Microclimes al pati de les tortugues

Gerard Sagués Mitjana
Tutor : Josep Marí Torres
Treball de recerca
Curs 2004/2005

ÍNDEX

Pàg.

Pròleg..... 2

1 Climes i microclimes..... 4

1.1 La temperatura a la Terra..... 6
1.1.1 La temperatura a l'atmosfera: variacions verticals.....10
1.1.2 La temperatura a la hidrosfera.....14

1.2 La temperatura i els éssers vius.....17
1.2.1 Regla de Bergman.....18
1.2.2 Regla d'Allen.....19
1.2.3 Ciclomorfosi..... 20

2 Microclimes al pati de les tortugues..... 21

2.1 Materials i mètodes.....22
2.1.1 Els sensors..... 23
2.1.2 Disposició en l'espai.....27
2.1.3 Cal·libració dels sensors.....30
2.1.4 Tramitació de dades..... 31

2.2 Resultats i discussió..... 33

3 Model de termoclina..... 42

3.1 Materials i mètodes..... 44

3.2 Resultats i discussió..... 47

4 Conclusions.....52

5 Annex.....54

6 Bibliografia.....65

PRÒLEG

El meu treball de recerca es basa, principalment, en elaborar un estudi per determinar si existeixen possibles microclimes a diferents zones del pati de les tortugues de l'escola Mestral. Aquest treball es durà a terme a partir de l'estudi d'uns paràmetres físics (temperatura i humitat relativa) que pensem que poden tenir molt a veure en el desenvolupament de la vida, tan animal com vegetal, en el recinte esmentat. Però no tan sols ens fixarem en aquest tipus d'aspectes, ja que un altre dels objectius és poder arribar a unes conclusions, a partir de les experiències abans citades, que ajudin a poder cuidar amb facilitat el pati de les tortugues.

Creiem convenient esmentar que aquest treball no s'hauria pogut ni plantejar si no fos per un grup d'alumnes que, sota la direcció del professor Josep Marí, van construir el bassal i van adequar el pati de les tortugues fins a donar-li l'aspecte que té actualment.

Pensem que a partir d'aquestes remodelacions s'ha de deixar d'entendre el pati de les tortugues com un lloc més de l'escola, com podrien ser el gimnàs i l'aula de música, i ho hem de veure des de la perspectiva que aquesta zona constitueix un biòtop per si mateixa, on cada ésser viu que hi fa vida desenvolupa algun o altre paper. Aquest caràcter "biològic" que ara té el pati és el que m'engresca de cara a poder realitzar un treball d'aquesta magnitud.

El motiu principal pel qual he volgut triar un treball d'aquestes característiques és el fet que, de tots els treballs de recerca que es proposaven del pati de les tortugues per aquest any n'hi havia un, el de micrometeorologia, que m'interessava especialment. Així mateix, el fet de poder ser "l'encarregat" del pati i, en part, poder decidir les tasques a realitzar-hi em feia especial il·lusió.

La idea, que probablement està més generalitzada, és que el pati de les tortugues no és res més que un espai on hi va a caure tota la porqueria que es genera al pati de batxillerat. Aquesta idea, però, és totalment errònia. Amb aquest treball es vol contribuir a difondre el fet que el pati és un lloc amb unes característiques molt sorprenents i on s'hi desenvolupen certs aconteixements que creiem és important que no passin per alt.

En concret els objectius del meu treball són els següents:

- Realitzar uns registres de temperatura i d'humitat relativa del pati de les tortugues al llarg de l'any.
- Determinar si existeixen variacions locals (microclimàtiques) de temperatura significatives en algun indret del pati.
- Dissenyar un model de termoclina al laboratori, registrant-ne les variacions de temperatura a diferents profunditats.
- Realitzar les tasques periòdiques de manteniment per tal de garantir un bon aspecte del pati i del bassal. A part, també es vol deixar constància, tant de forma escrita com gràfica, dels canvis i millores realitzats al llarg dels últims 9 mesos.

Probablement amb la lectura de només aquest tros, ja es pot observar que una de les dificultats més grans és arribar a plasmar amb un sentit d'objectivitat i de rigor científic totes aquestes experiències que intentarem portar a terme en el treball, però és precisament per això que vaig triar de fer aquest i no un altre, ja que volia ser capaç d'entusiasmar a la gent de les següents promocions i de fer-los veure que, tot i que ja se'n hagin fet uns quants de treballs de recerca sobre aquest espai, sempre existiran petits o grans elements que mereixeran ser estudiats i analitzats.

Figura 1: Imatge del pati de les tortugues al començament de la tardor de 2004

1. CLIMES I MICROCLIMES

Si observem l'atmosfera ens adonarem que no para mai de canviar: ara fa sol, ara plou, ara fa molt de fred, un dia el vent està calmat i el següent s'ho emporta tot per davant. La manera com es presenten tots aquests estats atmosfèrics en cada lloc i en cada moment constitueixen el **temps**, concepte que no s'ha de confondre amb el de **clima**.

El clima sorgeix com a resultat d'un seguit d'interaccions entre la latitud, l'altitud i l'orientació respecte de l'acció dels vents. L'observació del temps d'un mateix lloc durant molts anys (com a mínim 30) permet calcular valors mitjans fiables de tots aquests estats atmosfèrics, i així és com es pot establir quin és el clima del lloc en concret que hem realitzat les observacions. Per tant podem definir el clima com *el conjunt de les situacions atmosfèriques mitjanes que es donen en un període de temps i en un lloc determinats*.

La intensitat diferent de la radiació solar i la corresponent formació de tres cèl·lules de circulació d'aire a cada hemisferi (veure apartat 1.2) determinen que al nostre planeta hi hagi tres grans franges o zones climàtiques:

- La **zona tropical**. Correspon a les dues cèl·lules que són a banda i banda de l'equador. Els seus límits aproximats són els dos paral·lels: el tròpic de Càncer, a l'hemisferi nord, i el tròpic de Capricorn, a l'hemisferi sud. L'aire que circula cap a l'equador arran de terra forma uns vents molt característics anomenats alisis. Les temperatures hi són sempre elevades.

- La **zona temperada**. Correspon a les dues cèl·lules situades, aproximadament, entre els tròpics i els cercles polars a cada hemisferi. L'aire va arran de terra en direcció als pols i crea un règim general de vents de l'oest. Les temperatures són moderades.

- La **zona polar** o **glacial**. Correspon a les dues cèl·lules que hi ha per damunt dels dos cercles polars. L'aire arran de terra s'allunya dels pols en forma de vents polars molt freds.

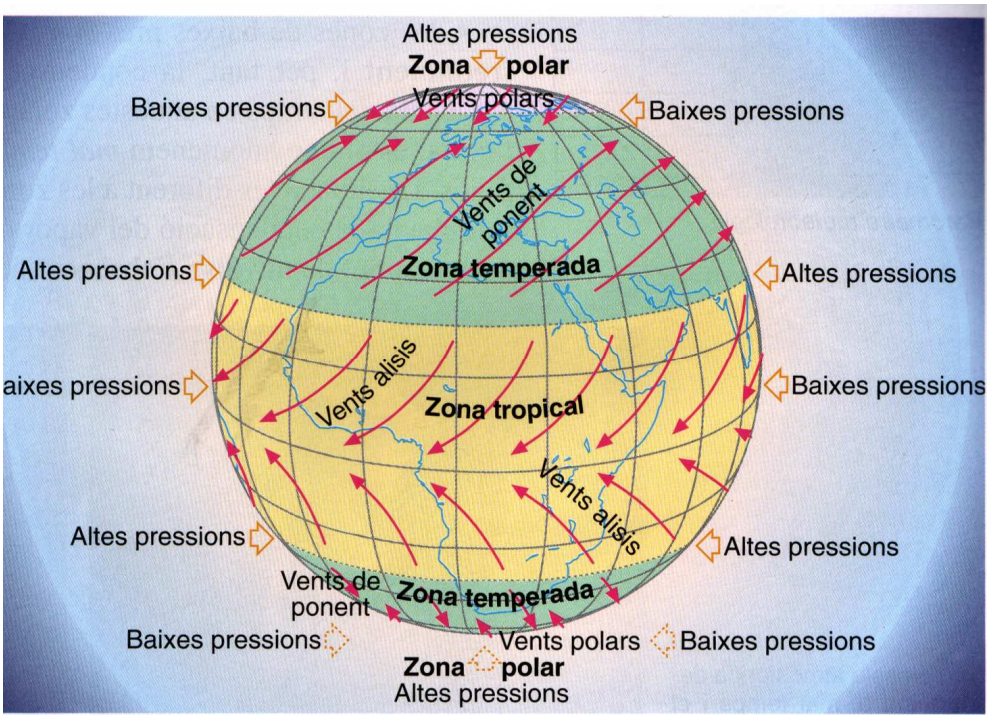

Figura 2: Les tres grans zones climàtiques de la Terra

Concretament, el clima de la Península Ibèrica correspon al de la zona temperada i el determina la posició geogràfica que ocupi l'anticicló[1] subtropical de les Açores. Al llarg de l'estiu està més a prop del pol Nord i bloqueja l'entrada de borrasques al nostre país, en desviar-les cap al nord d'Europa. Les pluges d'estiu són de caràcter tempestuós, i les originen núvols de desenvolupament vertical que es formen de la convecció tèrmica d'aire càlid i humit. Al llarg de l'hivern, l'anticicló es desplaça cap al sud, de manera que no hauria d'haver-hi cap impediment per a l'entrada de precipitacions. Tanmateix es forma un altre anticicló i cal que aquest es desfaci per tal que puguin entrar les pluges hivernals.

Però si volem estudiar el clima concret d'una població o d'un indret, haurem de tenir en compte certs factors que puguin influir en l'augment o el descens de les temperatures. Factors com l'altitud, l'orientació de l'indret, la proximitat d'un riu o d'un mar o fins i tot si estudiem una zona coberta de vegetació poden ser aspectes que facin variar el **microclima** del lloc.

[1]Un anticicló és una zona d'alta pressió envoltada d'un seguit d'isòbares amb una pressió que descendeix cap a l'exterior de la zona. Es forma quan una massa d'aire fred (més dens) que es troba situada a certa altura, tendeix a descendir fins que contacta amb el terra. A la zona de contacte s'acomula molt d'aire (hi ha molta pressió) i el vent tendeix a sortir des del centre cap a l'exterior.

Per tant podem definir el microclima com *el conjunt de condicions climàtiques pròpies d'un punt geogràfic o d'una àrea reduïda i que representen una modificació local del clima general del territori degut a la influència de diversos factors ecològics.* L'acció combinada del relleu, l'altitud, el sòl o la vegetació influeix en la determinació d'un microclima o un altre.

El microclima originat per un bosc, per exemple, és degut a l'ambient creat a sota de les capçades dels arbres, que és ombrívol i permet el manteniment d'uns valors d'humitat alts; a més a més, les oscil·lacions tèrmiques queden esmorteïdes, el vent és menor que a l'exterior i el sòl està més protegit de l'erosió. En altres casos, el relleu pot ser la causa que en determinades valls que quedin força encaixonades, les masses d'aire fred s'hi vagin acumulant i provoquin el descens de la temperatura respecte a zones més elevades, fet que produeix canvis en la vegetació de l'indret. A aquest fenomen se'l anomena inversió tèrmica.

1.1 LA TEMPERATURA A LA TERRA

El Sol és la font d'energia de tots els fenòmens observats a l'atmosfera i a la superfície de la Terra per radiació. Tot i així, una part d'aquesta energia retorna a l'espai reflectida pels núvols o per les partícules sòlides que es troben en suspensió a l'aire. L'absorció de la part d'energia que no és retornada la duen a terme principalment el vapor d'aigua, el diòxid de carboni i l'ozó presents a l'atmosfera.

La temperatura depèn sobretot de la quantitat de radiació solar que arriba a la Terra. Però hi ha altres factors que influeixen a l'hora de determinar quina és la temperatura mitjana d'un lloc, com poden ser l'altura, la nuvolositat, etc. Tenint en compte tots aquests factors, la temperatura de qualsevol lloc presenta quatre tipus de variacions, que determinen com canvia aquesta en funció de les hores del dia, dels mesos de l'any, de la latitud o de l'altura. Tot seguit explicarem en què consisteix cadascuna i quines característiques tenen.

- Variació diürna: *És la variació de la temperatura amb l'hora del* dia, i és deguada a la rotació de la Terra. Depèn directament de l'estat del cel, ja que és més alta quan el cel està serè que no pas quan està ennuvolat. Les temperatures màximes s'assoleixen dues o tres hores després del migdia, mentre que les mínimes són just en el moment en que comença a sortir el sol. A les regions on hi ha terra, les variacions són més altes ja que la terra condueix malament la calor i només s'escalfa la capa superficial. En canvi en les regions marítimes les variacions són petites gràcies a la propietat que té l'aigua d'absorbir i d'emmagatzemar gran quantitat de calor.

  Quan el cel es troba ennuvolat només passa una petita fracció de radiació solar i, en conseqüència, la temperatura quasi no es modifica durant el dia ni durant la nit.

- Variació anual: *És la variació de la temperatura amb els mesos de l'any* i és deguda a la inclinació de l'eix de rotació de la Terra.

  La temperatura d'un lloc sempre està relacionada amb la quantitat de *radiació solar* que hi ha i amb la *posició geogràfica* del lloc. A l'hemisferi boreal, la màxima radiació solar té lloc en el solstici d'estiu (21 de juny). En aquesta mateixa data es dóna la mínima a l'hemisferi austral. En canvi, en el solstici d'hivern (22 de desembre), la radiació és mínima a l'hemisferi boreal i màxima a l'hemisferi austral.

- Variació amb l'altura: Ja hem vist que la temperatura de la troposfera disminueix amb l'altura. La variació que presenta és d'uns 0.6ºC per cada 100m d'ascens (6ºC per km), però és un valor que pot ser diferent al llarg del gruix de la troposfera, i que varia segons l'estació de l'any, la localitat i la latitud (veure apartat Variació amb la latitud). Aquesta disminució té lloc perquè la superfície terrestre escalfa les capes baixes de l'atmosfera i aquestes al seu torn escalfen les immediatament superiors, de manera que a mida que s'ascendeix, com que hi ha pèrdua de calor, la temperatura disminueix. Per conèixer aquest gradient de temperatura, els observatoris meteorològics més importants fan servir radiosondes o globus sonda equipats amb aparells de mesura.

L'aire sec (és a dir, amb una humitat nul·la), quan experimenta un moviment vertical segueix un gradient de refredament d'1ºC cada 100m. L'aire humit, en canvi, rep la calor de la condensació de l'aigua en forma de vapor, que passa a fase líquida, i posseeix un gradient de refredament més baix, de l'ordre de 0.4ºC-0.6ºC cada 100m, tal i com hem comentat anteriorment.

Però el gradient de la temperatura en funció de l'altitud també depèn de la densitat de l'aire que hi hagi en una altura determinada. Una massa d'aire, per exemple, ascendirà si l'aire que l'envolta és més fred, i per tant, més dens. Si l'aire circumdant és igual o més calent i menys dens, no podrà ascendir i romandrà estable o tendirà a baixar.

- Variació amb la latitud: *Són les variacions de temperatura en funció de si la latitud augmenta o disminueix*. A mida que augmenta la latitud, la temperatura disminueix, semblantment al que passa amb l'altitud. De fet hi ha una relació molt clara entre aquests dos paràmetres (latitud i amplitud) amb la temperatura. Un exemple molt clar d'aquesta relació el trobem en la disposició dels estrats de vegetació. Així, trobar un bosc de coníferes de pi negre ho podem fer augmentant l'altitud en latituds baixes o bé incrementant la latitud d'indrets amb una baixa altitud (propers al nivell del mar). Tot i això, augmentar 1km d'altitud (en una muntanya per exemple) equival a més de 1000km d'increment de latitud.

  L'amplitud de l'oscil·lació tèrmica depèn fonamentalment de la latitud, essent menyspreable a l'equador i d'una gran magnitud per les latituds més altes, com per exemple en el cas del pol nord i del pol sud. Aquesta gran variació de temperatura que es produeix en les latituds més altes vé donat, principalment, per la inclinació dels raigs solars.

Aquest canvis que acabem de veure estan relacionats exclusivament amb el funcionament no antròpic[2] de la Terra. Tot i així també existeixen canvis en la temperatura global del nostre planeta per culpa de l'acció de l'home.

[2] Antròpic: Que hi actua l'ésser humà d'alguna manera.

En els darrers anys s'ha posat de manifest que les activitats naturals que duu a terme l'espècie humana produeixen canvis en els sistemes que determinen el clima del nostre planeta. Així doncs, es pot començar a parlar de l'existència d'un canvi climàtic a escala global, lligat a les activitats humanes, que se superposa al canvi natural de les condicions climàtiques del planeta. Essencialment, aquest canvi té el seu origen en un conjunt de gasos amb efecte d'hivernacle (com per exemple el metà o el diòxid de carboni) emesos a l'atmosfera com a resultat del comportament i les necessitats de les societats en les que vivim. Sense la presència de dos dels gasos hivernacle naturals, com el CO_2 i el vapor d'aigua, la temperatura del nostre planeta seria 30ºC per sota de l'actual. Però la contaminació fa que augmenti la quantitat de gasos hivernacle a l'atmosfera. Això comporta el risc d'un increment general de la temperatura del nostre planeta.

Però d'on vé el nom d'aquest fenomen conegut com a efecte hivernacle? La resposta és ben senzilla: la Terra s'escalfa gràcies a l'energia del Sol (veure apartat 1.1). Una part d'aquesta energia és reflectida en direcció a l'espai, una altra part molt petita és absorbida i la resta travessa l'atmosfera i escalfa la Terra. La radiació en el seu viatge per l'atmosfera va augmentant la seva longitud d'ona (de blau a verd, de verd a groc, de groc a taronja, de taronja a vermell i, finalment, de vermell a infraroig). Però quan l'energia és reflectida des de la Terra es produeix un fenomen diferent. Alguns gasos de l'atmosfera, com el CO_2 i el vapor d'aigua, la retenen, absorbeixen gran part de l'energia i eviten que torni a l'espai. Això contribueix a mantenir el planeta calent. Així doncs, l'atmosfera deixa passar la radiació solar, però no permet que la radiació del nostre planeta escapi tota a l'espai. És molt semblant al que passa als hivernacles, amb la diferència que l'hivernacle utilitza el vidre i no pas els gasos de l'atmosfera per retenir l'escalfor. Per això aquest fenomen natural ha rebut el nom d'efecte hivernacle. Si l'escalfor no quedés retinguda a l'atmosfera, la Terra es glaçaria.

