \frac{\text{cm potència mitja}}{25}$$

- **Determinació de la densitat aparent.**(SAÑA *et al.*, 1996, pp. 80-81).

#### EQUIPAMENT I MATERIAL PER AL MÈTODE OPERATORI USUAL

##### A. Equip general

- 1 Cilindre d'acer de 45 mm Ø i 1,7 mm de gruix, amb el perfil interior ben esmolat.
- 2 Flascons de plàstic pel transpor de mostres inalterades
- 3 Estufa 200 °C.
- 4 Balança analítica amb precisió de ± 0,1 mg

#### MÈTODE OPERATORI USUAL

1. S'insereix el cilindre al sòl fins els 10 cm de profunditat.
2. S'extreu la mostra mitjançant un èmbol.
3. S'obté el pes de la mostra per diferència de pesada després d'assecar a 105°

#### CÀLCULS I EXPRESSIÓ DE RESULTATS

La densitat aparent s'expressa en g/cm<sup>3</sup> i a partir d'aquesta, tenint en compte que la densitat real de la majoria de sòls es troba al voltant de 2,65 g/ cm<sup>3</sup> (SAÑA *et al.*, 1996), es pot calcular la porositat expressada com el percentatge d'espais buits respecte al volum total de sòl.

$$Da = \frac{\text{g. pes sec}}{87,473 \text{ cm}^3} \quad ; \quad P = \left( \frac{1 - Da}{Dr} \right) \times 100$$

### 4.3.3 Humitat del sòl: mostratge i seguiment.

L'anàlisi de la fertilitat biològica, química i física del sòl ens pot indicar el potencial edàfic vers el creixement dels vegetals, però encara manquen altres elements que són fonamentals pel desenvolupament correcte de les plantes. Un d'ells és l'aigua al sòl i en aquest sentit s'ha considerat convenient estudiar-ne els continguts i l'evolució temporal, encara que fos en horitzons superficials amb un mètode relativament ràpid i que no impliqués una costosa infraestructura a causa de l'extensió del perfil i el nombre de punts mostrejats.

El càlcul de la humitat del sòl s'ha realitzat pel mètode gravimètric a partir de mostres alterades. El sòl s'ha extret amb una sonda Edelman a cadascuna de les 35 àrees homogènies en un total de 56 punts de mostratge situats al llarg de 9 km entre els 1.200 i 2.300 m d'altitud, d'on s'han recollit 73 mostres per campanya (figura 4.3.). L'augment del nombre de mostres respecte a anteriors determinacions respon als següents criteris:

- Les humitats analitzades corresponen a mostres de sòl d'entre 0 a 15 cm de profunditat, però a 17 de les 56 àrees mostrejades també ha estat possible recollir mostres entre 15 i 30 cm.
- A les àrees homogènies de camps abandonats i pastures s'han recollit mostres sota coberta herbàcia i arbòria sempre que ha estat possible, distingint si es tractava d'arbres aïllats o bosc. A l'espai forestal també s'han recollit algunes mostres en clarianes. Amb idèntic criteri a algunes submostres de l'anàlisi de fertilitat química i biològica o mostres dels paràmetres físics, s'han seleccionat espais erosionats o nusos de vegetació presents en determinades àrees.
- Les campanyes de mostratge s'han establert en funció de situacions contrastades d'humitat al llarg de l'any. S'han realitzat 8 campanyes amb una periodicitat de 100 dies entre el 22/05/1997 a 23/09/1999: 2 a primavera, 3 a tardor, 2 a estiu i 1 a hivern. Mirant d'alternar períodes secs prolongats o d'humitat sostinguda en les dates prèvies al mostratge.

A causa de la dificultat que implica augmentar la freqüència de les campanyes de mostratge en el transecte del Cadí, s'ha seleccionat un perfil a Malanyeu, fora de l'àrea d'estudi, i de similars característiques; en el que s'ha incrementat la periodicitat de mostratge fins els 20 dies per analitzar amb més detall les variacions entre els episodis pluviomètrics i poder establir comparacions entre ambdues localitats.

