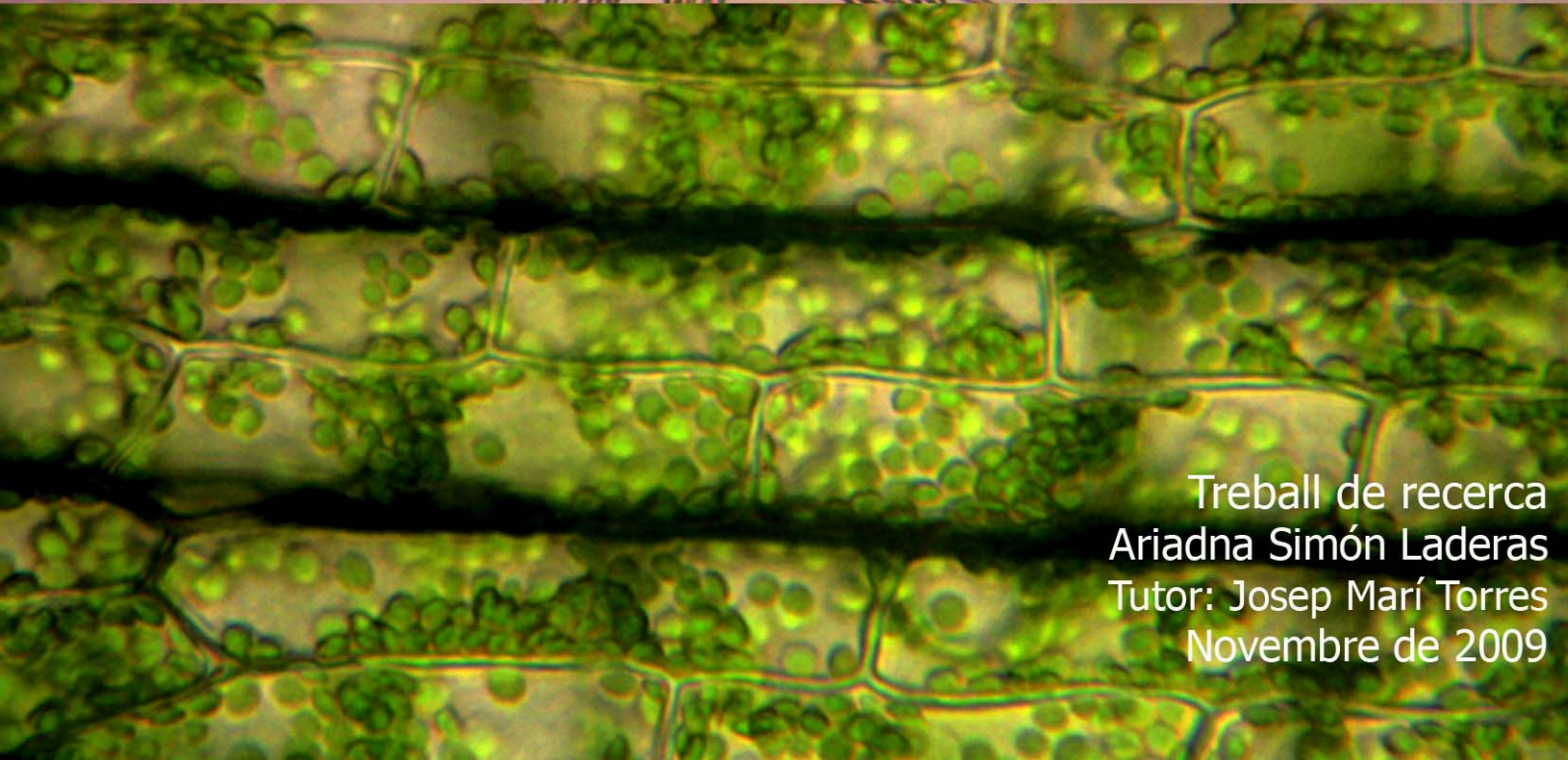




Micromons



Treball de recerca
Ariadna Simón Laderas
Tutor: Josep Marí Torres
Novembre de 2009

MICROMONS

Ariadna Simón Laderas
Treball de recerca
Tutor: Josep Marí
Novembre de 2009

ÍNDEX

	<u>Pàg.</u>
Pròleg	5
1. Introducció	7
1.1 Instruments per captar els “micromons”.....	7
1.2 Les preparacions de les mostres.....	9
1.3 Captura i tractament de les imatges.....	11
1.3.1 Flux de treball estàndard	11
1.3.2 Fotografia d'alt rang dinàmic (HDR).....	14
1.3.3 L'enfocament compost.....	17
1.4 Material utilitzat.....	19
1.4.1 Càmeres rèflex i objectius macro.....	22
1.4.1.1 Lliures (amb peu i braç flexible).....	22
1.4.1.2 Acoblades a lupes i microscopis.....	22
1.4.2 Lupes binoculars i microscopis.....	23
1.4.4 Material auxiliar (trípodes, suports, llums...).....	26
2. Fotomacrografia (fotografia “macro”)	27
2.1 Amb càmera reflex i objectiu macro.....	27
2.1.1 Metodologia.....	27
2.1.2 Projectes.....	28
2.1.2.1 Flocs.....	29
2.1.2.2 Pol·linització.....	30
2.1.2.3 Micromons amagats	32
2.1.2.4 Hibridisme o simple variabilitat?.....	34
2.1.2.5 Sensibilitat a les potes	35
2.1.2.6 Textures vegetals.....	36
2.1.2.7 HDR.....	38
2.1.2.8 Enfocament compost.....	40
3. Fotomicrografia	41
3.1 Amb lupa binocular	41
3.1.1 Metodologia.....	41
3.1.2 Projectes.....	41
3.1.2.1 Escarabat.....	43
3.1.2.2 Vespa.....	44
3.1.2.3 Mosquit tigre	44
3.1.2.4 Aranya.....	45
3.1.2.5 Abellot.....	45
3.1.2.6 Libèl·lula.....	46
3.1.2.7 Contingut de la planta carnívora.....	47

3.2 Amb microscopi òptic.....	48
3.2.1 Metodologia.....	48
3.2.2 Projectes.....	51
3.2.2.1 Sang.....	51
3.2.2.2 Cèl·lules d' <i>Elodea</i>	52
3.2.2.3 Pèls d' <i>Eleagnus angustifolia</i>	53
4. Electromicrografia.....	55
4.1 Amb microscopi electrònic de transmissió (MET).....	56
4.2 Amb microscopi electrònic de rastreig (MES).....	57
5. Treball didàctic.....	58
6. Discussió.....	60
7. Conclusions.....	62
8. Bibliografia.....	64
 Annex 1.....	 66
Annex 2.....	69

Pròleg

En aquest treball proposo una manera diferent de veure el món. Vull mostrar a partir de la macrofotografia i el microscopi el món més petit i complex que existeix. Vaig decidir de fer aquest treball perquè tinc força interès en la fotografia i en la biologia i el meu professor de biologia va proposar un treball en el que podria desenvolupar un major coneixement en aquests dos àmbits.

Els aspectes pràctics d'aquest treball han estat majoritàriament realitzats a l'Escola, però també hi ha una part de macrofotografia que s'ha fet en sortides particulars i viatges que he realitzat aquest estiu. Quan s'ha treballat a l'escola (o en sortides de l'escola) s'han utilitzat sempre els equipaments del centre; a nivell particular, he pogut disposar d'una càmera rèflex digital (Nikon D80) i un objectiu macro (Tamron 90 mm f/2.8 1:1) per tal d'intentar aconseguir també imatges d'alta qualitat i precisió en el detall.

Una cosa és que t'agradi un tema i una altre ben diferent que el dominis. A mi m'agradava la fotografia i, malgrat partia d'un cert nivell, aviat em vaig adonar que el que sabia era insignificant en relació al que hauria d'aprendre. De manera que aquest va ser el meu primer punt de partida. Vaig començar llegint un llibre de caire general¹ i paral·lelament practicava amb una càmera rèflex aspectes i conceptes bàsics de fotografia com distància focal, obertura del diafragma, velocitat de l'obturador, profunditat de camp i molts altres. D'altra banda, també em vaig familiaritzar amb el maneig de lupes, microscopis i càmeres de l'Escola.

Gràcies a aquestes pràctiques i a les consultes realitzades posteriorment en diversos llibres més específics de fotografia² i a un treball de recerca anterior (Alba Soria, 2008) dedicat a la macrofotografia³ m'he pogut informar i documentar bé per tal d'intentar portar a terme els objectius del treball, alguns dels quals van estar marcats des de l'inici pel meu tutor.

Les fotografies presentades en el treball són totes originals (les poques excepcions s'indiquen expressament). Les realitzades amb lupes i microscopis al laboratori han estat fetes amb la col·laboració d'un company o del meu tutor, perquè es necessiten dues persones (mentre un mou el cargol d'enfocament del microscopi, l'altra el va dirigint a través de la pantalla de l'ordinador i quan està ben enfocat realitza la captura). També havia de ser la principal responsable del registre fotogràfic de les activitats realitzades al Pati de les tortugues i de les sortides realitzades conjuntament amb les meves

¹ "Curso rápido de fotografía" de Michael Langford (1992)

² proporcionats pel meu tutor.

³ http://www.escolamestral.cat/macrof_asoria.pdf

companyes Jordina Colom i Alba Prieto, i del muntatge fotogràfic de l'annex cronològic que presentem al final dels nostres treballs.

En concret, els objectius d'aquest treball són els següents:

- Aprendre a utilitzar correctament una càmera reflex per a la captura d'imatges en moviment i estàtiques en fotografia d'aproximació.
- Aprendre a utilitzar càmeres de vídeo amb objectiu macro (estàtiques i connectables a lupes i microscopis) i el software associat per a la captura d'imatges.
- Caracteritzar les imatges obtingudes en cada tipus d'instrument utilitzat.
- Establir el flux de treball estàndard per a observar aspectes microscòpics al laboratori.
- Determinar quin és el millor mètode per a ensenyar els "micromons" a nens de Parvulari i de Primària de l'Escola.
- Realitzar, com a mínim, un projecte (de temàtica lliure) de cada un dels sistemes òptics utilitzats.
- Aplicar les tècniques fotogràfiques digitals d'*alt rang dinàmic* i d'*enfocament compost* a la realització d'un projecte de macrofotografia concret.
- Portar a terme el registre fotogràfic de les activitats realitzades al Pati de les tortugues i de les sortides realitzades, així com el muntatge gràfic de l'annex cronològic conjunt.

A tots aquests objectius cal afegir-hi el de pretendre que aquest treball pugui resultar una eina de consulta vàlida i un punt de partida útil per a possibles futurs treballs de recerca de microfotografia (com ho ha estat per mi el treball de recerca d'Alba Soria abans esmentat), però també que sigui prou didàctic perquè qualsevol persona interessada en aquest fantàstic *microcosmos* el pugui seguir.

1. Introducció

1.1 Instruments per captar els “micromons”

Existeixen diversos aparells que ens permeten acostar-nos i veure ampliat (més enllà de la distància òptima de visió a ull nu) detalls d'objectes i del món microscòpic en general. Tot dependrà del grau d'ampliació⁴ que vulguem aconseguir; generalment es consideren tres nivells (Freeman, 2009): fotografia d'aproximació (de 0,1x a 1,0x), fotomacrografia⁵ (de 1,0x a 20x) i fotomicrografia (a partir de 20X), però no tots els autors estan d'acord amb aquesta classificació. En un treball de recerca anterior sobre macrofotografia (Alba Soria, 2008) s'analitzen a fons aquests conceptes. Fins i tot hi ha qui fa subcategories, diferenciant macrofotografia i macrofotografia extrema (Ruiz, 2009).

No és objectiu d'aquest treball realitzar una classificació “oficial” i exhaustiva d'aquests nivells d'observació com fan alguns autors (Alamany, 2001; Harcourt, 2002; Freeman, 2005; Hoddinott, 2006; Freeman, 2009) sinó la de fer-ne una de més funcional, relacionada directament amb els instruments utilitzats; i tampoc ho és el de portar a terme un càlcul exhaustiu dels augments finals aconseguits en cada imatge.

Aquesta classificació que proposem és la d'utilitzar el terme **fotomacrografia** (o macrofotografia) per a totes les imatges capturades a poca distància directament amb una càmera digital (de fotografia o de vídeo) quan s'utilitzi amb un objectiu macro⁶, el de **fotomicrografia** (o microfotografia) quan la imatge ha estat augmentada per una lupa binocular o per un microscopi òptic (fotòpic) i **electromicrografia** (o electromicrofotografia) quan ha estat realitzada per un microscopi electrònic.

Els augments que es poden aconseguir amb aquests instruments, sense tenir en compte el factor d'ampliació final de la imatge, són, aproximadament, els següents:

- Càmeres amb objectius macro: fins a 1x.
- Lupes binoculars: fins a 80x.
- Microscopis òptics: fins a 1.500x.
- Microscopis electrònics: fins a 1.000.000x.

Podria semblar que les úniques diferències entre aquests sistemes d'observació són els màxims augments que es poden aconseguir en cadascun, però n'hi ha moltes altres tan importants o més, com veurem més endavant.

⁴ Els termes que s'utilitzen per anomenar el grau de proximitat són “ampliació” i “relació de reproducció”, i són intercanviables. Encara que es transcriuen de diferents maneres, tot i que les més habituals són: “2x” (per exemple) per a l'ampliació i “2:1” per a la relació de reproducció.

⁵ més coneguda com macrofotografia o fotografia macro.

⁶ Eventualment també hi considerarem els altres objectius amb possibilitat de seleccionar l'opció macro.

A l'Escola lògicament no disposem de cap microscopi electrònic, però el comentarem una mica per veure les semblances i diferències (pel que fa a l'observació) en relació als altres sistemes.

Una de les avantatges de la incorporació de la tecnologia digital a la fotografia és que permet el muntatge relativament assequible d'estacions digitals per a l'estudi del món microscòpic al laboratori d'un centre escolar. A l'Escola, el primer intent d'estació d'aquest estil es va començar a iniciar amb una càmera de vídeo *Moticam 352*⁷ i el seu funcionament ha estat descrit en un treball de recerca de fotografia anterior (Figura 1).



Figura 1. Primera càmera de vídeo (Moticam 352) connectable a un microscopi al laboratori de biologia de l'Escola. La imatge es projecta directament a la pantalla de l'ordinador mitjançant un software especial (extret de Alba Soria, 2008).

Amb posterioritat a aquest treball, l'Escola ha pogut adquirir nou material per a la realització de diversos projectes de recerca (entre els quals s'inclou el present treball) que han estat en gran part subvencionats per laboratoris I+D (Investigació i Desenvolupament)⁸ del Baix Llobregat. En concret, s'han incorporat a l'estació digital del laboratori de biologia (Figura 2) els següents aparells:

⁷ Enviada per el CDECT (Centre de Documentació i Experimentació en Ciències i en Tecnologia) per haver guanyat el 1r premi de fotografia científica del curs 2006-2007. Aquesta càmera no té gaire resolució però incorpora adaptadors per acoblar-se a tots els tipus de lupes binoculars i microscopis i un complet software de captura digital (extret de Alba Soria, 2008).

⁸ Almirall S.A. (Laboratori I+D de Sant Feliu de Llobregat)

- Una càmera de vídeo *Moticam MC-1000* connectable a lupes binoculars i microscopis i a l'ordinador.
- Una lupa binocular (estèreo microscopi) SZM-2.
- Una càmera de vídeo amb peu de suport de sobretaula i braç flexible i objectiu macro, model *Educam Student Pro*, amb connexió per a l'ordinador i per a pantalla de TV.
- Un ordinador portàtil de pantalla gran.

També he utilitzat sovint la càmera reflex digital Olympus E330 amb l'objectiu macro Olympus 2.0 de 50mm.



Figura 2. Vista general actual de l'estació digital de fotomacrografia i fotomicrografia del laboratori de biologia de l'Escola. El monitor central, funcionant com a pantalla de TV, està captant la imatge de la càmera de vídeo de braç flexible de la dreta, mentre que a la pantalla de l'ordinador s'observa la captura realitzada per la càmera Moticam MC-1000 connectada a la lupa binocular. Les imatges que decoren la paret són fotomicrografies realitzades per Alba Soria amb la càmera Moticam 352 (vegeu Figura 1).

Més endavant (vegeu Apartat 1.4) s'expliquen amb més detall tots aquests aparells.

1.2 Les *preparacions* de les mostres

Es parla d'objecte, subjecte o motiu quan ens referim a allò que volem fotografiar amb una càmera fotogràfica o de vídeo, però si el que volem observar és a través del microscopi, no podem posar la *mostra* (així s'anomena allò que volem veure) de qualsevol manera, sinó que requereix un seguit d'accions i un indret transparent de vidre (*porta-objectes*) on posar aquella, que sovint va tapada amb un vidre més petit i prim (*cobre-objectes*). Tot junt, preparat per a la observació, es coneix com a *preparació* microscòpica (Figura 3, esquerra).

El que acabem de descriure correspon a una preparació per a microscopi òptic (també anomenat de llum o fotogràfic), perquè el què es veu són les diferències (de tonalitat, color, etc.) quan la llum travessa la mostra. És, per tant, una

observació de la llum transmesa a través de la mostra, i aquest és el funcionament normal del microscopi òptic. En el cas del microscopi electrònic, n'hi ha un, el Microscopi Electrònic de Transmissió (MET), que té un funcionament anàleg, perquè la mostra, que és extraordinàriament prima, és travessada per un feix d'electrons. La preparació per observar en aquest microscopi electrònic s'anomena *reixeta* i és metàl·lica (de coure o d'or) i té un diàmetre d'uns 3 mm (Figura 3, centre; vegeu també la Figura 19).

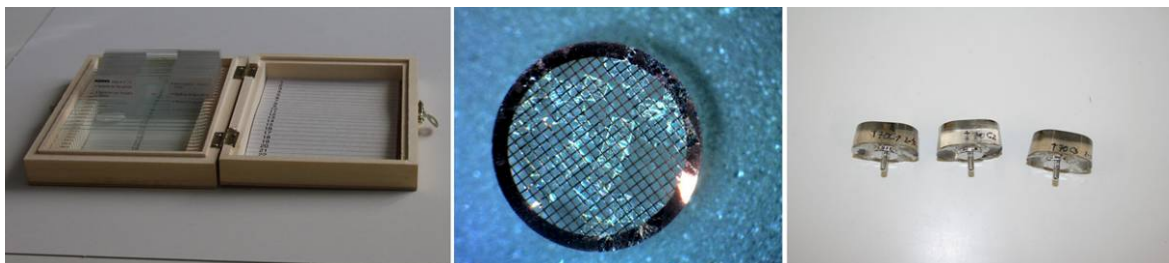


Figura 3. D'esquerra a dreta veiem una caixa de preparacions per al microscopi òptic que consta (cada una) de portaobjectes, mostra i cobreobjectes. A continuació (al mig) trobem una preparació per microscopi electrònic de transmissió; es tracta d'una reixeta metàl·lica on es poden veure talls transparents de les mostres. Per últim (dreta) es presenten unes mostres per al microscopi electrònic de rastreig (MES). (vegeu també les Figures 19 i 20).

En el cas de les lupes binoculars (malgrat algunes també permeten observar amb llum a través) l'observació és amb llum reflectida, de manera que el que s'observa són superfícies i, a més, en relleu (vegeu apartat 1.4.3). En aquest cas, no cal cap mesura especial per a preparar la mostra. Però si el que volem és observar amb llum a través, haurem de tenir present d'utilitzar un suport transparent (porta-objectes, placa de Petri...) per a permetre el pas de la llum, o bé col·locar directament la mostra a sobre de la platina translúcida de la lupa (també en té d'opakes de color blanc i de color negre, per tal d'augmentar el contrast en alguns tipus d'observacions que així ho requereixen). La lupa binocular també té el seu anàleg en microscòpia electrònica, es tracta del Microscopi Electrònic d'Scanning (MES), també anomenat de rastreig o d'escombrada, en el que també les mostres, que poden ser relativament grans (vegeu Figura 3, dreta), són observades per un feix d'electrons reflectits, en aquest cas, sobre la seva superfície. La sensació de relleu és molt aparent (Figura 4, a baix).

Si el que volem observar amb microscopi òptic o amb microscopi electrònic de transmissió forma part d'alguna estructura gran (que és el més habitual), s'hauran de fer uns talls fins (amb micròtom) o ultrafins (amb ultramicrotom), respectivament. A part de tota una sèrie de procediments (fixació, inclusió, tinció, etc.), que varien en funció de cada tipus de mostra (Durfort, 2006). En els apartats de metodologia de cada un dels projectes realitzats s'explicaran els procediments portats a terme.

Cal dir també que les observacions amb microscopi electrònic són sempre monocromàtiques i que si n'observem alguna en color és perquè s'hi ha portat a terme un tractament posterior amb l'ordinador (es coneixen com imatges

amb fals color) (Figura 4, a la dreta). Les realitzades amb els microscopis òptics són policromàtiques, i el color que hi observem pot correspondre al color real o ser degut al procés de tinció.

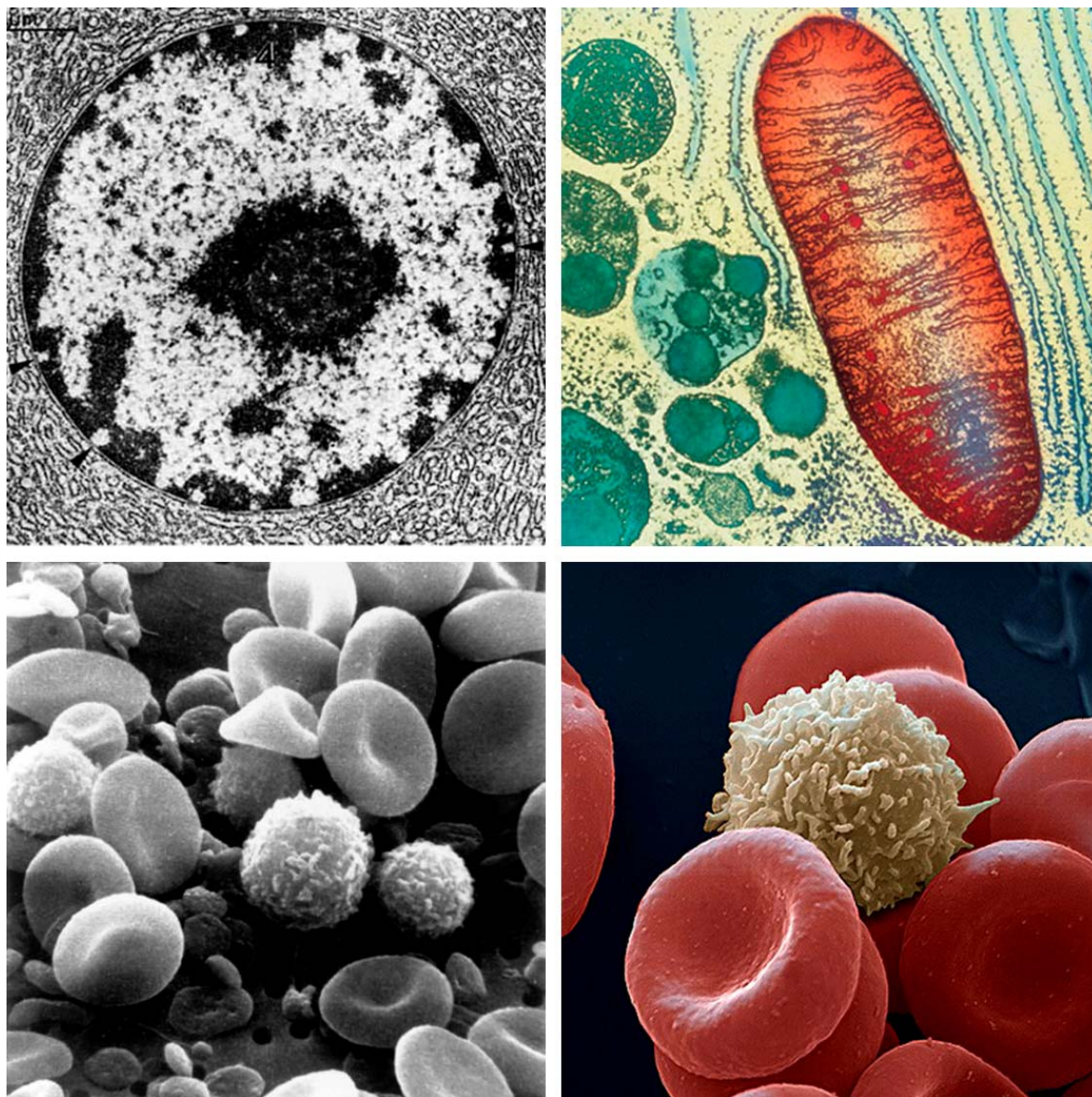


Figura 4. Electromicrofotografies amb MET (a dalt) i amb MES (a baix) monocromàtiques, tal com surten (imatges de l'esquerra) i amb fals color (imatges de la dreta). Imatges extretes del banc d'imatges de microscòpia: <http://lcelula.udl.es/> de Joan Ribera.