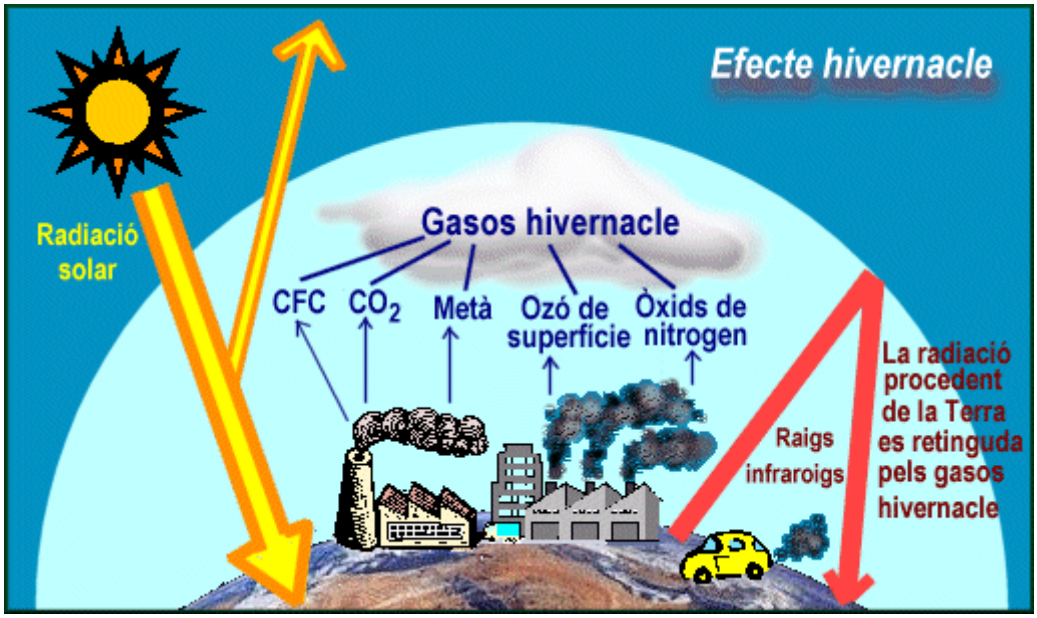

Figura 3: L'efecte hivernacle

Els científics, segons estudis recents, creuen que si els gasos d'efecte hivernacle es dupliquen es pot produir un increment global de la temperatura mitjana de tot el planeta entre 1.5 i 4.5 ºC. Si tenim en compte que la diferència entre la temperatura durant la última era glacial i el temps actual és de només 4ºC, no és difícil imaginar que un augment de la temperatura en la mateixa proporció tindria conseqüències catastròfiques. Un dels canvis més significatius seria la distribució actual de les regions climàtiques. Es donarien casos especialment rellevants, com podria ser que en una zona desèrtica on fes molts anys que no hi cau un ruixat, de cop hi comencés a ploure amb gran intensitat. Les temperatures serien molt més altes, les tempestes més fortes, les inundacions més intenses i les sequeres més duradores.

1.1.1 La temperatura a l'atmosfera: variacions verticals

L'estudi de les característiques físiques de l'aire a diverses altures ens indica que l'atmosfera es pot considerar que està formada per capes. Aquestes capes es basen en canvis en l'estructura vertical de la temperatura, i també en canvis de composició. D'entrada, les variacions verticals de temperatura a l'atmosfera són les principals responsables de la seva divisió en subcapes. Així els mots com **tropopausa** o **estratopausa** no impliquen altre cosa que un canvi de temperatura entre la capa inferior i la capa

superior. Les diverses capes de l'atmosfera fan de filtre (sobretot la **capa d'ozó**), de manera que només les radiacions situades al centre de l'espectre aconsegueixen traspassar-les sense dificultat.

En la primera capa, la **troposfera**, s'hi concentren el 80 per cent dels gasos atmosfèrics (N_2, O_2 i CO_2) que fan possible la vida. En aquesta capa la temperatura comença a disminuir, des d'uns 15ºC a la part inferior fins a uns -70ºC a la tropopausa. Aquesta disminució té un valor mitjà d'uns 0.65 ºC/100 metres i s'anomena *gradient vertical de temperatura*.

La següent capa, l'**estratosfera** s'estén des de la tropopausa fins a l'estratopausa, i està situada a uns 50 km d'altitud respecte la superfície de la Terra. L'aire és molt tènue i no hi ha variacions verticals de temperatura, sinó horitzontals que fan que aquesta augmenti fins a assolir un valor màxim de 4ºC.

Si seguim pujant en vertical, la següent capa és la **mesosfera,** situada aproximadament a uns 80 km. La temperatura disminueix novament fins a assolir valors inferiors als -70ºC.

Finalment, la última capa és la **termosfera**. Es prolonga fins al quilòmetre 600 aproximadament. Aquí la temperatura augmenta fins a uns 1000ºC, a causa de l'absorció de les radiacions solars d'ona més curta (raigs X i gamma) que porten a terme les molècules de nitrogen i d'oxigen que, com a conseqüència, es transformen en ions de càrrega positiva i aleshores s'alliberen electrons, que és el que provoca aquest gradient tèrmic tant important de la mesosfera a la ionosfera.

En la figura 4 podem observar com, efectivament, les variacions de temperatura es produeixen en les diferents subcapes i tot i que no continua, la tendència del gràfic seria la d'augmentar molt ràpidament la seva temperatura fins a assolir uns valors, tal i com hem comentat anteriorment, pròxims als 1000ºC.

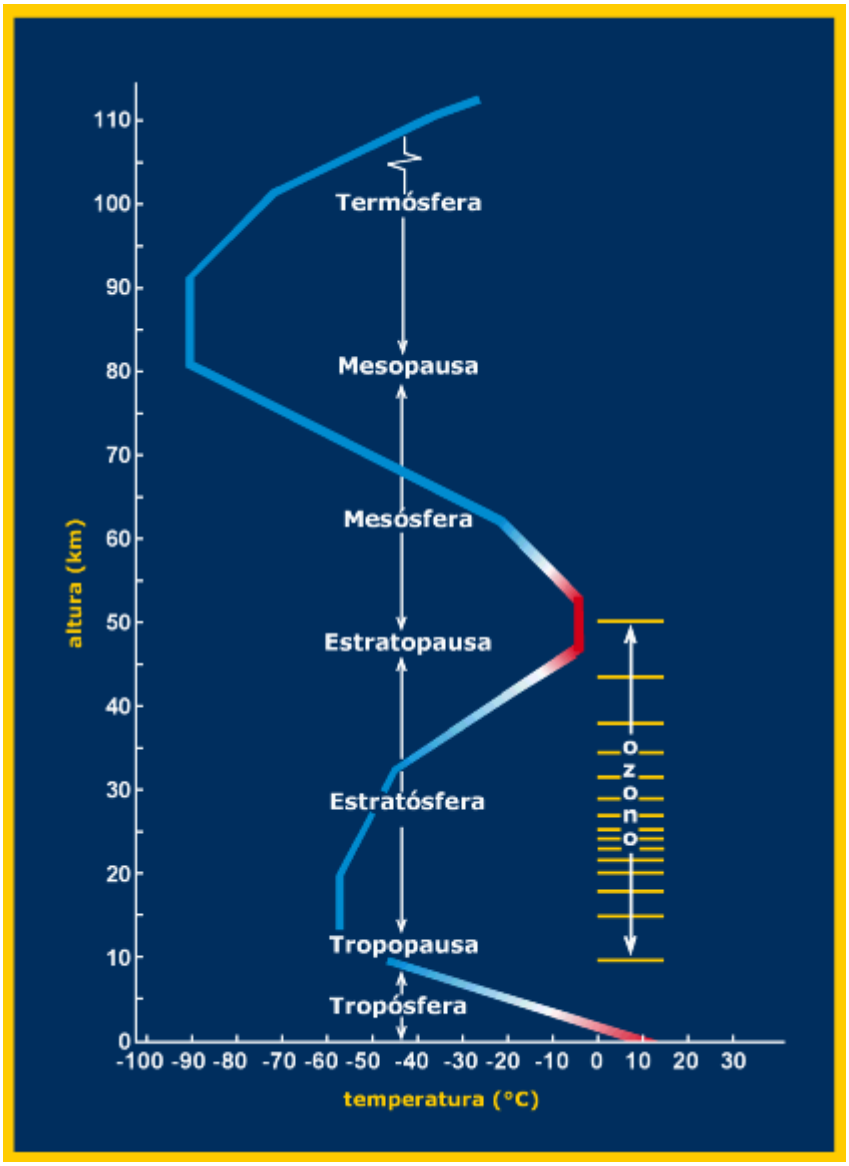

Figura 4: Variació de la temperatura a l'atmosfera

Però com ja hem vist anteriorment (veure apartat Variacions amb la latitud), el nostre planeta no rep la radiació solar amb la mateixa intensitat. Així, a prop de l'equador la radiació solar es concentra en menys superfície que en les latituds superiors, és a dir, a prop dels pols.

Com que l'aire calent és menys dens que el fred, a la zona equatorial l'aire puja cap a dalt i és substituït per aire més fred que ve d'altres latituds. Al mateix temps, aquest aire nouvingut es torna a escalfar, torna a pujar i torna a ser substituït pel fred, i així successivament. En canvi a les zones polars la situació és ben diferent, ja que la Terra rep les radiacions molt poc concentrades i l'aire es refreda. L'aire fred és més dens que el calent, de manera que es queda arran de terra i és xuclat cap a l'equador per substituir l'aire

calent que hi ha pujat. En marxar de les zones polars, l'aire fred ha de ser reemplaçat per aire nou, més calent, que ve per les capes altes de la troposfera.

Aquests moviments de l'aire determinarien, en teoria, l'establiment d'una gran cèl·lula de circulació d'aire en cada hemisferi terrestre que segueix exactament els passos que hem explicat anteriorment. Però en realitat, el fet que el nostre planeta roti implica que es desviïn els moviments de l'aire, i en el lloc de cada cèl·lula de circulació teòrica se'n formen tres de més petites: una que va des de l'equador fins a una latitud de 30º, una altra que va des dels 30º fins als 60º i una tercera que va des dels 60º fins al pol, és a dir, els 90º de latitud.(Fig. 5)

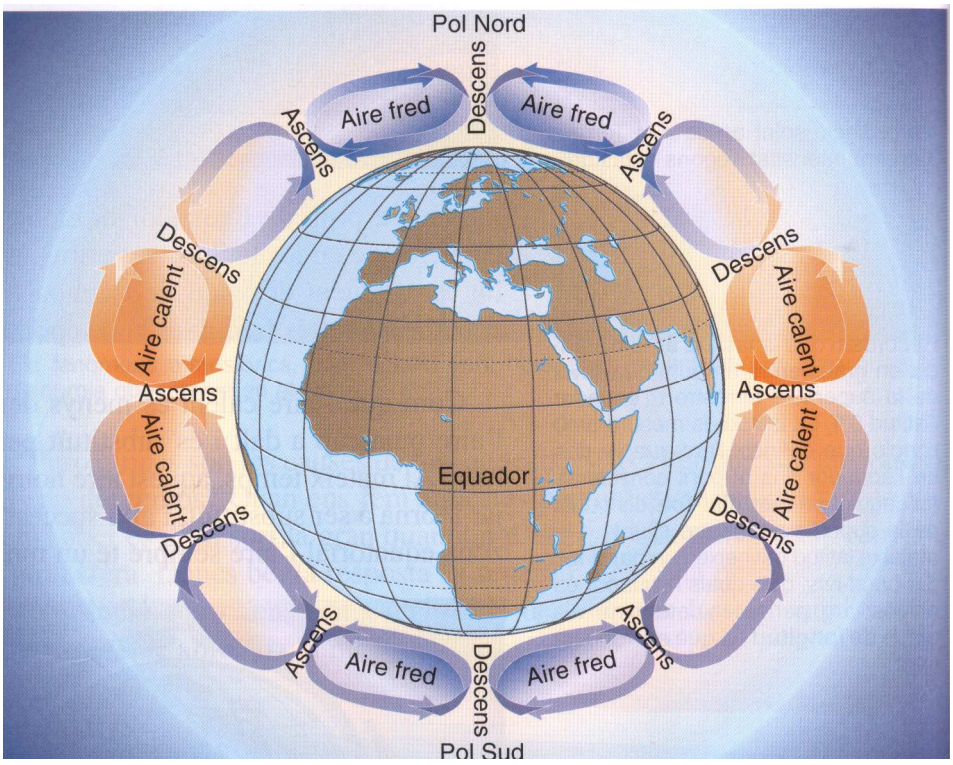

Figura 5: Cèl·lules reals de circulació de l'aire en cada hemisferi terrestre

1.1.2 La temperatura a la hidrosfera

La hidrosfera és la capa de la Terra formada per aigua, que se situa per sobre de l'escorça terrestre (o en el seu interior) i que equivaldria a una capa d'aproximadament 2.7 km de profunditat si s'estengués de manera uniforme per la superfície del nostre planeta. Els especialistes en hidrologia (la ciència de l'aigua) han calculat que a la Terra hi ha prop de 1400 milions de quilòmetres cúbics d'aigua. Però llavors perquè sempre ens han ensenyat que l'aigua és un bé escàs que hem de mirar de racionalitzar-ne el consum en la mesura que sigui possible? Per començar, més d'un 97% d'aigua està en els oceans i un 2% en els casquets polars. Això implica que només un 1% del total de l'aigua que hi ha al nostre planeta es pugui tractar per tal de poder obtenir aigua dolça potable. Aquestes dades demostren que l'aigua és un bé que s'ha de tractar amb el màxim de bon ús possible, ja que només així podrem evitar que ens quedem sense un dels nostres recursos naturals més preuats.

La temperatura de les aigües superficials oceàniques varia segons la latitud entre -2ºC a les latituds polars i 30ºC a les zones equatorials. Les variacions de la temperatura a la hidrosfera són molt petites comparades amb les de l'aire i la variació més marcada (la termoclina) és la que ens permetrà presentar, més endavant, el model de termoclina que hem dissenyat. Aquests canvis de temperatura són bastant similars en tots els oceans, tot i que cal recordar que hi ha dos factors que influeixen en la temperatura de l'aigua d'un mar, un riu, un llac, etc. El primer factor és la salinitat; quan més alta és la salinitat més baixa la temperatura. El segon factor és la densitat; mentre que gairebé totes les substàncies es tornen més denses en disminuir la temperatura, l'aigua té una densitat màxima a 4ºC i la densitat tendeix a disminuir a l'allunyar-se d'aquesta temperatura. És, per tant, més densa en estat líquid que en estat sòlid. Una de les conseqüències d'aquesta propietat anòmala és que el gel sura en l'aigua líquida.

Bàsicament, podem distingir una capa superficial de temperatura (variable d'acord amb les temperatures exteriors), un nivell profund fred, en el qual la variació de la temperatura a mesura que augmenta la fondària és molt petita, i una zona intermèdia o **termoclina** (veure apartat nº3), situada entre les dues anteriors, en la qual la temperatura descendeix bruscament (Fig. 6). La termoclina se situa entre els 100 i els 1.500 metres de profunditat, si bé els seus límits varien molt segons la latitud i les estacions.

En els oceans de les zones tropicals existeix una termoclina permanent durant tot l'any i que sol ser molt acusada. La termoclina impedeix la barreja de l'aigua que hi ha per sobre d'ella amb la que hi ha per sota; això porta conseqüències importants per als éssers vius que habiten aquests mitjans. Per exemple: per sobre de la termoclina disminueixen els nutrients, en ser consumits pel fitoplàncton i sedimentats a capes més profundes; en les capes profundes pot disminuir o fins i tot desapareix l'oxigen, ja que aquest es consumeix també en l'oxidació de la matèria orgànica i en no estar aquesta capa en contacte amb l'atmosfera no es pot restablir.

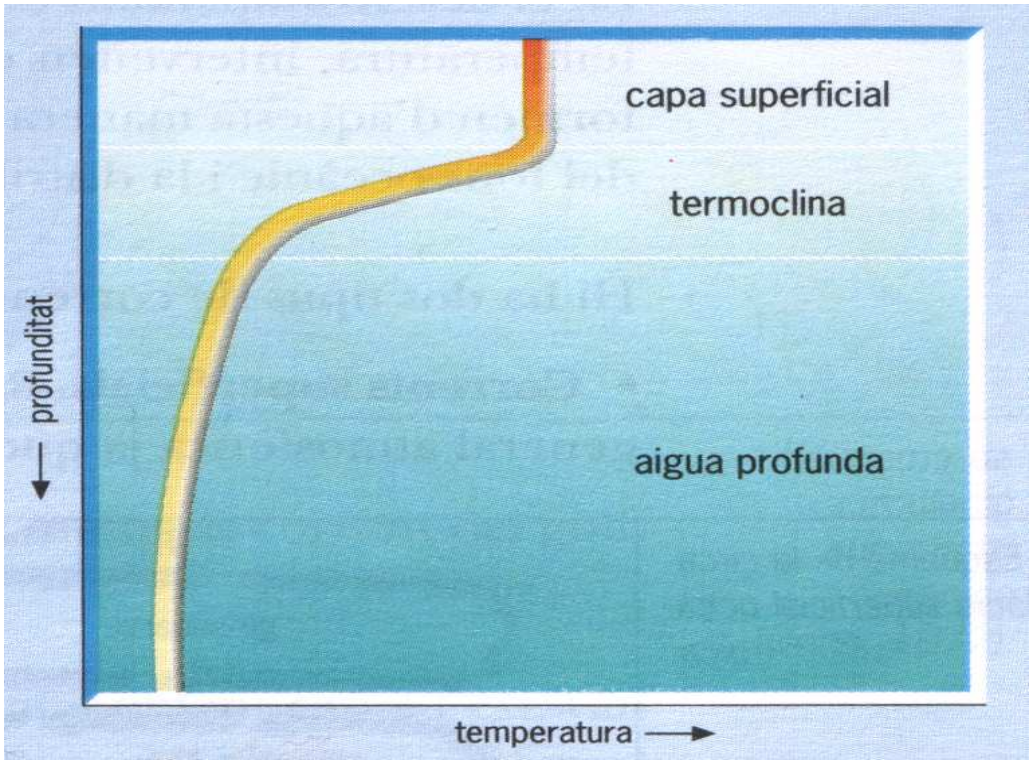

Figura 6: Variació de la temperatura de l'aigua amb la profunditat

L'aigua que hi ha a la Terra no es manté sempre quieta i en un mateix lloc, sinó que experimenta moviments ocasionats per diversos factors (inclinació del terreny, canvis d'estat de l'aigua, salinitat, ...) que provoquen desplaçaments. Aquests desplaçaments d'aigua els podem classificar en dos grans grups: els corrents superficials i els corrents profunds.