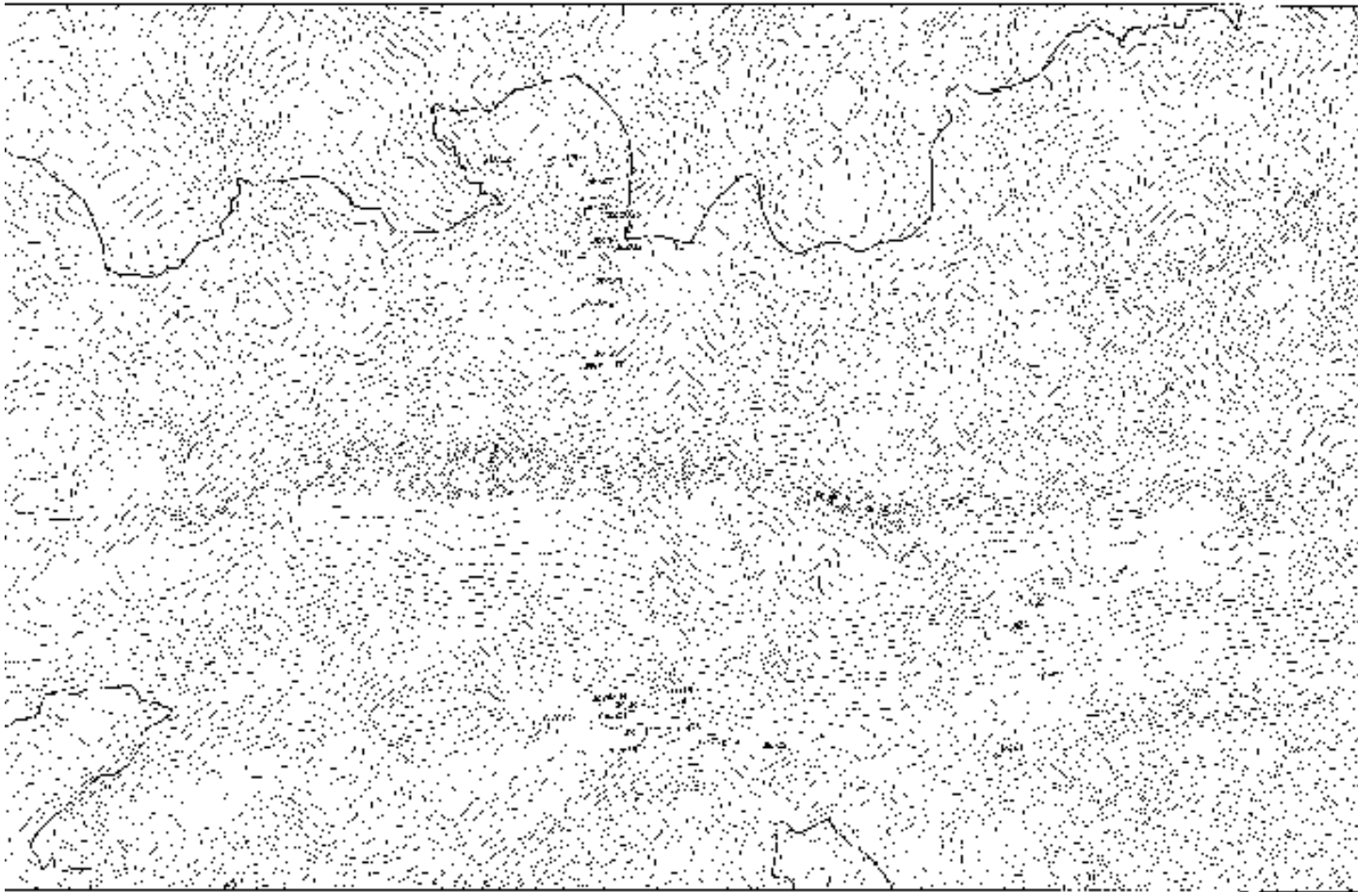
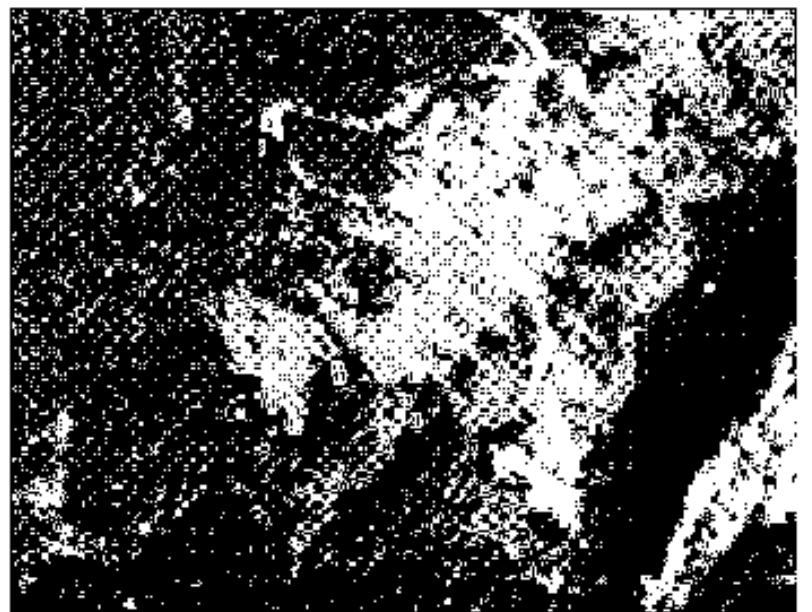


