

*La classificació numèrica de la vegetació basada en la
composició florística*

Programa de Doctorat de Biologia Vegetal.
Bienni 1999-2001.

Memòria presentada per a optar al grau de
Doctor en Biologia.

Realitzada per Miquel De Cáceres Ainsa,
al Departament de Biologia Vegetal de la Universitat de Barcelona,
sota la direcció de:

Dr. Xavier Font i Castell
Departament de Biologia Vegetal
Unitat de Botànica

Dr. Francesc Oliva i Cuyàs
Departament d'Estadística
Secció de Biologia

Agraïments

Les primeres persones a qui voldria agrair sincerament l'ajuda rebuda durant la realització d'aquesta tesi, són els meus directors, en Xavier Font i en Francesc Oliva, professors del departaments de Biologia Vegetal i Estadística, respectivament. Sense el seu suport, consell i paciència durant les diferents etapes de treball, durant els bons i els mals moments, aquesta memòria i el títol al qual ara opto no haguessin estat possibles.

A continuació, voldria ressaltar l'ajut inestimable d'altres investigadors. En primer lloc voldria manifestar el sentiment de deute que tinc vers el professor Pierre Legendre de la *Université de Montréal*, a Québec. La seva influència és palesa en bona part de la memòria. A ell li agraeixo la possibilitat d'assistir a les seves classes i d'enriquir-me al seu laboratori, així com haver pogut llegir (i rellegir) el seu manual d'ecologia numèrica. En segon lloc, no voldria oblidar esmentar l'ajut puntual però vital de Joan Jacas, professor de la Universitat Politècnica de Catalunya, en temes relatius al *clustering* i la lògica borrosa. Finalment, voldria destacar l'important treball teòric realitzat per els doctors Carles M. Cuadras i Josep Fortiana (juntament amb en Francesc Oliva), sobre el desenvolupament de mètodes d'anàlisi multivariant basats en matrius de distàncies. Gran part del treball d'aquesta tesi es basa en els seus resultats.

Dins del meu grup de treball (Bases de dades de biodiversitat) no vull oblidar aquells companys amb qui he compartit les penes i les glòries de la programació en departaments de recerca. Hem refereixo a Rafael Quadrada, a Ricard García i a Alfons Navarro, juntament amb el meu director de tesi, en Xavier. També en referència a la programació voldria expressar aquí la meva gratitud a totes aquelles persones que ha estat *beta-testers*, col·laborat en els manuals o, simplement, han sofert el procés de desenvolupament dels programes per necessitat. Em refereixo, sobretot, a Jose Luis Benito, a Joel Torra, a David Pérez, a Neus Nualart, però de ben segur n'hi ha més. Tampoc puc oblidar l'etapa de formació com a científic i programador realitzada a l'Institut Municipal d'Investigacions Mèdiques (IMIM) i a les persones del grup d'informàtica mèdica d'aquest centre.

En un àmbit més personal però no menys important, no puc oblidar esmentar els companys i amics de la unitat de Botànica del Departament de Biologia Vegetal. Ells han hagut d'aguantar la meva poca sociabilitat, les meves rareses i m'han fet sentir menys *outlier* al departament. Entre ells, voldria expressar el meu afecte i gratitud per aquells que han compartit amb mi l'experiència de la realització d'una tesi de doctoral a la "fossa" o ben a prop. Sobretot l'Ester Gaya i la Lúdia Caño, però també la Mercè Galbany, el Jose Manuel Blanco, el Joan Gomà, l'Hèctor García, l'Artur Lluent, l'Aaron Pérez, l'Albert Romero i altres.

Del departament d'estadística voldria destacar la orella sempre disposada a escoltar i aconsellar d'en Josep Anton Sánchez i, en general, el suport i amistat del "Juanito *team*". Entre els altres departaments voldria destacar els companys i amics ecòlegs: la Fiona, i els integrants del grup de discussió "snob": en Miquel Àngel, en Pere, en Quique, en Rafa, ...

Finalment, però no per aquest motiu menys important, agrair el suport i l'afecte rebuts per part de les meves dues famílies i els meus amics durant tot aquest període (en els moments bons, però sobretot en els dolents). Fóra massa llarga i incompleta la llista. Prego disculpes per no enumerar-la aquí, en el paper, però a la memòria i al cor hi sou tots.