- **Corrents superficials**

  El seu desplaçament el determina el sentit en què bufin els vents dominants, si bé la seva trajectòria es modifica quan xoquen amb les masses continentals, que els poden interrompre i impedir la transferència de calor cap a les zones polars, la qual cosa afavoreix la formació de casquets de gel.

- **Corrents profunds**

  Aquests tipus de corrents els originen les diferències en la densitat de l'aigua, que és més elevada com més freda i/o salada estigui. Tendeix a enfonsar-se en vertical.
  El moviment vertical comença a partir del refredament de la capa superficial, que tendeix a descendir, la qual cosa provoca l'aflorament de l'aigua més profunda i càlida, que ocupa el seu lloc. Aquesta aigua, rica en nutrients minerals (nitrats i fosfats) té una importància capital des del punt de biològic, ja que els productors primaris dels oceans (fitoplàncton) necessiten, a part d'aigua i diòxid de carboni, llum i sals minerals. Aquestes condicions, tanmateix, només es donen en les zones de corrents ascendents (conegudes com a zones d'aflorament) i a prop de la costa.

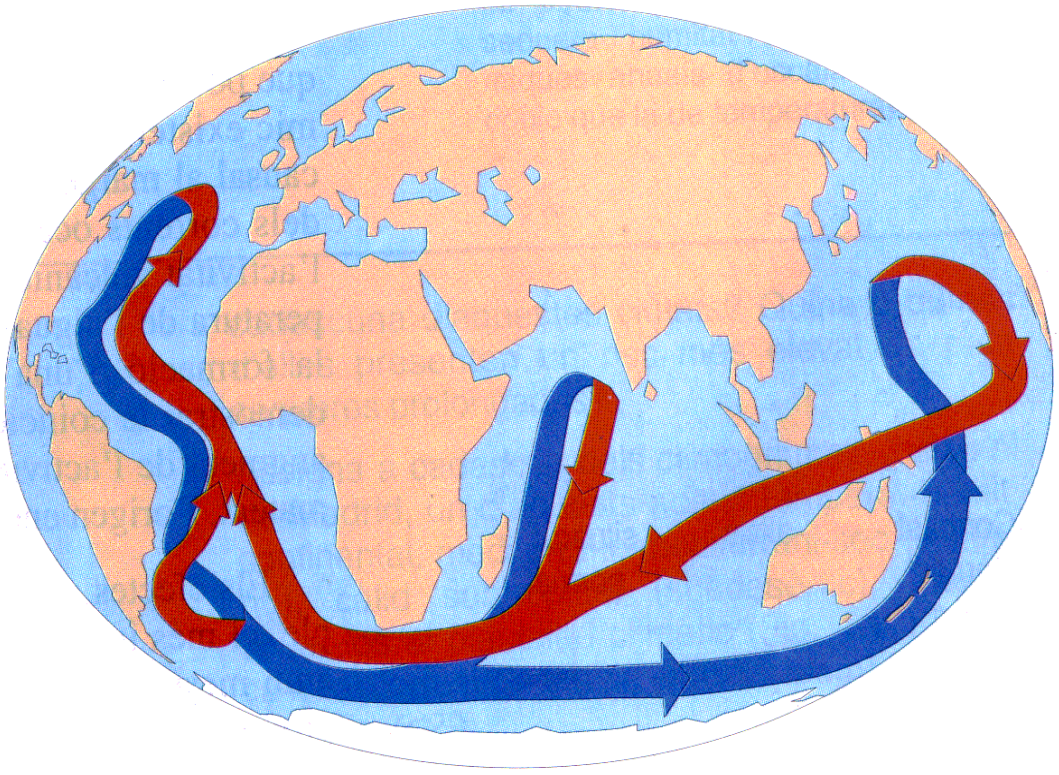

Figura 7: Corrents marítims

1.2 LA TEMPERATURA I ELS ÉSSERS VIUS

Des de que els primers bacteris varen poblar el nostre planeta, la vida s'ha anat escampant arreu, ja sigui als deserts, al fons del mar, o a les muntanyes més elevades. Freds o calents, constants o mudables, eixuts o humits, tots els ambients requereixen unes adaptacions per ser habitats. Aquestes adaptacions han dut a una correspondència entre els trets de les espècies i les característiques del medi on viuen. Cada organisme presenta un conjunt de trets que el fan viable en el seu entorn. Tot i així, descomposar els factors que configuren un ambient (llum, salinitat, temperatura,...) seria falsejar la realitat. Els organismes funcionen com un tot, com una unitat inserida en un ambient i com una unitat d'evolució.

La vida activa només es dóna en un interval relativament reduït de temperatures: entre pocs graus per sota de zero i els voltants de 50ºC. Per tant, hi ha casos en que mantenir la temperatura corporal estable i relativament alta és una avantatge, com és el cas dels ocells i els mamífers. Són els anomenats animals **homeoterms**. Cal destacar, però, que entre totes les espècies d'animals, només l'1% correspon als homeoterms. La resta d'organismes (incloent els vegetals) tenen una temperatura que fluctua amb l'ambient: són els **peciloterms**. Tot i així, és ben conegut que les serps i, en general, la majoria de rèptils tendeixen a restar immòbils als indrets on hi toca el sol.

Al llarg de la història de la biologia s'ha investigat si es podia donar el cas que una espècie canviés d'aspecte, de mida, de color, etc. per tal d'adaptar-se al seu entorn com aquest conjunt indestriable del qual parlàvem abans. Quines pautes de canvi hi ha i en funció de quins aspectes es produeixen és el que tracten les regles tèrmiques ecològiques.

Els canvis de dimensions i altres es deuen tant a la influència directa de l'ambient sobre el desenvolupament individual, com al resultat de la selecció de combinacions genètiques, en el sentit que aquelles que donin individus menors seran perquè viuen sota la influència de temperatures preferentment altes, i les que resulten individus més corpulents per viure a temperatures més baixes. L'observació de les característiques dels animals homeoterms en diferents latituds va portar, a mitjan segle XIX, a una constatació: dintre d'una espècie són més grans les races que viuen en ambients més freds. Les guineus del nord d'Europa, per exemple, són més grans que les del sud. Passa el mateix amb els picots i les llebres de

l'Amèrica del Nord, i amb molts altres mamífers i ocells. Aquesta constatació va permetre formular una primera regla tèrmica: la regla de Bergmann (veure apartat 1.2.1).

La relació més general entre temperatura i dimensions és important, ja que permet deduir variacions de temperatura a partir dels canvis observats en les dimensions dels organismes que estan sotmesos a aquestes. (Margalef, R. Ecologia,1986)

Tot seguit explicarem què són i en què consisteixen les regles tèrmiques ecològiques.

1.2.1 Regla de Bergmann

Aquesta és una de les regles més importants que s'ha formulat, dins del context bioclimàtic. Diu el següent: *els animals homeoterms tenen el tamany menor quan més baixa sigui la temperatura del medi en el que viuen*. Aquesta regla és vàlida per les aus i els mamífers, i hi ha exemples, com és el cas d'un experiment realitzat amb porcs d'una mateixa generació, criats a 5º i a 35ºC respectivament . A una temperatura més baixa té les potes més curtes, el cap més ample amb les orelles relativament més breus, la cua més curta, etc. (Margalef, R. Ecologia,1986)

Les poques excepcions de la regla de Bergmann es poden explicar d'una manera ben senzilla: de vegades la distribució actual de l'espècie no reflecteix exactament les condicions de selecció del passat més immediat, d'altres vegades les espècies autoregulen la temperatura per tenir una diferent quantitat de pelatge. Un altre dels elements que poden influir per tal de que puguem parlar d'una excepció de la regla seria l'alimentació de l'animal en concret, si viu en indrets com túnels subterranis, etc.

En la regla de Bergmann també s'ha vist l'expressió de la tendència a un equilibri energètic: els animals més grans, amb una superfície relativa menor, perdrien menys calor a través de la pell en els ambients freds. Tot i així, allargar el pelatge uns centímetres seria tan efectiu com augmentar el volum del cos unes mil vegades.

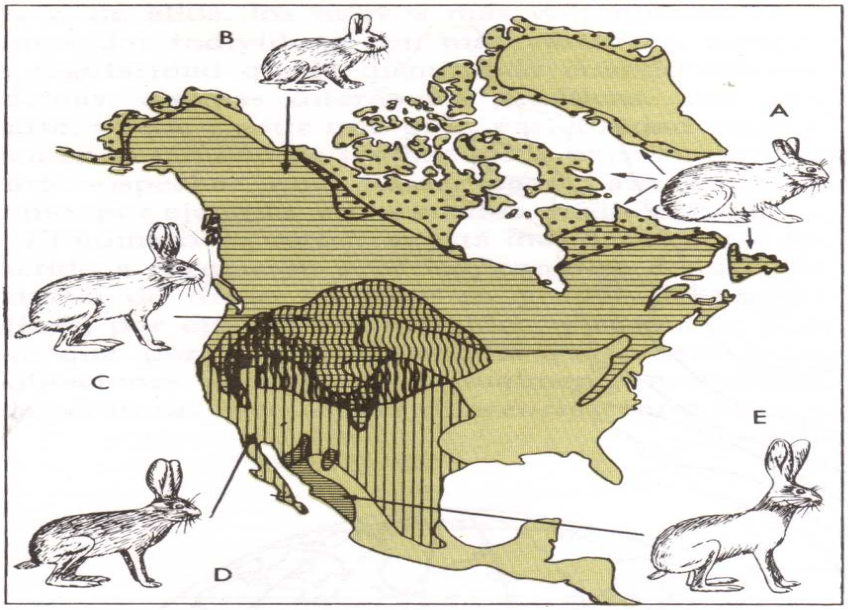

Figura 8: Exemple de la regla de Bergmann aplicada als conills nordamericans

1.2.2 Regla d'Allen

Segons la regla d'Allen, *en els animals homeoterms el tamany relatiu de les porcions que sobresurten de la massa principal del cos (potes, cua, orelles) és menor sota la influència d'un clima més fred*. Aquesta regla ve a ser una extensió de l'anterior, ja que als apèndix la relació superfície/volum creix, de la mateixa manera que passava al disminuir el tamany en l'anterior.

Un exemple on queda molt patent la confirmació d'aquesta regla és el cas de les guineus: el fennec del nord d'Àfrica és força petit i té unes orelles molt grans si se'l compara amb la guineu de latituds mitjanes i aquesta amb la guineu àrtica.

Un dels experiments més interessants realitzats ha estat relacionar el número d'ous postos per una au determinada en funció de la temperatura que feia i la latitud en la que es trobava el niu en el moment de la posa. Es va arribar a la conclusió que a una temperatura baixa augmenta més el número d'ous que no pas la dimensió de cada ou. També es va poder concloure que el número d'ous és més alt sota els efectes d'un clima més fred i en latituds elevades.

1.2.3 Ciclomorfosi

La ciclomorfosi és *la variació de les dimensions d'un organisme en relació amb la successió de les estacions de l'any*.

Aquestes variacions només es poden determinar en organismes de vida curta, en els quals cada generació porta marcat l'efecte de la temperatura propi del període de l'any en que s'han desenvolupat. La ciclomorfosi es manifesta essencialment en la menor mida dels individus desenvolupats durant l'època estival. Aquesta regla tèrmica s'ha observat en representants de diverses classes d'algues, protozous, rotífers, insectes, i fins i tot en alguns peixos (oscil·lacions regulars en el número de vèrtebres segons la data de naixement).

Encara que la temperatura és el determinant fonamental de la ciclomorfosi, això no exclou que hi hagi altres factors que també són importants en les variacions dels organismes, com és el cas de la turbulència de l'aigua i la quantitat d'aliment del que es disposa.

En la figura que trobem a continuació (Fig. 9) podem observar un cas de ciclomorfosi aplicat a la artèmia salina (*daphnia*). Durant els mesos estivals la part del cos és proporcional a la del cap, i l'apèndix que té en forma de cua és llarg. En canvi, en els mesos més freds pateix una disminució de volum (principalment el cap), que també afecta a l'apèndix.

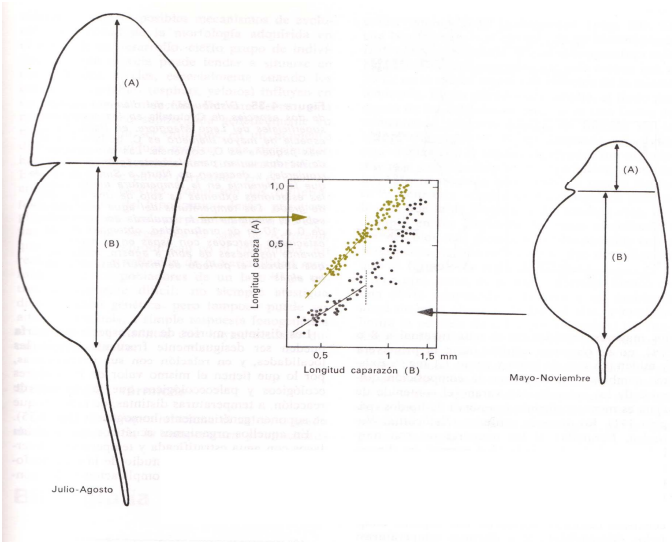

Figura 9: Variació de la mida de la Daphnia galeata segon l'estació de l'any (de Margalef, 1974)

2. MICROCLIMES AL PATI DE LES TORTUGUES

El fenòmen dels microclimes està present gairabé sempre en qualsevol biòtop que poguem trobar a la natura i fins i tot dintre dels nostres propis habitatges, sempre i quan estigui influenciat per unes condicions meteorològiques determinades. Un microclima, com ja hem vist anteriorment (veure apartat 1.1), és un conjunt de condicions climàtiques (pressió, temperatura, humitat,...) pròpies d'un indret molt localitzat i que representen una modificació local del clima general del territori degut a la influència de diversos factors ecològics. Aquestes variacions són, en molts casos, aprofitades per diversos organismes per desenvolupar unes millors condicions de vida. Si observem un gat que viu en una casa, ens adonarem que als mesos d'estiu sempre el veiem als llocs més freds de tota la casa, mentre que si l'observem als mesos d'hivern, el trobarem als llocs més càlids del nostre habitatge.

Si observem detingudament el pati de les tortugues hi descobrirem una sèrie d'indrets amb característiques pròpies, diferents a altres del voltant. Tot seguit citarem algunes d'aquestes característiques que ens han fet plantejar si realment en aquest indret de la nostra escola pot ser que es donin, ja sigui dins del propi bassal o a fora d'aquest, fenòmens microclimàtics.

Podem observar diferències en la vegetació, ja que hi ha indrets on és més densa i d'altres zones més esclarissades. En aquest aspecte, factors com la quantitat d'aigua de la pluja o la quantitat de radiació que arriba són determinants per trobar, en diferents indrets del pati, més o menys vegetació.

Precisament la fullaraca que cau dels arbres i que es va dipositant al terra del pati pot ser el causant d'un dels microclimes més importants del pati de les tortugues. El motiu pel qual creiem que es pot donar aquest fenomen és que les fulles poden actuar com a esmorteïdors tèrmics. Això implica que, donades una capa superior (A), una capa de fullaraca i una capa inferior (B) l'esmorteïment tèrmic farà que els canvis tèrmics entre A i B siguin més suaus. Durant el dia, per exemple, hi haurà molta variació de temperatura entre les dues capes. Però aquests canvis gairebé només els notarà la capa A, ja que la B al quedar a sota de tota la fullaraca no ho notarà. En canvi, si observem un indret on no hi hagi fullaraca hi haurà poca variació entre A´ i B´, i molta variació al llarg del dia, tant de A´com de B´. Aquestes variacions explicarien, suposem, la parcial absència de invertebrats en el sòl.

Però en la nostra opinió, l'indret de tot el pati on és més fàcil observar aquestes condicions microclimàtiques és el bassal d'aigua. Aquest bassal i els seus habitants tenen unes característiques molt específiques: hi ha zones en que l'aigua té una circulació més ràpida i altres més lenta, si observem els peixos veiem que es mantenen a una certa profunditat (lluny de la superfície però tampoc arran del fons). Aquestes característiques fan sorgir preguntes, com si per exemple aquest comportament dels peixos és degut a una qüestió de temperatura, de disponibilitat d'oxigen o de les dues coses. És per això que varem intentar dissenyar un experiment, a petita escala, per determinar si aquest fenomen podia passar al bassal de la nostra escola (veure apartat 3).

Les tortugues també s'ha observat que tenen predilecció per dues o tres zones del pati. Això ens porta a pensar que, efectivament, existeixen alguns indrets on la temperatura varia substancialment respecte a la temperatura mitjana del pati.

Per tant podem afirmar que si analitzéssim únicament el comportament dels organismes que habiten el pati de les tortugues, tots els factors ens portarien a pensar que realment si que existeixen microclimes en algun indret, ja que podem determinar que les seves pautes de comportament varien en funció de la temperatura de l'indret on es troben. Tot i així hi hauria molts altres possibles factors (com la zona que prefereixen viure les tortugues, el nivell de salinitat de l'aigua del bassal, etc.) que ens permetrien determinar més possibles zones microclimàtiques al nostre pati.

2.1 MATERIALS I MÈTODES

Fins ara, mai no s'havien realitzat mesures de factors climàtics al pati de les tortugues, ja que per exemple els sensors d'una certa qualitat i amb capacitat d'enregistrar dades (anomenats *datalogger*) eren excessivament cars

En els últims anys, però, degut a les millores tècniques en general, i a la creixent incorporació d'aquests instruments a la indústria biotecnològica i alimentària en particular, n'ha fet abaratir els costos notablement. L'escola Mestral, a més, els ha pogut adquirir a través del Departament de Manteniment de la Facultat de Biologia, directament del proveïdor, i per tant ha representat una menor despesa econòmica el fet d'adquirir els

sensors. Cal remarcar que es tracten d'uns sensors de contrastada qualitat, ja que són els mateixos que utilitzen al departament de Fisiologia Vegetal Aplicada de la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona (UB).

