

UNIVERSITAT DE BARCELONA

FACULTAT DE BIOLOGIA

DEPARTAMENT DE BIOLOGIA ANIMAL

**ESTUDI MORFOLÒGIC I BIOMÈTRIC DE L'ÒRGAN DE LA VISIÓ DE  
DIFERENTS ESPÈCIES D'INSECTÍVORS I ROSEGADORS**

SARA LLUCH MARGARIT

UNIVERSITAT DE BARCELONA  
BIOLOGIA

FACULTAT DE

Programa de doctorat BIOLOGIA ANIMAL I. ZOOLOGIA  
(Bienni, 97-99)

**ESTUDI MORFOLÒGIC I BIOMÈTRIC DE L'ÒRGAN DE LA VISIÓ DE  
DIFERENTS ESPÈCIES D'INSECTÍVORS I ROSEGADORS**

Memòria redactada per optar al grau de  
Doctor en Ciències Biològiques per la  
Universitat de Barcelona presentada per  
SARA LLUCH MARGARIT

Vist i plau,  
el Director de la memòria

Vist i plau,  
el Director de la memòria

Dra. M<sup>a</sup> José López Fuster  
(Departament de Biologia Animal)  
Universitat de Barcelona

Dr. Jacint Ventura Queija  
(Departament de Biologia Animal,  
de Biologia Vegetal i d'Ecologia)  
Universitat Autònoma de Barcelona

Barcelona, setembre 2003

A en Pep,  
la Sílvia i l'Arnau



## Agraïments

Uns dies abans de morir, el meu pare em va preguntar si em faltava gaire per acabar d'escriure la tesi. Quan li vaig contestar que encara trigaria uns quants mesos ell, sense mirar-me, va moure el cap volen dir que seria massa tard. Aquell dia vaig pensar que no m'hi havia afanyat prou, que ell no hi seria per compartir amb tot nosaltres l'alegria d'aquest moment. Com que és el primer esdeveniment important en la meua vida en que no ha estat al meu costat, i el trobo a faltar, vull que sigui ell qui encapçali aquesta llista d'agraïments, per tot el que em va donar durant molts anys i perquè me l'estimo. També vull agrair a la meua mare tot l'esforç que li ha suposat que jo hagi pogut arribar fins aquí, i escriure tot aquest "totxo". Pel seu suport incondicional, per la seva "bona cara" tot i el mal temps que li ha tocat passar en els darrers anys, per haver-me fet riure molt i, en definitiva, per tot.

Fets aquests agraïments filials, m'agradaria retrocedir uns quants anys en el temps, no pas gaires, potser uns vint anys (tants?, si sembla que va ser abans d'ahir). Crec recordar que va ser l'any 1983 (o fins i tot el 82), sent estudiant de 4t de Biologia, que vaig començar a escriure la primera pàgina d'aquesta tesi. Va ser llavors quan vaig atrevir-me a anar a parlar amb algun professor del Departament de Zoologia per veure si podia col·laborar en "alguna cosa" amb ells. I aquell professor va resultar ser la M<sup>a</sup> José López (encara no Doctora). Gràcies al Dr. Joaquim Gosàlbez, responsable de la línia de Mastozoologia, i al Dr. Jacint Nadal, Catedràtic de Vertebrats, vaig convertir-me en col·laboradora de la Càtedra. Durant aquells anys, a més d'introduir-me en el món dels petits mamífers, vaig fer bons amics, entre ells en Jacint Ventura, que em va ensenyar els secrets de la captura de micromamífers, especialment dels talps i de les rates talperes de la Vall d'Aran. Precisament han estat la Dra. M<sup>a</sup> José López i el Dr. Jacint Ventura els que, després de tots aquests anys, han accedit a dirigir la present memòria, fet que els hi agraeixo, així com el seu excepcional i inestimable ajut, i la paciència i amistat mostrades durant l'elaboració de tot l'estudi.

