

PRÀCTIQUES D'ECOLOGIA I: MATÈRIA I ENERGIA

Isabel Muñoz Gracia (coordinadora)
Josep Anton Morguí i Castelló
Francesc Sabater i Comas

Departament d'Ecologia
Divisió de Ciències Experimentals i Matemàtiques



UNIVERSITAT DE BARCELONA



Pràctiques d'Ecologia I: Matèria i Energia

Isabel Muñoz Gracia (coordinadora)

Josep Anton Morguí i Castelló

Francesc Sabater i Comas

Departament d'Ecologia
Divisió de Ciències Experimentals i Matemàtiques

Publicacions i Edicions



UNIVERSITAT DE BARCELONA



INTRODUCCIÓ

L'assignatura d'Ecologia I: Matèria i Energia té com objectiu principal introduir els conceptes fonamentals relacionats amb els processos que regeixen el funcionament dels sistemes naturals. Comprèn una primera part que vol donar una visió general de la dinàmica de la biosfera en termes de fluxos de matèria i energia. La segona part caracteritza els tipus funcionals que formen part de l'ecosistema (els productors primaris, els consumidors i els descomponedors), per acabar amb el funcionament dels ecosistemes concrets: l'oceà, els sistemes fluvials i els terrestres.

Aquest objectiu no es pot treballar exclusivament des del punt de vista teòric, cal una part pràctica treballada directament al medi on podem aplicar els conceptes i models estudiats a la teoria.

A més, el treball de camp ens permet conèixer les tècniques bàsiques emprades en l'estudi dels ecosistemes i introduir-nos en les unitats de mesura de la velocitat dels diferents processos estudiats.

Les pràctiques de l'assignatura d'Ecologia I: Matèria i Energia es duen a terme des de 1992 a les instal·lacions que el Servei de Parcs Naturals de la Diputació de Barcelona té en el Parc Comarcal del Castell de Montesquiu (Osona). Aquestes pràctiques tenen una durada de dos dies de treball de camp. Durant tot un dia s'estudia un ecosistema forestal o un bosc, i durant l'altre s'estudia un ecosistema fluvial. La feina de camp es complementa amb la quantificació de les dades recollides al camp i la realització de diferents anàlisis químiques en uns laboratoris situats en el mateix Parc. Dos són els objectius primordials d'estudiar ambdós ecosistemes, un és aproximar-se a l'estudi dels ecosistemes des d'una perspectiva funcional, i l'altre és comprovar que aquests dos ecosistemes estan molt interrelacionats des d'aquest punt de vista. Concretament, els sistemes fluvials estan lligats als forestals pel que fa al flux d'energia i al reciclatge de la matèria.

Tot ecosistema, des d'una òptica funcional, es concep com una unitat processadora de la matèria mitjançant l'energia que rep, la qual està regulada per la disponibilitat dels recursos materials (aigua, nutrients...) i, alhora, condicionada pels factors ambientals (clima). L'energia és el "combustible" dels processos ecològics (producció, descomposició, mineralització, consum...); però les velocitats a les quals tenen lloc aquests processos estan condicionades per la disponibilitat de nutrients i pels factors ambientals.

Aquesta guia està pensada per donar un suport pràctic als estudiants de cara a aclarir i ordenar tots els conceptes que es treballen a les pràctiques així com els resultats que s'obtenen de les mesures preses al camp i al laboratori.

Hem considerat també adient afegir una sèrie d'annexos que poden ajudar l'estudiant a entendre millor alguns aspectes que al camp, per la limitació de temps, no poden explicar-se de forma extensa. Si bé no és una informació bàsica per a l'assignatura, aquests documents permeten ampliar coneixements i resoldre problemes i qüestions que concreten el contingut general. Aquests annexos estan desenvolupats des dels objectius de l'assignatura d'Ecologia: Matèria i Energia, però poden ser utilitzats com a exemples de suport a altres assignatures com Ecologia Forestal, Ecologia Teòrica, Limnologia, etc. La seva estructura, fora del que és el text general, ens permet abordar els problemes amb tota la seva complexitat, sense massa simplificacions.