2.1.1 Els sensors

a) Què són i com funcionen

Els sensors de temperatura i humitat adquirits recentment per l'escola funcionen mitjançant una pila i van recollint unes dades en funció dels paràmetres de recollida que nosaltres haguem programat. Es tracta d'uns aparells amb una base circular i, en el cas dels sensors d'humitat, proveïts d'un compartiment cilíndric disposat verticalment en relació amb la base, que és l'encarregat d'enregistrar totes les dades. Tot seguit procedirem a fer un anàlisi més complet sobre com és cada un i quins mecanismes de funcionament tenen.

b) Sensors de temperatura

Es tracta d'un registrador (o datalogger) circular d'uns deu centímetres de diàmetre i uns 3 centímetres de gruix. A cada costat té dues obertures circulars de petita mida, pensades per a connectar-hi els cables que realment contenen el sensor. És a dir que en aquest enginy circular hi van connectats dos tubs d'aproximadament 50 cm. de llargada, i en els extrems d'aquests hi ha un clau metàl·lic de 5 cm. de llargada que és el que realment hem d'anomenar sensor (Fig.10).

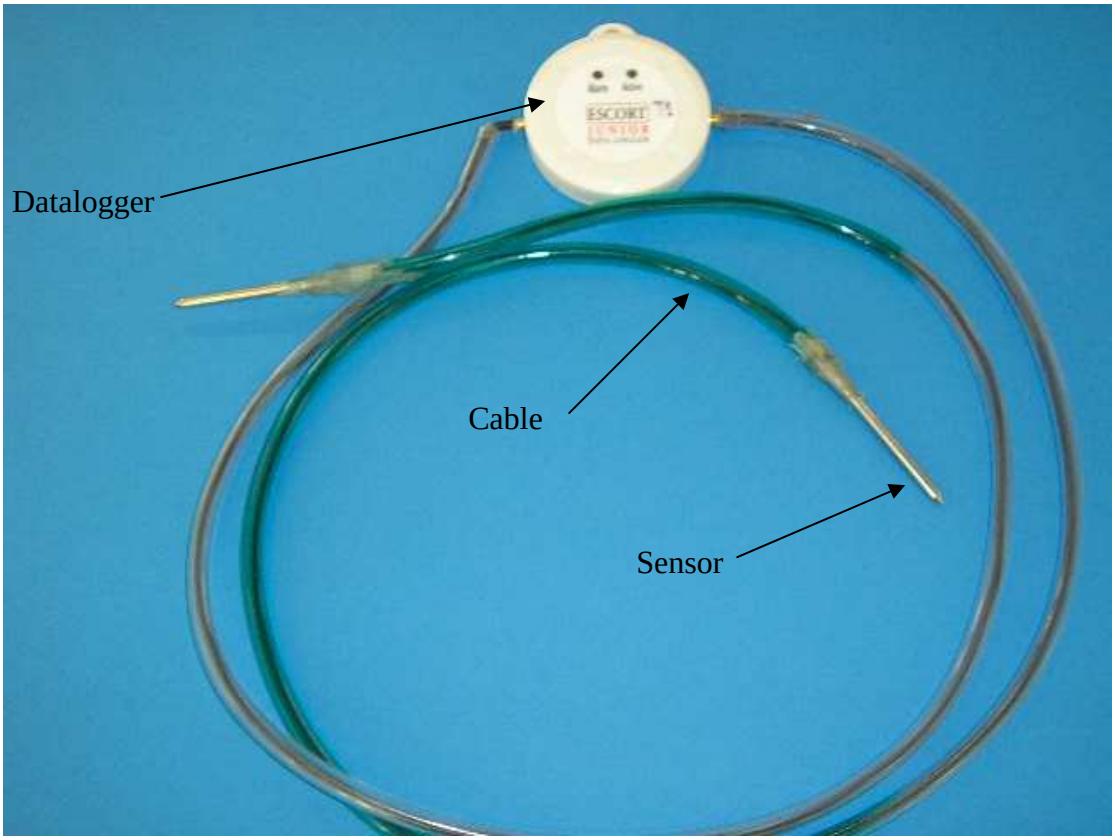

Figura 10: El sensor de temperatura T1

Donat que els sensors són aparells delicats i nosaltres volíem fer mesures en un indret obert (on hi podia ploure) i també a l'interior de l'aigua, es va fer necessari dissenyar diversos sistemes de protecció tant per al datalogger com pel cable.

Pel primer es tractava d'adquirir un recipient hermètic de reduïdes dimensions, on s'hi pogués introduir el datalogger. Aquest recipient necessitàvem que fos impermeable, però alhora volíem que s'hi poguessin fer uns petits orificis per tal de poder-hi fer passar el cable que enllaça el datalogger amb el sensor. Finalment aquest problema va ser resolt comprant una capsa d'un plàstic molt resistent, utilitzat en instal·lacions exteriors d'electricitat, que té la mida adequada per poder-hi posar el registrador.

Pel segon, es va procedir a folrar el cable del sensor amb un tub de silicona per a protegir-lo de l'aigua, Els dos extrems de cada cable van ser soldats amb plàstic termofusible (Fig.11).

Figura 11: Caixa hermètica que conté en el seu interior un datalogger amb un doble sensor de temperatura, el cable dels quals surt per l'interior del tub de silicona, que va soldat amb plàstic termofusible a la caixa.

c) Sensors mixtes d'humitat i temperatura

Aquest tipus de sensor permet enregistrar la humitat relativa[3] que hi ha en un indret, així com la temperatura de l'aire. Els dos sensors (temperatura i humitat relativa) estan situats a l'estructura cilíndrica perforada longitudinalment (Fig.12) i són més delicats que els sensors amb cable. Per això els protegirem de l'efecte de la pluja directa, col·locant-los entre la vegetació enfiladissa de la paret de llevant (hi ha una petita rampa que fa que no hi arribi la pluja) i al bell mig del pati de les tortugues, a sota d'una protecció de plàstic.

[3] Recordem que la humitat relativa és el concepte que fa referència al percentatge, a una temperatura determinada, entre quina humitat absoluta hi ha respecte de la que hi pot haver com a màxim (punt de saturació).

Figura 12: Sensor d'humitat

d) Lector de dades

Es tracta del que s'anomenaria col·loquialment una base. Format per un cable i un enginy circular que conté dues peces metàl·liques, té la mida justa per tal de poder acoblar-hi els sensors de tal manera que encaixin i es pugui fer la transferència de dades cap a l'ordinador. Aquest cable té en un dels seus dos extrems un connector per un port USB amb la qual cosa es pot acoblar fàcilment a l'ordinador.

Figura 13: El lector de dades

2.1.2 Disposició en l'espai

A l'hora de decidir on col·locàvem els dos tipus de sensors, vam tenir en compte diversos factors:

- Fenòmens meteorològics que poguessin alterar els resultats
- Possible caiguda d'algun dels sensors al bassal
- Col·locació en funció d'uns objectius predeterminats (possibles variacions de la temperatura de l'aigua amb la profunditat, la profunditat, la zona de posta per a les tortugues,...).

Un cop es van haver valorat tots els factors, que en major o menor mesura podien influir en els resultats que s'obtinguessin posteriorment, es va decidir fer la instal·lació dels quatre sensors en quatre punts estratègics del pati de les tortugues.
El primer que varem fer va ser establir un nom per cada un dels registradors: H1, H2, T1 i T2.

Com que s'havia dut a terme un aïllament de les caixetes que contenien els sensors de temperatura, varem procedir a col·locar T2 just al costat del bassal, a sobre de les lloses de pissarra que el delimiten. Per tal d'evitar que, accidentalment, caigués tota la caixa dins l'aigua, vam lligar-la a una planta mitjançant un filferro forrat de plàstic resistent (Fig.15). Els tubs, els extrems dels quals contenen els sensors pròpiament ($T2_A$ i $T2_B$), els varem posar dintre l'aigua i varem mesurar la profunditat aproximada a la qual van quedar. Per tal de que aquests no suressin, hi vam lligar una pedra de reduïdes dimensions a un dels tubs, de tal manera que s'evitava qualsevol possibilitat de que pugessin surar.

Figura 14: Disposició en l'espai de T2

Pel que fa a T1 es va decidir posar-lo a la zona del sorral que hi ha en un dels extrems del pati, que és un indret més eixut i càlid construït per a les tortugues, per fer la posta i també per a que s'hi poguessin enterrar durant el procés d'hibernació que cada any duen a terme. Es van introduir els dos sensors de temperatura ($T1_A$ i $T2_B$) a una determinada profunditat i varem tornar a cobrir el forat que havíem fet amb sorra del pati. Al tractar-se d'un lloc bastant amagat, també contribuïa a que no se'n notés la seva presència ja que quedava bastant ben coberta per la vegetació (Fig.15).

Figura 15: Disposició en l'espai de T1

En el cas de H1, es va haver de dur a terme un petit treball de bricolatge. Es va agafar una instal·lació de fusta que es trobava al mig del pati des de que s'havien iniciat les obres de remodelació d'ara fa dos anys, i s'hi va fer un forat amb un clau a la "teulada". Per la banda de dins es va introduir el sensor, que ja estava dotat d'un petit cercle per poder-hi fer passar un clau i hi varem posar una femella que va fer que el sistema quedés fixat i sense la possibilitat ni de caure ni de ser mullat (Fig.16).

Figura 16: Disposició en l'espai de H1

Finalment el sensor H2 va ser col·locat a prop del T1, ja que era una manera de poder comprovar la humitat relativa del lloc on suposadament s'havia de fer la posta. A part, és un lloc que queda bastant amagat entre la vegetació enfiladissa de la paret est, amb la qual cosa es respectaven uns mínims d'estètica (Fig. 17). Varem intentar que quedés el més desapercebut possible de la vista de la gent que observés el pati, col·locant-lo entre unes branques i aguantant-se gràcies a un clau de ferro, que prèviament havíem clavat a una fusta.

Figura 17: Datalogger amb sensor (H2) d'humitat i de temperatura

2.1.3 Cal·libració dels sensors

Malgrat aquests sensors venen calibrats de fàbrica, realitzàrem una cal·libració exhaustiva, entre mig de les dues sèries d'experiències (pati de les tortugues i termoclina). Varem col·locar tots els sensors (H1, H2, T1, T2), així com també un parell més de termòmetres que pensàvem utilitzar per tal de conèixer possibles discrepàncies de mesura entre ells. Varem posar l'estufa a 24^{o}C durant tota la nit i, al dia següent, varem comprovar que la temperatura que havia recollit el sensor cada hora era sempre molt propera al valor que nosaltres havíem preestablert. Per tant vem poder determinar que els sensors funcionaven a la perfecció, així com també els altres termòmetres que vem utilitzar (a excepció del T1 extrem esquerre, que hi va entrar aigua i no va funcionar durant el procés de calibratge).

Aquí reproduïm, únicament, la gràfica de T2 durant el procés de cal·libratge (Fig. 18). Com podem observar es tracta de dues línies superposades una amb l'altre (només s'observa la groga), tot i que hi ha certs punts de la gràfica on podem observar la línia rosa. Això implica que la temperatura que va recollir el sensor dret era un xic diferent (amb una

variació de ± 0.3ºC). Aquesta variació, però, sembla més aplicable al temps de resposta dels sensors que no pas a que mesuri una temperatura diferent en un extrem que a l'altre.

Aquest calibratge es va portar a terme entre els dies 5 i 8 d'octubre de l'any 2004. Les dades es recollien cada una hora, i es van fer un total de 77 lectures. La mitjana aritmètica de totes les lectures ens dóna un valor de 24.1ºC.

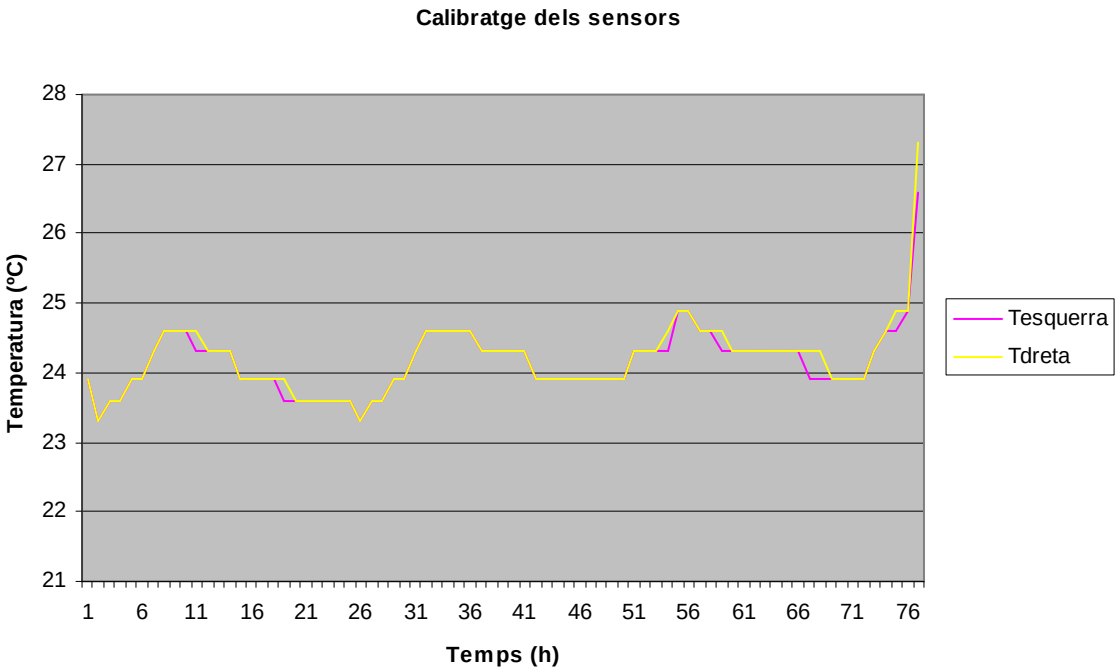

Figura 18: Evolució de la temperatura dels sensors $T2_A$ i $T2_B$ durant el calibratge realitzat a l'interior de l'estufa de cultiu del laboratori de biologia.

2.1.4 Tramitació de dades

El programa que ens permet visualitzar les dades que recullen els nostres sensors s'anomena Escort Console (Fig.19). Es tracta d'un programa que, principalment, et dóna tres opcions per a poder treballar. Són les següents: **programar i configurar, descàrrega de la informació i reiniciar.**

Per tal de que puguem iniciar el procés de recollida de dades s'ha de fer una programació dels sensors. En aquest sentit, el primer aspecte (**programar i configurar**) ens és de gran ajuda. A través d'unes instruccions que se'ns van donant, podem definir els mínims i màxims de temperatura que volem que els sensors ens agafin. També podem triar les

unitats de mesura i finalment establir els períodes de recollida d'informació, és a dir, cada quin període de temps volem que el sensor treballi. Per potència, els nostres sensors podrien elaborar una recollida de fins a 2000 lectures, però al tractar-se d'un sensor que funciona amb una precisió molt alta és convenient reduir al màxim les hores de treball dels nostres sensors, ja que així es poden evitar problemes de sobrecàrregues o de falta de piles.

Una altre de les opcions que ens permet el nostre programa de recollida de dades és el fet de, un cop havent iniciat la recollida de dades i havent-ne fet una primera visualització, tornar a establir una nova programació. Això t'ho permet fer l'aspecte de **reiniciar** (*rearming*), que mitjançant unes instruccions determinades ens va guiant per a la reprogramació, ja sigui utilitzant les mateixes condicions que en les lectures anteriors o bé canviant-les per complet.

Per últim, la opció **descàrrega d'informació** et permet en qualsevol moment, poder veure quines són les dades enregistrades fins a llavors, ja sigui només les lectures en un resum en forma de taula o bé en una gràfica de 2D.

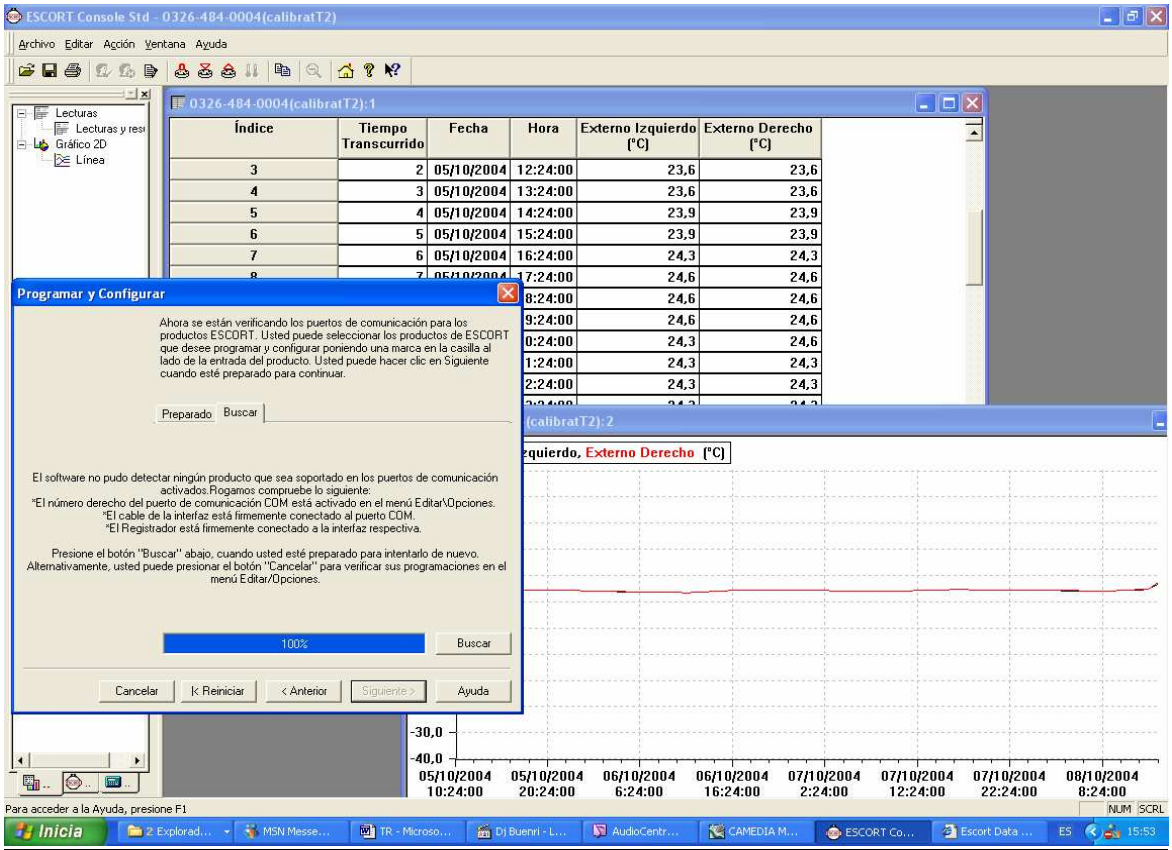

Figura 19: El programa Escort Console

2.2 RESULTATS I DISCUSSIÓ

Un cop ha finalitzat el procés de recollida i tramitació de dades, hem d'analitzar quins són els resultats obtinguts i quines són les conclusions a les que podem arribar.