Figura 4.3. Punts de mostreig de la temperatura del sòl al Cadí.



NO (A)

SE (B)

Figura 4.4. Transecte i punts de mostreig de l'humitat del sòl a Malanyen.



El transecte de Malanyeu situat 5 km al sud-est del parc natural té una longitud d'uns 600 m situats a la part baixa d'una conca d'aproximadament 50 Ha orientada al sud-sudoest (figura 4.4.), es troba completament afeixada per camps abandonats immersos en una dinàmica intensa d'aforestació natural amb aprofitament ramader. Amb l'objectiu que aquest transecte servís exclusivament per comparar les diferències de recobriment mantenint constants la resta de variables, el perfil es va orientar d'est a oest damunt d'un substrat homogeni llimo-argilós. Les diferències texturals en el sòl no han suposat un impediment greu en la comparació entre perfils que cerca localitzar diferències relatives d'usos/recobriments exclusivament a l'espai agrícola a l'entorn de 1.000 i 1.400 m. Per aquest motiu a Malanyeu s'ha distingit exclusivament entre: camp obert (herbassar), arbres aïllats (caducifolis i aciculifolis), matollar dens i bosc (caducifoli, aciculifoli i mixt). El nombre de punts mostrejats és de 22, dels que s'ha recollit informació entre el 31/05/1998 i el 21/08/1999.

#### EQUIPAMENT I MATERIAL PER AL MÈTODE OPERATORI USUAL

##### **A. Equip general**

1. Sonda estandard Edelman
2. Bosses i flascons de plàstic pel transpor de mostres alterades
3. Estufa 200 °C.
4. Balança analítica amb precisió de  $\pm 0,1$ mg

#### MÈTODE OPERATORI USUAL

1. S'extreuen les mostres amb la sonda a les profunditats indicades.
2. S'assequen les mostres d'aproximadament 30 g a 105 °C durant 24 hores.
3. S'obté el pes de l'aigua de la mostra per diferència de pesada abans i després de passar per l'estufa.

#### CÀLCULS I EXPRESSIÓ DE RESULTATS

La major part de taules i gràfiques referides a la humitat en el capítol de resultats s'expressen com el percentatge de pes d'aigua al sòl. Tanmateix també s'expressa com el volum d'aigua per volum de sòl calculat a partir de la densitat aparent i per unitats de tipus agronòmic fent referència al volum d'aigua pel volum de terra en una hectàrea, tenint en compte exclusivament els 15 cm més superficials de sòl.