Aquest text guia s'ha elaborat gràcies a l'ajuda concedida pel Gabinet d'Avaluació i Innovació Universitària (GAIU) de la Universitat de Barcelona. Voldríem també agrair als professors del departament d'Ecologia el seu suport i els seus comentaris i correccions a

l'esborrany del text. L'organització d'aquestes pràctiques no hauria estat possible sense la col·laboració de molts altres professors a més dels autors, a tots ells moltes gràcies.

Isabel Muñoz Gracia
Coordinadora de l'edició del text-guia: Pràctiques d'Ecologia I
Departament d'Ecologia de la Universitat de Barcelona

ÍNDIX

CAPÍTOL I

1. El Parc Comarcal del Castell de Montesquiú	3
1.1. Dades geogràfiques i descripció general	3
1.2. Clima	3
1.3. Geologia	3
1.4. Vegetació	3
1.5. Fauna	4

CAPÍTOL II

1. L'ecosistema forestal	7
1.1. Quantitat de fulles als arbres	7
1.2. Càlcul de l'índex foliar	10
1.3. Proposició de fulles caigudes per any	11
1.4. Quantitat de fulla de pi en la fullaraca	12
1.5. Càlcul de les taxes de descomposició de la fullaraca de pi	12
2. L'ecosistema fluvial	14
2.1. El transport fluvial de materials	14
2.1.1. Càlcul de la quantitat de material dissolt i particulat	14
2.2. Descomposició i processament de la matèria orgànica	17
2.2.1. Estudi dels diferents grups de macroinvertebrats	17
2.2.2. Determinació de l'índex biològic de qualitat de l'aigua	18
2.3. La producció primària en els sistemes fluvials	19
2.3.1. Càlcul de la producció primària	21
2.3.2. Mètode de Winkler per mesurar la concentració d'oxigen dissolt a l'aigua	21
2.3.3. Càlcul de concentració de pigments	22
3. Resum i pla de treball	23
Notes i bibliografia	24

CAPÍTOL III. Protocol de les pràctiques de camp i full de resultats

1. Ecosistema forestal	25
1.1. Nombre de pins a la parcel·la	25
1.2. Biomassa de fulles	26
1.3. Índex foliar	28
1.4. Producció foliar	28
1.5. Descomposició de la fullaraca de pi	29
2. Ecosistema fluvial	30
2.1. Material dissolt	30
2.2. Material particulat fi	30
2.3. Material particulat groller	31
2.4. Velocitat de l'aigua	31
2.5. Càlcul de la secció	32
2.6. Cabal	32
2.7. Càrregues	32
2.8. Grups taxonòmics i estratègies tròfiques	32
2.9. Producció primària	33
2.10. Pigments	35
3. Descriptors emprats i qüestions per reflexionar	36

CAPÍTOL IV

1. Claus per la identificació dels macroinvertebrats a la riera de la Solana i el riu Ter...	39
---	-----------

ANNEX 1

1. Al·lometria	47
1.1. Introducció: proporció, forma i mida	47
1.2. Alguns exemples	48
1.2.1. Isometria	48
1.2.2. Al·lometria	49
Bibliografia	54

ANNEX 2

1. Els macroinvertebrats bentònics.....	55
1.1. Metamorfosi	55
1.2. Respiració.....	56
1.2.1. Sistemes de respiració en els organismes aquàtics	57
1.3. Adaptacions al corrent	57
1.4. Categoria del riu: estructura i funció de l'ecosistema.....	58
1.5. Els índexs biològics	60
Notes i bibliografia	64