Si analitzem les gràfiques de temperatura que hem anat obtenint a partir de la recollida de dades dels diferents sensors, podem observar que no es va tractar pas d'un estiu extremadament calorós ja que els pics màxims de temperatura en cap cas superen els 34ºC. Tot i aquestes dades, també és significatiu que en cap cas les temperatures baixen menys dels 18ºC, fet que implica que les temperatures van romandre força constants, tant de dia com de nit.

Aquests resultats demostren que varem passar un estiu molt suau que no pas en anys anteriors. Per poder saber quina ha estat la variació exacta respecte d'altres estiu, s'hauria de consultar en una base de dades quines van ser exactament les mitjanes de temperatura a Sant Feliu de Llobregat en els darrers estius i fer una comparació entre les dades obtingudes pels nostres sensors i les obtingudes mitjançant estacions meteorològiques.

Durant el mes de juliol es van produir els pics de temperatura més elevats , amb valors de 32-33ºC (Fig.20). En la següent figura, veiem la evolució de la humitat relativa durant el mes de juliol. Els valors rondaven entre el 60 i el 70% (Fig.22). Tot i així hem de destacar dos dates: el dia vuit, que la humitat va caure fins a un valor del 19%, i el dia onze del mateix més, que es va enfilar fins a un valor del 85%.

Cal recordar que l'eix d'ordenades correspon al nombre de lectures que va fer el sensor, en concret 618 lectures. Un dia d'aquest mes equival a 25 lectures.

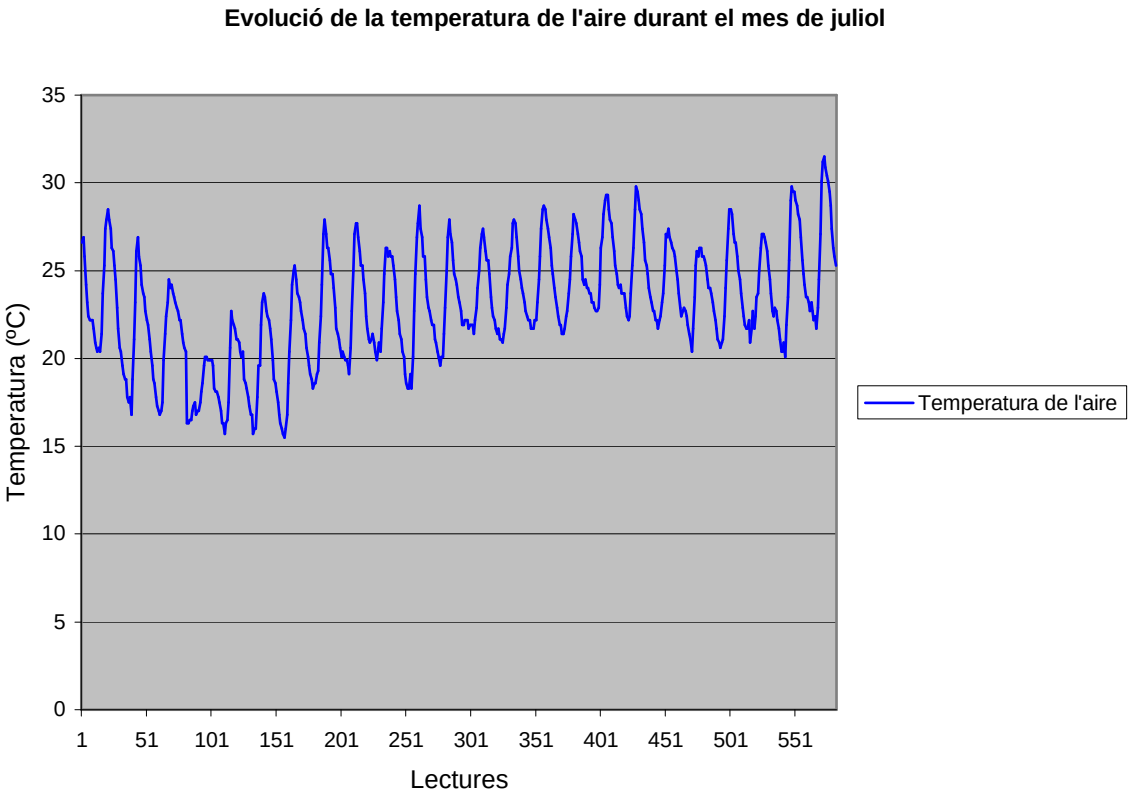

Figura 20: Evolució de la temperatura durant el mes de juliol, registrada per al sensor H2

En la següent figura, veiem la evolució de la humitat relativa durant el mes de juliol. Els valors rondaven entre el 60 i el 70% (Fig. 21). Tot i així hem de destacar dos dates: el dia vuit, que la humitat va caure fins a un valor del 19%, i el dia onze del mateix més, que es va enfilar fins a un valor del 85%.

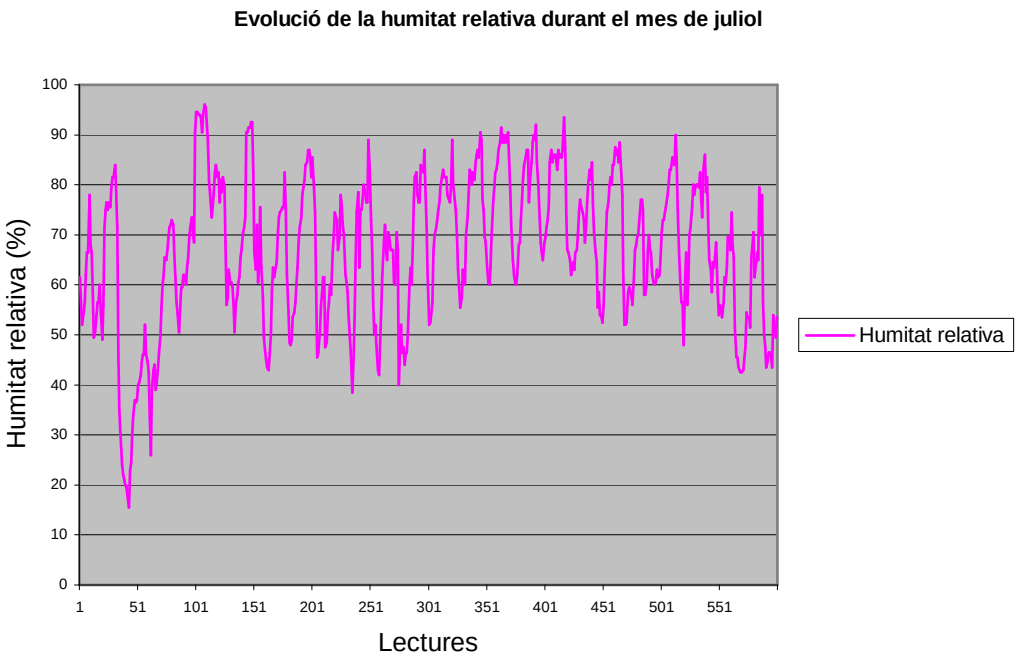

Figura 21: Evolució de la humitat relativa durant el mes de juliol, registrada pel sensor H2

Finalment, també hem cregut oportú elaborar una gràfica (Fig. 22) amb les mitjanes diàries de temperatura del mes de juliol. L'eix d'ordenades correspon a cada dia del mes, però cal remarcar que comença el dia 7 de juliol, ja que fou el dia en què els varem programar per tal de que s'iniciés la recollida de dades.

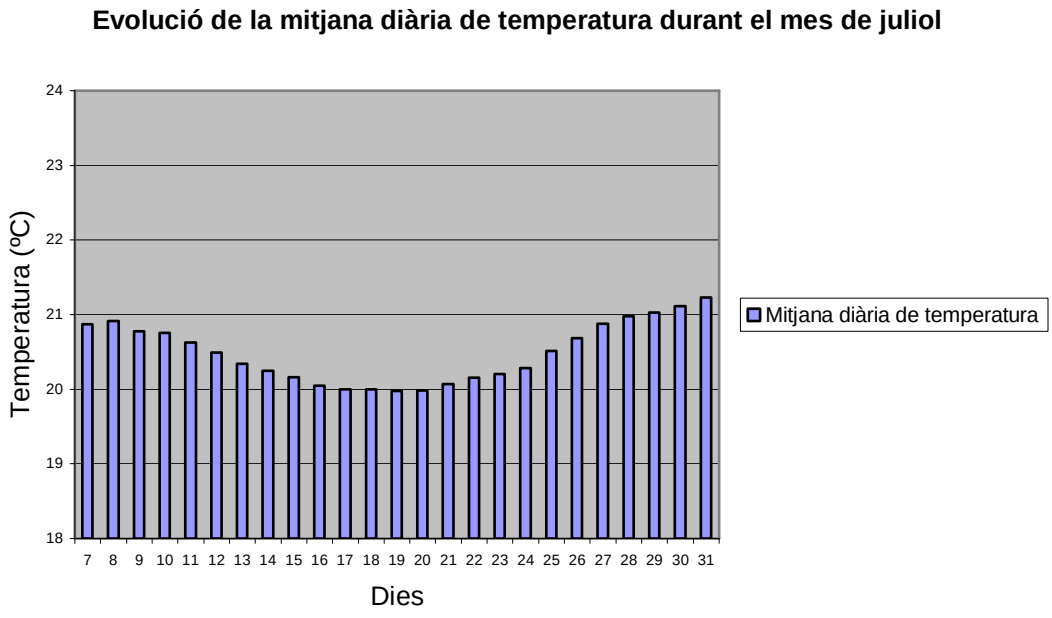

Figura 22: Evolució de la mitjana diària de temperatura durant el mes de juliol

Durant la primera quinzena d'agost es va produïr un lleuger augment de la temperatura, tal i com es pot observar en aquesta taula de resultats (Fig. 23). Es tracta d'un augment de 2ºC-3ºC respecte el mes de juliol, amb pics de fins a 28ºC. Cal destacar però que a les nits refrescava una mica més, ja que s'arribava a mínimes de, en alguns casos, fins a 16ºC. Concretament, la gràfica reflexa dels dies 1 al 31 d'agost.

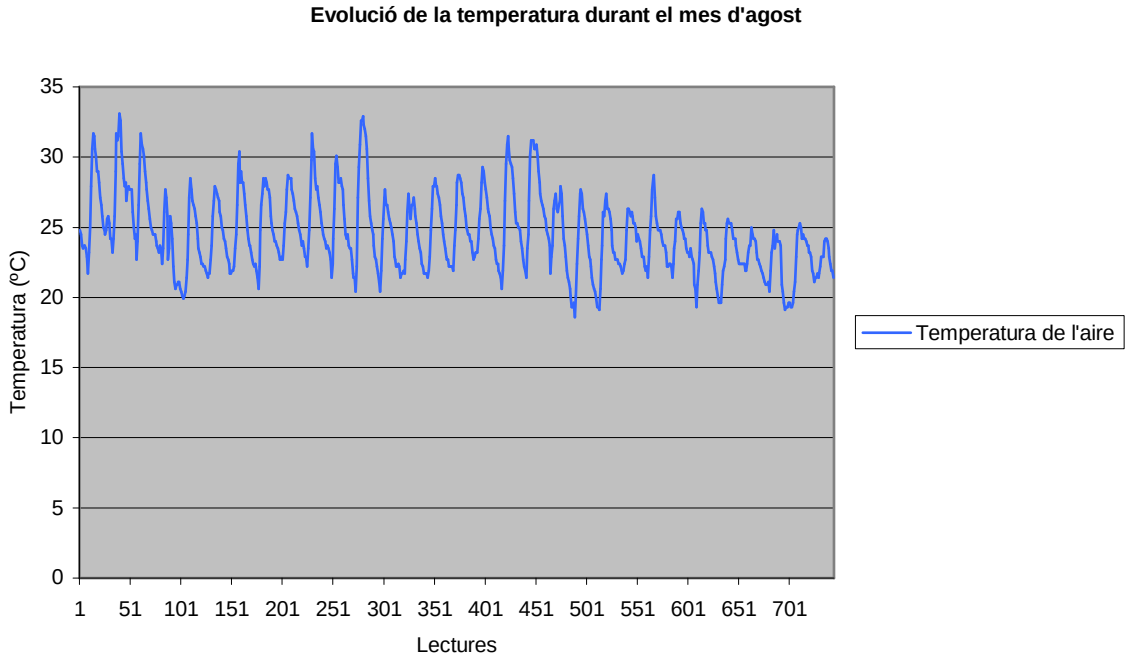

Figura 23:Evolució de la temperatura durant el mes d'agost, registrada per el sensor H2

Els valors de la humitat relativa del mes d'agost varen ser força variables, amb pics del 100% i mínimes del 20%, tal i com podem observar en la següent gràfica (Fig.24). Aquestes dades ens mostren una variació molt gran, en un mateix dia, dels valors de la humitat. Això implica que al mes d'agost tant hi varen haver dies molt secs com dies molt humits i plujosos.

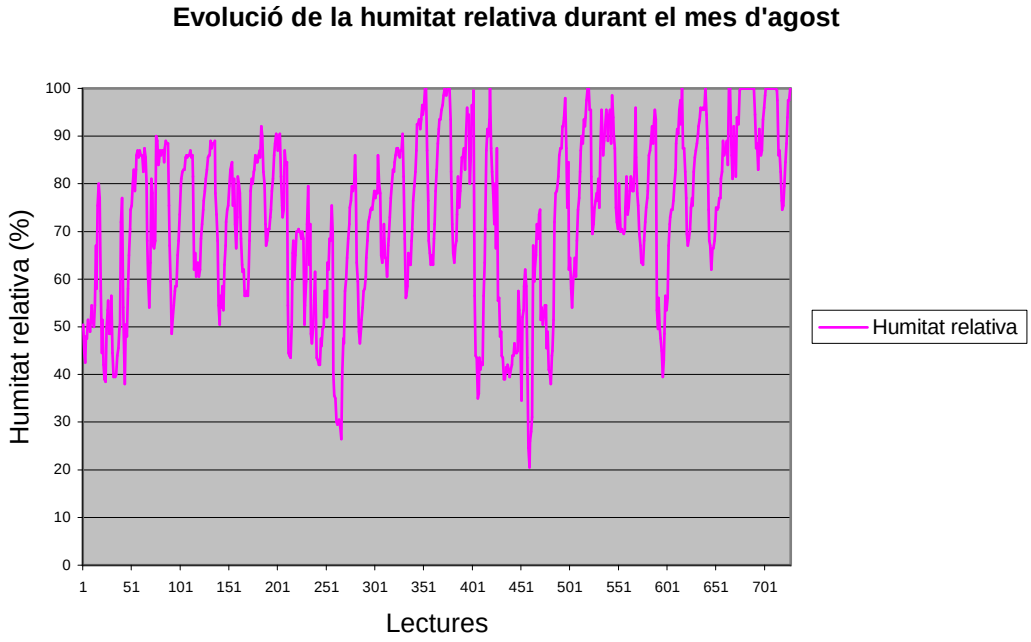

Figura 24: Evolució de la humitat relativa durant el mes d'agost, registrada per el sensor H2

Si observem la evolució de la mitjana diària de temperatura d'aquest mes (Fig.25), notarem que hi ha una tendència a ser cada cop més alta. Per tant, podem determinar que, en conjunt, agost va ser el mes més càlid de tot l'estiu, fet que, situats en el clima mediterrani, és el més normal que passi. Tot i això, a partir del dia 23 d'agost comença una lleugera davallada de temperatures (descens de, aproximadament, 0.2ºC per dia).

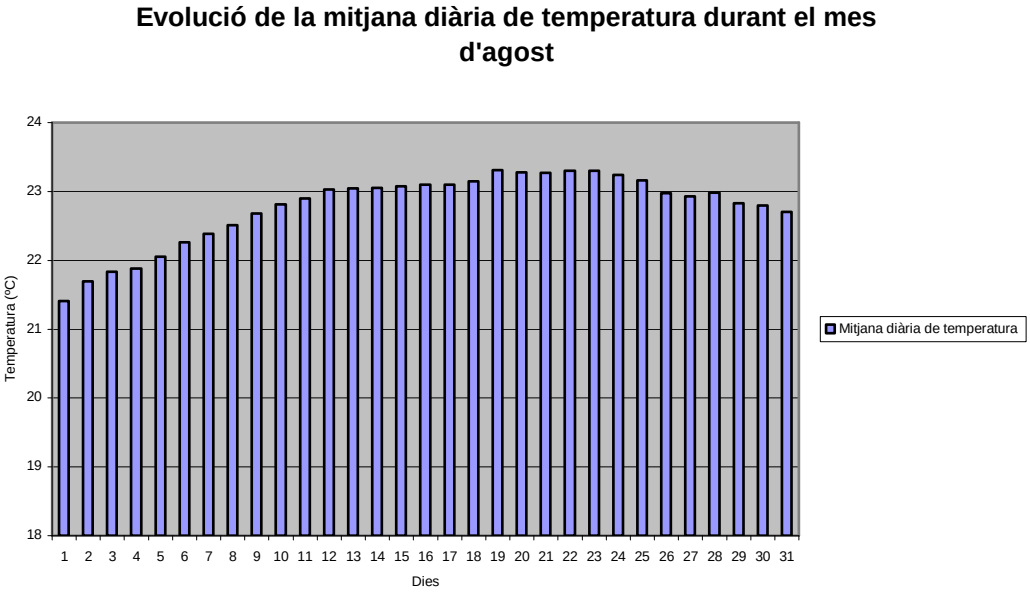

Figura 25: Evolució de la mitjana diària de temperatura durant el mes d'agost

La gràfica del mes de setembre (Fig.26) ens mostra un lleuger descens de les temperatures, amb màximes que no passen dels 23ºC. Les temperatures durant la nit corresponen als pics més baixos que trobem en aquesta tercera gràfica, que són molt semblants que les del mes de juliol. Correspon a les dades obtingudes pel nostre sensor entre els dies 1 i 29 de setembre.