1.3 Captura i tractament de les imatges

1.3.1 Flux de treball estàndard

Per a poder treballar i utilitzar les imatges cal tenir-les en format electrònic. En el cas que ens ocupa, la captura pot ser directa o indirecta. És directa quan s'ha realitzat amb una càmera fotogràfica (que grava l'arxiu d'imatge a la

targeta de memòria de la càmera, en format JPG, TIFF o RAW), mentre que la indirecta és quan necessitem utilitzar un software d'edició per capturar l'arxiu d'imatge i passar-lo a l'ordinador (en format JPG, BMP o TIFF).

Si es grava en format JPG, que és un format de compressió, és preferible fer-ho amb la mínima compressió i també cal tenir present l'espai de color. Les càmeres utilitzades tenen dos espais de color possibles, el sRGB, que té l'avantatge de maximitzar la compatibilitat entre diferents perifèrics (ordinadors, impressores...) però l'inconvenient de tenir un espai de color més reduït que l'Adobe RGB (Mellado, 2006). En general, les imatges de càmera s'han agafat en sRGB, excepte quan es volien destinar a muntatges HDR (vegeu apartat 1.3.2).

Tan el software de les càmeres digitals com els de captura per ordinador (que acompanya a les càmeres Moticam i Educam) disposen de filtres per ajustar contrast i brillantor i altres paràmetres, però es preferible fer-ho posteriorment amb un bon programa d'edició d'imatge (com Photoshop o Gimp), ja que disposen de millors eines de correcció (Anon i Grey, 2005).

Abans d'utilitzar el material s'han de seguir uns passos pels quals ens assegurarem de que la imatge final obtinguda sigui la més real possible⁹.

- Calibratge del monitor: es pot considerar que en les pantalles digitals aquest aspecte no es tant important, però tot i així és millor portar-lo a terme. Es pot fer un calibratge per software (més senzill) o bé per hardware, utilitzant un instrument especial que s'acobla a la pantalla (Elisa Iglesias, 2006). Nosaltres hem utilitzat el primer sistema, concretament l'aplicació *Adobe Gamma*, que s'incorpora al panell de control de l'ordinador quan s'instal·la qualsevol versió del programa Photoshop. Tot el que hem de fer es iniciar el programa i seguir les instruccions que apareixent a la pantalla.

- Ajustaments de la càmera: les càmeres utilitzades (Nikon, Olympus, Canon) les tenim predeterminades de la següent manera: la mida de imatge és entre 6 i 10 MP, sRGB, JPG de mínima compressió d'arxiu (eventualment TIFF o RAW), ISO mínima (generalment 100), balanç de blancs AUTO, enfocament manual (eventualment autofocus dinàmic).

Per altra banda ens trobem amb les càmeres acoblades al microscopi i càmeres macro de braç flexible. Amb la càmera acoblada (Moticam) utilitzem el software *Motic 2.0 Image Plus*, amb el qual es poden fer captures de vídeo o fotogràfiques. S'ha d'utilitzar la màxima resolució ja que aquesta és una de les principals limitacions de la càmera. Aquest programa permet canviar les propietats de la imatge (contrast, lluminositat, filtres...), però és millor utilitzar després un programa d'edició com Photoshop per retocar aquests aspectes de la imatge, com ja hem comentat.

⁹ Utilitzant la informació del treball de recerca: *Tecnologia aplicada a la fotografia: el nou laboratori fotogràfic* (Elisa Iglesias Labrador, 2006).

- Ajustaments posteriors bàsics de la imatge: com hem dit abans, la imatge es pot ajustar utilitzant Photoshop. En primer lloc es revisa l'histograma on s'ajusten els nivells i si cal també el contrast i lluminositat de la imatge. Un dels principals problemes amb les imatges microscòpiques és la temperatura de color, ja que varia molt i gairebé sempre es requereix un ajustament (Figura 5).

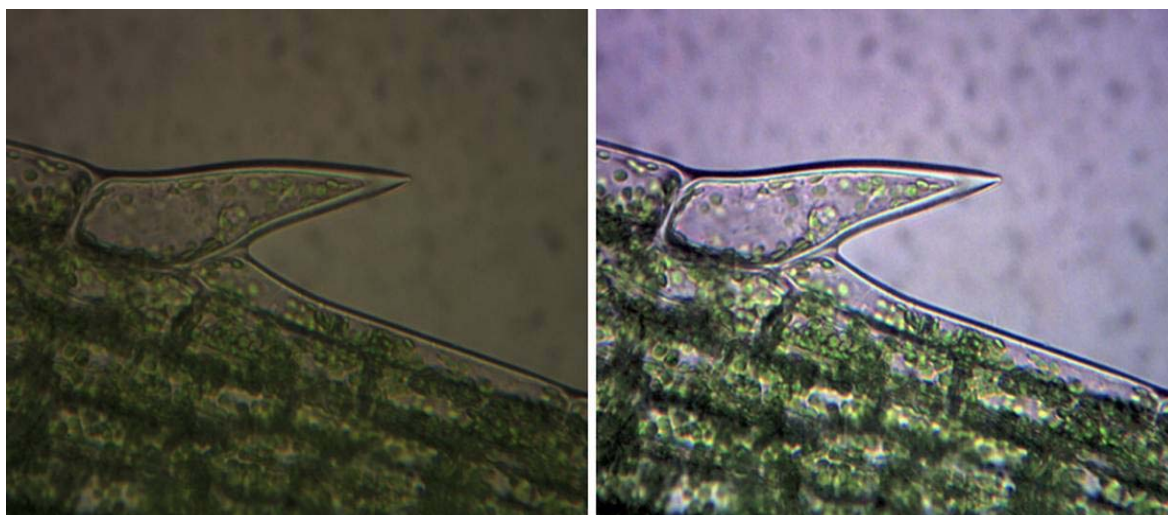


Figura 5. Exemple d'imatge abans i després d'ajustar l'histograma, contrast i lluminositat. La imatge correspon a una microfotografia (capturada amb la càmera Motic 3.0) de cèl·lules vegetals amb cloroplasts d'una planta aquàtica; els cloroplasts s'aprecien millor i s'assemblen més a la realitat en la imatge de la dreta, que coincideix amb el que s'observa quan mirem directament per l'ocular del microscopi.

Pel que fa als augments, en tot treball científic s'ha d'incloure el factor d'ampliació final o augments de la imatge, però ja hem comentat que aquest aspecte no s'ha considerat especialment important per aquest treball. En qualsevol cas, el càlcul de l'augment és el producte de totes les ampliacions realitzades fins arribar a la imatge final, és a dir, en el cas d'un microscopi òptic seria: augments de l'ocular per els augments de l'objectiu, igual als augments observats a través de l'ocular del microscopi. Però si la imatge es captura amb pantalla i s'imprimeix, també cal multiplicar per l'augment del factor d'augment de l'ampliació final.

Sovint, per tal d'evitar “perdre's” en el camí, el més adient és el d'incloure un segment amb les dades reals. En el cas dels microscopis electrònics més moderns el segment ja surt automàticament calibrat, és a dir, quan es canvia d'augment també ho fa el segment (longitud i unitats), altres vegades és necessari introduir manualment els augments a sobre del segment i en altres casos (com el nostre) s'ha de calibrar prèviament el microscopi amb unes preparacions patró introduint les dades en el programa de captura, tenint en compte els augments de l'objectiu que s'està utilitzant.

1.3.2 Fotografia d'alt rang dinàmic (HDR)

La fotografia d'alt rang dinàmic, coneguda com HDR, és aquella que fa possible l'exposició perfecta, obtenint així imatges captivadores i fascinants.

Consisteix en fusionar dues o més imatges preses en diferents exposicions i ajuntant-les de manera que quedin totes les llums i ombres equilibrades. El que es pot aconseguir amb aquesta tècnica és realment espectacular com es pot comprovar si es consulta el manual de Ferrel McCollough¹⁰, un dels millors especialistes en aquesta tècnica.

Des dels primers temps de la fotografia, el fotògraf pretenia reflectir la realitat tal i com la veia, però es va donar compte de les limitacions de les càmeres. Els paisatges reals tenen el potencial de mostrar enormes rangs de llum, en canvi les lents, ordinadors o LCD no són capaços de captar-los en la seva totalitat. La llum exterior pot tenir un valor d'exposició de fins a 17 EV¹¹ i els nostres ulls poden veure valors de fins a 20 EV (si els hi donem temps d'adaptació suficient als canvis de lluminositat). Aquests valors són molt més elevats que els que poden captar les càmeres analògiques i digitals, o mostrar les pantalles dels monitors o les impressions de les millors impressores fotogràfiques (Figura 6). Gràcies a la fotografia HDR els fotògrafs d'avui en dia, poden registrar imatges amb rangs de llum incomparables.

Tipo de visualización o captura	Rango Dinámico	Puntos
Exterior soleado	100.000:1	17EV
Ojo humano	1.000.000:1	20EV (adaptación a largo plazo)
Película de negativo	1.000:1-2.000:1	10EV-11EV
Monitor de ordenador	500:1	9EV
D-SLR	300:1	6-8EV
Impresión en papel satinado de alta calidad	200:1	7.6EV
Cámara digital compacta	100:1	6.6EV
Impresión en papel satinado de calidad media	100:1	6.6EV
Película de diapositiva	64:1	6EV
Impresión en papel mate de alta calidad	50:1	5.6EV

Figura 6. Relació entre rang dinàmic i valors d'exposició de diferents tipus de visualització i captura (extret de McCollough, 2009).

¹⁰ Ha publicat les seves fotografies en *Nature's Best Magazines*, *Nikon World Magazine*, *Smithsonian Natural History Museum*. HA rebut el prestigiós *Nature's Best Photography Award*.

¹¹ El valor d'exposició (EV) és un número enter que correspon a la lluminositat de l'escena, de manera que EV=0 quan l'exposició correcta és 1s a f/1.0. Un increment de EV de un (1 EV) és el mateix que un punt f/ i es refereix a la meitat o al doble de la quantitat de lluminositat. Quant més alt sigui el valor d'exposició, major serà la lluminositat de l'escena (McCollough, 2009)

El rang dinàmic es refereix a la variació en la lluminositat entre les àrees més clares i les més obscures d'una escena. L'HDR és el procés en el que es fan varies fotografies d'una mateixa escena amb diferents nivells d'exposició i després es fusionen les imatges en un sol arxiu per maximitzar el rang dinàmic de l'escena capturada (Figura 7).



Figura 7. Exemple de fotografia HDR. Es veuen les tres fotografies realitzades a l'esquerra en diferents exposicions i finalment la combinada, en gran, a la dreta. Imatge de www.worldpressphoto.com

Cada imatge que contribueix a la fotografia d'alt rang dinàmic fina, ofereix informació important sobre l'escena: les imatges subexposades capturen detalls de les llums i les sobreexposades capturen el detall de les ombres.

El mapeig de to és el procés d'escalat d'un nou arxiu HDR de 32 bits des d'un rang dinàmic que conté informació de la lluminositat del món real a un rang dinàmic inferior que pot mostrar-se en els nostres ordinadors i impressores.

Després de fer les fotografies necessàries per donar lloc a la fotografia HDR, normalment tres, una en subexposició, una en exposició normal i la última en sobreexposició, utilitzem, en aquest cas, Photoshop CS2. Obrim la pestanya d'arxiu, *automatitzar* i *combinar per HDR* (Figura 8). Escollim les imatges que volem combinar i automàticament et surt la imatge HDR final on es pot variar la lluminositat i altres paràmetres.

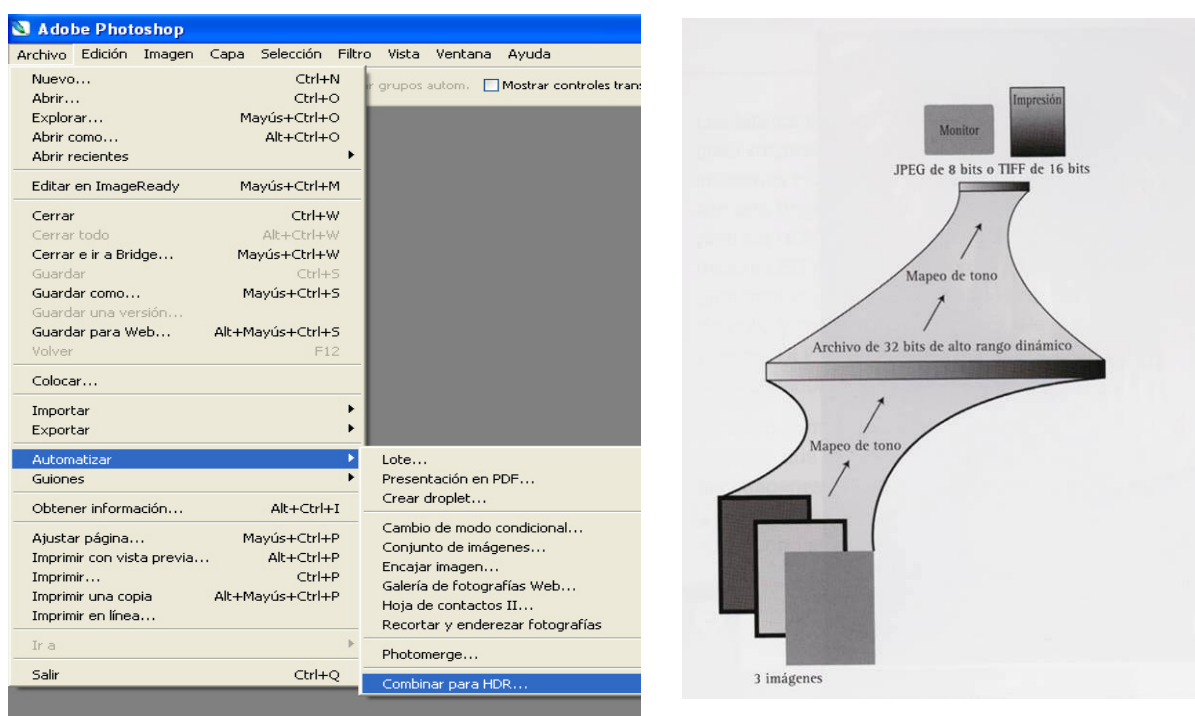


Figura 8. A l'esquerra una captura de pantalla de Photoshop on es veu com s'ha de portar a terme l'HDR. A la dreta el flux de treball HDR comença amb la fusió de varies exposicions en un arxiu HDR de 32 bits. Després de fusionar les imatges, s'utilitza el mapeig de to per a disminuir l'arxiu a un rang dinàmic que es pugui comprimir.

L'HDR però, com tot, té limitacions. En el cas del HDR, el moviment és la seva principal limitació. Ja que aquest sistema requereix fer 2 o més fotografies d'un mateix motiu i sobreposar-les, per tant, si el subjecte està en moviment, no es podrà fer una fotografia utilitzant aquests sistema, ja que la imatge final quedarà moguda

Les imatges HDR es guarden utilitzant diferents noms d'arxiu, sent els més populars: RadianceeRGBE (.hdr) i OpenEXR (.exr). El RadianceeRGBE és un format de 32 bits, en canvi l'OpenEXR comença amb 48 bits i després es

redueix a 32 bits durant el processat. Aquests dos formats no produeixen canvis ni pèrdues en la imatge.

El format HDR es capaç d'expressar lluminositat en un rang molt més ampli que altres formats d'arxiu i pot aconseguir el que es coneix com valors de lluminositat de punt flotant¹².

En realitat no es pot aplicar la fusió d'HDR a qualsevol tipus de captura. Es necessita una resolució mínima per a poder combinar les imatges. Per exemple, nosaltres no podem aplicar-ho a les imatges captades amb la càmera moticam a través de lupes i microscopis, perquè la resolució de la càmera no és prou elevada.

1.3.3 L'enfocament compost

Una de les principals característiques en fotografia d'aproximació, macrofotografia i microfotografia és que a mida que ens apropem al subjecte o incrementem els augments, la profunditat de camp disminueix dràsticament. En certs motius, com els insectes, l'ideal és que estiguin enfocats totalment, el que implica la major profunditat de camp possible. A diferència d'altres fotografies, com en les flors silvestres entre la vegetació, en que el que interessa és disminuir la profunditat de camp per aïllar el motiu principal de l'entorn.

Sembla que el mètode més obvi per augmentar la profunditat de camp sigui el de reduir l'obertura, i encara que la qualitat de la imatge baixi una mica es veu compensada per un increment de la nitidesa. Però, reduir l'obertura implica allargar el temps d'exposició, de manera que el moviment de la càmera i del motiu poden convertir-se en un problema. Per altra banda, l'opció de l'obertura mínima no és molt adequada perquè sorgeixen problemes relacionats amb la difracció. Però fins i tot la mínima obertura esdevé insuficient a distàncies macro essent del tot impossible fotografiar objectes amb volum amb una nitidesa absoluta.

Aquí és on l'anomenat *enfocament compost* pot convertir-se en una solució espectacular per ampliar la profunditat de camp (Freeman, 2008); encara que en realitat no haurem millorat la profunditat sinó que realitzarem una composició amb un efecte final semblant.

Aquesta tècnica implica fer una sèrie de fotografies, cada una amb l'enfocament centrat en una part diferent de l'objecte. Després es sobreposen per capes amb Photoshop i s'esborren les zones desenfocades de cada capa. Si

¹² El punt flotant es tracta del punt on el tipus d'arxiu arriba, és a dir, si parlem d'un arxiu JPEG, només podrem veure 8 bits, en canvi si utilitzem un arxiu més complex podem arribar a veure 32 bits amb el format HDR. D'aquesta manera amb l'arxiu JPEG ens perdem part de la imatge. Aleshores el punt flotant és aquell punt on està situada la imatge (en bits).

la seqüència es planifica i s'executa correctament, el resultat de la imatge composta és un grup de zones nítides que encaixen entre si sense que es notin els punts d'unió (Figura 9).

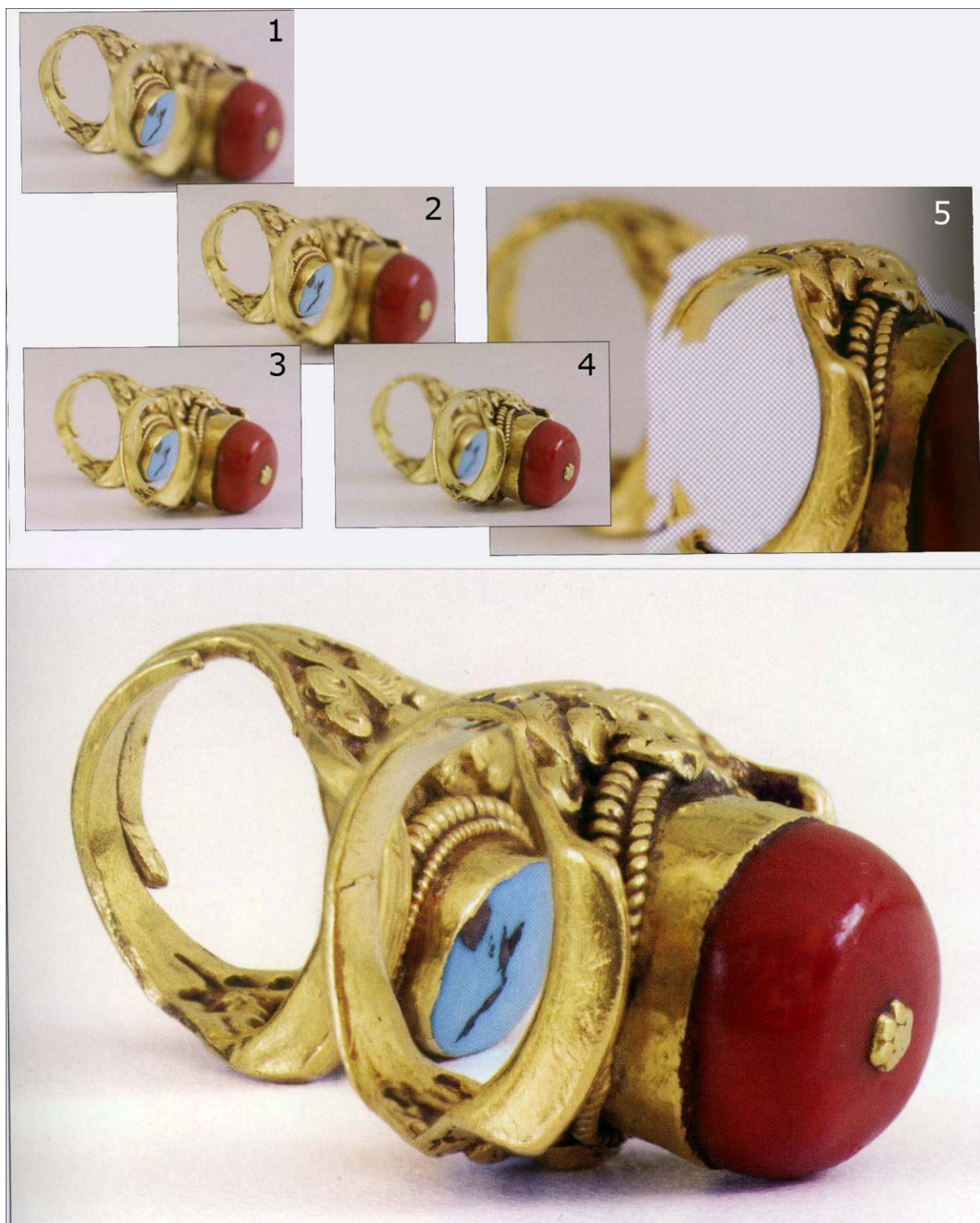


Figura 9. Tècnica d'enfocament compost. Es seleccionen diversos punts d'enfocament del mateix objecte (1 a 4) i es superposen en capes diferents i ordenades totes les imatges, i es van eliminant les zones menys enfocades de cada una (5). Finalment s'acobla la imatge per obtenir el resultat final amb la imatge perfectament enfocada en tot el seu recorregut (imatge inferior ampliada). (Extret de Freeman, 2009).

El procediment, però, és totalment manual i a la pràctica no és tan senzill com sembla (vegeu apartat 2.1.2.8).

1.4 Material utilitzat

En aquest treball he utilitzat bàsicament tres càmeres rèflex digitals, una de particular (Nikon D80) i dues de l'Escola (Olympus E330, Canon 40D) i tres objectius: Objectiu Macro Tamron 90 mm f/2.8 1:1 (per la Nikon D80), Objectiu Macro Olympus Zuiko 50 mm 2.0, 1:2 de gamma professional (per la Olympus E330) i un objectiu Canon EF-S 17-85 IS USM (muntat en la Canon 40D). Cal tenir en compte en quina càmera s'han muntat els objectius perquè la distància focal assenyalada és la de l'objectiu si anés muntat en una càmera de format complet (equivalent al format de 35 mm de les càmeres analògiques).



Figura 10. Càmera Olympus E-330. Les seves característiques: rèflex digital, amb pantalla Live View (visió en temps real) d'alt contrast, abatible, i amb lupa d'augment, la fan especialment apropiada per a la macrofotografia, sobretot quan es combina amb l'objectiu Zuiko Digital Olympus Macro 2.0 de 50 mm. (Figura extreta de Alba Soria, 2008).

Les tres càmeres aquí esmentades no són de format complet (sinó inferior) i cal aplicar un factor multiplicador¹³ (Alba Soria, 2008), que no és el mateix per

¹³ La manera més exacte de trobar el factor multiplicador consisteix en dividir la diagonal d'un fotograma de 35 mm (43,3 mm) per la del sensor. Un cop tenim aquest valor, només ens falta multiplicar-lo per les distàncies focals inscrites a la part frontal de l'objectiu i obtindrem les distàncies focals equivalents a 35 mm.

cada càmera, per tal d'obtenir la *distància focal equivalent* (dfe), que és la que tindria l'objectiu si la imatge es veiés en un fotograma de 35 mm. Els factors multiplicadors són 1,5x, 2,0x i 1,6x, per la Nikon D80, la Olympus 330E i la Canon 40D, respectivament. De manera que l'objectiu Tamron de 90 mm té una dfe de 135 mm, l'Olympus de 50 mm una de 100 mm i el zoom Canon 17-85 equival a un zoom 27,2-136 mm. Els dos objectius macro són els que s'han fet servir per macrofotografia, mentre que el zoom Canon s'ha utilitzat més en les sortides i registre d'esdeveniments, aprofitant la facilitat que dóna tenir en un mateix objectiu des de gran angular fins a tele-objectiu (i també una funció macro, però de menor qualitat que els altres dos, que són veritables objectius macro).