ANNEX 3

1. La descomposició.....	65
1.1. Models lineals i models exponencials. Qualitat del material i factors que afecten la descomposició	65
1.2. Desenvolupament d'un model de descomposició de la virosta: balanç entre entrades de fullaraca i acumulació.....	67
1.3. Variacions en l'estat estacionari	69
1.4. Taxes finites i instantànies. Recull de taxes de descomposició en diferents sistemes	70
1.5. Exemples de l'evolució de l'acumulació de material i la seva descomposició, en variar alguns paràmetres del model de descomposició	76
1.6. Discussió sobre taxes de descomposició i temps de residència	80
1.6.1. Estat estacionari?	80
1.6.2. Temps de residència en el model lineal o exponencial	81
1.6.3. Material nou, material vell	82
1.6.4. La virosta com barreja de fulles, branquillons, arrels fines, i altres. Taxa de descomposició conjunta	85
1.7. Entorn dels models de descomposició	87
1.7.1. Models d'acumulació	87
1.7.2. Models de desaparició d'un substrat.....	88
1.8. Fluxos de matèria i energia deguts a la descomposició	89
1.9. Fluxos de matèria i energia deguts a la descomposició. Organismes.....	91
Notes	95
Bibliografia	99

ANNEX 4

Taules de dades.....	101
-----------------------------	------------

ANNEX 5

Algunes relacions d'utilitat.....	113
--	------------

CAPÍTOL II

1. L'ECOSISTEMA FORESTAL

Els processos ecològics que seran objecte d'estudi dins l'àmbit d'un ecosistema forestal són tots aquells relacionats amb la **producció de fulles** d'una població de pins. Cal tenir present que la producció foliar depèn dels recursos existents (aigua i nutrients), a vegades difícilment disponibles, i de la radiació solar (llum). Les fulles són òrgans processadors de la matèria, al temps que enginy aplicat al transport d'aigua i nutrients dissolts (per evapotranspiració), i per tant són part essencial a tenir en compte en qualsevol anàlisi de la producció d'un bosc. Un altre aspecte per estudiar serà aquell que faci referència als processos de **descomposició de les fulles**. Per tant, és de gran utilitat saber la taxa de retorn o de mineralització del material que havia estat sintetitzat o fixat, ja que ens indica la capacitat de reciclatge de la matèria en aquest ecosistema.

Els paràmetres bàsics que haurem de calcular per estudiar aquests processos són la biomassa de les fulles, l'índex d'àrea foliar (LAI), i les taxes de descomposició de les fulles. L'índex foliar de l'estrat arbori (LAI) ens indica la superfície foliar total en relació amb la superfície de sòl. Dit d'una altra manera, la capacitat d'un espai per suportar una certa quantitat de productors primaris, les fulles.

Del bosc a la població

La quantificació d'aquests paràmetres (biomassa foliar, taxa de descomposició, temps de semidescomposició, índex foliar) s'aproximarà a través de l'estudi de les poblacions de **pi roig** (*Pinus sylvestris*) que formen part d'un sistema boscà mixt amb roure i boix del Parc Comarcal de Montesquiu.

1.1. Quantitat de fulles als arbres (biomassa de fulles)

Del bosc a la parcel·la

Arribats al bosc, es delimita amb cordes un espai per mostrejar que sigui representatiu del bosc. Aquesta parcel·la circular medirà 7 metres de radi, és a dir, 154 m². Dins la parcel·la identificarem (amb un adhesiu numerat) tots els individus vius, és a dir, amb fulles, de *Pinus sylvestris* d'un gruix superior a 5 cm de diàmetre, mesurats a 1.30 m del terra. És convenient indicar-ne la situació en un esquema planell de la parcel·la per facilitar trobar-los després. Comptant el total d'individus de pi i sabent l'àrea mostrejada, podrem calcular la densitat, que expressarem en individus/ha.

De la parcel·la a l'arbre tipus

La primera mesura que prendrem sobre aquests arbres serà el DBH (diàmetre a l'altura del pit (1.3 m). Agruparem aquestes mesures segons classes diamètriques (de 5 en 5 cm) i representarem les freqüències i les classes segons un diagrama de barres. La forma i l'estil d'aquesta distribució de freqüències ens permetrà fer una primera aproximació al repartiment de la biomassa d'arbres en individus.