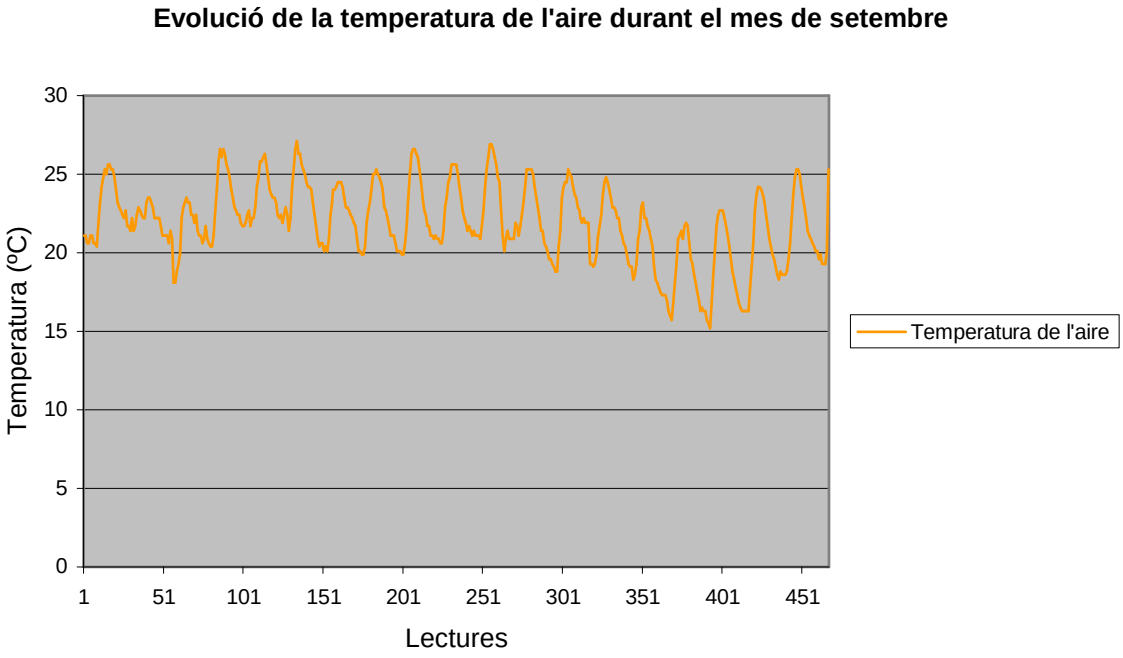

Figura 26: Evolució de la temperatura de l'aire durant el mes de setembre, registrada per el sensor H2

La humitat relativa del mes de setembre, si l'analitzem en conjunt, fou molt elevada (Fig.27). Els valors més baixos són del 55%, i en molts casos arriba a valors d'humitat absoluta (100%). Aquestes dades ens demostren que es va tractar d'un setembre força eixut, sense moltes precipitacions i anormalment càlid.

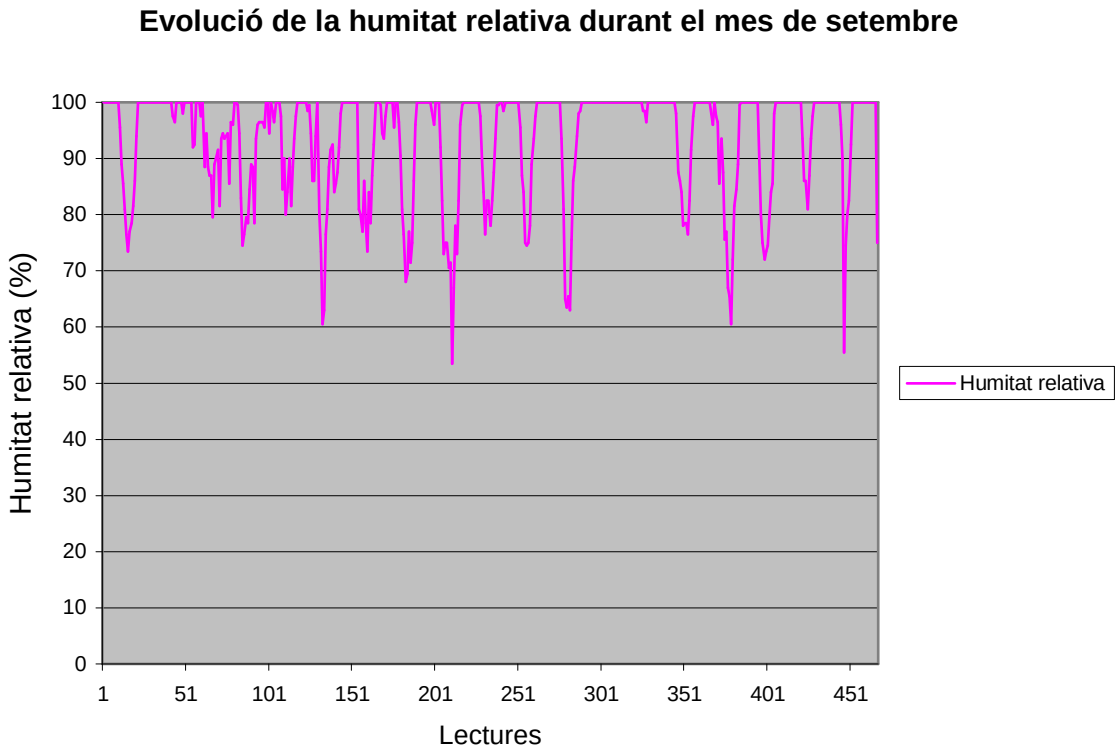

Figura 27: Evolució de la humitat relativa durant el mes de setembre, registrada per el sensor H2

Cal remarcar que la gràfica de les mitjanes diàries (Fig. 28) ens mostra que la tendència a la baixa que assolien les temperatures durant el mes d'agost no va variar en el següent mes, ja que van seguir baixant les mitjanes, fins a assolir mínims de 20.5ºC. Aquesta dada correspon a la mitjana diària de temperatures del dia 20 de setembre.

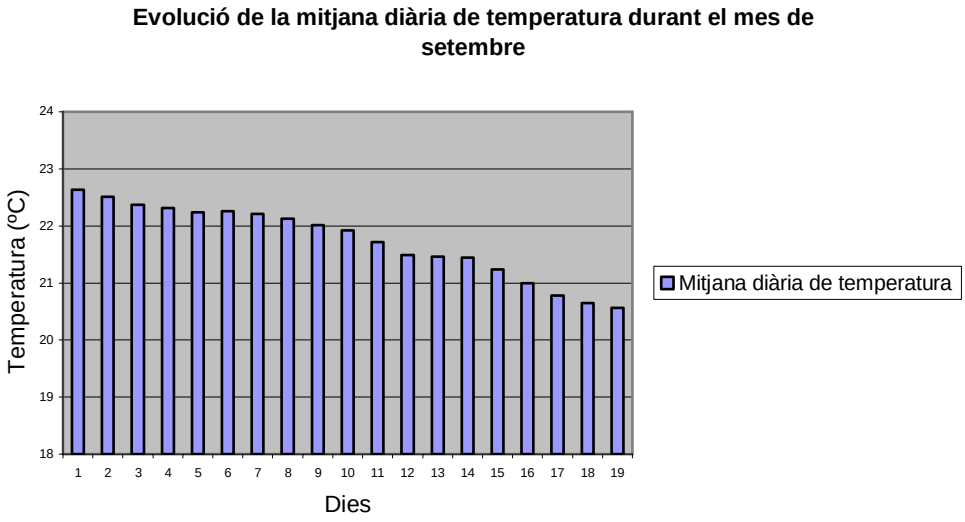

Figura 28: Evolució de la mitjana diària de temperatura durant el mes de sete

Durant el mes d'octubre, les temperatures varen romandre força estables, amb valors d'entre 15 i 25ºC. Aquests valors són propis de l'època de tardor, sempre en el context del clima mediterrani.

Aquestes dades (Fig. 29) corresponen a les lectures fetes per el sensor T1, entre els dies 9 i 21 d'octubre. Com podem veure segueix la tendència a la baixa, tot i que en la tercera setmana del mes van pujar uns 5ºC, respecte les dues primeres setmanes del mes. Podem apreciar que en una de les últimes lectures, la temperatura cau en picat. Aquest fet va suposar que el sensor deixés de funcionar, ja que hi va entrar una mica d'aigua.

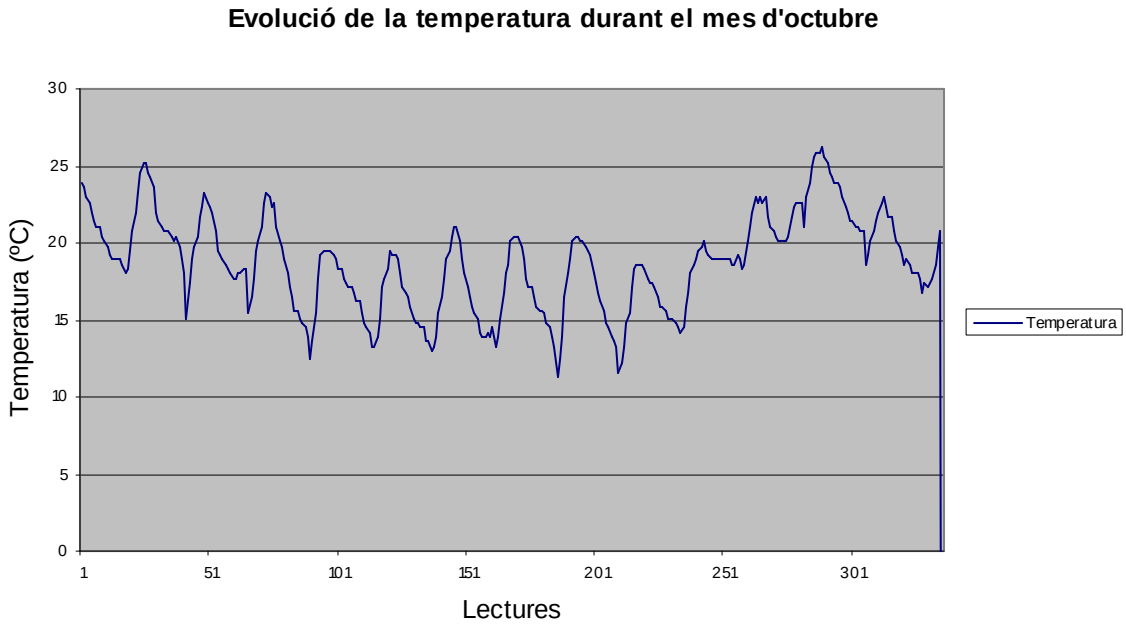

Figura 29: Evolució de la temperatura durant el mes d'octubre, registrada mitjançant el sensor T1

En la figura 30, podem veure que les mitjanes van continuar el descens del mes de setembre, i podem afirmar que varem passar un mes d'octubre fresquet, però sense mínimes molt exagerades, amb valors que rondaven entre els 16 i els 19ºC.

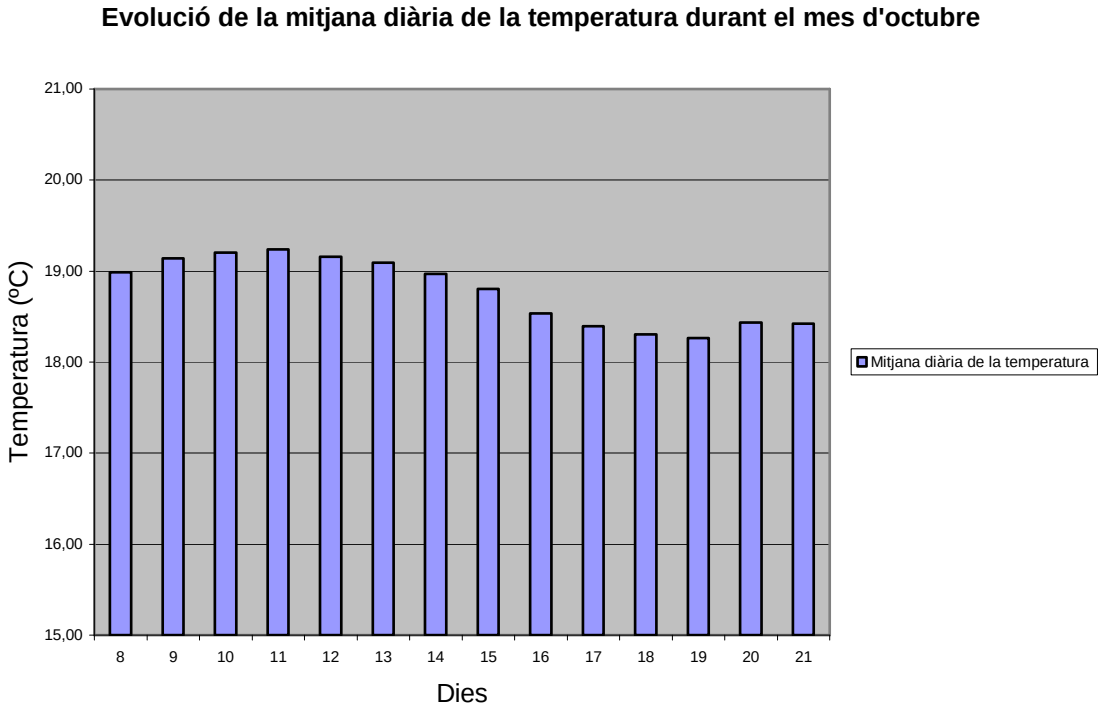

Figura 30: Evolució de la mitjana diària de la temperatura durant el mes d'octubre.

Cal remarcar, però, un aspecte molt important per entendre bé aquestes dades. El sensor de temperatura estava situat just al costat d'una de les plantes del pati que té unes fulles més grans i amples, la Aralia (*Fatsia japonaica*). Per aquest fet, el sensor estava bona part del dia a la ombra, podem justificar perquè no es mostren uns pics de temperatura que, al sòl, van arribar probablement fins als 35ºC.

Finalment cal destacar que l'absència de les gràfiques dels mesos de novembre i desembre és deguda a que durant aquests dos mesos varem dur a terme les diferents pràctiques de la termoclina a dins del laboratori (veure apartat 3) i, per tant, no podíem disposar dels sensors per fer mesures al pati, ja que els teníem fixats a dins de l'aquari.

3. MODEL DE TERMOCLINA

Abans de portar a terme qualsevol experiment que estigués relacionat amb un fenomen microclimàtic que creiem que es podia donar a dins del bassal del nostre pati, varem decidir aprofundir una mica més en el concepte de termoclina[4]. Tal i com hem comentat anteriorment en el capítol de la temperatura a la hidrosfera (veure apartat 1.2.2), l'aigua dels oceans es pot considerar dividida en dues parts: la zona superficial, damunt de la termoclina, i les aigües profundes. Les aigües superficials estan en continu moviment com a conseqüència principalment dels vents. Els vents produeixen dos tipus de moviments: els corrents marins i les ones. Aquesta capa superficial té una temperatura prou uniforme en tot el seu espessor, entre 12 i 30^{o}C segons la latitud, com a resultat de la radiació solar i la barreja produïda pel moviment de les aigües. Les aigües profundes suposen la major part de l'aigua marina: presenten temperatures entre 5 i -1ºC, sense massa variació tèrmica en profunditat. Aquestes aigües també es mouen, encara que per altres motius, formant uns corrents marins profunds que van pels fons dels oceans a una velocitat molt lenta.

La gràfica que trobem a continuació (Fig.31) ens mostra la termoclina que hi ha entre la capa superficial i la profunda. Aquest canvi brusc de temperatura en tan poca variació de profunditat el notem, a poca intensitat, quan ens posem a l'aigua i notem que a mesura que avancem cap endins del mar i baixem una mica, la temperatura baixa uns graus. Si estiguéssim al mig del mar fent submarinisme, i iniciéssim una immersió, notaríem un canvi molt més brusc, com el que descriu aquesta gràfica.

[4] Termoclina: zona aquàtica (continental o marina) on es produeix un gradient més acusat de temperatura.

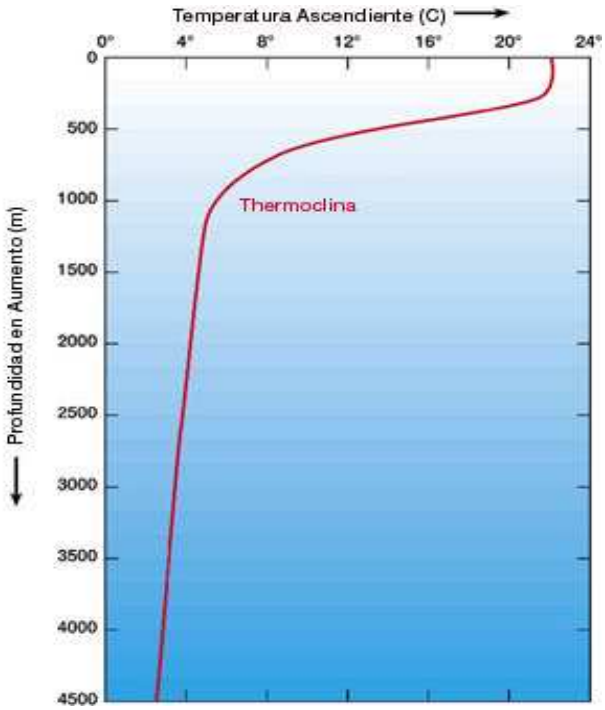

Figura 31: Variació de la temperatura de l'aigua en els oceans en funció de la profunditat

Tal i com hem dit anteriorment, el comportament dels peixos va fer-nos adonar que probablement hi havia un fenomen microclimàtic al bassal molt semblant al que es produeix en els grans oceans del planeta, la termoclina. La única raó que trobàvem per tal d'explicar perquè els peixos sempre es trobaven nedant entre la superfície i el fons era que hi hagués un canvi brusc de temperatura, que provoqués una zona on els peixos podien viure a una temperatura especialment adequada per les seves necessitats biològiques.

Varem valorar la possibilitat de dur a terme un experiment que consistia en introduir i fixar els sensors a una determinada profunditat del bassal, per tal de constatar que hi havia termoclina al bassal del pati de les tortugues. Però es va descartar ja que els inconvenients que anaven sorgint per tal de dur a terme una bona pràctica eren cada cop més grans.. Dos varen ser els motius per els quals es va descartar, finalment, fer aquest experiment. Primerament, la temperatura de l'aigua era relativament freda (entre 8 i 12ºC), fet que feia inviable que algú pogués nedar-hi i submergir-s'hi. Seguidament, i davant els problemes que havíem tingut amb un dels sensors de temperatura per culpa de que hi havien entrat unes gotes d'aigua, varem arribar a la conclusió que no era segur fixar els sensor a dins de l'aigua, ja que si per culpa del vent o d'algun altre element el recipient hermètic anava a parar a dins de l'aigua, probablement ja no el podríem tornar a fer funcionar mai més, ja

que l'aigua hagués espatllat el disc circular on s'hi guardaven les dades i també, molt probablement, els sensors.