Una gran avantatge per a fotografia d'aproximació, en la que la profunditat de camp és mínima i el tema de l'enfocament un aspecte crític, és la de disposar de *live view* (visor en temps real), amb lupa d'enfoc i pantalla abatible. Només la Olympus E330 aconsegueix els tres requisits (Figura 10), la Canon disposa de visor en temps real i lupa d'enfoc, però no té pantalla abatible; la Nikon, com en la majoria de rèflex digitals, el visor de la pantalla no és en temps real i per tant no serveix per enfocar la imatge a través seu.

Una altra diferència de les càmeres utilitzades és la proporció entre llargada i altura en la imatge final; Nikon i Canon presenten una proporció de 3:2 (com en les càmeres analògiques de 35 mm), mentre que Olympus fa servir una proporció de 4:3. Aquest fet dificulta els muntatges quan s'han de combinar imatges de formats diferents (Figura 11).



Figura 11. Diferències entre les proporcions d'imatge 3:2 (esquerra), corresponent a les càmeres rèflex digitals Nikon i Canon utilitzades i la proporció 4:3 característica de les rèflex digitals de la marca Olympus (a la dreta).

Les dues posicions més diferenciades són les de teleobjectiu i gran angular. La primera té una distància focal llarga que permet veure objectes des d'una posició llunyana amb un angle de visió reduït. Així s'aconsegueix l'efecte que les distàncies siguin menors del que són en realitat. En el gran angular hi ha una distància focal curta que capta l'escena amb un angle més obert que fa l'efecte que els personatges estiguin més allunyats del que estan. També

provoca distorsions com l'engrandiment dels espais o l'exageració de perspectiva.

El zoom també pot ajudar a ampliar o reduir l'angle i les dimensions del subjecte sense modificar la distància de la càmera. Finalment, l'objectiu macro permet la filmació clara i fidel dels objectes més petits. No en crea distorsió i es pot fer servir per crear plans de detall.

D'objectius macro n'existeixen en les diferents focals de 50, 60, 90, 100, 180 i 200 mm (Alamany, 2001). Els de 50 i 60 mm es poden utilitzar tan per fotografiar un paisatge com per un detall. No obstant, la seva curta distància focal obliga a apropar-se molt al subjecte. Per tant, no és molt pràctic quan el subjecte és un petit animal, ja que l'aproximació pot fer que l'animal s'escapi. També té la desavantatge de que a l'apropar-se molt es generen ombres dificultant la il·luminació del flash.

Per altra banda els objectius amb major distància focal, 90 i 100mm, disminueixen aquests desavantatges o els anul·len quasi del tot, donant també una perspectiva més natural a les fotografies.



Figura 12. A l'esquerra objectiu macro Tamron 90 mm, f/2.8 1:1. A la dreta Objectiu macro Olympus 50 mm, f/2.0 1:2. (Imatge extreta d'Alba Soria, 2008).

Cal tenir present la distància focal equivalent ja comentada; de manera que l'objectiu macro Tamron 90 mm muntat en la càmera Nikon (amb un factor multiplicador d'1,5) esdevé un objectiu de 135 mm i el Zuiko Olympus de 50 mm (muntat amb una Olympus 330, amb factor de multiplicació de 2x) es transforma en un objectiu de 100mm. Aquesta major distància focal, sobretot el macro Tamron, m'ha permès realitzar macrofotografia d'insectes i altres petits organismes a una distància considerable (vegeu apartat 2.1.2).

1.4.1 Càmeres de vídeo amb objectius *macro*

Es tracta de càmeres de vídeo que permeten l'enfocament de molt a prop i actualment disposem de dos models, el destinat a l'observació directa (connectat directament a una pantalla de TV o d'ordinador), que anomenarem càmera lliure (amb peu i braç flexible) i el destinat a capturar les imatges de lupes binoculars i microscopis, que anomenarem càmera acoblada.



Figura 13. Estació de microfotografia al laboratori de biologia de l'escola on s'indiquen els dos tipus de càmeres de vídeo amb objectiu macro utilitzades: Moticam acoblada a la lupa binocular (A) o al microscopi (A'), connectada a l'ordinador, i càmera Optika de braç flexible (B) connectada a la pantalla de televisió, en la que podem veure el motiu ocupant tota la pantalla.

1.4.1.1 Lliures (amb peu i braç flexible)

La càmera lliure és idònia per la seva comoditat. Parlem d'una càmera amb un braç flexible que pot anar connectada a l'ordinador o a la televisió. És molt fàcil el seu ús, es tracta de col·locar l'objectiu a prop del subjecte que es vol veure o capturar (imatge fixa o de vídeo, quan va acoblada a l'ordinador) i ajustar el seu enfocament de forma manual amb l'anell d'enfocament de l'objectiu (Figura 13B).

Gràcies a la seva comoditat i disposició és ideal per mostrar subjectes de la natura als nens més petits, ja que és més entenedor aquest sistema d'apropament al subjecte, que no pas el que s'hi ha d'intercalar un microscopi (vegeu apartat 5).

1.4.1.2 Acoblades a lupes i microscopis

La càmera acoblada a les lupes i microscopis utilitzada en el treball és la Moticam 1000 1,3 MP, USB 2.0 (Figura 13A-A'). Aquesta càmera permet capturar les imatges (estàtiques o de vídeo) amb una resolució acceptable (i

sensiblement superior a la Moticam 352 ja comentada) des del microscopi o lupa binocular a l'ordinador (via port USB), a través d'un tercer ocular (un ocular específic per acoblar-hi la càmera). L'enfocament no concorda del tot amb el que es veu amb els oculars frontals, de manera que s'ha de fer mirant la imatge per la pantalla de l'ordinador (això sol requerir la presència de dues persones per realitzar les captures). Aquesta càmera és ideal per fer fotografies microscòpiques, ja que el resultant és de bona qualitat; pel que fa a la lupa binocular té l'inconvenient de perdre la visió en relleu (vegeu següent apartat).

1.4.2 Lupes binoculars i microscopis

La lupa binocular –també anomenada estèreomicroscopi o microscopi estereoscòpic– no ens augmenta tan els objectes petits com el microscopi, però ens permet veure els seus detalls en relleu.

Podem triar el tipus de llum: incident i/o transmesa. En les observacions que fem amb la lupa binocular és molt important el relleu que se'ns mostra. Amb la lupa binocular podem aconseguir de 10 a 40 augments en les mostres a estudiar amb l'ocular de 10 augments fix i l'objectiu zoom progressiu d' 1 a 4 augments (alguns arriben a més augments).

La característica bàsica és que té un sistema doble de formació d'imatges amb l'objectiu esquerre i l'objectiu dret –que des de fora no es veuen– i, de la mateixa manera, un ocular esquerre i un altre dret. Així la imatge que arriba a cada ull ha recorregut camins, si bé molt semblants, diferents –és a dir lleugerament desviats–, la qual cosa crea una sensació de relleu en superposar-se les dues imatges al cervell. Així ens ofereix un efecte tridimensional (d'aquí el nom d'estèreomicroscopi).



Figura 14. Lupa binocular vista superior (esquerre) vista inferior de la lupa amb els seus quatre objectius, 2x i 4x, i les llums incidents (LEDs en aquest cas). A la dreta, visió inferior obliqua per apreciar millor els dos objectius que s'utilitzen simultàniament.

Cal tenir present que, quan la imatge passa a l'ordinador mitjançant la càmera connectada a la lupa, aquest efecte 3D es perd; la imatge queda en 2D i desapareix el relleu que abans teníem en veure directament per la lupa, ja que la càmera va connectada només a un ocular.

La lupa binocular consta d'un sistema òptic, una part mecànica i un sistema d'il·luminació:

Sistema òptic:

- *Oculars* –dret i esquerre- Recullen i amplien la imatge aportada pels objectius, de manera que l'augment total és el producte dels augments respectius dels objectius i dels oculars.
- *Objectius* –dret i esquerre- Inclïnats en direccions divergents respecte a l'eix vertical de l'aparell, formaran imatges lleugerament divergents, responsables de la sensació de relleu esmentada.

Part mecànica:

- *Cargol d'enfocament*: En moure'l, puja i baixa la part òptica, amb la qual cosa s'aconsegueix la distància correcta entre l'objectiu i l'objecte.
- *Base o peu de sosteniment de l'aparell*.
- *Platina*: Cercle pla de plàstic on es col·loca l'objecte. Tenim tres tipus de platines: blanca, negra i translúcida. Utilitzarem una o altra en funció de poder aconseguir sempre un contrast adequat entre l'objecte i el fons. Les platines negra/blanca són per treballar amb cossos opacs. La platina translúcida és per a les preparacions que habitualment utilitzarem amb la llum transmesa –llum de sota.
- *Pinces de la platina*: Serveixen per a la fixació de l'objecte. Si les dimensions d'aquest ho exigeixen, es poden retirar.
- *Capçal rotatori* –360°– dels oculars. Ens permet girar els oculars i fixar-los amb un cargol de fixació. Palanca d'orientació de la llum incident

Sistema d'il·luminació: *Llum incident*: Des de dalt per a un cos opac. La podem dirigir amb la palanca d'orientació sobre l'objecte a observar. *Llum transmesa*: De sota cap amunt per a un cos transparent o translúcid.

En quant al microscopi òptic, cal concedir especial atenció a determinats components com són l'objectiu, l'ocular, el condensador i la platina metàl·lica, que és mòbil. La lent principal del microscopi és l'objectiu (a diferència de les lupes binoculars, que és l'ocular). La seva capacitat d'ampliació va gravada en la muntura. La qualitat principal de l'objectiu és la capacitat de revelar els detalls. La lent secundària d'un microscopi és l'ocular, que amplia la primera imatge i la projecta a l'ull o la pantalla de l'ordinador. Un altre element òptic (però que no repercuteix en l'augment de la imatge) és el condensador, una lent situada sota la platina que concentra la llum i fa que convergeixi vers la mostra. L'últim component essencial és la platina mecànica, necessària per a el control precís de l'objecte i la composició de la imatge.

Els objectius de més augment són poc lluminosos, és a dir, necessiten una potent font de llum per a poder veure a través seu (de la mateixa manera que els teleobjectius, si els comparem amb els objectius curts). La raó és simple: la llum ha de travessar més gruix de vidre. De manera que, a part de més llum, cal concentrar-la més (pujant el condensador). Això té un efecte directe

sobre la temperatura de la mostra, que pot augmentar perillosament en cas de que realitzem observacions vitals (microorganismes i cèl·lules vives). És per això que els microscopis òptics moderns incorporen llum freda.



Figura 15. Per diferenciar externament un microscopi òptic (esquerra) d'una lupa binocular (dreta) ens hem de fixar amb la platina mòbil (amb un forat central) i el revòlver amb 4 o 5 objectius, ambdós exclusius del microscopi òptic; per la seva part, la lupa binocular utilitza dos oculars i dos objectius alhora que li confereix característiques estereoscòpiques úniques. (En la imatge també es pot observar una càmera acoblada al tercer ocular del MO).

Sovint es confonen els microscopis i les lupes binoculars. Externament (Figura 15) la principal diferència entre un i altre sistema òptic és la presència de revòlver (amb 4 o 5 objectius) i platina mòbil amb un forat central en el microscopi, que no són presents en les lupes binoculars. Les diferències més importants, però, fan referència al tipus d'observació i als augments.

Els microscopis binoculars també permeten mirar amb els dos ulls, la qual cosa fa més còmoda i més detallada l'observació i facilita fer observacions prolongades. Tanmateix, la sensació de relleu és limitada (només s'intueix per la baixíssima profunditat de camp) pel fet que hi ha un únic objectiu, després del qual la imatge és separada en dues, cadascuna d'elles dirigida a un ocular diferent. En canvi, en el microscopi estereoscòpic, com hem vist, hi ha dos objectius i dos oculars, de manera que les imatges que arriben als ulls són lleugerament diferents (les zones observades són lleugerament desplaçades) i es produeix, en conseqüència, una visió estereoscòpica.

Altres diferències són que la lupa binocular utilitza una platina fixa que és opaca o transparent. Pel contrari, la platina utilitzada al microscopi òptic és mòbil amb un forat per permetre el pas de la llum fins la preparació que descansa a sobre de la platina. Aquesta a més a més es mòbil, ja que és el sistema disponible per enfocar la imatge, mitjançant els cargols macromètric i micromètric.

Una de les principals diferències entre aquests dos sistemes d'observació són, com ja hem dit, els augments. Pel que fa a la lupa els augments de major ampliació estan situats a l'ocular i, en combinació amb els de l'objectiu, permeten, segons el model, de 10 a 80x (entre 20 i 40 els més habituals). En canvi el microscopi òptic arriba des dels 50 fins als 1500x. En certa manera podem considerar, en relació als augments, que el microscopi comença on acaba la lupa binocular (malgrat l'existència d'un cert solapament).

1.4.3 Material auxiliar (trípodes, suports, llums...)

A part del material òptic explicat (càmeres, lupes i microscopis), sovint s'utilitzen altres instruments complementaris com trípodes, llums, flashos...

El trípode és una eina molt important per a la fotografia d'aproximació, ja que a mà alçada és quasi impossible mantenir enfocat un detall correctament sense moviment (com s'ha explicat a l'aparat 1.3.3). Els trípodes utilitzats són de diversos tipus¹⁴, amb uns angles d'obertura de les potes ampli i barra transversal, aspectes molt importants per a la macrofotografia, ja que sovint s'ha de fotografiar molts a prop del subjecte. Tenim dos trípodes d'aquestes característiques; un dels models és portàtil (més petit i lleuger) i és el que ens emportem en les sortides, i l'altre, més pesant i estable, és el que utilitzem a l'escola.

També són necessàries les llums fredes quan volem realitzar fotografies d'estudi o quan volem incrementar la llum per a fotografiar certs motius a la lupa binocular, o senzillament quan els llums incorporats no són suficients.

¹⁴ Trípode Manfrotto 055 Pro amb la ròtula 804 RC2 i trípode Manfrotto 190x PROB i ròtula de bola 485 RC2 (material, al igual que les càmeres i objectius ja esmentats, adquirits a càrrec dels diners dels premis de fotografia de cursos anteriors.)

2. Fotomacrografia (fotografia “macro”)

2.1 Amb càmera rèflex i objectiu macro

2.1.1 Metodologia

La fotografia digital és un tema molt interessant, en el que sempre es poden aprendre coses noves. En aquest cas les fotografies presentades en aquest treball mantenen l'enquadrament original¹⁵ i no són fruit de cap retall amb cap programa com Photoshop, de manera que quan es presenten “diversos graus d'ampliació” d'un mateix motiu, aquests diferents graus corresponen a captures individuals diferents.



Figura 16. Muntatge de la càmera Olympus E330 amb trípode al laboratori de biologia. Es pot veure en la pantalla LCD de la càmera el subjecte en temps real (*live view*).

Tots aquests processos s'expliquen en els corresponents apartat d'aquest treball (1.3.2 i 1.3.3). Essencialment Photoshop¹⁶ ha estat el programa per excel·lència del treball, ja que evidentment les fotografies s'han editat amb aquest, però l'únic retoc d'imatge que s'ha aplicat, si ha fet falta, ha estat l'ajustament dels nivells, la màscara d'enfocament i el contrast. D'aquesta manera tots els efectes que s'observin en les fotografies presentades responen únicament a la manera en com s'ha utilitzat la càmera i les llums en l'instant de fer les fotografies. Ja hem comentat (vegeu apartat 1.3.1) que un

¹⁵ És una exigència del meu tutor (perquè m'acostumi a enquadrar correctament).

¹⁶ He descobert la potència d'aquest programa amb aquest treball.

ajustament posterior és imprescindible en microfotografia (Figura 5), bàsicament pel problema de les llums.

Una part de les fotografies exposades en aquest treball, almenys les de càmera reflex amb objectiu macro, han estat realitzades al Massís del Garraf, concretament a Begues. Les fotografies fetes amb lupa i microscopi òptic, han estat realitzades íntegrament al laboratori de biologia de l'escola amb les càmeres citades anteriorment. Totes, o gairebé totes, les macrofotografies han estat realitzades amb trípode i amb llum natural.

A part de realitzar macrofotografies en estil “estàndard”, he realitzat alguns projectes, utilitzant tècniques fotogràfiques tals com l'HDR i l'enfocament compost (vegeu apartats 1.3.2 i 1.3.3). Ja que quan parlem de la fotografia macro o fotomacrografia, la profunditat de camp esdevé molt baixa. La tecnologia digital permet reduir aquesta desavantatge, al permetre fusionar diverses fotografies en una sola.

Cal dir, que una part important del temps que he dedicat a aquest treball ha consistit en aprendre el funcionament de la càmera reflex i l'objectiu macro, provant diferents ISO, velocitats, llums,... Fins entendre una mica més el procés per intentar aconseguir obtenir unes macrofotografies digitals correctes des del punt de vista metodològic.

2.1.2 Projectes

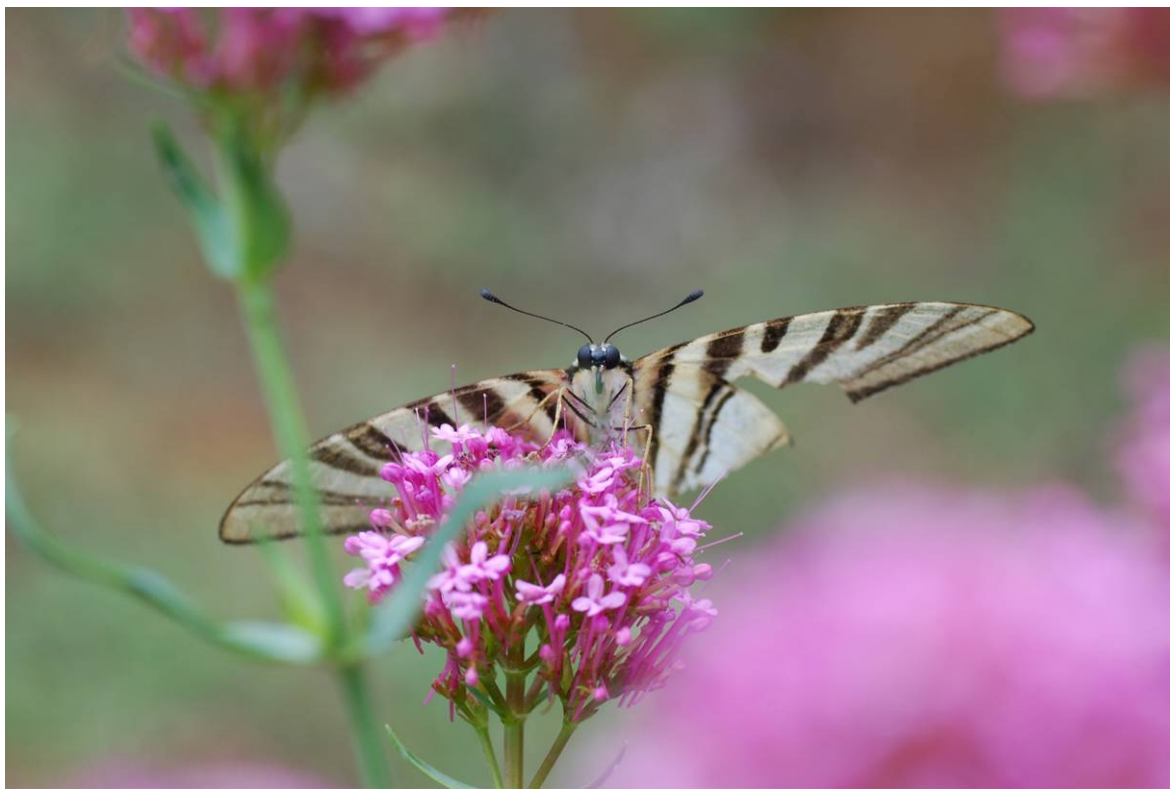
En aquest apartat es presenten diferents tipus de projectes. En primer lloc (apartat 2.1.2.1) havia de fer un reportatge fotogràfic d'augment o reducció seqüencial que inclogués una captura macro (de la fotografia general al detall o a l'inrevés). En aquest cas s'ha escollit un reportatge que hem anomenat “flocs” i que hem considerat més oportú el model de reducció, perquè està més d'acord amb la realitat. Durant el mes de maig el terra del pati de l'escola i els seus voltants s'omplen d'una mena de cotó fluix que la més lleugera brisa manté en suspensió a l'aire. Començant amb una imatge de ben a prop hem anat retrocedint i seguint la pista fins trobar l'origen d'aquests flocs. En segon lloc (2.1.2.2), es presenten imatges d'un mateix indret, amb seqüència de moviment, a proximitat macro (*Pol·linització*); en tercer lloc (apartat 2.1.2.3), indrets que es fan visibles aixecant un tros de fusta o una pedra del terra (*Micromons amagats*); en quart lloc (2.1.2.4) es planteja una qüestió biològica (*Hibridisme o simple variabilitat intraespecífica?*); en cinquè lloc (2.1.2.5) es mostra una teranyina i com l'aranya fa servir cada pota de sensor per controlar les preses que hi queden atrapades (*Sensibilitat a les potes*) i en sisè lloc (apartat 2.1.2.6), un magnífic exemplar d'*Anax imperator* que va entrar a la classe de 2n d'ESO i varem capturar i adormir (*Libèl·lula*).

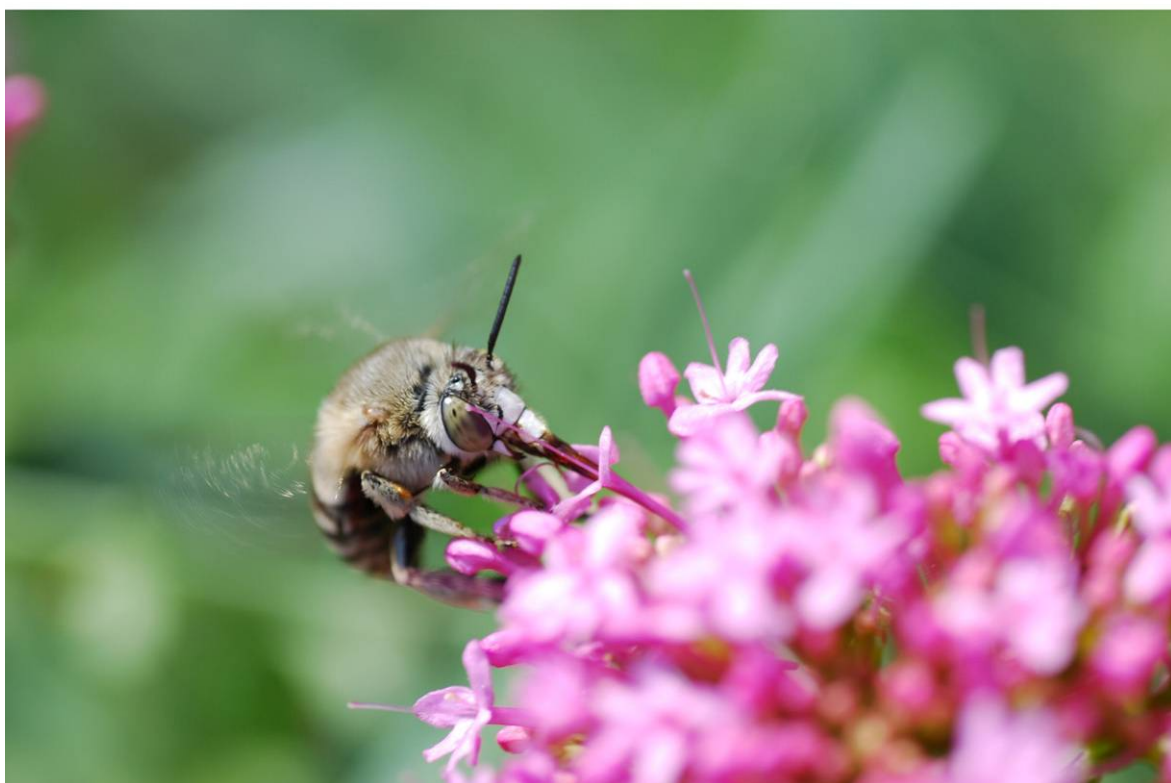
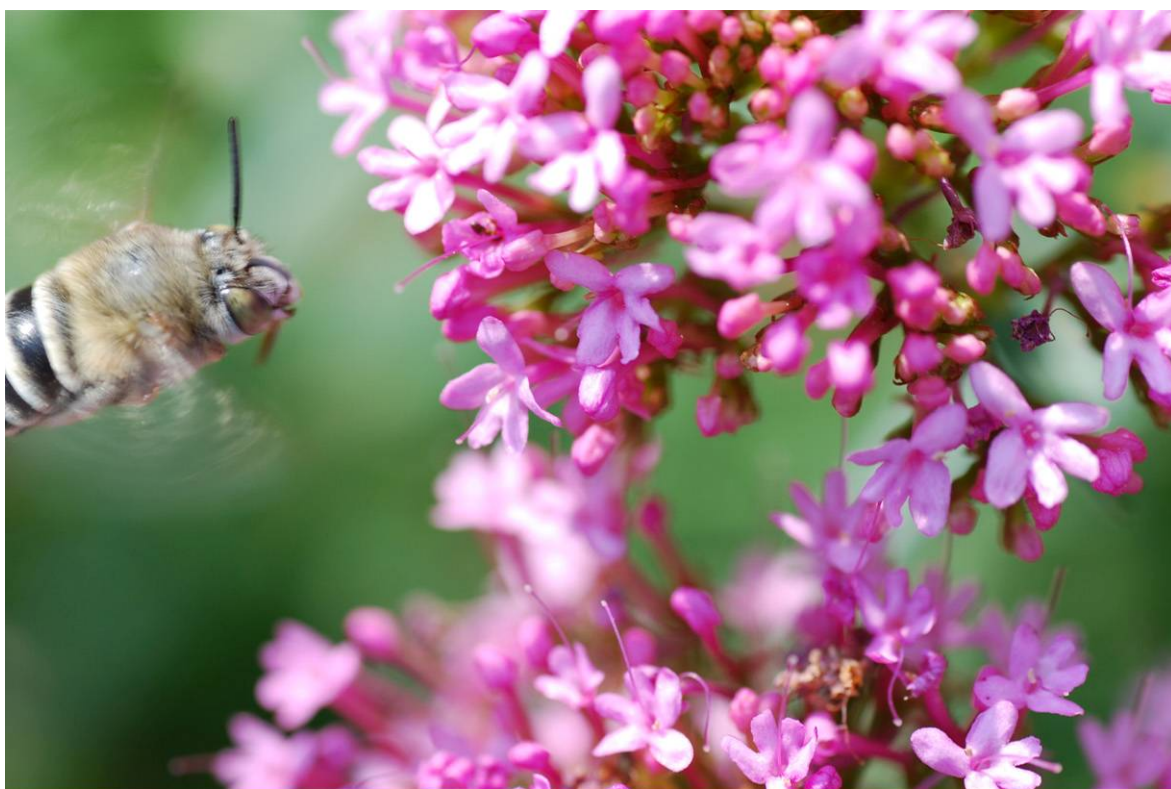
Els dos projectes tècnics, *HDR* i *Enfocament compost*, també s'han portat a terme en aquest apartat de macrofotografia i corresponen, respectivament, als apartats setè (apartat 2.1.2.7) i vuitè (apartat 2.1.2.8).