Per continuar, triarem un arbre representant en cada classe diamètrica (arbre tipus). L'arbre tipus serà aquell que tingui un DBH més semblant al punt central de cada classe diamètrica (7.5 cm, 12.5 cm, 17.5 cm, etc.). Les mesures que prenguem sobre cadascun d'aquests arbres tipus són considerades representatives per a tots els arbres de la classe a què pertany cada arbre tipus.

Així, si podem saber la quantitat de fulles que té un arbre tipus, aquesta quantitat multiplicada per la freqüència (nombre d'individus) de la seva classe ens donarà la quantitat de fulles d'aquesta classe diamètrica. Sumant els valors per les diferents classes, obtindrem la quantitat de fulles a la parcel·la.

De l'arbre tipus a les branques

Per obtenir la quantitat de fulles dels arbres tipus estudiarem si hi ha alguna relació matemàtica entre la mida de les branques i la quantitat de fulles que suporten.

Si aconseguim saber el nombre de branques de cada mida que té cada arbre tipus i utilitzant la relació existent entre la quantitat de fulles de les branques segons la mida, podrem establir quina és la quantitat de fulles de cada arbre tipus.

De les branques a les fulles

Agafarem algunes¹ branques vives de diferents gruixos. Mesurarem el seu diàmetre en la base (podeu fer servir un peu de rei perquè la mesura sigui més precisa) i el seu pes. A continuació, les desfullarem (segons l'apartat 1.3), i les tornarem a pesar. Per diferència, obtindrem el pes fresc de fulles. També podem calcular-lo pesant totes les fulles al laboratori. Dibuixarem un gràfic (x = mida de la branca, y = pes fresc de fulla) i estudiarem quin tipus de funció ($y = a + bx$; $\log y = a + b \log x$) pot ajustar-se a aquests parells de punts (per a més informació sobre aquestes funcions, vegeu l'annex 1: Al·lometria).

EL PEU DE REI

El peu de rei consta d'un regle principal i d'un de més petit que rep el nom de *nònius*. Aquest posseeix una escala que comprèn **M** divisions de l'escala principal, i està subdividit en **M+1** unitats. Així cada subdivisió del nònius és $1/(M+1)$ vegades més petita que cada divisió del regle principal. Quan fem una mesura, primer mirem quin valor s'obté en el regle principal just abans del zero del nònius; observem quina subdivisió **m** del nònius coincideix exactament amb alguna divisió del regle principal, i afegim aquest valor $m/(M+1)$ a la mesura del regle principal.

A tall d'exemple suposeu un peu de rei amb $M = 24$ mm: per tant, cada subdivisió del nònius serà 0.04 mm més petita que una divisió del regle principal. Suposem una mesura sobre un objecte que doni sobre el regle principal 12 mm i una mica més, i que la subdivisió del nònius coincident amb una del regle principal és la 16: l'anterior subdivisió del nònius no coincidirà amb l'anterior de l'escala principal en 0.04 mm, la següent tampoc coincidirà per 0.08 mm, i així successivament; la línia 0 del nònius estarà a $16 \times 0.04 = 0.64$ mm de la marca '12 mm' de l'escala principal. La mesura és, per tant, 12.64 mm.

Comptarem el nombre de branques vives que surten del tronc d'un arbre, agrupant-les també en classes diamètriques. Aquestes classes tindran ara un rang més petit, de 2 cm, és a dir, comptarem quantes branques hi ha entre 0 i 2 cm, entre 2 i 4, etc. Usarem la funció que haguem trobat anteriorment per calcular el pes fresc de les fulles en les branques prenent com a mida representativa de cada classe el valor central (1 cm, 2 cm, etc.). Multiplicant les freqüències de cada classe de mida de branca pel valor corresponent, i sumant aquests valors, obtindrem el pes fresc de fulla de cada arbre tipus.