La segona pàgina es va començar a escriure uns quants anys més tard, ja llicenciada, quan vaig començar a donar classes a l'Escola d'Òptica. Saber com és l'ull humà, com funciona i com es forma, ha estat fascinant, i aquesta tasca no l'hauria pogut fer

jo sola. Així que un agraïment molt especial a la Marisol Marqués i la M<sup>a</sup> Dolores Merindano, per haver resultat ser molt bones amigues i no només companyes de feina. També a en Jordi Morató, la Marta Cerdà i la Carme Casanovas amb els que he compartit tantes coses, despatx, ordinadors, laboratoris, la càmera de fotos i les tertúlies.

Vull agrair també a la resta de companys del Departament d'Òptica i Optometria que m'han donat un cop de ma quan el necessitava, començant per l'Héctor Abril (Sant Héctor) ja que els seus coneixements informàtics i el domini del Matlab m'han facilitat enormement la feina a l'hora de realitzar les diferents mesures; a la Carme Blasi, per la seva col·laboració en l'elaboració de les preparacions microscòpiques, i a en Jaume Escofet, l'Elisabet Pérez, en José Luis Álvarez, l'Aurora Torrents i la Consuelo Varón, per les seves explicacions aclaridores.

Als companys del Departament de Matemàtica aplicada III de la UPC, Sonsoles González per la seva amistat; al Dr. Miquel Ralló, per les hores dedicades a intentar normalitzar i canonitzar tot el munt de dades que tenia; al Dr. Juan José Egozcue per haver-me "presentat" les dades composicionals i a la Dra. Roser Guàrdia, pel seu ajut amb els models geomètrics per calcular la superfície ocular.

Als professors del Departament de Biologia cel·lular de la UB, especialment a la Dra. Mercè Durfort, per la seva bona disposició en aconsellar-se i ajudar-me a resoldre els meus dubtes; al Dr. Jesús Pérez Clausell, per mostrar-me els secrets del criostat i al Dr. Josep Garcia Valero pels seus consells en estereologia. També als companys del Departament de Biologia Animal, els retrobats de la meva primera etapa i els que es van incorporar més tard i que he conegut ara.

A la Núria Cortadellas, l'Almudena García, l'Ana Ribera, la Gemma Martínez, en Joan Mendoza i al Dr. Robert Bargalló dels Serveis Científico-Tècnics de la Universitat de Barcelona. Sense la seva dedicació, competència i amabilitat no hagués estat possible l'obtenció de les fotomicrografies al microscopi electrònic que acompanyen la memòria.

A l'Anna Bozzano, per mostrar-me que és "fàcil" manipular ulls encara més petits que els de les musaranyes (sobretot amb unes bones "micro-estisores") i que no fa falta gaire res per sintonitzar amb algú just quan l'acabes de conèixer.

A la Men, perquè els anys no han esborrat l'amistat que va néixer ja a l'escola i perquè durant tots aquests anys ha estat sempre a prop, compartint hores d'estudi, amics, il·lusions i projectes de futur, fent que la consideri com una més de la família.

A tota la meva família de Manlleu, cunyats, nebots i, particularment, a en Manel i la Conxita, per la seva estimació i per deixar-me guardar les meves captures al seu congelador, tot i l'angúnia, per no dir fàstic, que els hi fan les rates, ratolins i similars.

A en Ramon, la Glòria, la Raquel i en Xavier; a en Jordi, la Juli, l'Anna i la Marta; pel seu recolzament, per l'interès mostrat durant tots aquests anys, i pel molt que els he fet esperar per tornar a tenir una doctora a la família (encara que la "Doctora en Setciències" oficial continuarà sent la iaia Mariana; tots sabem que és irrepètible).

A la Sílvia i l'Arnau. Per totes les estones que han hagut de passar tirant pedres al riu o agafant llagostes mentre jo preparava les "casetes" pels ratolins. Per totes les hores que no he pogut passar amb ells i totes les coses que han hagut de fer sense mi. Per les seves abraçades, somriures i petons que m'han fet oblidar sovint les males passades de l'ordinador i l'estadística. Un petonàs.