2.1.2.1 Floccs



2.1.2.2 Pol·linització



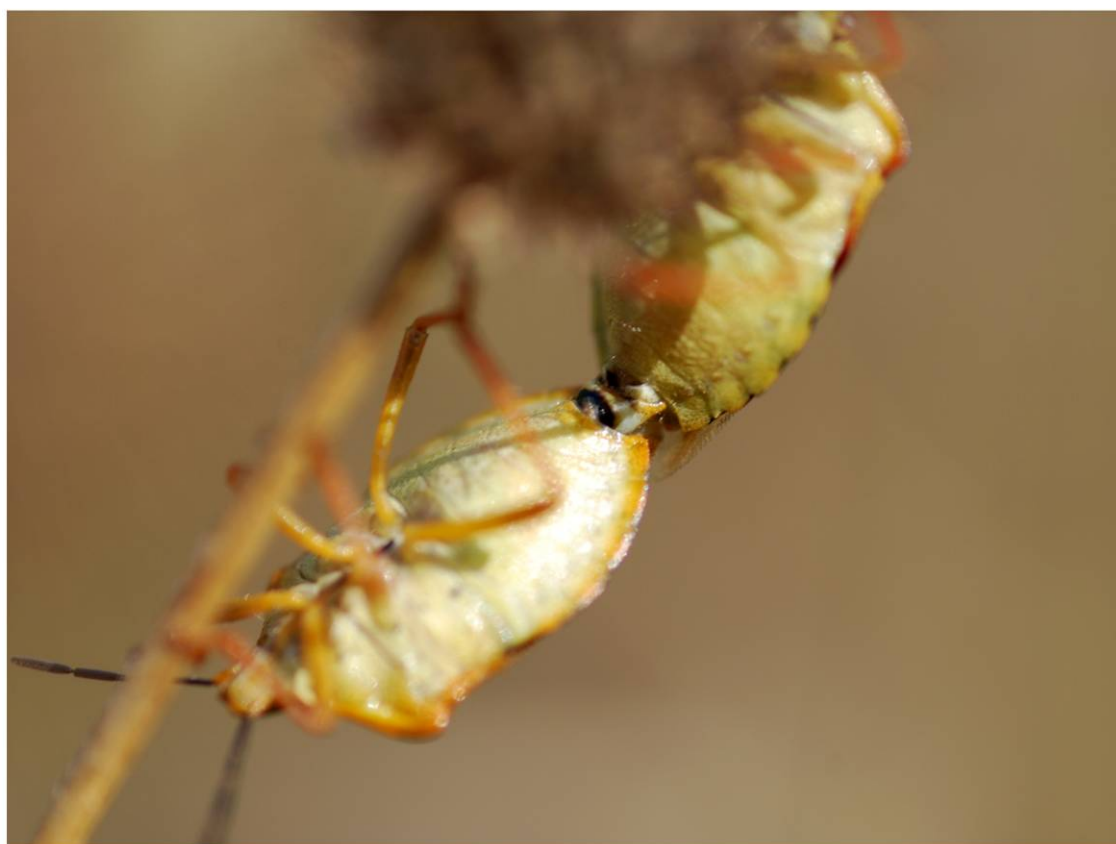


2.1.2.3 *Micromons* amagats

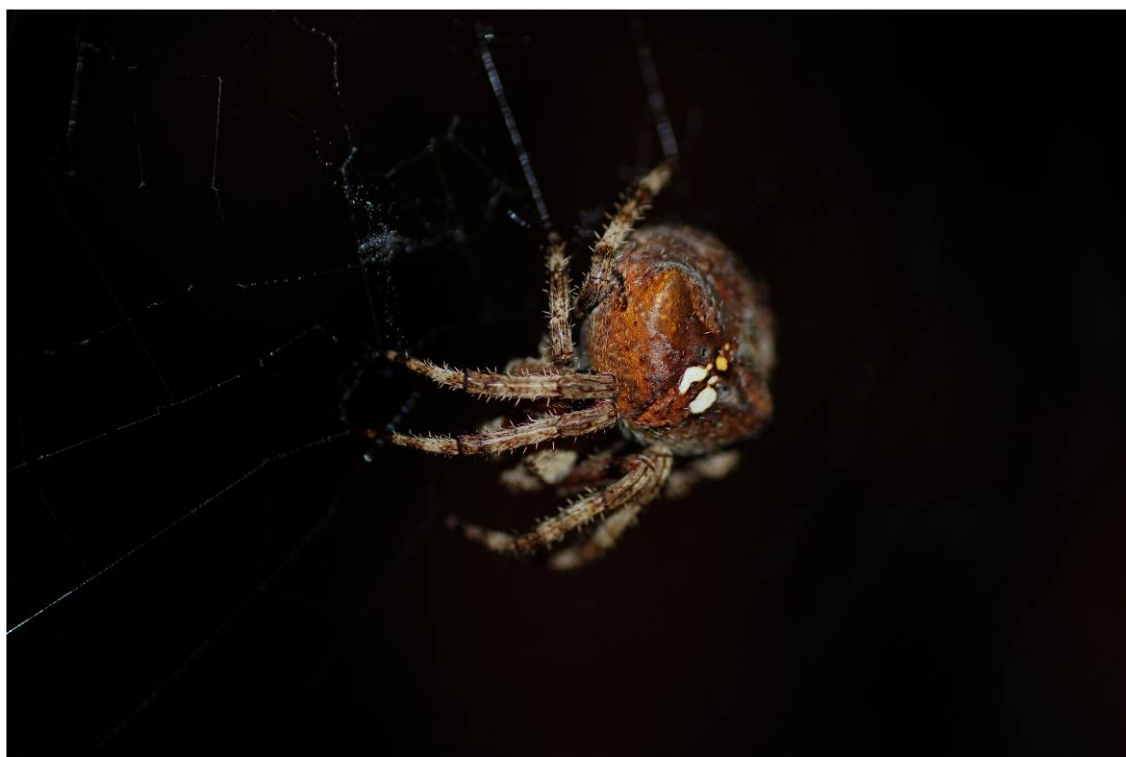
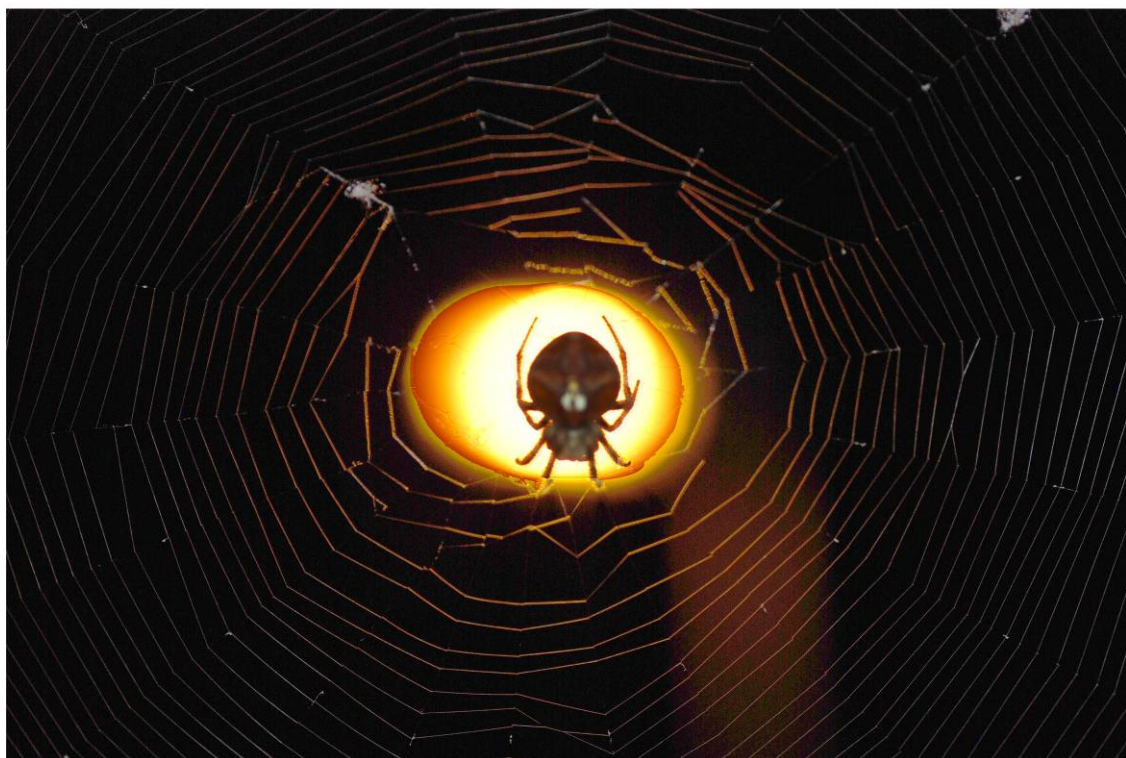




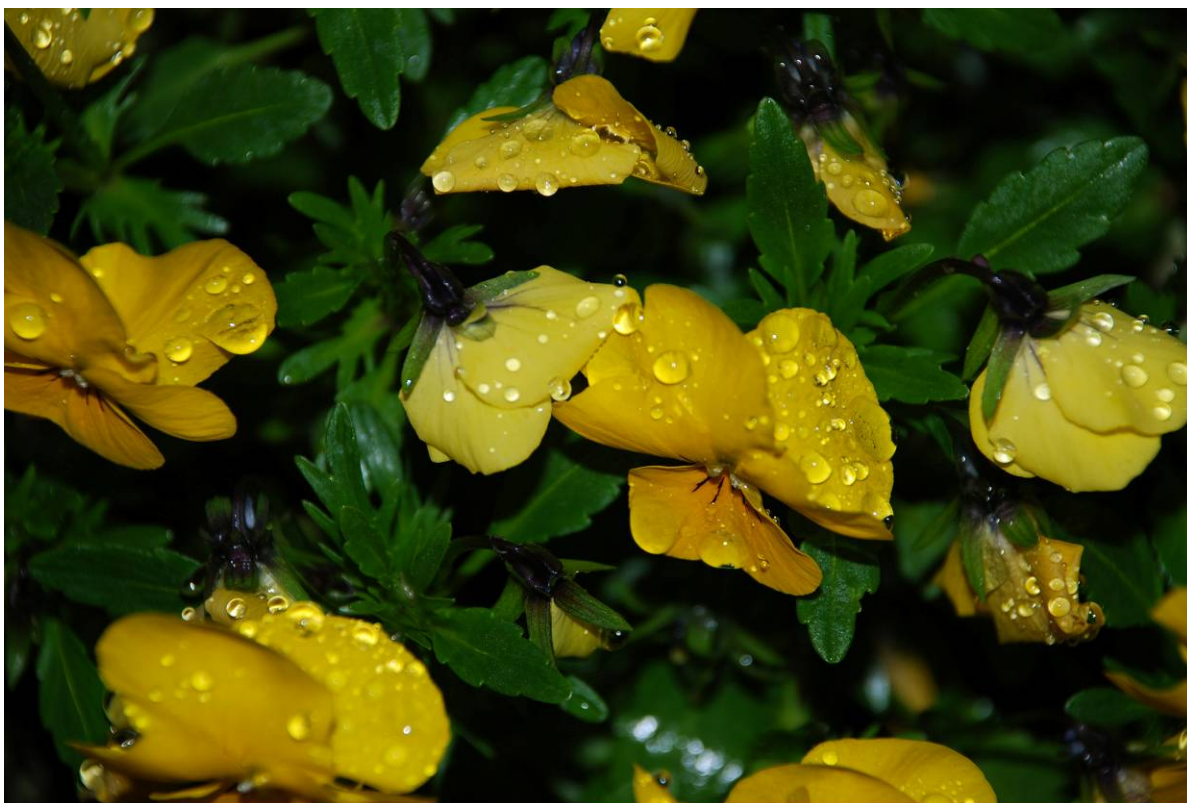
2.1.2.4 Hibridisme o simple variabilitat intraespecífica?

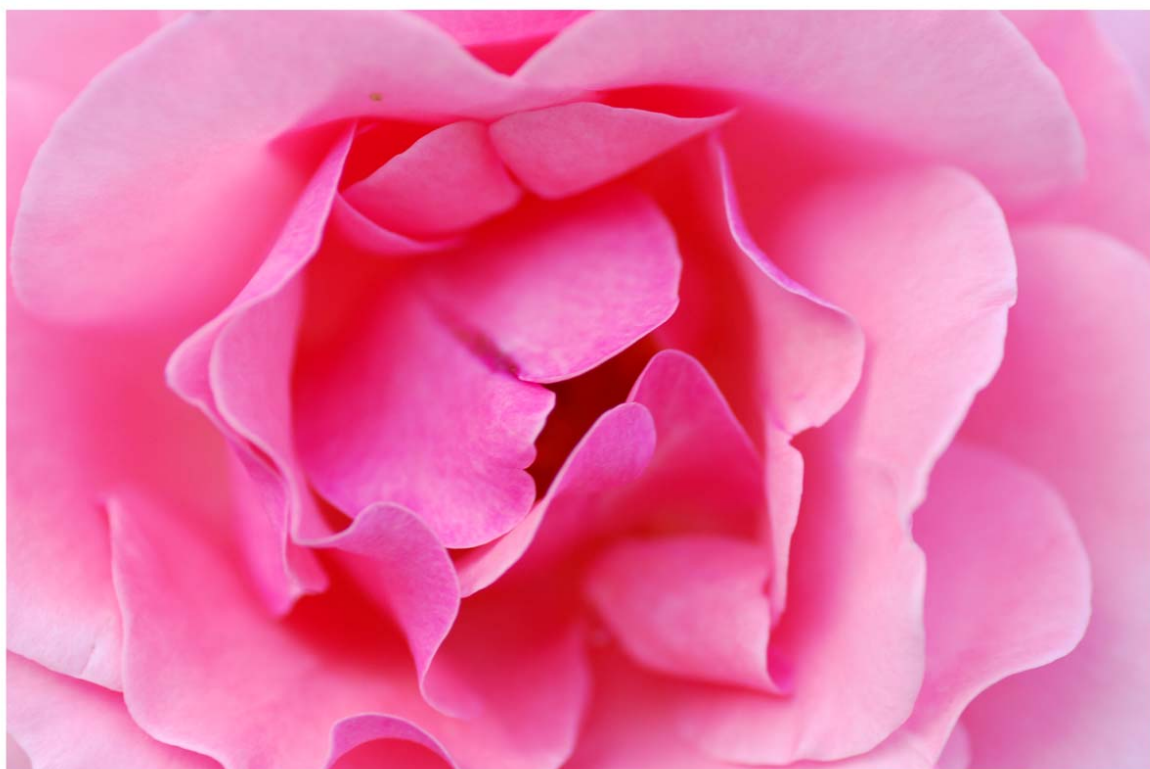


2.1.2.5 Sensibilitat a les potes



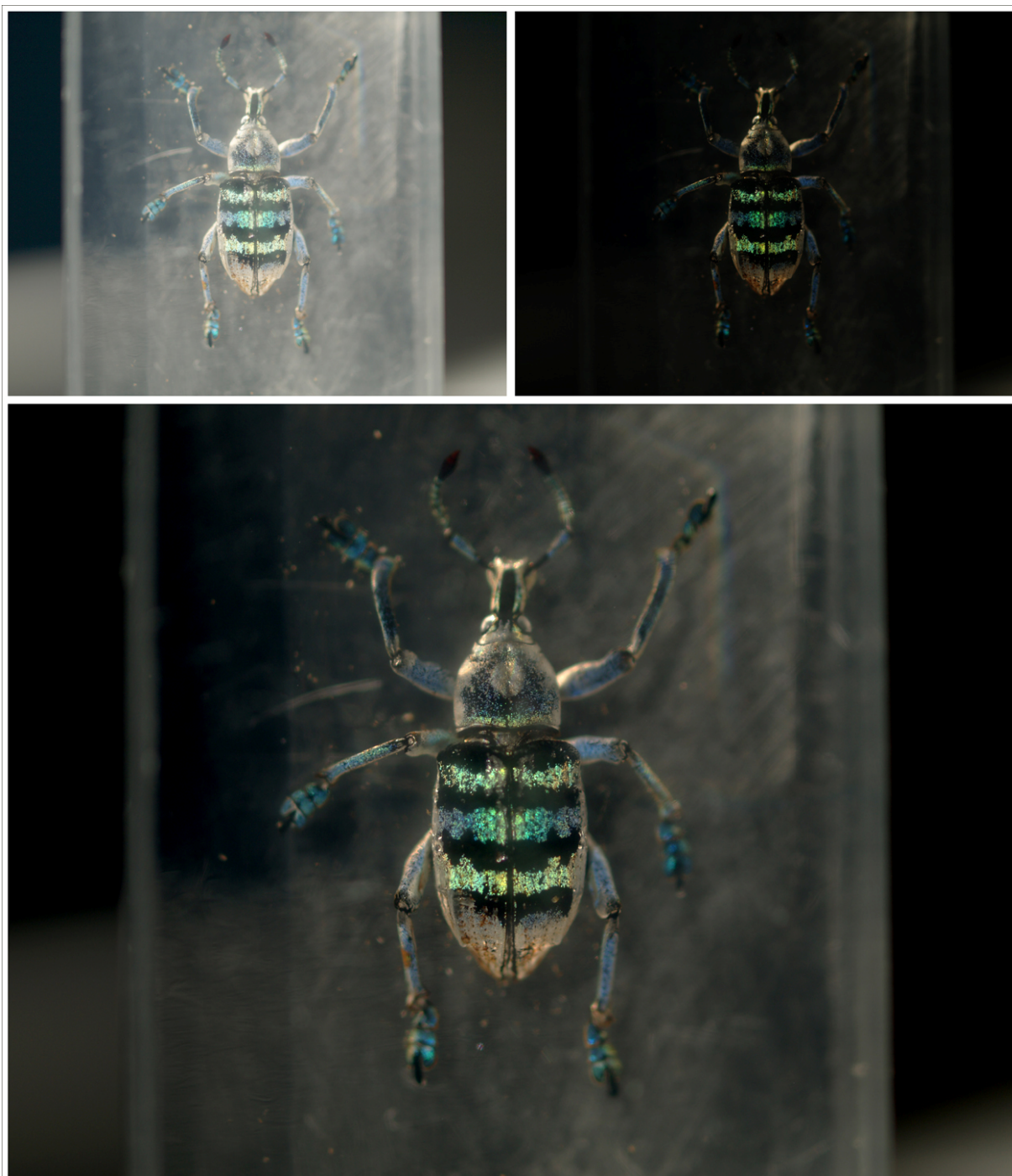
2.1.2.6 Textures vegetals





2.1.2.7 HDR

En aquest muntatge he utilitzat trípod i he fet dues fotografies del mateix motiu i des del mateix lloc, una sobreexposada en +2EV (imatge superior esquerra) i una altra de subexposada en -2EV (a la dreta). A baix, en gran, el resultat de combinar les dues imatges (vegeu apartat 1.3.2). A la pàgina següent, el mateix procediment amb un altre insecte.





2.1.2.8 Enfocament compost

A partir de tres fotografies diferents d'un ascidi de *Nepenthes* (planta carnívora), obtingudes seleccionant tres punts d'enfocament, s'ha intentat realitzar un muntatge superposant les imatges en Photoshop (vegeu apartat 1.3.3), amb l'objectiu d'augmentar la profunditat de camp de la imatge final.



El procés de composició de la imatge final va ser més difícil del que m'esperava i el resultat, malgrat que globalment satisfactori, presentava imperfeccions en un parell d'indrets difícils de dissimular.

3. Fotomicrografia

3.1 Amb lupa binocular

3.1.1 Metodologia

Per aconseguir les fotografies a la lupa binocular utilitzarem la càmera acoblada Moticam MC-1000 connectada a l'ordinador.

Si volem veure un organisme, com per exemple una abella o una aranya, primer haurem d'agafar-lo i posar-lo en una placa de petri. Com que un animal es mou molt, prèviament l'adormirem utilitzant la càmera narcòtica fins que es quedi totalment quiet¹⁷, i el tornem a col·locar a la placa de petri per a la seva observació¹⁸. Farem les fotografies a través de la lupa mitjançant el software de captura de la càmera, però hi ha un seguit de complicacions. El subjecte a fotografiar ha d'estar completament pla, ja que així es podrà enfocar millor. D'altra banda, l'enfocament i la ubicació del subjecte s'ha de fer mirant la pantalla de l'ordinador, i com que la càmera inverteix les imatges, és a dir, que es veuen a l'inrevés de com es veuen en directe, és bastant complicat centrar-la. Però també és qüestió de pràctica.

3.1.2 Projectes

Sempre és molt impactant veure imatges de detalls d'insectes, organismes petits... Es presenten una sèrie d'imatges d'insectes i superfícies biològiques on es poden veure detalls ampliat amb gran nitidesa.

S'han seleccionat majoritàriament organismes corrents per als projectes d'aquest tipus de càmera, pensant ja en la seva utilització per part dels nens de parvulari i primària (vegeu apartat 5). En concret, un escarabat verd de brillantor metàl·lica iridiscent (apartat 3.1.2.1), una vespa (apartat 3.1.2.2), un mosquit tigre (apartat 3.1.2.3), una aranya (apartat 3.1.2.4), un abellot (apartat 3.1.2.5) i una libèl·lula (apartat 3.1.2.6). Tots aquests organismes (excepte l'escarabat, que està conservat en metacrilat) s'han agafat i s'han adormit per poder-los fotografiar, després s'han deixat en una capsa-terrari i un cop ben desperts s'han alliberat (excepte la vespa, que va despertar abans d'hora i va desaparèixer... fins que va aparèixer uns dies després, com expliquem més endavant).

Un dels micromons que he trobat més interessants és el de l'interior d'un ascidi de planta carnívora (teníem un exemplar de *Nephentes alata* al laboratori). Aquesta planta va ser estudiada a fons el curs passat en el marc

¹⁷ i traient-lo de seguida de la càmera per tal d'evitar una sobredosi d'anestèsia que podria resultar fatal per l'organisme.