Com hem explicat abans, fent la mateixa operació respecte a tots els arbres tipus i les seves classes diamètriques, obtindrem el pes fresc de fulla de pi de la parcel·la. Expressarem finalment els resultats per unitat de superfície (kg de fulles / ha).

REGRESSIÓ

En un sistema on les coses canvien és interessant examinar l'efecte que algunes variables poden exercir sobre altres. A vegades, aquestes relacions són massa complicades per descriure-les de forma senzilla. En aquest cas, utilitzem alguna funció matemàtica que ens aproxima a la funció real dintre d'un cert rang de variació. Així podem predir els valors que poden prendre certes variables a partir d'altres.

En la regressió podem distingir les variables dependents o variables resposta (y) que no poden ser controlades i les variables independents (x) o aquelles que prediuen o expliquen el comportament de y , que canvien a l'atzar o poden ser controlades.

Si la representació dels parells de dades (x, y) suggereix alguna relació, podem expressar-la via alguna funció:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Per exemple y pot ser la producció de farina a diferents densitats de plantes (x_1) en els camps de cultiu i diferents grau de fertilització (x_2). x_1, x_2 són fixes i conegudes.

En les anàlisis de regressió lineal els models tenen la forma:

$$y = a + bx_1 + cx_2$$

a, b i c són els paràmetres.

Els paràmetres i les variables independents poden incloure quadrats, potències, productes o altres transformacions de les dades originals. El que cal és que l'expressió matemàtica sigui lineal en els paràmetres. Per exemple:

$$y = a + bx_1 + cx_2^2 + dx_1x_2$$

$$y = a + b \sin x_1 + c \sin x_2$$

Aquests dos models són lineals, en canvi:

$$y = ax^b$$

no és lineal perquè el paràmetre b no està expressat linealment. Aquest darrer exemple és un model de regressió potencial i pot ser transformat prenent logaritmes:

$$\log y = \log a + b \log x$$

Un altre exemple de regressió no lineal és l'exponencial:

$$y = ae^{bx}$$

que també podem transformar utilitzant logaritmes neperians:

$$\ln y = \ln a + bx$$

Altres cops és impossible transformar el model a una forma lineal i l'estimació requereix també equacions no lineals, que molts cops s'han de resoldre a partir d'algoritmes més complexos que necessiten el suport de l'ordinador.

Càlculs

Un cop hem aconseguit la taula de parells de dades empíriques x, y podem calcular els paràmetres a, b i r a partir del mètode dels mínims quadrats de la regressió lineal:

b : és el coeficient de regressió de y sobre x :

$$b = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sum (x - \bar{x})^2}$$

D'altra banda, b és el pendent de la recta de regressió.

a : és un paràmetre derivat de l'expressió:

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

Sovint se l'interpreta com l'ordenada a l'origen o com un factor d'escala que depèn de les unitats usades.

r : és el coeficient de correlació i mesura la proporció, explicada per la regressió, de la variabilitat total dels punts respecte a la mitjana:

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}}$$

1.2. Càlcul de l'índex foliar

Per obtenir la relació entre la superfície de fulles i la superfície de terreny necessitem conèixer la relació entre el pes fresc i la superfície de les fulles. Amb una balança molt precisa podem saber el pes d'una fulla. Si assimilem la seva forma a un rectangle (prescindim de les puntes), en podem conèixer l'àrea mesurant la llargada i l'amplada² sota una lupa amb ocular micromètric. Si la nostra balança no té gaire precisió, haurem de pesar i mesurar una quantitat suficientment gran de fulles.

Partint de la relació superfície de fulla per unitat de pes fresc, i el valor pes fresc de fulla per hectàrea de bosc, podem calcular l'índex foliar. Aquest índex depèn de la disponibilitat hídrica i dels nutrients i de factors biològics propis de l'espècie com la forma i la disposició de les fulles.