*Dedicat a tota aquella persona dotada de la
paciència per a descobrir la bellesa continguda
dins l'estructura d'una matriu de dades.*

Índex

I. INTRODUCCIÓ I PRESENTACIÓ DE LES DADES

1.1 Introducció general	3
1.1.1 La classificació de comunitats vegetals	3
1.1.2 L'escola sigmatista de classificació	5
1.1.3 La lògica borrosa i l'anàlisi de la vegetació	10
1.1.4 Objectius i continguts de la memòria	11
1.2 Presentació de les dades	13
1.2.1 Descripció de les comunitats d'estudi	13
1.2.2 Selecció dels inventaris	17
1.2.3 Pretractament dels inventaris	22

II. COMPOSICIÓ I ESTRUCTURA DE LES COMUNITATS DE VEGETALS

2.1 L'estudi de la diversitat de les comunitats vegetals	25
2.1.1 Introducció a l'estudi de la diversitat	25
2.1.2 La diversitat de les comunitats de Brometalia erecti i Quercetea ilicis	29
2.1.3 Sobre la suficiència de mostratge d'un sintàxon o unitat de vegetació	42
2.2 Sobre la determinació numèrica de la fidelitat en bases de dades	51
2.2.1 Introducció	51
2.2.2 Determinació estadística de la fidelitat	55
2.2.3 Perfils de fidelitat en dades reals, calculats amb l'ajuda de bases de dades	61
2.3 Les comunitats de vegetals en espais multivariants	77
2.3.1 Introducció	77
2.3.2 L'espai de dades multivariant	78
2.3.3 Representació d'inventaris i sintàxons en diagrames d'ordenació	79
2.3.4 Relacions entre sintàxons en l'espai multivariant	83

III – ASPECTES METODOLÒGICS DE LA CLASSIFICACIÓ NUMÈRICA DE LES COMUNITATS DE VEGETALS

3.1 Models i mètodes de classificació numèrica de la vegetació	99
3.1.1 Introducció a la classificació numèrica	99
3.1.2 Model de classificació jeràrquic	103
3.1.3 Model de classificació partitiu	108
3.1.4 Model de classificació per blocs d'espècies/inventaris	115
3.1.5 Comparació i avaluació de classificacions	117
3.1.6 Estudi comparatiu de diferents models de classificació	131
3.2 Transformacions, mesures de proximitat i classificació	167
3.2.1 L'abundància dels tàxons: Escales i transformacions	167
3.2.2 Mesures de proximitat: Similaritats i distàncies	172
3.2.3 La classificació basada en matrius de distàncies entre objectes	184
3.2.4 L'espai de relacions i els resultats de l'anàlisi de clústers	192
3.3 Identificació de regions denses en l'espai multivariant de comunitats	211
3.3.1 Introducció	211
3.3.2 Aportacions metodològiques per a PCM	218
3.3.3 Aplicació de meta-PCM a la classificació de comunitats de vegetals	227
3.3.A Apèndixs: Demostracions de les aportacions a PCM	239
3.4 Sobre la ponderació de variables en la classificació de comunitats	247
3.4.1 Introducció	247
3.4.2 Estratègies de ponderació en la classificació de comunitats vegetals	250
3.4.3 La ponderació dels tàxons en la determinació d'inventaris de vegetació	256

IV- APLICACIONS DESENVOLUPADES

4.1 Araucaria, un sistema de determinació automàtica d'inventaris	277
4.1.1 Introducció: Sistemes experts	277
4.1.2 Definició del sistema de determinació	278
4.1.3 Construcció i avaluació de les àrees de <i>Brometalia erecti</i> i <i>Quercetea ilicis</i>	287

4.2 El paquet de programes VEGANA	297
4.2.1 VEGANA	297
4.2.2 L'editor de taules d'inventaris de vegetació <i>QUERCUS</i>	299
4.2.3 <i>GINKGO</i> , un programa d'anàlisi multivariant basat en distàncies	304

CONCLUSIONS GENERALS

Conclusions metodològiques	313
Conclusions fitosociològiques	315

BIBLIOGRAFIA I ANNEXS

Referències bibliogràfiques	319
Annex A: Origen dels inventaris estudiats	341
Annex B: Fitxes resum dels sintàxons de base	355