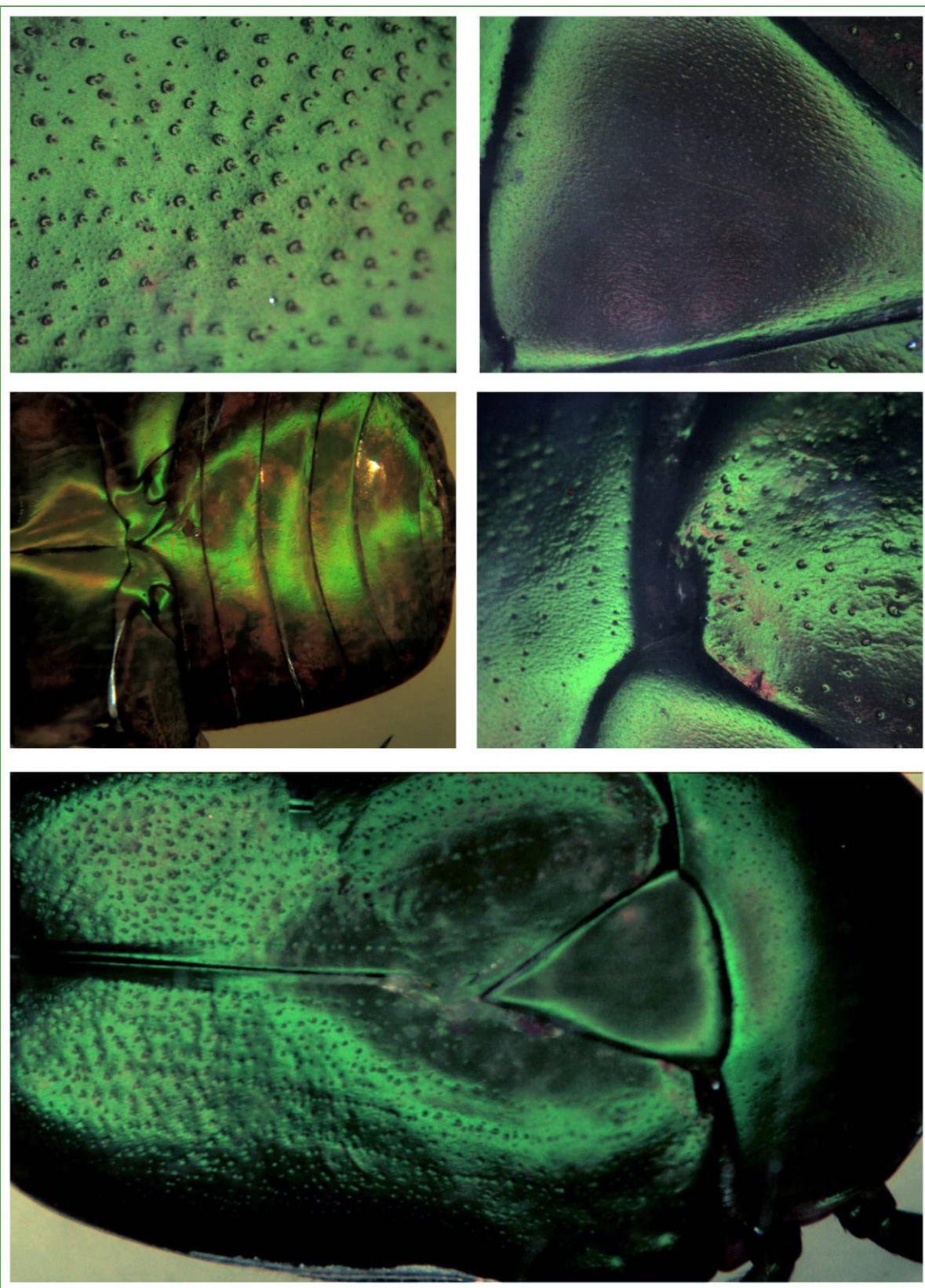
¹⁸ Aquí tampoc es pot tenir molt de temps perquè les llums esclafin (sobretot si són de tipus incandescent).

d'un treball de recerca de batxillerat (Laura Pascual, 2009), tan pel que fa a la seva biologia com al contingut dels ascidis en condicions exteriors (la planta estava al Pati de les tortugues). Nosaltres volíem esbrinar si la seva acció insectívora era també efectiva a l'interior (laboratori de biologia). La manteníem amb bona il·luminació (banc de llum) durant el dia i la regàvem regularment amb aigua poc mineralitzada. Després de dos mesos passàrem a analitzar el seu contingut. Per fer-ho vam abocar el contingut de cada ascidi en una placa de petri i passàrem a observar-ho a ull nu i ho fotografiàrem amb objectiu macro (de càmera i de videocàmera) i a través de lupa binocular (només es presenten les imatges d'aquest últim sistema de captura).

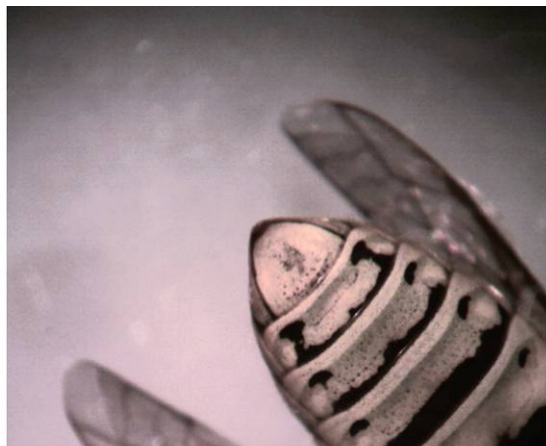
Els resultats van ser molt interessants, ja que en la majoria d'ascidis hi trobàrem insectes, formigues, aranyes envoltades per un fong (que sembla que ajuda en la funció digestiva). Aquí tenim una petita anècdota. Un dels dies d'observació agafàrem una vespa i l'adormírem (com hem explicat més amunt). Després d'una bona estona, quan estàvem a punt d'acabar la sessió de fotografies amb la lupa binocular, se'ns va caure la placa de petri i la vespa -que ja estava ben desperta- va desaparèixer i no varem aconseguir trobar-la.

Al cap d'uns dies va ser quan es va dur a terme aquest projecte de la planta carnívora, i en un dels ascidis, com es pot observar en el projecte del contingut de planta carnívora (vegeu apartat 3.1.2.7), hi trobàrem una vespa morta. Creiem que es tracta de la mateixa vespa, entre altres raons perquè encara estava força ben conservada (la digestió externa de l'ascidi no havia tingut gaire temps d'actuar).

3.1.2.1 Escarabat



3.1.2.2 Vespa



3.1.2.3 Mosquit tigre



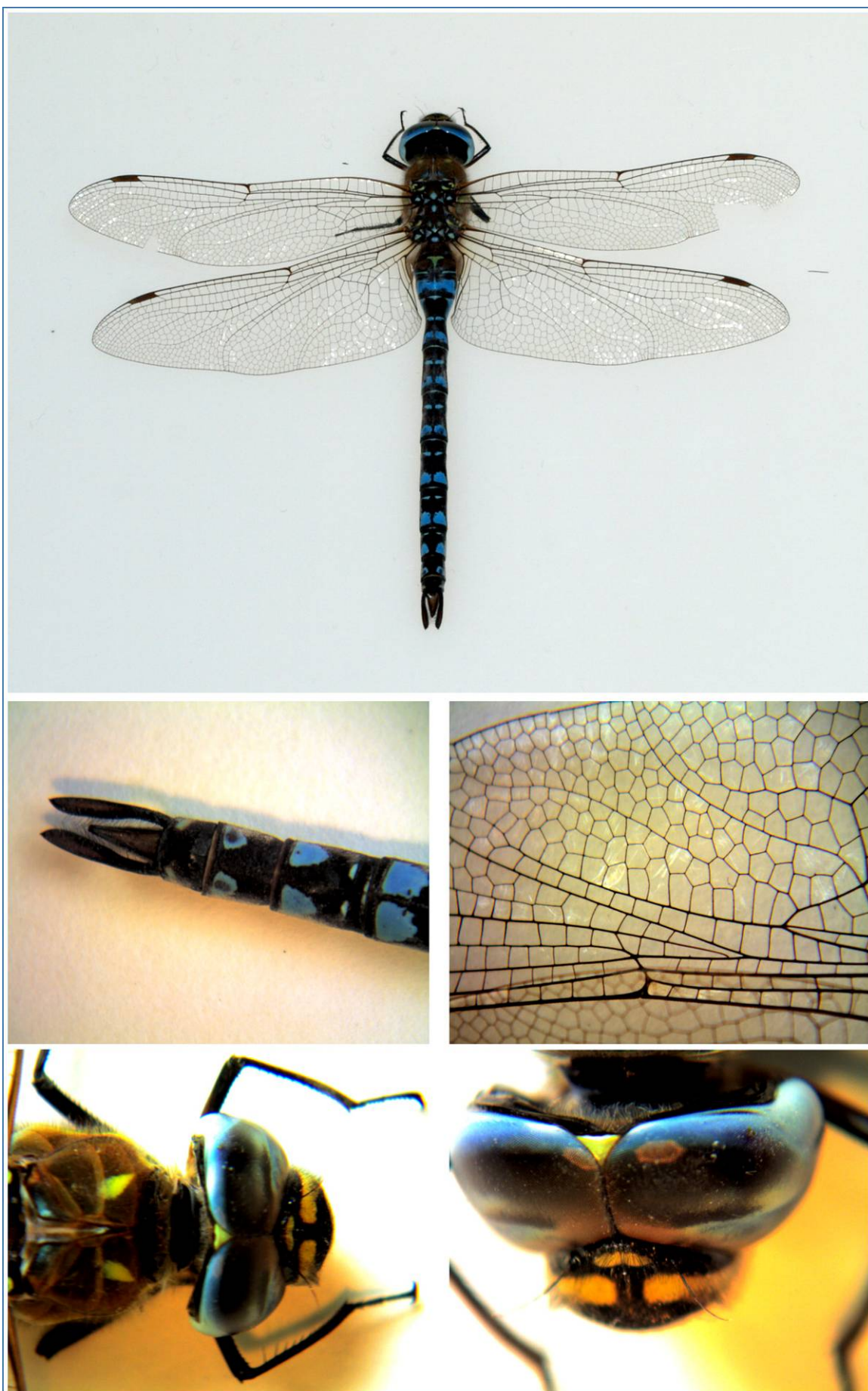
3.1.2.4 Aranya



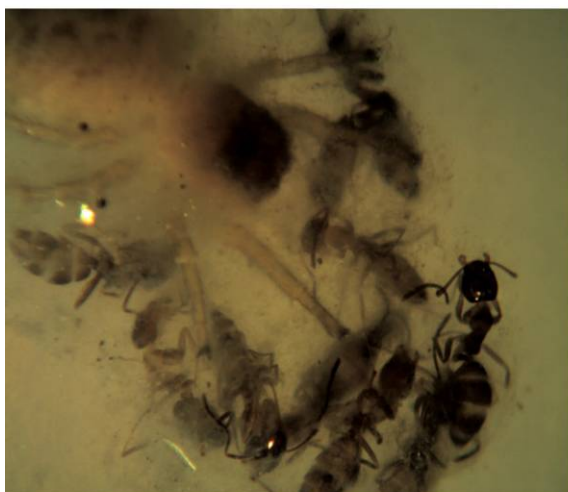
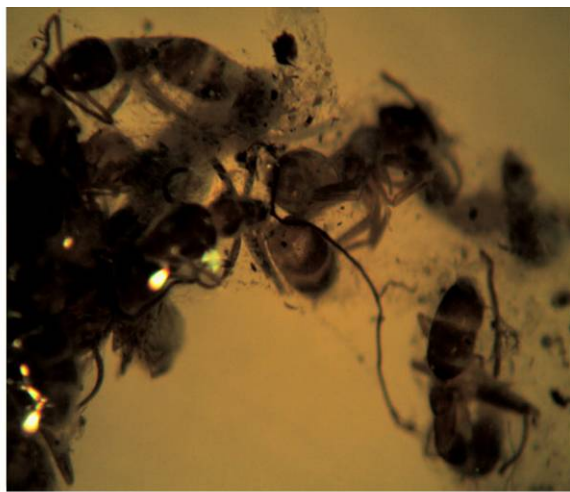
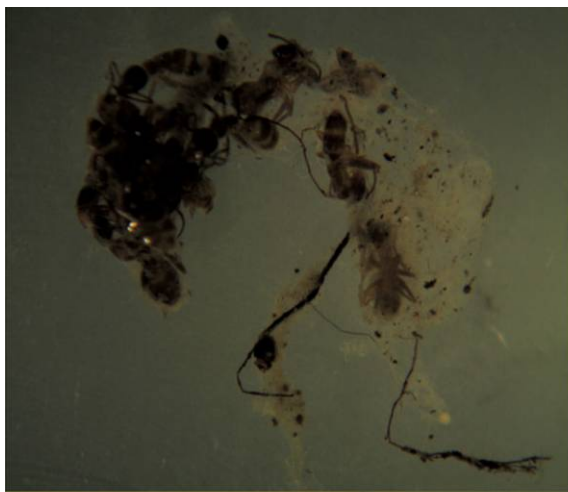
3.1.2.5 Abellot



3.1.2.6 Libèl·lula



3.1.2.7 Contingut de la planta carnívora



3.2 Amb microscopi òptic

3.2.1 Metodologia

Fotografiar a través del microscòpic òptic no és tan directe ni senzill com a través de la lupa binocular que, com acabem de veure, l'objecte a observar es posa en una placa de petri o directament, sinó que s'ha de fer una preparació (vegeu apartat 1.2). Aquesta preparació consta de col·locar el subjecte en el portaobjectes i després col·locar-hi el cobreobjectes, ja que d'aquesta manera la mostra queda més aplanada i l'enfocament és millor; en altres casos, com passa amb l'observació de les cèl·lules sanguínies, no es fa servir cobreobjectes.

Vaig decidir realitzar dos tipus de projectes amb el microscopi, un d'observació vital (organisme o teixits vius) i un altre de preparació fixada. Vaig escollir per al primer una fulla de planta aquàtica (*Elodea canariensis*) de les que hi ha al basal del pati de les tortugues i per al segon una mostra fixada i tenyida de la meua sang. També havia de comparar els resultats de dues càmeres de diferent resolució fent servir el mateix motiu: un pèl (tricoma) d'arbre argentat (*Eleagnus angustifolia*).

La primera preparació, la de la planta aquàtica, és la més senzilla de realitzar, perquè n'hi ha prou d'agafar un fragment de fulla i situar-lo entre portaobjectes i cobreobjectes, muntat en aigua. Es van capturar imatges estàtiques i també de vídeo perquè hi descobríem un moviment citoplasmàtic (vegeu apartat 3.2.2 i Discussió).

La preparació de sang s'ha fet mitjançant la tècnica d'extensió o frotis (Durfort, 2006), que consisteix en posar una gota de sang a l'extrem d'un portaobjectes i amb l'ajut d'un segon portaobjectes, col·locat amb una inclinació de 45 graus sobre el primer, retrocedir fins arribar a tocar la gota de sang i estendre-la “estirant” la gota cap a l'extrem oposat del portaobjectes que fa de base¹⁹. D'aquesta manera s'aconsegueix tenir les nombroses cèl·lules sanguínies individualitzades, una al costat de les altres. Un cop tenim la mostra amb l'extensió de sang podríem observar els eritròcits (glòbuls rojos) perquè tenen color, però no podríem observar els leucòcits (glòbuls blancs) perquè són transparents. Per a poder-los observar es fan servir uns determinats colorants (àcids i bàsics) que tenyeixen tan els nuclis com el citoplasma, de manera diferencial, depenent del tipus de leucòcit. Precisament l'afinitat a aquests colorants és el que els hi dona nom. Així tenim, d'entrada, que els leucòcits es divideixen en dos grups, segons si presenten grànuls tenyits en el seu citoplasma (sèrie granulosa) o bé no en presenten (sèrie agranulosa) a l'aplicar-hi els esmentats colorants. Els primers, al seu torn, es classifiquen en acidòfils o eosinòfils (nucli blau marí, presència de granulacions

¹⁹ En aquesta adreça es pot veure una animació del procés d'extensió o frotis de sang: http://www.ac-creteil.fr/biotechnologies/doc_hematology-bloodsmear.htm

vermelles i citoplasma blau cel), basòfils (nucli vermell, presència de granulacions molt fosques) i neutròfils (nucli blau marí, citoplasma rosat i granulacions vermelloses). Pel que fa a la sèrie no granular, n'hi ha dos tipus, els monòcits (nucli violeta i lobulat, i citoplasma blau cel), que són els leucòcits més grans, i els limfòcits (nucli violeta i esfèric, i citoplasma blau cel) els més petits.

Existeixen diversos preparats comercials per a la tinció de sang que incorporen tots els reactius i colorants (Durfort, 2006). Nosaltres hem utilitzat el kit de tinció ràpida de Grifols (Figura 17).



Figura 17. Material utilitzat per a l'observació de sang al microscopi. En primer terme, llanceta d'un sol ús (a l'esquerra) i dos portaobjectes (dreta). Al mig, els tres reactius (d'esquerra a dreta): fixador, colorant 1 (acidòfil) i colorant 2 (basòfil) i aigua, procedents d'un Kit de preparació ràpida per a mostres de sang (al fons). Es diu així, perquè la mostra de sang només ha d'estar submergida 5 segons a cada reactiu (5 immersions successives en cada un).

Per la preparació del tricoma d'*Eleagnus angustifolia*, primer de tot vaig agafar una fulla d'aquest arbre i amb l'ajuda d'un portaobjectes vaig rascar els pèls microscòpics que entapissen tot el revers de la fulla i li donen un color platejat (d'aquí el nom d'argentat), dipositant-los a sobre d'un segon portaobjectes. Per saber amb quin tipus de muntatge es veuria millor la mostra vaig repetir el procés anterior quatre vegades: en sec i observació directa, en sec i tapat amb cobreobjectes, muntat amb aigua i cobreobjectes, muntat amb glicerina i cobreobjectes. En un portaobjectes vaig deixar els pèls tal i com havien caigut

de la fulla, en el segon vaig cobrir-ho amb un cobreobjectes. Amb unes altres dues els hi vaig tirar una gota d'aigua, a un cobrint-ho amb un cobreobjectes i l'altre sense. Finalment les dues finals els hi vaig posar una gota de glicerina amb cobreobjectes i sense. D'aquesta manera vaig arribar a la conclusió que els pèls d'*Elagnus angustifolia* es veuen millor al microscopi òptic sense aigua, però fent servir un cobreobjectes. Ja que a l'aigua o a la glicerina hi ha la desavantatge de que l'aire que hi queda atrapat es veu com les típiques bombolles d'aire (amb marge negre). Si no fos per aquest inconvenient, el millor mètode seria el del muntatge amb glicerina (la imatge es veu més nítida).

Cal dir que en aquest projecte de pèls “estrellats” d'arbre argentat es fa una comparativa entre la càmera Moticam 352 (Alba Soria, 2008) amb la recent, Moticam 1000, de més resolució. Es va utilitzar el mateix microscopi i els mateixos graus d'ampliació. La diferència més important s'observa quan s'utilitzen pocs augments, ja que en la càmera Moticam 352 s'aprecia un vinyetat²⁰ força acusat que és inexistent en la càmera de més resolució (vegeu la Figura 18, a continuació dels projectes d'aquesta secció).

²⁰ Tipus d'aberració òptica que es dona quan s'utilitzen alguns objectius fotogràfics poc corregits, que es caracteritza per un enfosquiment de les zones perifèriques de la imatge (cantonades).

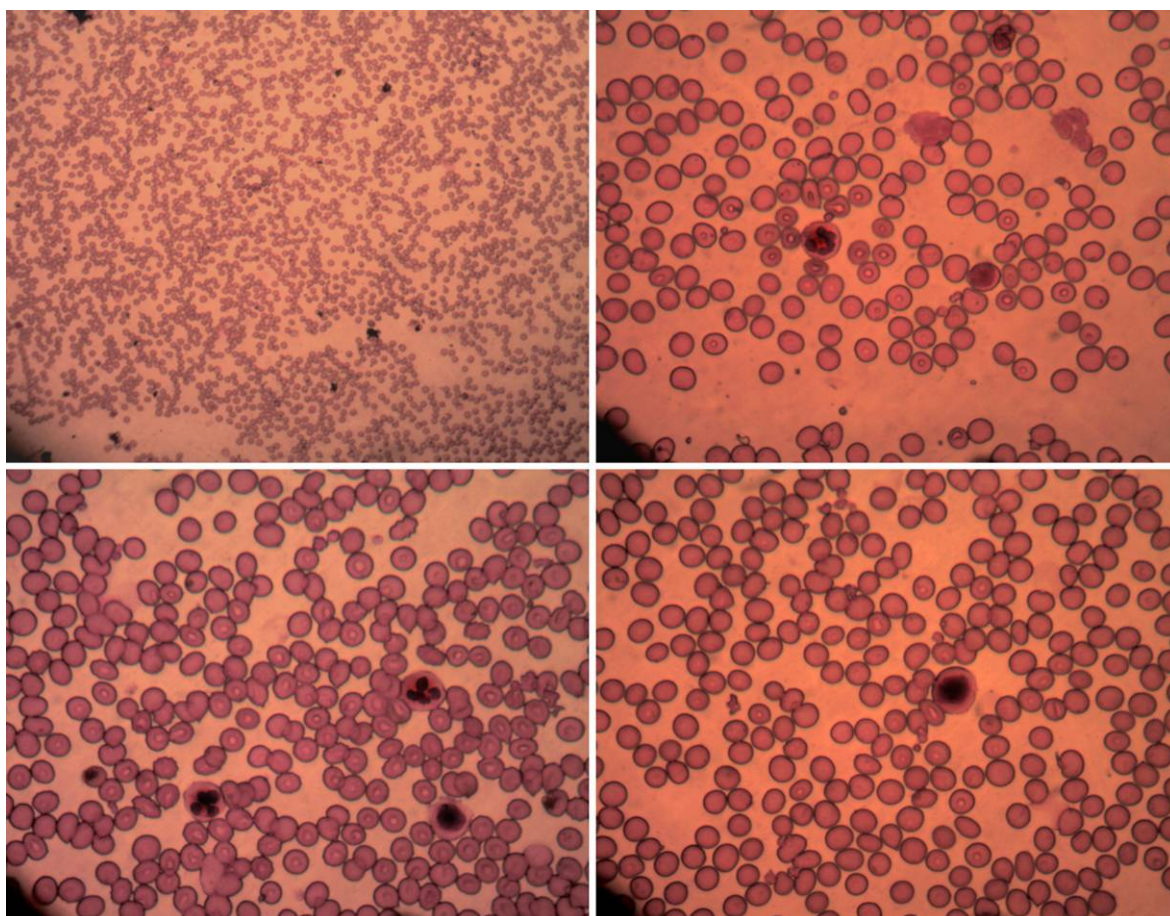
3.2.2 Projectes

En aquest apartat es presenten els projectes realitzats de microfotografia. En primer lloc el de l'extensió de sang (projecte 3.2.2.1), en el que hi podem observar una vista general a poc augment (uns 150x) on només s'hi distingeixen eritròcits i tres zones ampliades de la mateixa mostra (uns 600x) en la que ja s'hi poden identificar diversos tipus de leucòcits.