Fou per aquests motius que, finalment, varem decidir dur a terme aquest mateix experiment a dins de l'aquari que hi ha al laboratori de biologia de la nostra escola. Creiem que és l'experiència que més semblances tenia amb la que inicialment havíem plantejat. El mètode que vem fer servir, els materials que vem utilitzar i els resultats que varem obtenir els explicarem tot seguit.

3.1 MATERIALS I MÈTODES

Per tal de dur a terme l'experiment que havíem dissenyat, necessitàvem un seguit de materials que ens ajudarien a reproduir, amb la màxima exactitud possible, una termoclina "artificial" a l'interior d'un aquari amb una capacitat de aproximadament 100 litres. Tot seguit posem el llistat dels materials que varem utilitzar:

- Cinc bosses, de dos kilograms cada una, de gel
- Un termòmetre exterior/interior
- Un regle
- Una fusta d'uns 50cm de llargada
- Cola d'impacte
- Tres sensors de temperatura
- Un llum de radiació infraroja
- Aigua de l'aixeta
- Un secador dels cabells
- Un colorant industrial, anomenat verd de malaquita
- Un suport

La primera tasca que vem haver de realitzar va ser la de netejar a fons l'aquari, degut a que anteriorment hi havien viscut peixos i plantes. Es va omplir amb aigua neta de l'aixeta, però sense arribar ben bé fins al capdamunt de tot, degut a que posteriorment hi havíem d'introduir gel i, per tant, el nivell de l'aigua pujaria.

La següent tasca vas ser la de fixar els sensors a les fustes. Per fer-ho, primer de tot es van fer unes marques amb llapis dels punts de la fusta on hi volíem fixar els sensors. Acte seguit, vem posar cola d'impacte per un dels laterals de la fusta i hi vem enganxar el regle. Finalment tallàrem el tros de fusta que sobrava i hi férem uns forats, amb l'ajuda d'un trepant. Els forats els varem realitzar amb una broca adequada a l'amplada del sensor, de tal manera que quedava fixat.

Al final els sensor van quedar disposats de la manera següent:

T1: el sensor de l'extrem de l'esquerra (el varem anomenar $T_{A)}$ a 5cm del fons de l'aquari. El sensor de la dreta no funcionava i per tan varem decidir no posar-lo.

T2: el sensor de l'extrem dret (el varem anomenar T_B) a 20cm, és a dir aproximadament a la meitat de l'aquari. El sensor de l'extrem esquerra (el varem anomenar T_C) a 5cm de la superfície.

En aquesta figura que trobem a continuació (Fig. 32) podem observar el muntatge, un cop introduït el sistema per fixar els sensors a dins de l'aigua.

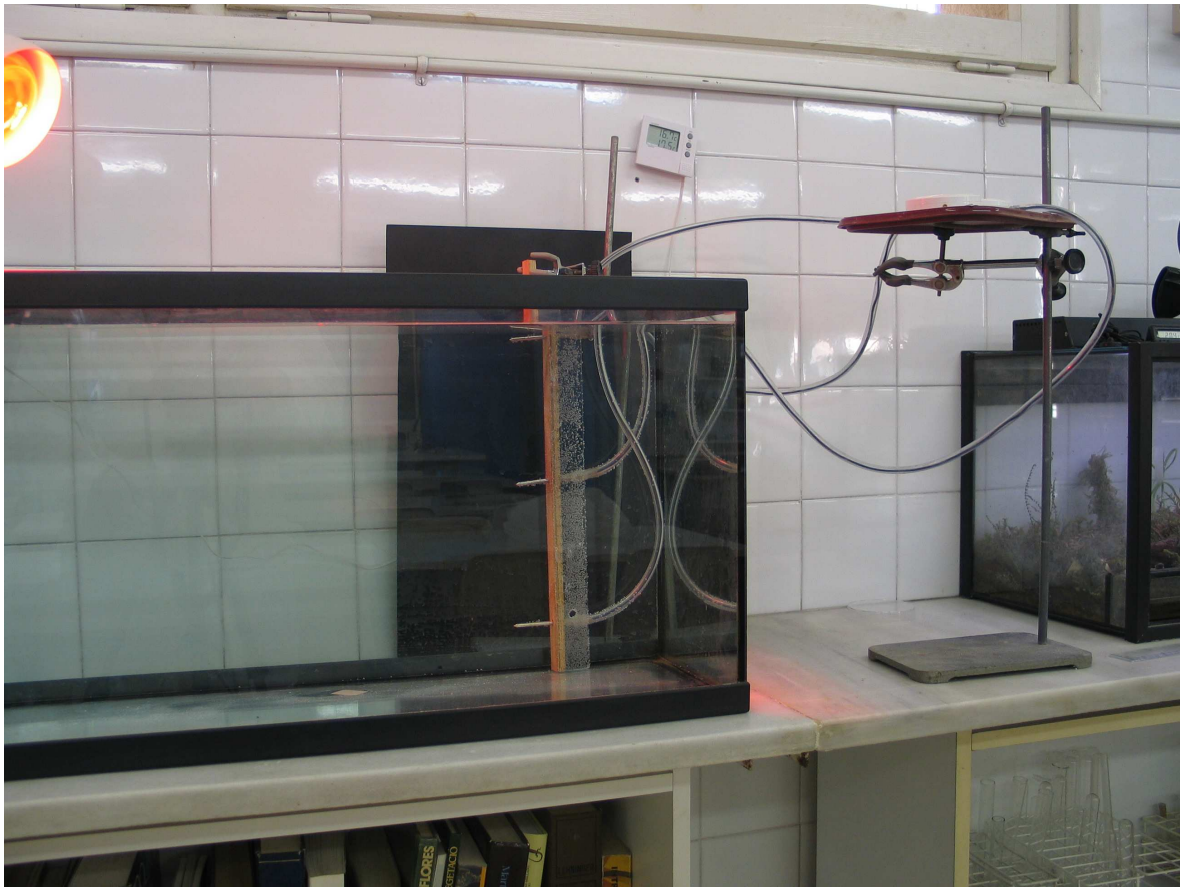

Figura 32: Disposició experimental

Posteriorment, es va procedir a programar els sensors, per tal que s'enregistressin dades cada 20 minuts. Un cop varen estar programats, varem procedir a col·locar-los a sobre d'un suport, per tal d'evitar que caiguessin i es poguessin malmetre. També vem aprofitar per col·locar la llum infraroja i el assecador dels cabells, que reproduïa a petita escala l'efecte de les onades del mar.

Finalment, només va caldre introduir el gel a dins de l'aigua, amb compte per tal de que la superfície de l'aigua es mogués el menys possible, i esperar a que es fongués.

Quan el gel es va fondre varem introduir un polsim d'un colorant, el verd de malaquita, i varem observar el que passava.

Cal destacar que aquest experiment el varem haver de realitzar un total de tres cops, ja que en els dos primers no varen sortir els resultats prou clars i volíem que es pogués apreciar com, efectivament, hi havia una variació brusca de temperatura en l'aigua de l'aquari.

Figura 33: Explicant l'experiment de la termoclina a alguns companys de classe.

3.2 RESULTATS I DISCUSSIÓ

Un cop hem explicat en què consisteix la pràctica que varem realitzar i quina metodologia de treball seguírem, passarem a fer una anàlisi dels resultats que vem obtenir, per així poder-ne treure després les conclusions pertinents.

El primer que varem fer va ser anotar a quina hora el gel es va fondre completament. Tot seguit reproduïm la taula amb les temperatures dels tres sensors.

Sensor	Temperatura de l'aigua (en ºC)
T_A	15.2
T_B	14.9
T_C	14.9

Com podem comprovar a partir dels resultats, momentàniament estava a una temperatura estabilitzada (diferència de 0.3ºC). Però la densitat de l'aigua, al anar-se escalfant, va disminuint i, per tant, al cap d'una estona la temperatura més baixa era la del fons. Aquest fet queda demostrat en la següent taula de dades que presentem, que correspon a una mesura feta una hora després de que el gel es fongués.

Sensor	Temperatura de l'aigua (en ºC)
T_A	18
T_B	15.6
T_C	15.5

Però aquestes no són pas les úniques dades que podem analitzar. Gràcies al programa Escort Console (veure apartat 21.4 *Tramitació de* dades) podem veure totes les lectures que van fer els sensors durant el temps que va durar la pràctica de la termoclina. Com podem apreciar en la gràfica (Fig.34) que mostrem a continuació, i que correspon al sensor T2, hi ha un descens de temperatura bastant brusc, d'uns 10 ºC, en un període de temps de 30 minuts. La línia vermella correspon a l'extrem de la dreta, mentre que la negra correspon a l'extrem esquerre.

Amb aquestes dades, que corresponen al dia 3 de desembre del 2004 entre les cinc de la matinada i les deu de la nit, podem concloure que varem aconseguir reproduir un fenomen microclimàtic, la termoclina, a l'aquari de la nostra escola. Tot i així hem d'especificar que en la figura 34 només mostrem els valors de dos dels tres sensors amb els quals varem fer

la pràctica, ja que malauradament el sensor T1, i més concretament l'extrem esquerre, no va enregistrar cap dada. Tot i així, i dintre de les possibilitats, cal reconèixer que el sensor de més al fons és el que menys variació notaria, ja que on es produeix la termoclina és entre el sensor de dalt de tot de l'aquari i el del mig. Aquests dos són els que van funcionar durant tot el temps i, per tant, els que podem reproduir.

En les figures que trobem després de la gràfica (Fig. 35 i 36), i que corresponen a la segona i tercera pràctica, podem veure diferents moments del nostre experiment. Trobem que és especialment destacable la corba que prenen les partícules de verd de malaquita un cop són dins de l'aigua. Aquestes corbes demostren que la temperatura variava en funció de la capa d'aigua en la que es trobava la partícula. Aquestes corbes les podem observar molt explícitament en la figura 37.

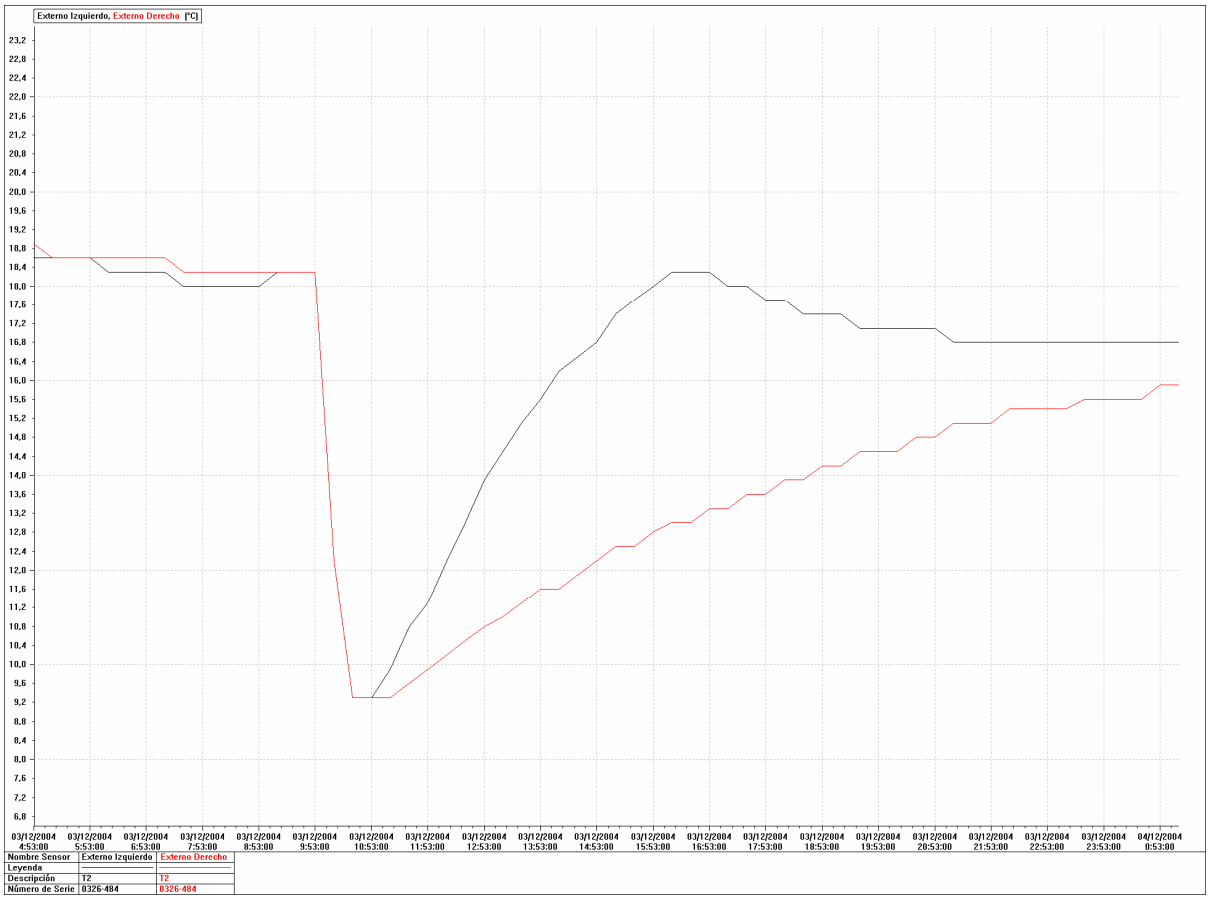

Figura 34 : Evolució de la temperatura de l'aquari durant la pràctica de la termoclina

Figura 35: Introduint gel a l'aquari abans de l'inici de l'experimen.t

Figura 36:Inici de l'experiment. S'engega la font de calor (infraroig) en comprovar que la temperatura és homogènia a les tres profunditats.

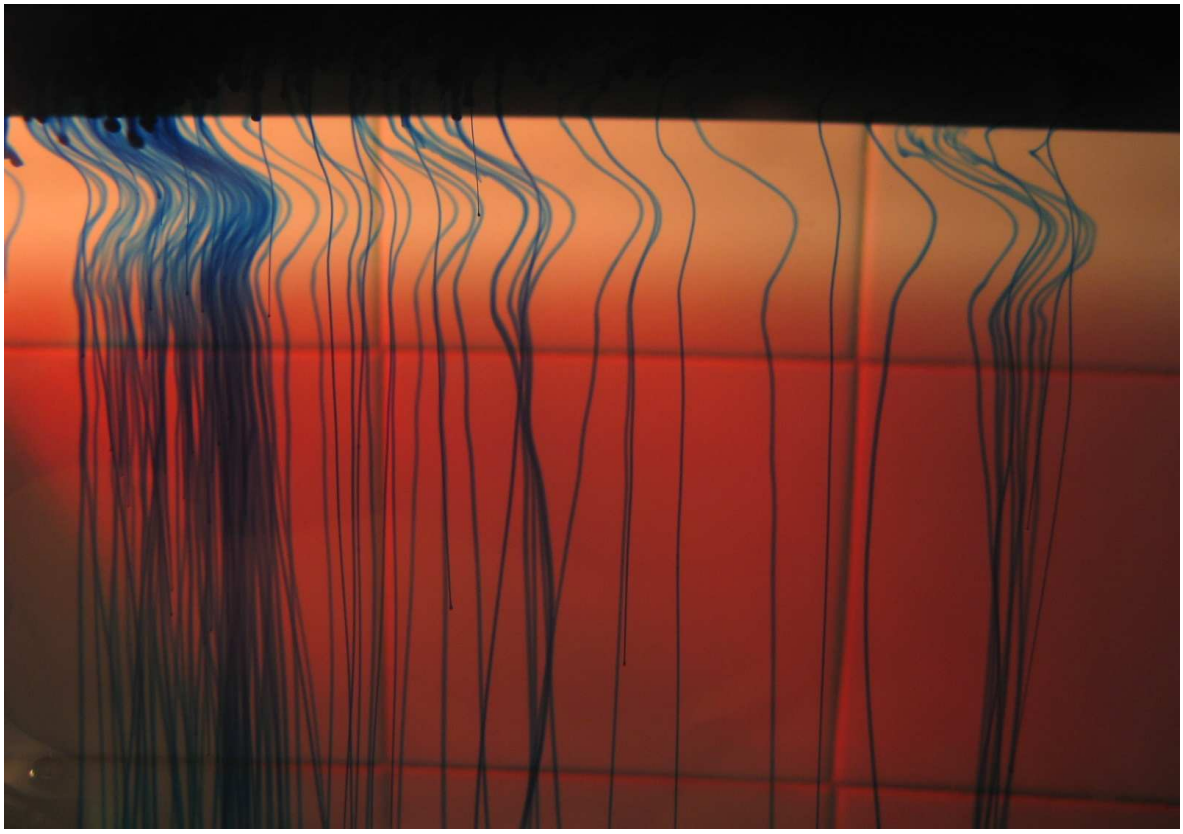

Figura 37: "Fils" de verd malaquita que assenyalen la trajectòria descendent rectilínia a excepció de la zona on hi ha la termoclina.

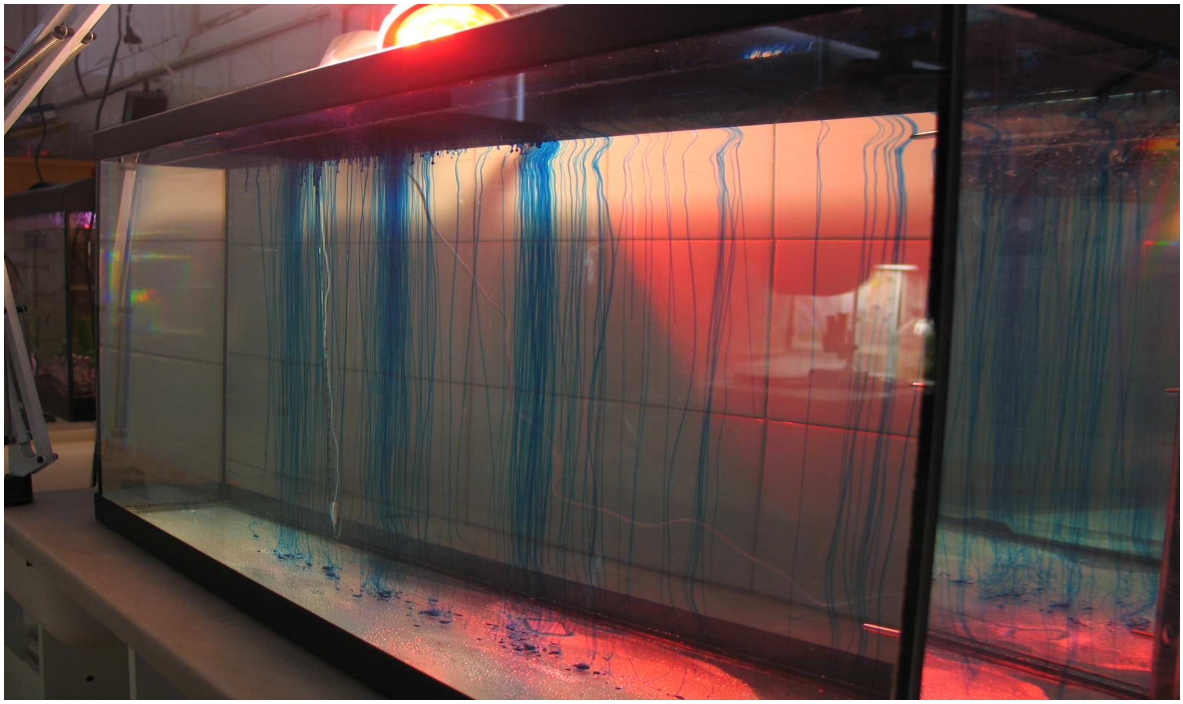

Figura 38: Visió obliqua de l'experiment en la que s'evidencia encara més la verticalitat de les línies que indiquen unes condicions molt homogènies des d'uns 5 cm de profunditat fins al fons.