A en Pep. Sense ell no hagués pogut tirar endavant, ni acabar aquesta memòria. Per haver-me acompanyat en totes les sortides de camp, carregant els paranyes d'un cantó a l'altre, mullant-se els peus en travessar els rius, fent forats per capturar talps i arvicoles. Per haver estat sempre al meu costat, escoltant els meus dubtes, aportant idees, aguantant els meus mals humors i enrabiades. Per tot allò que hem compartit fins ara i espero seguir compartint sempre.

Vilassar de Mar, setembre 2003

## ÍNDEX

<b>Introducció</b> .....	1
<b>Material i mètodes</b>	
1. Espècies estudiades .....	9
Ordre Insectivora .....	10
Família Soricidae .....	11
<i>Sorex minutus</i> .....	12
<i>Sorex araneus</i> .....	13
<i>Sorex coronatus</i> .....	15
<i>Neomys fodiens</i> .....	16
<i>Crocidura russula</i> .....	17
Família Talpidae .....	19
<i>Talpa europaea</i> .....	19
Ordre Rodentia .....	22
Família Muridae.....	23
Subfamília Arvicolinae .....	24
<i>Clethrionomys glareolus</i> .....	24
<i>Arvicola terrestris</i> .....	26
<i>Chionomys nivalis</i> .....	27
<i>Microtus gerbei</i> .....	29
<i>Microtus duodecimcostatus</i> .....	30
<i>Microtus arvalis</i> .....	31
Subfamília Murinae .....	32
<i>Apodemus sylvaticus</i> .....	32
<i>Mus domesticus</i> .....	34
<i>Mus spretus</i> .....	35
Família Myoxidae .....	36
<i>Eliomys quercinus</i> .....	37
2. Captures i preparació de l'animal.....	39
<b>Capítol 1.</b> Estudi comparat de la mida i forma de l'òrgan de la visió d'algunes espècies d'insectívors i rosegadors	
1. Introducció .....	43
2. Material i mètodes.....	44
Anàlisi biomètrica de la mida i la forma del globus ocular .....	44
Anàlisi biomètrica de la superfície del globus ocular.....	46
Anàlisi biomètrica de la mida i forma del cristal·lí .....	50
Procediments estadístics .....	51
3. Resultats .....	52
Descripció macroscòpica del globus ocular .....	52
Insectívors.....	53
Anàlisi biomètrica de la mida i la forma del globus ocular .....	53
Variabilitat intraespecífica .....	53
Variabilitat interespecífica .....	56
Anàlisi biomètrica de la superfície del globus ocular.....	63

Anàlisi biomètrica de la mida i forma del cristal·lí.....	67
Rosegadors .....	72
Anàlisi biomètrica de la mida i la forma del globus ocular.....	72
Variabilitat intraespecífica .....	72
Variabilitat interespecífica .....	72
Família Arvicolinae .....	80
Família Muridae .....	84
Anàlisi biomètrica de la superfície del globus ocular .....	85
Anàlisi biomètrica de la mida i forma del cristal·lí.....	89
4. Discussió .....	93
Descripció macroscòpica del globus ocular.....	93
Insectívors .....	96
Anàlisi biomètrica de la mida i la forma del globus ocular.....	96
Anàlisi biomètrica de la superfície del globus ocular .....	99
Anàlisi biomètrica de la mida i forma del cristal·lí.....	100
Rosegadors .....	101
Anàlisi biomètrica de la mida i la forma del globus ocular.....	101
Anàlisi biomètrica de la superfície del globus ocular .....	103
Anàlisi biomètrica de la mida i forma del cristal·lí.....	104
Relació entre l'aspecte macroscòpic del globus ocular i els patrons d'activitat temporal de les espècies estudiades .....	106
<b>Capítol 2.</b> Estudi comparat de la mida i forma de l'òrgan de la visió d'algunes espècies d'insectívors i rosegadors	
1. Introducció .....	113
2. Material i mètodes .....	114
Fixació .....	114
Obtenció de talls fins .....	115
Obtenció de talls semifins i ultrafins .....	117
Observació microscòpica de les mostres .....	119
3. Resultats .....	120
Túnica externa.....	121
Còrnia.....	121
Epiteli corneal.....	122
Capa de Bowman .....	126
Estroma corneal.....	126
Endoteli corneal.....	126
Esclera .....	127
Túnica mitjana .....	130
Coroide .....	130
Cos ciliar .....	132
Estroma ciliar .....	132
Epiteli pigmentat del cos ciliar .....	134
Epiteli no pigmentat del cos ciliar.....	134
Iris .....	136
Estroma de l'iris.....	136