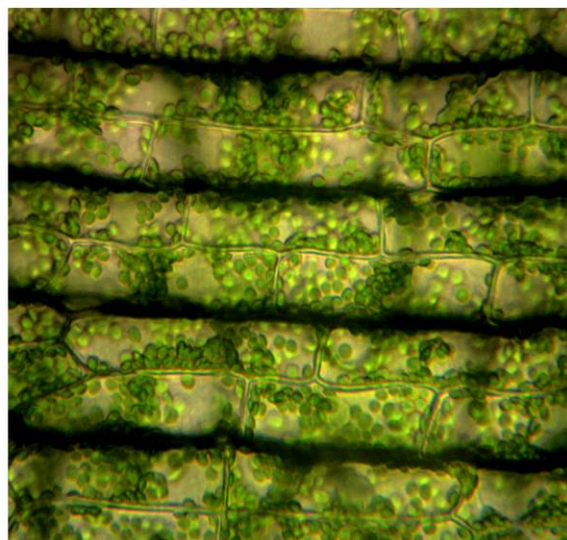
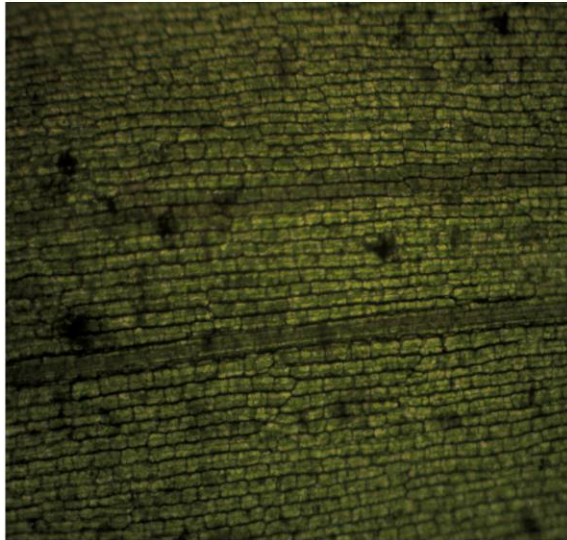
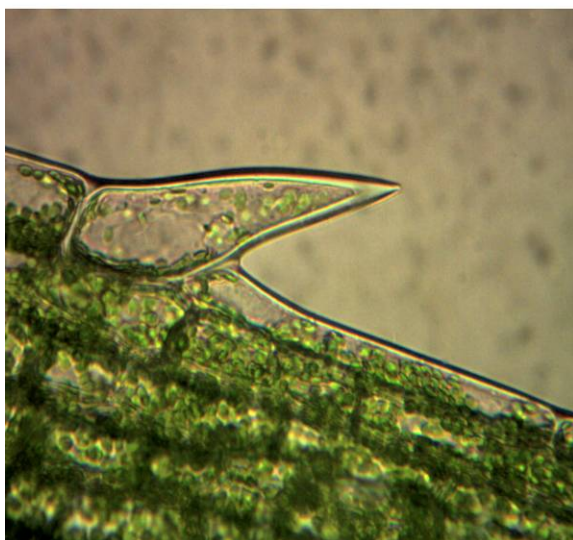
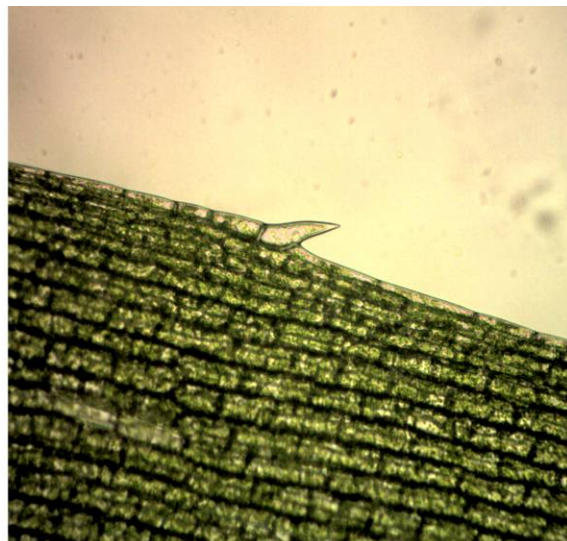
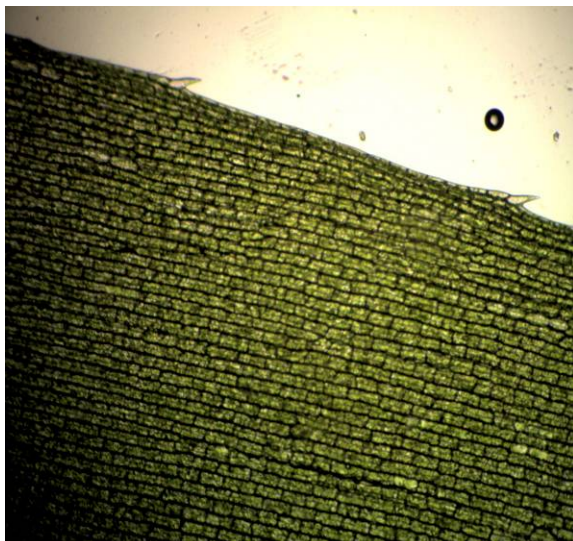
En segon lloc (projecte 3.2.2.2) es presenten sis imatges corresponents a cèl·lules vegetals vives sense tenyir d'*Elodea canariensis*. El color verd correspon als cloroplasts, que al cap d'una estona començaren a realitzar un moviment de ciclació (vegeu apartat de Discussió).

En tercer lloc (projecte 3.2.2.3) es presenten diverses imatges de pèls d'argentat muntats amb aigua o glicerina i en els que s'evidencia l'efecte visual (marques negres) de l'aire atrapat. A continuació es presenta la comparació entre les càmeres Moticam 352 i Moticam 1000 (Figura 18).

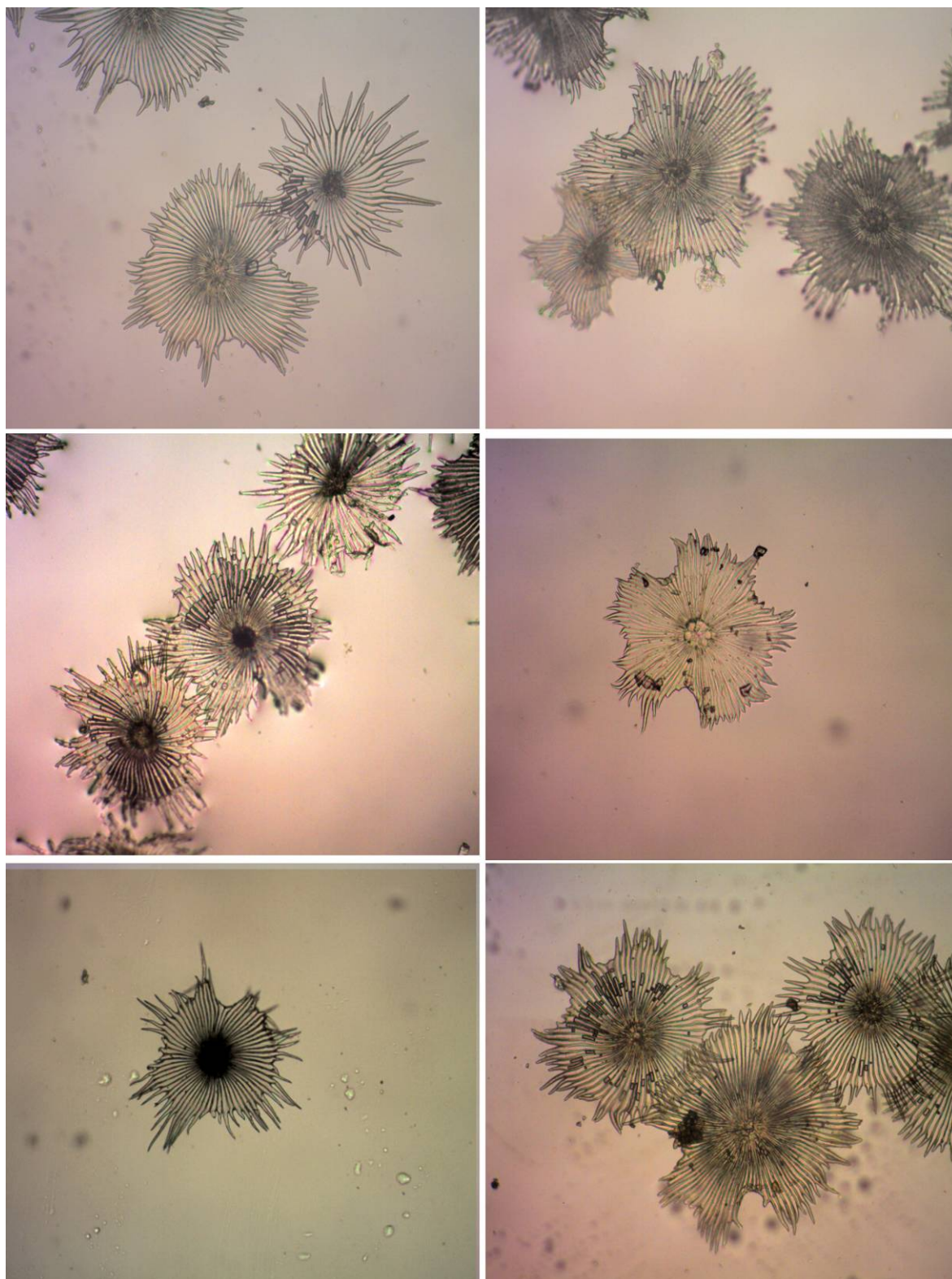
3.2.2.1 Sang



3.2.2.2 Cèl·lules d'*Elodea*



3.2.2.3 Pèls d'*Eleagnus angustifolia*



Per acabar l'apartat de microfotografia, cal destacar el projecte del pèl de l'*Eleagnus angustifolia*. Aquest va ser realitzat per Alba Soria (vegeu Apartat 1.1) amb una càmera acoblada de menys resolució que la que tenim ara a l'escola. És un projecte de fàcil i ràpid muntatge però amb un resultat bo i impactant. Els millors resultats obtinguts amb la segona càmera permet comprovar la importància de la resolució quan ens movem en resolucions baixes (la de més resolució tampoc en té gaire).

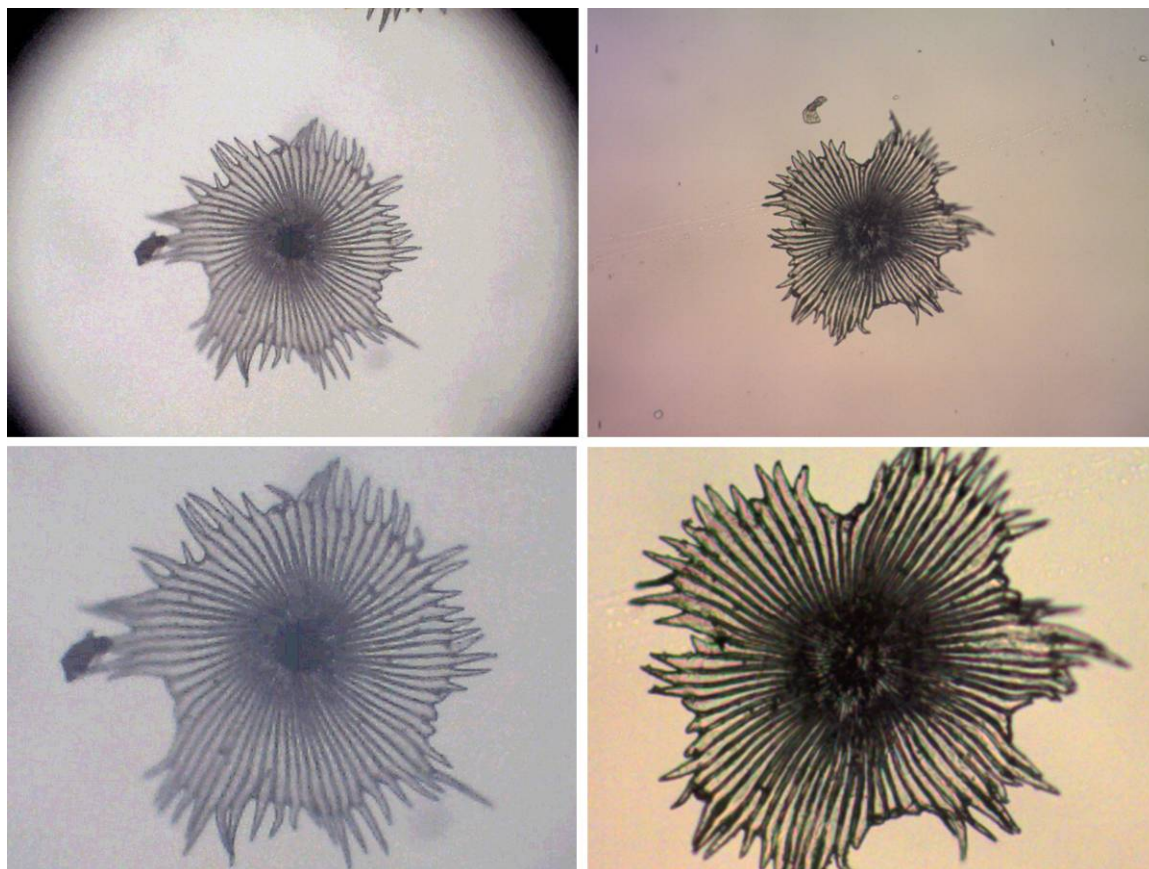


Figura 18. Comparativa d'imatges de pèls d'argentat fotografiat amb la càmera Moticam 352 (esquerra), realitzades per Alba Soria (2008), i les fetes amb la nova Moticam 1000 (dreta), ambdues acoblades al mateix microscopi i realitzades amb el mateix grau d'ampliació. La diferència més important s'observa en la imatge superior (sense ampliar) en que s'aprecia un vinyetat extrem en la imatge de l'esquerra. La nitidesa també és molt superior en la Moticam 1000, malgrat aquí no s'aprecia prou clarament perquè la preparació de l'esquerra era especialment bona.

4. Electromicrografia

El microscopi electrònic és un aparell molt més sofisticat que el microscopi òptic. En lloc de llum visible utilitza un feix d'electrons que surten d'un filament (càtode), amb una diferència de potencial altíssima (uns 65.000 volts). Degut al baix poder de penetració dels electrons, s'ha de fer el buit al tub del microscopi. Les lents no són de vidre, sinó bobines electromagnètiques cilíndriques que generen un camp magnètic i que condensen el feix d'electrons que passa pel seu eix central. Els electrons quan xoquen amb els àtoms de la mostra es dispersen; després, les bobines electromagnètiques condensen alguns dels feixos i posteriorment, en projectar-los, amplien el seu camp de dispersió, engrandint la imatge final.

Hi ha dos tipus de microscopi electrònic²¹:

- o **Microscopi electrònic de transmissió (MET):** En els microscopis electrònics de transmissió els electrons travessen la mostra i van a parar a una pantalla fluorescent. La mostra, que ha de ser ultrafina, es col·loca a sobre d'una reixeta de metall (vegeu apartat 1.2) i cal fer-li prèviament un tractament amb materials electrodensos. Aquest microscopi té un poder de resolució de 4 Å i permet fins a un milió d'augmentos, unes 1000 vegades més que el microscopi òptic.
- o **Microscopi electrònic de rastreig (MES):** En els microscopis electrònics de rastreig (d'escombrada o d'Scanning) els electrons secundaris s'originen per desplaçament d'electrons de la superfície de la mostra, per la qual cosa dóna imatges dels objectes en tres dimensions i amb una gran nitidesa i profunditat de camp. La resolució, però, és bastant inferior a la del MET; permet ampliar fins a uns 200.000 augmentos.

Com que no he realitzat cap fotografia amb microscopi electrònic, presentaré a continuació unes fotos que he realitzat a material per MET (reixeta i portareixetes) del meu tutor (Figura 19) i, en el cas del MES, inclouré algunes fotografies realitzades per un excompany (David Bretones) per a l'observació d'un tall transversal de fèmur de tortuga mediterrània en un estudi d'osteocronologia²², que va incloure una part d'observacions amb microscopi electrònic de rastreig amb electrons retrodispersats, un tipus especial de MES (Figura 20).

²¹ De fet n'existeixen més tipus, però aquests són els utilitzats en biologia.

²² la continuació d'aquest estudi l'ha portat a terme la meua companya Alba Prieto.

4.1 Amb microscopi electrònic de transmissió (MET)

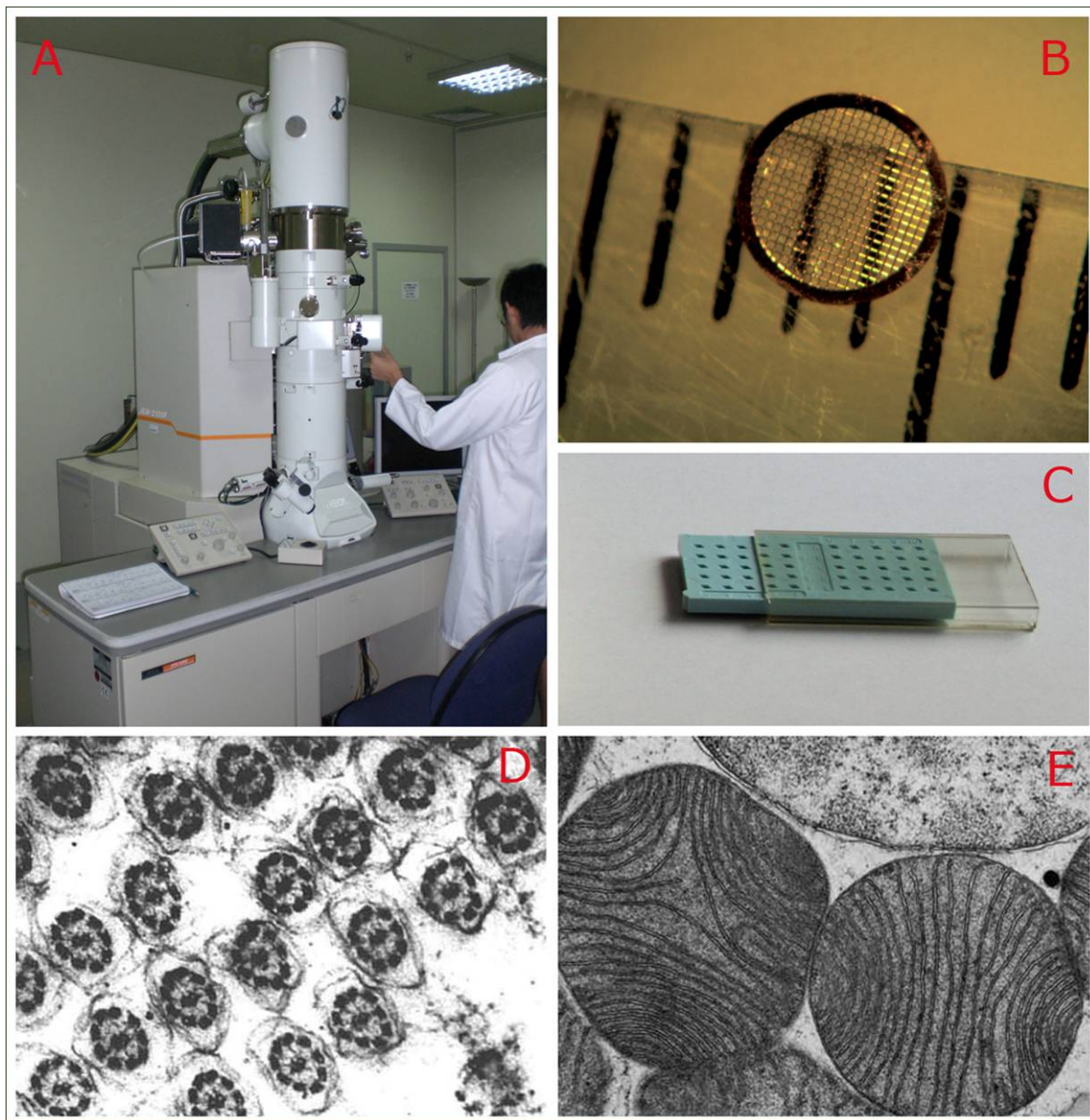


Figura 19. A: microscopi electrònic de transmissió (MET); B: detall d'una preparació per MET (reixeta) a sobre d'un regle per apreciar-ne les dimensions; C: un portareixetes de MET; D: cilis tallats transversalment; E: dos mitocondris tallats transversalment (amb nombroses crestes mitocondrials) i una petita part del nucli cel·lular. Imatges A, D i E extretes d'internet (<http://lcelula.udl.es/> de Joan ribera).

4.2 Amb microscopi electrònic de rastreig (MES)

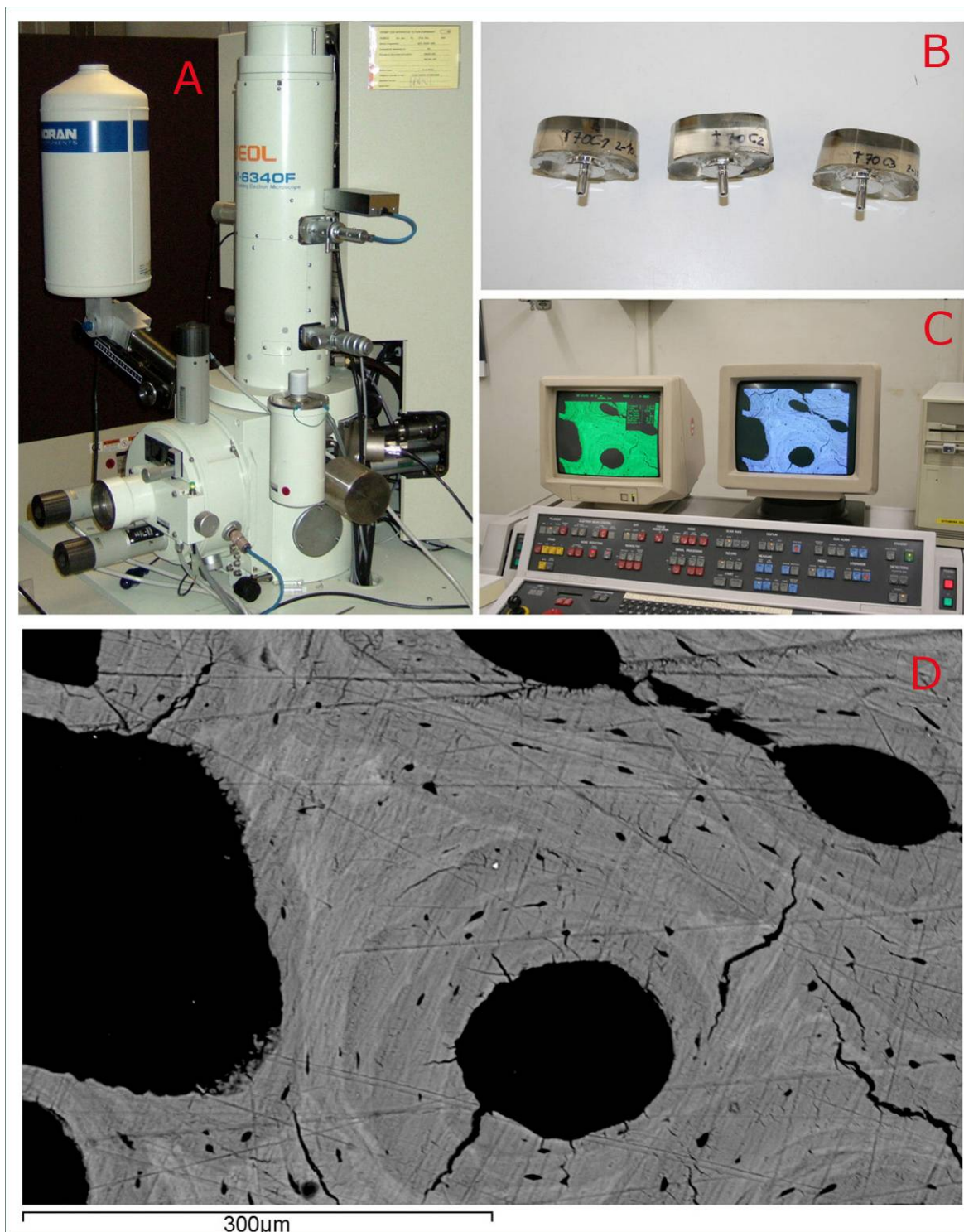


Figura 20. A: microscopi electrònic de rastreig (MES); B: detall de tres preparacions (blocs en metacrilat); C: detall dels dos monitors monocromàtics de control en els que s'observa en pantalla la mateixa imatge que es presenta en la imatge inferior (D) i que correspon a una electromicrofotografia de tall transversal de fèmur de *Testudo hermanni*. Imatges extretes d'un treball de recerca del curs passat (David Bretones, 2009).

5. Treball didàctic

Un dels objectius d'aquest treball era el de determinar quin és el millor sistema, dels que disposem a l'Escola, per ensenyar als nens petits el micromón que ens envolta. Després d'estudiar les característiques de les diferents càmeres, vam considerar que la millor opció era la de la càmera de vídeo amb peu i braç flexible.

Gràcies a aquesta càmera es poden mostrar els petits detalls de manera més entenedora i fàcil per als més petits, ja que permet acostar manualment l'objectiu a l'objecte que es vol observar ampliat i projectar la imatge a través de la pantalla d'un televisor. També era el sistema que permetia una major mobilitat. Escollírem la classe de P4 per a realitzar una prova amb els alumnes de parvulari de l'Escola. La pràctica va consistir en anar a la classe amb la càmera i alguns "objectes" per mostrar, que consideràrem que serien del seu interès (un escarabat, un escorpí, un mosquit...). L'experiència va ser tot un èxit, tan pel que fa a l'observació de petits animals com a parts del seu propi cos (Figura 21).



Figura 21. En aquestes imatges es pot veure la sessió amb els nens petits on se'ls hi mostren diferents subjectes incloent la seva mà o els seu ulls. (Fotografies realitzades per la meua companya Alba Prieto.)

Alguns voluntaris van posar la seva mà o el seu ull i els altres sorpresos (figura 21) van poder veure el seu propi micromón a mida molt més gran.



Figura 22. En aquestes imatges es pot veure la cara d'impressió d'alguns dels nens de parvulari (a baix) al veure la mà d'un company amb la càmera (a dalt). (Fotos d'Alba Prieto).