4. CONCLUSIONS

Analitzem ara els resultats en relació als objectius que es van fixar al principi del projecte.

- El primer objectiu era realitzar uns registres de temperatura i d'humitat relativa del pati de les tortugues al llarg de l'any. Com evidencia el resultat de les diferents gràfiques que hem anat presentant durant la realització d'aquesta memòria, aquest objectiu s'ha complert, i hem pogut fer un anàlisi de les temperatures d'aquest indret en els últims sis mesos de l'any.

- El següent objectiu era determinar si existeixen variacions locals (microclimàtiques) de temperatura significatives en algun indret del pati. Tal i com hem comentat en alguns apartats d'aquesta memòria, tots els indicis (tals com observar la zona on viuen els invertebrats; o veure per on neden els peixos) ens duen a pensar que efectivament hi ha variacions locals de temperatura en diverses zones del pati. Tot i així, el nostre treball amb els sensors ha consistit bàsicament en mesurar les temperatures diàries que s'han anat donant al llarg d'aquests últims mesos, amb la qual cosa creiem convenient fer una proposta, cara algun treball de recerca futur, i que tractés única i exclusivament de utilitzar els sensors per tal de esbrinar on són realment els gradients de temperatura i si, efectivament, condicionen la vida dels éssers vius que viuen al pati de les tortugues.

- El tercer objectiu era dissenyar un model de termoclina al laboratori, registrant-ne les variacions de temperatura a diferents profunditats. Aquest aspecte s'ha realitzat amb força esforç i dedicació, i podem afirmar que s'ha complert l'objectiu al cent per cent, ja que el model de termoclina que varem dissenyar i els resultats que vem obtenir eren molt semblants, quasi idèntics, als que nosaltres havíem planejat inicialment.

  Finalment, l'últim objectiu era realitzar les tasques periòdiques de manteniment per tal de garantir un bon funcionament i aspecte del pati i del bassal. Aquest objectiu

queda constància que s'ha realitzat en l'apartat de l'*Annex*, que mostra d'una forma tan escrita com gràfica els canvis que s'han anat realitzant al llarg de pràcticament les quatre estacions al pati de les tortugues. Les últimes tasques, com es veurà, són molt recents.

Gràcies a la realització d'aquest treball de recerca he après moltes coses, que crec que poden ajudar-me molt en el meu desenvolupament acadèmic dels anys propers. El fet d'haver estat el responsable del pati de les tortugues des de fa aproximadament set mesos és un orgull per mi, i agraeix-ho la confiança que s'ha dipositat en mi en aquest aspecte.

També m'agradaria remarcar que tot i que s'ha fet molt de treball amb aquests sensors recentment adquirits, penso que hi ha molts projectes possibles a realitzar, relacionant el pati de les tortugues amb aspectes de la meteorologia com són la humitat i la temperatura. Penso que dissenyar un sistema per tal d'aconseguir fixar els sensors a diferents profunditats del bassal, esbrinar si realment hi ha una termoclina que explica el perquè del comportament dels peixos, fora molt interessant i alhora molt divertit de realitzar.

5. ANNEX

Paral·lelament al treball exposat en les pàgines anteriors, s'han dut a terme unes tasques de manteniment al pati de les tortugues, per tal que aquest seguís funcionant com un ecosistema amb desenvolupament sostenible (Ferran Hernández, 2004) i alhora per oferir un bon aspecte.

Tot seguit esmentarem quines han estat aquestes tasques i quins canvis s'han realitzat al pati en els últims mesos.

- Neteja de les bombes i filtres, així com revisió de l'acumulació de substrat dins del bassal. Malgrat no cal fer-ho des de dintre ho varem fer així per tal que quedés més net i, de passada, incorporar-hi algunes plantes aquàtiques (Fig. 39), que aconseguirem directament del distribuïdor (Vivers Tolrà, de Vilassar de Mar). Aquesta neteja es va portar a terme el dia 29 de maig de l'any 2004.

Figura 39: Fixació de les plantes aquàtiques submergides (principalment nenúfars) i revisió del gruix de sediment acumulat.

- Poda de diferents arbres i arbustos, com per exemple el presseguer, el nesprer (Fig. 40) o la palmera (Fig. 41). La raó principal és que arribi prou llum directa del Sol a la zona dedicada a les tortugues, però alhora perquè pugui contemplar-se el bassal des de l'entrada principal de l'escola Mestral.

Figura 40: El nesprer és un dels arbres que més dificultaven la visió general del pati

Figura 41: Poda de la palmera, que dificultava la visió del bassal des del menjador

- Transplantement de la Iuca (*Yucca aloifolia*), per tal de millorar la vista del bassal des del menjador de l'escola. Aquesta tasca la vem fer el dia 27 de setembre de l'any 2004. Aquest fet es fa evident si comparem dues fotografies consecutives fetes des del menjador de l'escola, una abans (Fig.42) i una després (Fig.43). Finalment, la iuca es va plantar a una zona inaccessible del pati (Fig. 44) ja que es tracta d'una planta molt punxosa.

Figura 42: La iuca abans de ser transplantada

Figura 43: Imatge de l'espai que va quedar després de treure la iuca

Figura 44: El nou "hàbitat" de la iuca, just al costa de la torre elèctrica que hi ha a l'entrada del recinte

- El tipus de vegetació aquàtica es manté amb les mateixes espècies especialment estudiades per al bassal (Castro i col. 2002) i les plantes, any rere any, "desapareixen" durant l'hivern, però reapareixen a la primavera següent (Fig. 45). Algunes, però, s'han de restaurar de nou, com és el cas dels papirs (*Cyperus alternifolius*) i algunes plantes flotants, com el jacint d'aigua (*Eichhormia crassipes*) i salvinia (*Salvinia natans*). Aquesta última forma una catifa d'un bell color verd, que recobreix tota la superfície del bassal durant els mesos d'estiu (Fig. 46) i que representa, juntament amb els nenúfars, un microclima ideal per als amfibis del pati.

  Malgrat les tortugues poden viure amb les plante i fruits que hi ha al pati, es van sembrar trèvols, enciams, escaroles i alguns tomàquets abans de l'estiu (Fig. 47) perquè poguéssin disposar d'aliment més fàcilment, seguint la metodologia explicada en treballs de recerca anteriors (Brais Martínez, 2003).

Figura 45: El nenúfar és un exemple de planta aquàtica que és present només a la primavera i a l'estiu

Figura 46: La pel·lícula de salvínia a la superfície del bassal del pati constitueix un microhàbitat ideal per als amfibis.

Figura 47: Plantació de diverses hortalisses (tomàquets, escarola) per tal que les tortugues poguessin disposar d'un suplement durant els mesos d'estiu.

- I, per últim, recollir les fulles que queien dels arbres a damunt de l'aigua durant la tardor. Aquesta tasca es va haver de dur a terme periòdicament degut a que treballs de recerca anteriors (Ferran Hernández, 2003) evidenciaven que el pati, i més concretament el bassal, si el volem comparar a un ecosistema natural, que per definició és autosuficient, necessitava control i ajuda externa especialment en dos aspectes: el coneixement de la vegetació en algun indret que requereix la poda anteriorment esmentada, i d'altra banda que les petites dimensions del bassal, juntament amb el gran desenvolupament de plantes caducifòlies que l'envolten, fa necessària la recollida d'excés de fulles (Fig. 48) que li arriben a la tardor, ja que si bé els sistemes de descomposició de matèria orgànica del bassal funcionen, són insuficients en aquesta època.

Figura 48: Recollida de fulles de la superfície del bassal

Per acabar, m'agradaria també destacar que vaig tenir la ocasió d'assistir, gràcies al professor Josep Marí, a una conferència que es va celebrar al recentment inaugurat CosmoCaixa (antic museu de la ciència), a Barcelona, amb motiu de les Jornades sobre l'Ensenyament de la Biologia i la Geologia a Secundària, amb el títol "Activitats pràctiques amb sensors" realitzada per Roger Frost (Fig. 49). Personalment, em vaig quedar molt sorprès de les múltiples opcions que hi ha per a la utilització dels sensors, en els àmbits de la física i la biologia i, fins i tot, per controlar la temperatura de reaccions químiques. El que potser em va impactar més va ser el fet de veure la presentació (com una novetat) dels mateixos instruments que havia utilitzat jo amb el meu treball de recerca, amb l'aula més gran del tot el museu plena de gom a gom.

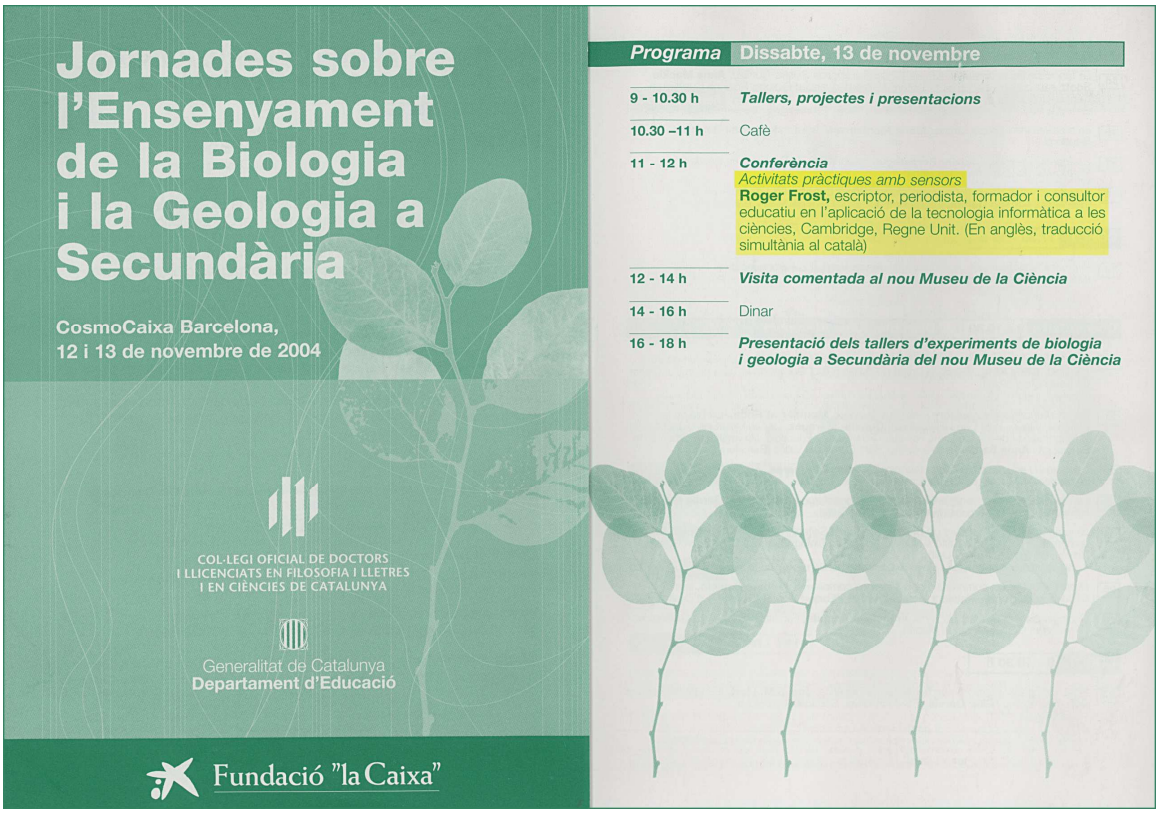

Figura 49: Fragment del programa d'activitats i conferències realitzades al cosmocaixa, on es destaca en groc la conferència "Activitats pràctiques amb sensors" a la que vaig assistir..

Finalment, també hem de destacar que a finals del mes de novembre, concretament el dia disset, varem procedir a posar les tortugues en una capsa protectora envers possibles depredadors per tal que poguessin hivernar amb més seguretat a l'indret que ja estan ben adaptades. Prèviament havíem fet uns forats al recipient, per assegurar-nos que en cas d'inundació l'aigua podria sortir-ne, i l'havíem omplert de fulles mig seques i demés vegetació que garantía una mica de comoditat per tal que hi passessin els següents tres mesos de la seva vida.

Tot seguit mostrem les fotografies que varem realitzar mentre preparàvem la capsa per les tortugues.

Figura 50 : Fent els forats a la capsa protectora

Figura 51: Les tortugues ja col·locades a la capsa que viurien durant l'hivern.

Figura 52 : Aspecte que mostrava la zona on es va mig enterrar la capsa i es va recobrir amb branques i fullaraca dels voltants. Es van col·locar sensors en superfície i a nivell de les tortugues.

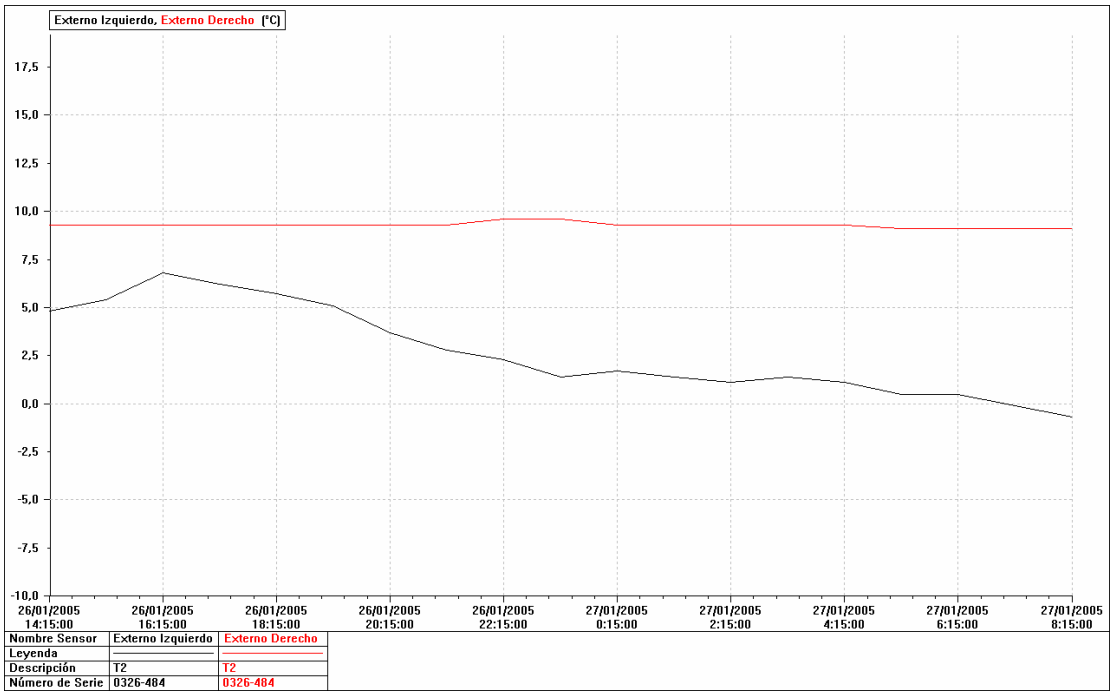

Figura 53 : Registre de temperatura en la zona d'hibernació de les tortugues al pati de l'escola. La línia vermella correspon al sensor situat a nivell de les tortugues i la negra a la del sensor a tocar de superfície. S'observa clarament la diferència entre els dos indrets. La temperatura on estan situades les tortugues no varia (es manté al voltant dels 9°C) encara que la temperatura exterior arribi a valors negatius. Malgrat tot, s'haurà de seguir controlant la temperatura mentre duri aquesta setmana "siberiana"per tal de garantir el bon estat de les tortugues, ja que fins i tot la superfície del bassal s'ha glaçat (fotografia inferior)..

6. BIBLIOGRAFIA

Bouzas, J. i col. (2003). *Ciències de la naturalesa 2*. Editorial Mc Graw Hill, Madrid. 227 p.

Calvo, D. i col. *Ciències de la Terra i del medi ambient 2*. Editorial Mc Graw Hill, Madrid. 351 p.

Demangeot, J. (1989). *Los medios "naturales" del globo*. Editorial Masson, Barcelona. 251 p.

Folch, R. i col. (1984). *Història Natural dels Països Catalans*

Ferrer, M. i col.(1998). *Ciències de la Terra i del medi ambient*. Ed. Castellnou. 420 p.

Garriga, A. i col. *Biologia*. Editorial Mc Graw Hill, Madrid. 303 p.

Margalef, R. (1986). *Ecología*. Ediciones Omega, Barcelona. 951 p.

Mir, M. i col. (1981). *Matèria i Vida*. Editorial Teide, Barcelona. 218 p.

Roth, G. (1979). *Meteorología*. Ediciones Omega, Barcelona. 246 p.

A part de tots els llibres que he anat fent servir a l'hora de portar a terme aquesta memòria, també m'ha ajudat molt poder disposar dels treballs de recerca que s'han anat el·laborant, durant els anys anteriors sobre el pati de les tortugues:

Gerard Castro, Isaac Lleixà, Cristina Martí, Núria Pedrola (2003). *El pati de les tortugues.*

Ferran Hernàndez (2004). *El pati de les tortugues com a ecosistema.*

Brais Martínez (2004). *Les tortugues del pati de l'escola.*

A INTERNET:

http://www.escortdls.com

www1.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/ Hipertexto/03AtmHidr/130Hidr.htm

http://aransa.upc.es/tmma/atmos-unitat/node5.html

http://www.xtec.es/~gbermell/meteoeduca/fenomens.htm#temperatura

http://www.acom.es/pen/pen3/pen3cacl.html

http://www2.udec.cl/~jinzunza/biofisica/biofis9.pdf

http://www.meteocat.com