Epitelis de l'iris .....	136
Músculs de l'iris .....	138
Túnica interna .....	139
Epiteli pigmentat de la retina.....	139
Neuroretina .....	143
Capa de fotoreceptors .....	143
Membrana limitant externa .....	155
Capa nuclear externa .....	155
Capa plexiforme externa .....	160
Capa nuclear interna .....	162
Capa plexiforme interna .....	162
Capa de les cèl·lules ganglionars .....	162
Membrana limitant interna .....	162
Cristal·lí .....	163
Discussió .....	165
Còrnia .....	165
Esclera .....	168
Coroide .....	169
Cos ciliar .....	169
Iris .....	171
Retina .....	173
Epiteli pigmentat.....	174
Neuroretina .....	176
Cristal·lí .....	183
<b>Capítol 3.</b> Mitocondris gegants al segment intern dels cons de la retina de musaranyes del gènere <i>Sorex</i>	
1. Introducció .....	187
2. Material i mètodes.....	188
3. Resultats .....	189
4. Discussió .....	193
<b>Capítol 4.</b> Estudi comparat de la biometria de les túniques del globus ocular de diverses espècies d'insectívors i rosegadors	
1. Introducció .....	199
2. Material i mètodes.....	200
Anàlisi biomètrica del gruix del gruix de les túniques oculars .....	200
Procediments estadístics .....	201
3. Resultats .....	202
Insectívors.....	202
Anàlisi biomètrica del gruix de la còrnia .....	202
Anàlisi biomètrica del gruix del gruix del segment posterior de l'ull.....	204
Rosegadors.....	213
Anàlisi biomètrica del gruix de la còrnia .....	213
Anàlisi biomètrica del gruix del gruix del segment posterior de l'ull.....	215
4. Discussió .....	224

Insectívors .....	225
Anàlisi biomètrica del gruix de la còrnia .....	225
Anàlisi biomètrica del gruix del gruix del segment posterior de l'ull .....	227
Rosegadors .....	230
Anàlisi biomètrica del gruix de la còrnia .....	230
Anàlisi biomètrica del gruix del gruix del segment posterior de l'ull .....	232
<b>Capítol 5.</b> Estudi comparat de les característiques biomètriques de la neuroretina d'algunes espècies d'insectívors i rosegadors	
1. Introducció .....	239
2. Material i mètodes .....	240
Anàlisi biomètrica del gruix de les capes de la neuroretina .....	240
Anàlisi biomètrica de la densitat cel·lular de la neuroretina .....	245
Procediments estadístics .....	247
3. Resultats .....	248
Insectívors .....	248
Anàlisi biomètrica del gruix de les capes de la neuroretina .....	248
Anàlisi biomètrica de la densitat cel·lular de la neuroretina .....	261
Rosegadors .....	267
Anàlisi biomètrica del gruix de les capes de la neuroretina .....	267
Anàlisi biomètrica de la densitat cel·lular de la neuroretina .....	283
4. Discussió .....	289
Insectívors .....	293
Rosegadors .....	299
<b>Discussió final</b> .....	311
Insectívors .....	311
Rosegadors .....	315
<b>Conclusions</b> .....	321
<b>Bibliografia</b> .....	327