6. Discussió

Al llarg d'aquest treball he tingut l'oportunitat de treballar diverses tècniques i de realitzar molts projectes amb diferents tipus de càmeres. Tots els projectes realitzats tenen en comú el fet d'intentar aconseguir imatges d'una certa qualitat alhora de mostrar el micromón que ens envolta; per aquesta raó hi va haver un període relativament llarg d'aprenentatge del funcionament de les diferents càmeres i de tècnica fotogràfica en general, així com dels programes de captura i de tractament digital d'imatge. Simultàniament vaig portar a terme un estudi teòric dels diferents instruments òptics utilitzats que em va permetre caracteritzar les imatges de cada tipus d'instrument (i fer-ne la comprovació experimental en la majoria de casos).

Els primers projectes que vaig realitzar van ser els de macrofotografia (amb càmera rèflex i objectiu macro), ja que són els més assequibles i tampoc necessitava l'equipament de l'escola per portar-los a terme, de manera que hi vaig dedicar la primera part de les vacances d'estiu. Una de les tasques programades consistia en "capturar micromons" que expliquessin algun fet biològic. Un dels que vaig trobar més curiosos va ser el de dos exemplars de bernats pudents de coloracions poc habituals²³ i diferents copulant (per tal d'assegurar-ho els vaig fotografiar des de diferents angles). Tenia el dubte de si les diferències de color (vegeu Apartat 2.1.2.4) corresponien a variabilitat intraespecífica (per dimorfisme sexual, per exemple) o bé es tractava d'un cas d'intent d'hibridisme entre dues espècies properes²⁴.

Després vaig experimentar amb noves tècniques fotogràfiques per aconseguir fotografies amb millor profunditat de camp i equilibri de la lluminositat. Aquests dos projectes han estat els més complicats de realitzar, ja que calia molta precisió, la càmera no es podia moure el més mínim (sempre es necessitava trípode). A més, en el projecte de l'enfocament superposat, el muntatge posterior amb Photoshop va ser llarg i complicat i el resultat no tan bo com m'esperava en un principi. Malgrat tot, crec que són tècniques vàlides per l'objectiu proposat i segurament es podria millorar el resultat amb un cable disparador (per minimitzar la vibració de la càmera) i amb un major domini de les tècniques de tractament digital d'imatge.

Els protagonistes de la microfotografia amb lupa binocular són alguns petits aràcnids i sobretot els insectes i he de dir que no són el meu fort, ja que no m'agraden quan estan desperts o vius, però s'ha de reconèixer que adormits i sota la lupa binocular són molt interessants de veure. Primer s'havien d'agafar vius i adormir-los²⁵, aquesta va ser la pitjor part. Però, tot i així, va merèixer

²³ jo estava acostumada als de color verd.

²⁴ Férem arribar una còpia d'aquestes imatges a un especialista en insectes (entomòleg) i ens va contestar que era un grup d'insectes amb molta variabilitat i que es tractava de la mateixa espècie.

²⁵ quan són petits amb una càmera narcòtica per adormir petits insectes que hi ha al laboratori, i quan són més grans cal utilitzar un recipient de vidre.

la pena veure i poder fotografiar alguns exemplars com la vespa, l'abel·lot, l'aranya o la libèl·lula.

En microfotografia amb microscopi òptic un dels projectes que vaig trobar més interessants va ser el de l'observació de fulles de la planta aquàtica *Elodea*. Aquesta planta la trobem als aquaris del laboratori i al basal del pati de les tortugues, per la seva acció oxigenant (vegeu Annex 2). Doncs bé, al cap d'una estona de tenir la mostra²⁶ a la platina del microscopi i observant les seves cèl·lules a uns 400 augments, descobrirem el moviment de *ciclosi* o corrent citoplasmàtica dels cloroplasts. Aquest moviment és perifèric, és a dir, per la part més exterior del citoplasma, i els cloroplasts giren al voltant d'un gran -i invisible- vacúol central sense parar; aquest moviment segurament va resultar activat per la potent llum del microscopi, ja que aquest tipus de moviment, facilitat per l'acció de les anomenades proteïnes motores sobre els microtúbuls, es fa més evident amb llum intensa (Nabors, 2006).

Malgrat no s'han realitzat observacions amb cap microscopi electrònic s'ha considerat rellevant la seva inclusió en aquest treball per la caracterització de les imatges en funció del tipus d'instrument utilitzat i per l'analogia existent entre les imatges de lupa binocular i microscopi òptic amb les del microscopi electrònic de rastreig (MES) i el microscopi electrònic de transmissió (MET), respectivament.

Per últim, s'ha considerat que el millor mètode per a ensenyar petits organismes o detalls ampliats als nens de parvulari és el de la càmera de vídeo amb objectiu macro, amb suport de peu i braç flexible, per la seva facilitat d'us i també pel sistema d'observació més directe que no pas a través de lupes i/o microscopis. A més, la seva major portabilitat, juntament amb la seva connexió directa a un aparell de televisió, la fan especialment idònia per a portar a la classe, mentre que les que van connectades a lupes i/o microscopis òptics creiem més correcte mantenir l'estació muntada al laboratori de biologia i que sigui la classe la que es desplaci al laboratori. Aquestes últimes estarien més indicades per alumnes del cicle superior de primària, que comencen a estudiar els microorganismes²⁷.

²⁶ Amb una preparació temporal muntada amb aigua.

²⁷ Està previst que realitzi una pràctica al laboratori amb els alumnes de 5è de primària quan estudiïn la cèl·lula i els organismes unicel·lulars (a mitjans del segon trimestre).

7. Conclusions

Un cop finalitzat el treball crec que puc dir que tots els objectius marcats al principi han estat assolits, si bé no tots amb el mateix grau d'intensitat. Aquest grau d'assoliment està relacionat amb els meus coneixements previs. Per exemple, m'ha estat més fàcil aprendre a utilitzar Photoshop i els diversos programes de software associats per a la captura i modificació d'imatges, així com el funcionament de les diferents càmeres i instruments utilitzats, que no pas alguns aspectes de fotografia, on he trobat més dificultat de la que m'esperava.

S'han portat a terme tots els projectes marcats a l'inici del treball, i n'he afegit més d'un per a cada tipus de sistema òptic: càmera reflex, lupa binocular i microscopi òptic. Incloent diferents temes i subjectes, encara que m'hagi costat agafar algun que altre insecte o animal petit.

Després d'utilitzar diversos sistemes d'ampliació d'imatge i d'una prova realitzada amb alumnes de parvulari, podem concloure que el millor mètode per a ensenyar els "micromons" a nens de Parvulari de l'escola és el de càmera de vídeo de braç flexible i objectiu macro, connectada a pantalla de televisió, tan per la seva facilitat d'utilització com per la interpretació del què es veu, que és la més directa.

La poca profunditat de camp i els problemes relacionats amb la llum són dos dels aspectes més crítics en macrofotografia i en microfotografia. En teoria, les dues tècniques fotogràfiques digitals estudiades, l'*enfocament compost* i la *fotografia d'alt rang dinàmic*, poden representar una millora important per a les imatges finals estàtiques, però la pràctica ha resultat molt més difícil del que m'esperava, sobretot el d'enfocament compost. Aquest podria representar un bon punt de partida per a un futur treball de recerca.

En aquest treball he pogut compaginar molts dels aspectes que més m'interessen, la informàtica, la tecnologia, la fotografia i la biologia, però també he pogut realitzar altres activitats, com la del treball didàctic, per a ensenyar l'objectiu del meu treball, els micromons, als nens petits.

També he portat a terme altres "encàrrecs" del meu tutor, com la realització del muntatge fotogràfic de l'annex cronològic (Annex 2) de les tasques realitzades al pati i a les sortides, juntament amb les meves companyes Jordina Colom i Alba Prieto, o el d'intentar utilitzar un llenguatge prou didàctic i entenedor, sobretot pel que fa a funcionament dels aparells utilitzats, amb la pretensió que aquest treball pugui ser utilitzat més endavant com a guia o suport (com ho ha estat per mi el treball de macrofotografia d'Alba Soria) per a realitzar investigacions o treballs posteriors d'aquesta fantàstica temàtica que és el món microscòpic.

M'agradaria acabar amb un agraïment especial al meu tutor, Josep Marí, per la direcció del treball, el seu especial rigor en les correccions i per tot el que m'ha ensenyat durant tots aquests mesos; i a l'empresa Almirall S.A. (Laboratori I+D de Sant Feliu de Llobregat) que, amb la seva subvenció, l'escola ha pogut adquirir una part important dels equips digitals utilitzats en aquest treball.

8. Bibliografia

ALAMANY, O. (2001). *Fotografiar la naturaleza. Una guía para hacer las mejores fotografías*. Editorial Planeta S.A. (3ª edición). Barcelona.

ANON, E., GREY, T. (2005). *Photoshop for Nature Photographers. A Workshop in a Book*. Sybex Inc. ISBN: 0-7821-4427-6. San Francisco-London. 314pp.

BRETONES, DAVID (2009). *Osteocronologia aplicada a la tortuga mediterrània*. Treball de recerca de batxillerat. Escola Mestral. 40 pp. [En línia]. Disponible a Internet: <<http://www.escolamestral.net/mestral/secciones.php?menu=94&sec=101&subsec=114>>

CUSÓ, ÒSCAR (2007). *El bassal del Pati de les tortugues*. Treball de recerca de batxillerat. Escola Mestral. 64 pp. (Premi Baldiri-Reixac 2008). [En línia]. Disponible a Internet: <<http://www.escolamestral.net/mestral/secciones.php?menu=94&sec=101&subsec=114>>

DURFORT, M. (2006). *Iniciació a les tècniques histològiques vegetals i animal i nota sobre tècniques de transparentat*. 1a ed. Institut d'Estudis Catalans. Barcelona. ISBN: 84-7283-883-8

FREEMAN, M. (2005). *Fotografía digital: Cámaras réflex*. Evergreen. GmBh, Köln. ISBN: 3-8228-4479-9. Equipo de Edición S.L. Barcelona. Impreso y encuadernado en China. 256 pp.

FREEMAN, M. (2009). *Compendio del fotografía digital*. 1a ed. Evergreen GmBh, Köln. ISBN: 978-3-8365-1475-0 Printed in China. 640 pp.

HARCOURT D., P. (2002). *Macrofotografía*. Ediciones Omega S.A. Barcelona. ISBN: 84-282-1294-5.

HODDINOTT, R. (2006). *Digital macro photography*. Photographies. Pip. Institute Press (www.pipress.com). 176 pp.

IGLESIAS, ELISA (2006). *Tecnología digital aplicada a la fotografía: el nou laboratori fotogràfic*. Treball de recerca de batxillerat. Escola Mestral.

JONES, R. (2009). *NANO NATURE: Nature's spectacular hidden world*. 1a ed. Collins: Londres, ISBN: 978-0-00-727842-8

LANGFORD, MICHAEL (1992). *Curso rápido de fotografía*. 1a ed. Tursen/Hermann Blume ediciones. Londres. ISBN: 84-87756-40-9.

LOZANO, MARTA (2007). *Autosuficiència alimentària de la tortuga mediterrània*. Treball de recerca de batxillerat. Escola Mestral. 72 pp. (Premi CIRIT 2007). [En línia]. Disponible a Internet: <<http://www.escolamestral.net/mestral/secciones.php?menu=94&sec=101&subsec=114>>

MALLOL, B. R. (2009a). *Más allá de la exposición: Todo sobre el HDR*. Súper Foto Digital nº164 pp: 82-98. Grupo V. Madrid.

MALLOL, B. R. (2009b). *Amplia tus horizontes fotográficos: HDR, herramientas y situaciones*. Súper Foto Digital nº165 pp: 86-99. Grupo V. Madrid.

MCCOLLOUGH, F. (2009). *Manual de Fotografía Digital de Alto Rango Dinámico: Los secretos y técnicas para conseguir imágenes de exposición perfecta y sin ruido*. Ediciones Tutor S.A. Madrid. 176 pp.

MEEHAN, J. (2006). *The Magic of Digital Close-up Photography*. 1a ed. Lark Books: New York. ISBN: 978-1-57990-652-8

MELLADO, J.M^a (2006). *Fotografía digital de alta calidad. Método de trabajo eficaz para guiar al fotógrafo en la transición digital*. Ediciones Artual, S.L. Barcelona. 453 pp.

NABORS M.W. (2006) *Introducción a la botánica*. Pearson Education, Madrid.

PASCUAL, LAURA (2009). *Adaptacions vegetals i cromatisme estacional al Pati de les tortugues*. Treball de recerca de batxillerat. Escola Mestral. 69 pp. (Premi Baldiri-Reixac 2009; Premi al Fòrum de treballs de recerca del Baix Llobregat). [En línia]. Disponible a Internet: <<http://www.escolamestral.net/mestral/secciones.php?menu=94&sec=101&subsec=114>>

RUIZ, J. B. (2009). *El Fotógrafo en la Naturaleza. Guía completa para la era digital*. JdeJ Editores y Fine Art Editions. 2^a Edición. ISBN: 978-84-936304-1-6. 416 pp.

SORIA, ALBA (2008) *Macrofotografía digital*. Treball de recerca. Escola Mestral. [En línia]. Disponible a Internet: <<http://www.escolamestral.net/mestral/secciones.php?menu=94&sec=101&subsec=114>>

STRASBURGER I COL. (2004) *Tratado de botánica*. 35^a Edició. Ediciones Omega, Barcelona.

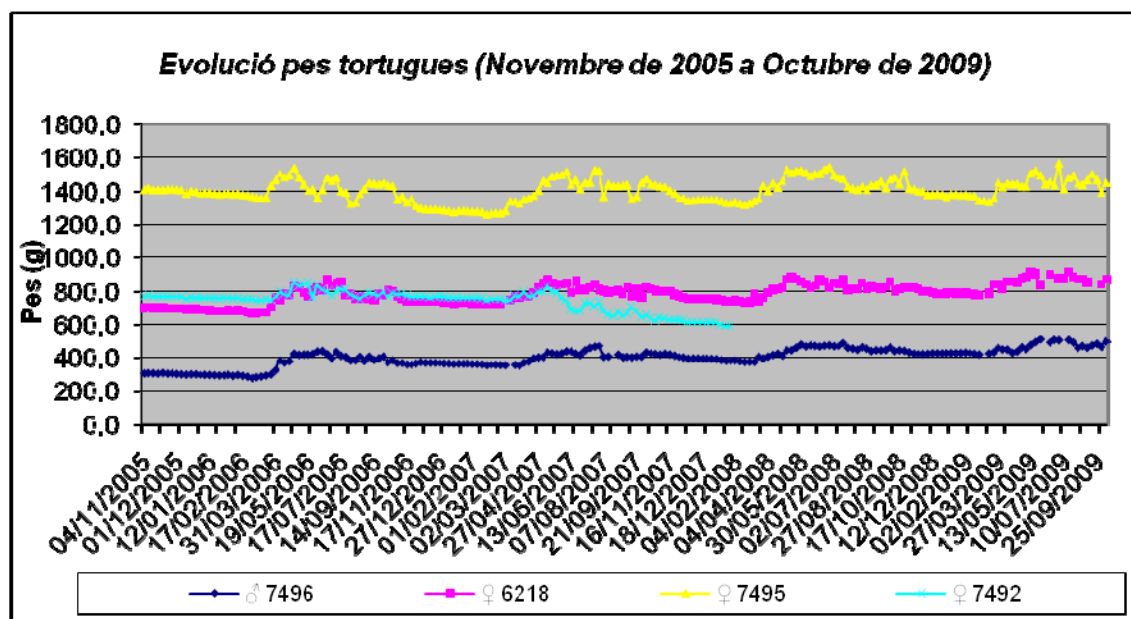
ANNEX 1: Manteniment i actualització del banc de dades del projecte Pati de les tortugues.

1.1. Dades de pes i biomètriques

Des de fa uns quants anys es fa un seguiment de les variacions de pes de les tortugues adultes (tan del període actiu com durant la hibernació). Aquestes dades es van incorporant a un fitxer (iniciat el 4 de novembre de 2005) per tal de mantenir-lo permanentment actualitzat.

També es guarden els registres de temperatura (a nivell de superfície i a nivell d'on s'enterren les tortugues per a hibernar i/o a nivell dels ous de la incubadora). Aquestes dades són enregistrades periòdicament de forma intermitent (des de desembre de 2004) amb enregistradors DataLogger Escort i guardats en una carpeta (My Logger Data) que es va actualitzant amb els treballs de recerca dels últims anys, per tal de poder ser utilitzades en qualsevol moment en treballs actuals o futurs. Així com un arxiu digitalitzat de les radiografies practicades a 4 tortugues petites estacionalment.

A continuació es presenta la gràfica de l'evolució de les variacions de pes de les 4 tortugues adultes (3 a partir de gener de 2008) dels últims 4 anys, en el que es distingeixen els valors fluctuants dels períodes actius, dels més estables dels períodes d'hibernació.



També es guarda un registre de les dades de pes i biomètriques de les tortugues nascudes a l'escola (i també dels ous). Aquests arxius es van actualitzant periòdicament, per a possibles estudis posteriors a més llarg termini i també per a fer consultes per als actuals (treball de Jordina Colom).

Els noms dels arxius, guardats a la carpeta general, són: Dades tortugues petites (TR0910)a, Pes tortugues grans (TR0910)a

1.2. Seguiment radiològic del procés d'ossificació en *Testudo Hermann*

En un primer moment, ens proposàrem realitzar un estudi sobre el procés d'ossificació de les tortugues adultes (M1, M2, B1 i B2). Per poder-lo dur a terme i facilitar la tasca, vàrem etiquetar cada radiografia, tenint en compte la següent numeració (iniciada el curs passat):

Cada radiografia té un codi amb les següents característiques: **nna_ddmmaaaaN1N2d**, on:

- **nn** correspon a la sessió (en ordre cronològic)
 - **a** és l'ordre dintre de la sessió (a, b, c, d)
 - **ddmmaaaa** la data
 - **N1N2** fa referència al nom de les tortugues (M1M2 O B1B2)
 - **d** es refereix a la posició del cos de les tortugues en el moment de fer les radiografies (d: dalt o dorsiventral, b: des de baix o ventrodorsal)
- (extret del treball de l'Èlia Faixó: Optimització del sistema d'incubació artificial per a la reproducció de la tortuga mediterrània a l'escola).

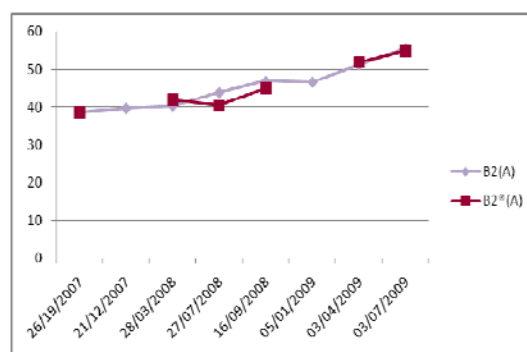
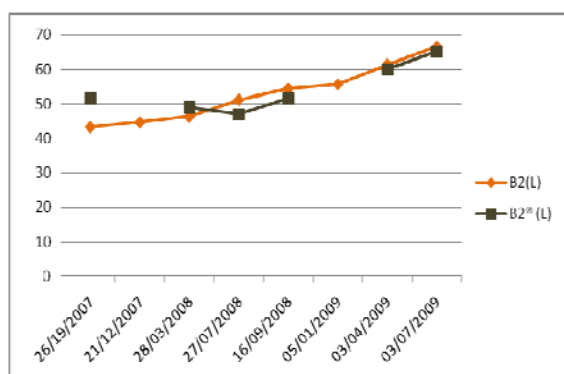
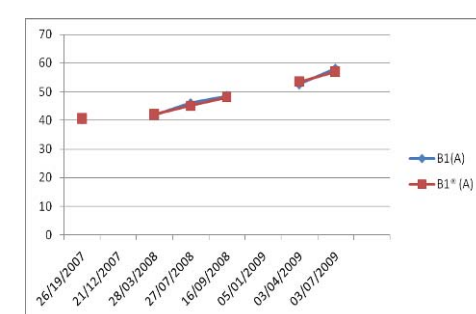
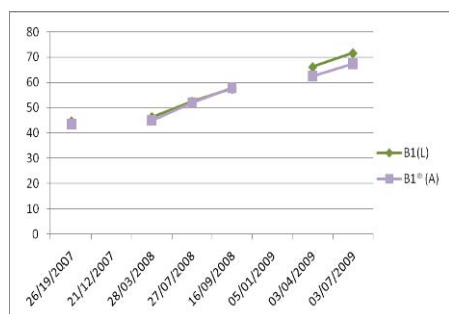
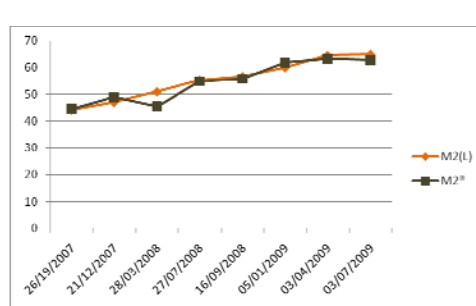
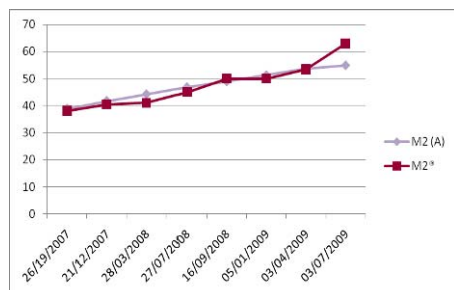
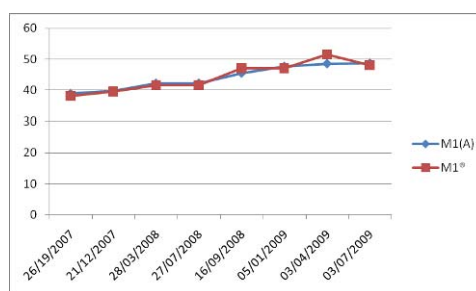
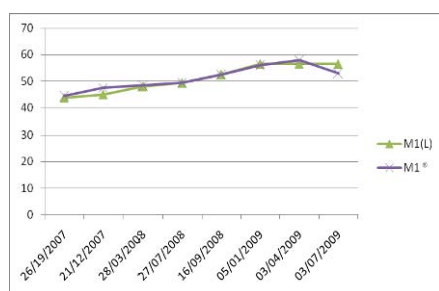
Es realitza una sessió cada 3 mesos, és a dir, 4 a l'any que fem coincidir aproximadament amb els solsticis i equinoccis dels canvis estacionals perquè sigui més fàcilment recordable. També cal fer constar que no disposarem de les radiografies de les tortugues que hivernen (B1, B2) durant el solstici d'hivern.

A partir d'aquesta informació, vam procedir a realitzar les mesures d'allargada i amplada de les radiografies²⁸. Posteriorment, vam realitzar una comparació d'aquestes dades obtingudes amb les mesures directament amb el peu de rei, un cop cada quinze dies. D'aquesta manera, podríem comprovar que les mesures fetes fossin realment fiables, ja que han estat agafades cada any per alumnes diferents.



Els resultats són visualment satisfactoris (tal i com es mostra a les primeres 6 figures següents), ja que en general les mesures preses amb el peu de rei coincidien amb les obtingudes mesurant les marques òssies de les radiografies (caldrà fer un estudi més acurat de correlació més endavant). Tot i així, alhora de realitzar les mesures de les radiografies, van sorgir diversos problemes que ens van dificultar la tasca. Un d'ells era que no es podia apreciar gaire bé on acabava i començava la closca ja que algunes radiografies eren molt fosques. En tot cas, associem aquests problemes com a causes de les diferències trobades entre les mesures obtingudes amb cadascun dels mètodes (últimes dues figures).

²⁸ Per fer-ho, vam utilitzar un regle de 30 cm de llarg i vam posar les radiografies de manera que la llum solar deixés veure els detalls d'aquestes.



Aquestes dades, juntament amb les de les radiografies escanejades, es guarden a la carpeta *Radiografies* de la carpeta general *"Pati de les tortugues_ originals"*

ANNEX 2 : Cronologia de les tasques portades a terme al pati de les tortugues i de les visites conjuntes realitzades durant el període que va des d'abril del 2009 fins l'octubre del 2009.

En aquesta cronologia no s'inclouen les tasques setmanals de control de pes, vigilància i alimentació de les tortugues petites que estan als terraris, ni els Emails que s'han intercanviat (juntament amb el nostre tutor) amb Joaquim Soler i Albert Martínez (CRARC de Masquefa), Dra. Mercè Durfort (Departament de Biologia Cel·lular de la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona), Dra. Cristina Manzanares (Departament d'Anatomia i Embriologia Humana del Campus de Bellvitge de la Universitat de Barcelona) i amb la Dra. Emilia Gutiérrez (Departament d'Ecologia de la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona).

Es transcriuen íntegrament les anotacions realitzades (conjuntament amb Jordina Colom i Ariadna Simón) a les llibretes de camp²⁹, complementades amb alguna petita explicació quan es considera oportú; també es presenten algunes fotografies d'alguns aspectes o tasques que no entren a formar part directa dels nostres treballs, però que han estat portades a terme per nosaltres durant aquest període de temps.

7/04/09- L'Èlia Faixó, el David Bretones i la Laura Pascual ens ensenyen a diferenciar les tortugues. A més a més de com agafar-les, pesar-les, amidar-les... I a reconèixer les plantes (*Taraxacum* i altres) que cal anar trasplantant. A partir d'ara serem nosaltres les responsables del pati (fins que algú ens agafi el relleu, després del treball de recerca). Per altra banda anem a fer la sessió estacional de radiografies a la clínica veterinària de Sant Vicenç dels Horts de Francisco Bretones.

22/05/2009- Ens disposem a preparar el terrari per les 8 tortugues més joves (M1, M2, B1, B2, E1, E2, E3 i E4), a més preparem un desnivell amb la mateixa sorra del terrari destinat a la pròxima posta d'ous. D'altre banda replantem plantes al pati entre les quals hi trobem dent de lleó, per l'alimentació de les tortugues grans (6218, 7495, 7496) i a més també les plantem al terrari per l'alimentació de les tortugues petites (M1, M2, B1, B2, E1, E2, E3 i E4).

Ens han ajudat dues alumnes de 2n d'ESO (Clara Peña i Clara Vila), que també s'han encarregat de preparar plantes per les tortugues del pati (en el seu treball de "petites



investigadores") i de vigilar les tortugues per detectar les postes.

27/05/2009- Les alumnes de 2n d'ESO observen a la tortuga mitjana a fer niu en la zona habitual de posta (extrem NE del pati).

²⁹ Cadascun de nosaltres tenia la seva llibreta de notes i al laboratori n'hi havia una altra on hi deixàvem constància de les tasques realitzades a l'Escola.

28/05/2009- Primera troballa d'ous (exactament 4) al lloc on es va veure la tortuga a fer niu el dia anterior (de vegades en fan més d'un, abans de decidir-se a posar ous), marcats del número 1 fins al 4. Es posen en marxa els sensors d'humitat i de temperatura a la incubadora del laboratori de biologia.



2/06/2009- Es veu la tortuga gran fer niu, primer davant del menjador sense resultat i després al lloc que havíem preparat del costat del bassal.

4/06/2009- Troballa de quatre ous més corresponents a la segona posta, els quals són numerats des del número 5 fins al 8. S'observa que el número 8 està malmès, esquerdat i el número 6 també una mica.

5/06/2009- Hem posat Topiònic a l'ou número 8 per desinfectar les esquerdes i posteriorment aplicar-li parafina. La parafina utilitzada ja està fosa, prèviament preparada per al seu ús (Explicat al treball de Jordina Colom).

15/06/2009- Al veure que la parafina aplicada la setmana anterior no havia donat cap resultat es va procedir a aplicar parafina en estat sòlid i fosa al moment, ja que al estar més concentrada cobreix totalment l'àrea de les esquerdes.

01/07/2009- Dediquem tot el dia al pati: En primer lloc canviem una de les bombes (la del brollador) perquè l'anterior, que ja havia estat reparada el curs passat, va deixar de funcionar. Abans de posar-la, però li vàrem "fabricar" un filtre de malla més petita, per tal d'evitar que succionés petits peixos i capgrossos del bassal



Realitzem la descàrrega dels sensors HT3 (del terrari) HT5 (del terrari inferior gran) T4 i T5 (de la incubadora) i el T3 (del terrari exterior). A més hem canviat la pila del T3.

Procedim, d'altra banda, a l'aplicació prèvia del tractament per algues filamentoses als aquaris del laboratori (per assegurar-nos que no perjudicava als peixos i plantes aquàtiques). Per poder-ho aplicar vam calcular la quantitat adequada en funció del volum de cada un:

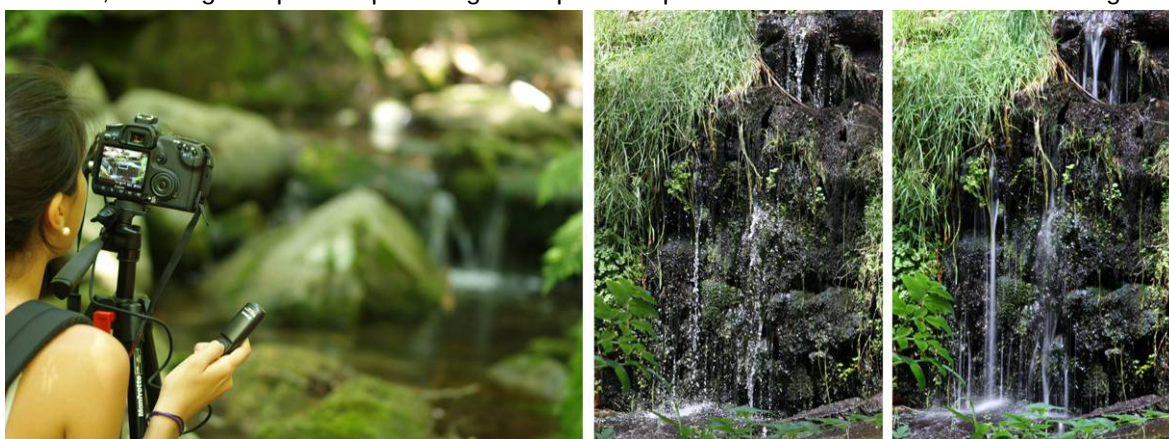
- Aquari gran, el qual té un volum de 40L. Com que s'ha d'aplicar 20 mL d'antialgues per cada 1000mL d'aigua, vàrem aplicar 0,8 mL.

- Aquari petit, el qual té un volum de 15L, de manera que hem aplicat-li 0,34 mL del producte esmentat.
(Per poder saber la concentració del producte hem hagut de traduir les instruccions de l'alemany al català).

Hem detectat que l'ou número 6 (segona posta) també està en mal estat a causa de petites esquerdes ocasionades a la seva posta, i per aquest motiu li hem netejat els altres ous i els hem posat en una capsa nova amb vermiculita. Pel que fa a l'ou número 8 l'hem trobat envoltat de petites larves d'alguns insectes que estudiarem posteriorment. Hem deduït, per tant, que l'ou està malmès irreversiblement.



02/07/2009- Sortida a Santa Fe del Montseny i a les instal·lacions d'Aquàtiques Vilassar, al Maresme. La primera per a observar diversos aspectes de biologia (estatges de vegetació, vegetació aquàtica, flora criptogàmica...) en un ambient natural, i la segona per adquirir algunes plantes per al bassal del Pati de les tortugues.

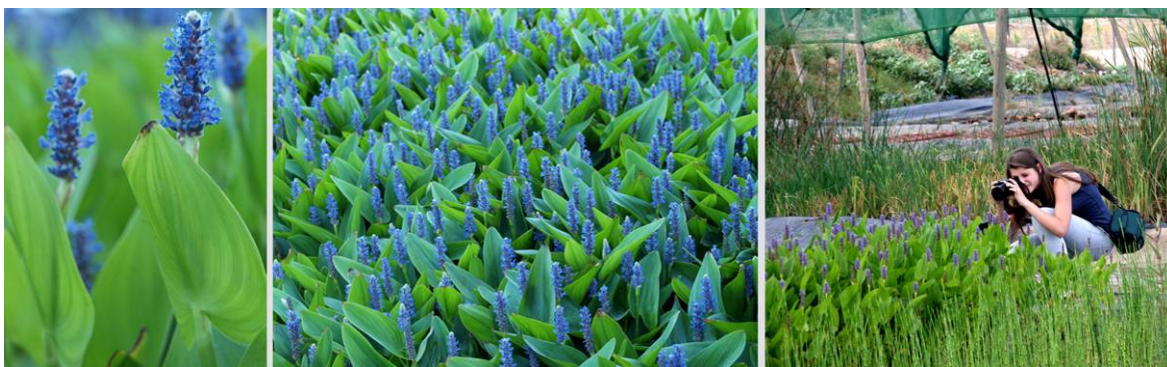


En ambdós casos dedicarem força temps a perfeccionar els nostres coneixements de fotografia de natura, iniciats el curs passat en les classes de pràctiques de l'assignatura de biologia³⁰. Pel que fa l'àmbit biològic, en un petit rierol de muntanya aprenguérem a descobrir –entre les pedres- gran quantitat d'organismes que sovint passen desapercebuts (alguns peixos, capgrossos de tritons, sangoneres, larves de tricòpters, de plecòpters i altres insectes, dels quals realitzàrem un ampli reportatge fotogràfic. També d'altres organismes, com bolets, líquens, molses i falgueres. Així com les diferències entre un bosc caducifoli i un bosc perennifoli (al Montseny n'hi ha de tots dos tipus).

Als hivernacles d'Aquàtiques Vilassar descobrírem la varietat de plantes flotants, semisubmergides i submergides que tenen. Aquest any no volíem que el bassal del pati de les tortugues s'omplís de plantes flotants (malgrat el seu indubtable valor estètic) ja que havíem de provar el tractament antialgues ja comentat) i només

³⁰ Un dels nostres treballs ("Cromatografia policromàtica") va quedar finalista en el concurs de Fotografia Científica del CDECT del curs passat : <http://www.xtec.cat/cdec/concurs/premis08cdec.htm>

agafàrem alguna cua de cavall (*Equisetum* sp) i un parell d'elodees (plantes submergides oxigenants).



06/07/2009- Observem la tortuga gran (7495) posant ous entre les 15:30 i les 17:30h.

07/07/2009- Trobada dels nou ous de la tercera posta, marcats des del número 9 fins el 17. Aquesta ha estat una veritable sorpresa, no esperàvem una posta tant tardana i menys encara tant nombrosa.



09/07/2009- Segona aplicació d'antialgues als dos aquaris del laboratori. L'observació al microscopi de les larves ja desenvolupades (prèviament adormides amb èter en la petita càmera narcòtica del laboratori, trobades al voltant de l'ou número 8, confirma que es tracta de *Drosophila melanogaster*, també anomenada mosca del vinagre, mosca de la fruita o mosqueta.

Al veure que l'aplicació d'antialgues als aquaris ha donat resultat i tan els peixos com les plantes aquàtiques continuen en bones condicions, l'hem aplicat també al bassal del pati de les tortugues amb les proporcions adequades: Tenint en compte que el volum del bassal és de 4198 dm³ (Oscar Cusó, 2007), hauríem d'aplicar-ne 83,96 mL, però com que hi ha sediment i el bassal no està del tot ple, hem calculat que el volum d'aigua és tan sols d'uns 3000 dm³. Així doncs, hi apliquem 60 ml d'antialgues.

10/07/2009- Hem pesat els ous de la primera i la segona posta (anant molt en compte de no modificar la seva posició), tenint en compte que estan aproximadament a la meitat del desenvolupament embrionari. Hem pogut observar que tots els ous han perdut pes.

16/07/2009- Hem fet el calibratge dels sensors H3, H4, utilitzant com a referència el TESTO 177 H1, així com dels sensors T3, T4 i T5, tenint com a referent el termòmetre de precisió BRAND³¹. D'altra banda, hem trobat l'ou número 6 fet malbé i l'hem hagut de llençar.

20/07/2009- Facultat de Biologia, De fet havíem de fer el calibratge al servei de Camps Experimental de la Facultat de Biologia de la UB, però el tècnic del Departament, en Josep Matas, va opinar que ho podíem portar a terme a l'Escola (ell ens deixava el material) perquè es necessitava gairebé tot un dia per portar a terme el calibratge. D'aquesta manera, després li ensenyàvem els resultats i podríem dedicar més temps a fer una visita a les instal·lacions, En Josep Matas ens va ensenyar les càmeres d'ambient controlat (fitotrons) amb especial dedicació als tipus de llum fitoestimulants (perquè les plantes creixin bé) i també ens va fer una classe sobre calibratge d'instruments de mesura (enfocada al treball de la Jordina).



Aquest mateix dia havíem quedat amb la Dra. Emilia Gutiérrez del Departament d'Ecologia (per el treball de recerca de l'Alba Prieto), però abans el nostre tutor ens va ensenyar l'edifici (amb els *Potus* que pengen del pis de dalt) i una exposició de Zoologia amb alguna raresa, com un vedell de dos caps.



22/07/2009- Visita al CRARC de Masquefa amb totes les nostres tortugues. Ens hi hem passat tot un matí. D'una banda s'ha tractat el tema de la publicació d'un article sobre hibernació que està portant a terme l'Eudald Pascual i que ha de fer uns últims retocs. S'han revisat totes les tortugues, aprofitant el curs que imparteix l'Albert Martínez, director científic del CRARC, a joves veterinaris.

³¹El calibratge dels sensors s'explica amb deteniment al treball de recerca de la Jordina Colom.



Recentment han donat un premi al CRARC que han invertit en comprar microxips, i l'Albert i en Joaquim han decidit posar-ne a les nostres tortugues. Mentre ho estava realitzant, l'Albert anava fent l'explicació completa de tot el procés.



El microxip facilita que les tortugues puguin ser identificades amb més facilitat en cas d'un possible robatori (ja que en el nostre cas no es poden perdre perquè estan en el pati de les tortugues, que és un indret tancat lateralment).



Aquestes tortugues tenen la importància afegida de que se'ls hi ha fet molts estudis (com l'explicat més amunt de l'Eudald), Fins i tot han entrat a formar part d'un estudi de filogenia evolutiva a partir de l'anàlisi del seu ADN mitocondrial portat a terme per Salvador Carranza del Centre Superior d'Investigacions Científiques (CSIC)³². D'altra banda, ens ha donat antiparasitari perquè el donem tan a les tortugues grans com a les petites, amb la dosi adequada per a cadascuna.

³² El Dr. Carranza ens va explicar aquests i altres estudis en una visita de biologia al CSIC el curs passat.

24/07/2009- Una de les tasques vinculades amb el manteniment del pati de les tortugues que s'havia de realitzar era repintar un fragment de la paret. La pintura que anteriorment recobria aquest fragment havia caigut i que havia estat revisada el curs anterior per l'Èlia, la Laura i el David. Així doncs, vam anar-li a preguntar al Joan Serrat, arquitecte i professor de Dibuix de Batxillerat, que ens aconsellés sobre quin tipus de pintura calia aplicar per tal que no tornés a caure. Ell va dir-nos que enlloc d'utilitzar un material que repel·leixi la humitat, el més adequat és un material que la deixi transpirar, com és el cas de les pintures al silicat. Així doncs, vam anar a comprar una Imprimació al Silicat *Macy*, que conformaria la primera capa, a sobre de la qual vam aplicar-hi un revestiment *Macy*.



Al pintar, ens hem trobat amb un problema: el color del revestiment no coincideix amb el color original de la paret, de manera que ens veurem obligades a tornar-ho a pintar amb el color adient, que tampoc acaba de resultar del tot exacte, però ja ho donem per acabat.

Aquest mateix dia es va fer un important podada dels arbres més alts que cauen al terrat de l'escola, ja que s'ha fet una remodelació dels mateixos i podrien obstruir els desaigües.

26/07/2009- Hem trobat l'ou número 4 esquerdat, de manera que deduïm que li deu quedar poc per nàixer.

28/07/2009- Ha eclosionat l'ou número 4 de la posta del 28/05/2009, que hem anomenat J1 i que pesa 13,1 g. El dia abans l'havíem traslladat a un recipient amb paper mullat.



04/08/2009- Ha eclosionat l'ou número 3 de la posta del 28/05/2009, al qual hem anomenat J2 i que pesa 10,09 g. Curiosament, és la tortuga que pesa menys de totes les nascudes fins al moment a l'escola.

13/08/2009- El bassal del pati estava aproximadament uns 10 cm més baix, de manera que l'hem omplert. A més, el pati estava sec i amb poc aliment, de manera que hem replantat diferents espècies vegetals (dent de lleó, etc).

24/08/2009- Observem que el mascle està en plena activitat sexual, tot i que no hem detectat cap altra posta.

28/08/2009- S'ha trucat al CRARC per explicar-los la troballa d'alguns ous malmesos i, d'altra banda, per comentar la inflamació de les parpelles de la tortuga M1, la qual sembla que gairebé no hi veu i menja ben poc. A més, hem observat que s'ha aprimat 5 grams. Els experts del CRARC ens diuen que la conjuntivitis és causada pel dèficit de vitamina A, de manera que ens han recomanat que li subministrem una dieta rica en aquest tipus de vitamina (tomàquets, meló, pastanagues, dent de lleó i julivert) i que li apliquem tres o quatre gotes de col·liri a cada ull, tres o quatre cops al dia. També hem posat el sensor H3 al terrari del laboratori.

01/09/2009- Ha nascut la tortuga de l'ou número 17 de la posta del 06/07/2009 a les 13:00h. L'hem anomenat J3 i pesa 12,1 g.

02/09/2009- A les 9:20 h observem que els ous número 9 i 10 de la posta del 06/07/2009 estan parcialment esquerdats. Al cap d'unes hores, concretament a les 13:40 h, neix l'ou número 9, al qual anomenem J4 i que pesa 12,2 g. Pràcticament a la mateixa hora, veiem la tortuga de l'ou número 10, la qual està a punt de sortir, amb un gran vitel, fet pel qual tornem a posar l'ou a la incubadora per tal que la tortuga el reabsorbeixi completament.



A més, hem pintat la paret del pati amb el revestiment al silicat del color salmó de la paret.

03/09/2009- La tortuga de l'ou número 10 ja ha reabsorbit tot el vitel, cosa que li ha permès sortir finalment de l'ou. L'hem anomenat J5 i pesa 12,9 g.

04/09/09- Hem portat la tortuga M1 a la Clínica Veterinària Núria Plana de Sant Feliu de Llobregat, donat que la tortuga no mostrava cap millora. La Dra. Clàudia ens ha recomanat que banyem a la tortuga amb aigua tèbia dos o tres cops al dia, ja que d'aquesta manera la tortuga recuperarà la temperatura corporal i s'activarà més, i conseqüentment estarà més disposada a menjar. A més, ens ha donat una llista amb els aliments més indicats per al dèficit de vitamina A, donant major importància als espinacs i a les bledes, donat el seu alt contingut en la vitamina esmentada. D'altra banda, ens ha dit que seguim amb el tractament amb el col·liri que ja li aplicàvem fins al moment.

També hem donat un suplement vitamínic i proteic a les tortugues nascudes recentment (J1, J2, J3 i J4).

15/09/2009- Hem tornat a portar la tortuga M1 a la Clínica Veterinària Núria Plana per controlar l'evolució de la malaltia. La doctora ens ha receptat Biominol A hidrosoluble, el qual hem de mesclar amb el menjar. Ens ha recomanat de no seguir amb el col·liri

ja que porta cortisona, la qual si se'n consumeix amb excés pot causar efectes adversos i ja fa dues setmanes que li donem.

La dosi que li donem de Biominol A hidrosoluble és una gota diluïda en 5 ml, que és el mateix que 0,4 ml al dia, barrejat amb el menjar.

A més, ens va dir que observant la forma en que respirava podia tenir una principi de pulmonia, fet per el qual és recomanable realitzar-li unes radiografies. Tot i així en va dir que sinó millorava en una setmana li injectaria una dosi de vitamina A.

28/09/2009- Els Senyor Bretones, veterinari de la clínica St. Vicenç, ens ha vingut a buscar les tortugues per la radiografia corresponent a la sessió de tardor i li hem demanat que ens miri a fons els pulmons de la M1.

29/09/2009- Visita Unitat Anatomia i Embriologia Humana per ensenyar a la Dra. Manzanares la feina feta d'Osteocronologia (treball de l'Alba), entregar-li una còpia en paper del treball anterior (del David Bretones) i plantejar-li uns dubtes i la conveniència de repetir algunes proves.



5/10/2009- Ens tornen les tortugues M1 i M2 amb les radiografies fetes i amb un diagnòstic d'hipovitaminosis A i conjuntivitis. Els subministrem unes pomades als ulls diàriament fins que el seu aspecte millori.

6/10/2009- Segona visita a la Unitat Anatomia i Embriologia Humana (només l'Alba Prieto, que va a realitzar el poliment manual del tall d'os).

8/10/2009- L'Ariadna ensenya a utilitzar una càmera rèflex digital als alumnes de segon d'ESO que realitzen el seu treball de *Petites investigacions* sobre les tortugues (Júlia) i sobre els aquaris (Víctor) perquè realitzin les seves pròpies fotografies.



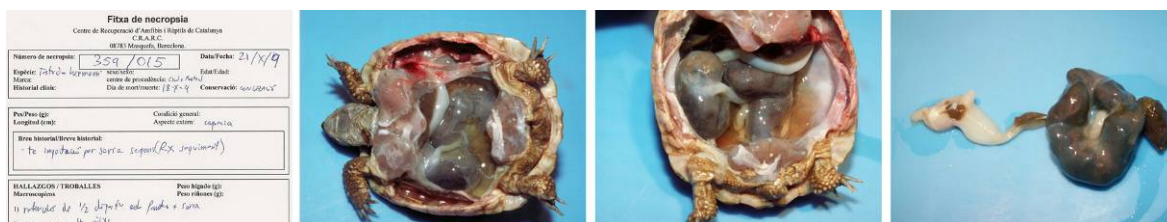
15/10/2009- Portem la tortuga M1 al CRARC perquè la veiem molt malament i, tot i els nombrosos tractaments que li hem subministrat al llarg de l'estiu, es mor allà mateix. L'Albert farà la necròpsia per conèixer les causes de la seva mort i ens enviarà els resultats i les fotografies. També guardarà en formol la tortuga per si pot ser útil per a un treball de recerca posterior.

16/10/2009- Les temperatures han baixat, de manera que preparem el pati per a la hibernació, amb l'ajuda de la Júlia i el David.

21/10/2009- Sessió de prova a P5. L'Ariadna prova la càmera amb braç flexible a la classe de P5 (vegeu apartat 5). Ha estat un èxit, tan la observació de petits animals com la de parts del cos dels mateixos nens.



23/10/2009- Rebem els resultats de la necròpsia de la M1. Segons l'informe la tortuga tenia una retenció de pedres a l'estómac, fet que no li permetia excretar. A més, tenia els ronyons i el fetge molt pàl·lids i els pulmons presentaven líquid al seu interior. És per aquest motiu que els experts del CRARC creuen que a part de la ingestió de pedres, podria haver-hi una altra causa de la seva mort i han agafat mostres per fer més anàlisis; quant tinguin els resultats ens els faran arribar.



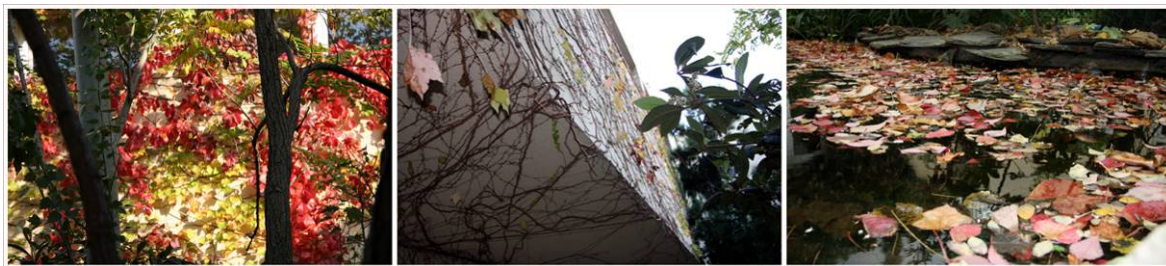
26/10/2009- Entrega del treball (1a versió definitiva al tutor)

27/10/2009- Visita a la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona (treball Alba Prieto). Primer vàrem anar al Departament de Biologia Cel·lular per a realitzar l'observació amb el microscopi de Nomarski, amb l'ajuda de la doctora Durfort. Més tard, anàrem al Departament d'Ecologia per ensenyar a la doctora Gutiérrez l'aplicació dels mètodes dendrològics a l'osteocronologia i verificar que l'ús que n'havíem fet fos correcte.



05/11/2009- L'efecte de la tardor al bassal es fa notar, ja que una part important de les fulles de les enfiladisses caducifòlies hi cauen. En traiem una bona part amb els

salabres, i en posem algunes a les caixes d'incubació (de moment encara obertes) que tenim al pati, i també a dintre del terrari gran.



06/11/2009- Hi afegim una còpia de les portades de les memòries definitives dels nostres treballs de recerca (que hem d'entregar el proper dimarts dia 9 de novembre).

