

CBCat

Revista del Col·legi de Biòlegs de Catalunya



“

Talassofilia: amor pels oceans i mars

”

Foto: Enric Pàmies Pallisé. Bioimatges 2019

■ Lluís Suqué i Baró
Cultius d'algues unicel·lulars:
una solució?

■ Premis
Bioimatges 2019

■ Alba Noguera Carol
Dibuixar a les classes de ciències: el paper de la il·lustració
científica en la divulgació i ensenyament de la ciència

33

DESEMBRE
2019



Col·legi de Biòlegs de Catalunya

Tel 934876159

cbc@cbc.cat

<http://www.cbiolegs.cat>

f /CollegidebiologsdeCatalunya

t /CollegiBiologs

ig /collegidebiologs

4



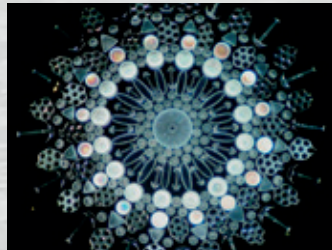
Vida Col·legial



6



Lluís Suqué i Baró



Cultius d'algues
unicel·lulars: una solució?

12



Alba Noguera Carol



Dibuixar a les classes de
ciències: el paper de la
il·lustració científica en la
divulgació i ensenyament
de la ciència

31



Concurs de fotografia del CBC



Premis Bioimatges 2019



Número 33
Desembre 2019

Foto portada:
Enric Pàmies Pallisé
Bioimatges 2019

EDITA
Col·legi de Biòlegs de Catalunya
Casp, 130, 5a planta, despatx 1
08013 Barcelona
Tel 934876159
cbc@cbc.cat
www.cbilegs.cat
f /CollegiBiòlegsdeCatalunya
t /CollegiBiòlegs
i /collegiBiòlegs

EQUIP EDITORIAL
Jordi Carreras Doll
Àgueda Hernández Rodríguez
Jaume Matamala Minguet
Ana Morales Lainz
Eduard Martínez García
Lluís Tort Bardolet

DISSENY I PRODUCCIÓ
Estudio Ana Moreno, S.L.

D.L.: B-51.280-2003

CBCAT ha de representar tots i cadascun dels col·legiats i la professió en el seu conjunt. Per aquest motiu, és només el vehicle de les opinions particulars que no es subscriuen necessàriament a nivell institucional.



Aquesta obra està llicenciada sota la Llicència **Creative Commons Reconeixement-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional**. Per veure una còpia d'aquesta llicència visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.ca>



EDITORIAL

Benvolguts/des companys/es,

Permeteu que comencem aquest editorial saludant-vos des de la nova seu a la 5a planta del número 130 del carrer Casp i des d'on sou formalment i amablement convidats a fer una visita a les noves instal·lacions. Estem en un edifici amb altres col·lectius professionals amb bons serveis i facilitat d'espais per a les nostres activitats. Tot, amb un cost menor pel nostre pressupost i per tant amb l'oportunitat d'emprendre i finançar noves activitats.

Una d'aquestes activitats impulsada darrerament des de la Junta del Col·legi ha estat la Jornada de Biòlegs al Pirineu, una activitat que ha tingut un bon èxit d'assistència i participació i que ha demostrat l'important paper del biòleg en l'àmbit de muntanya, a més de la rellevant repercussió social i econòmica de la seva feina, tal com veureu en el reportatge de l'interior de la revista. En aquestes jornades, així com en diferents actes i exposicions a universitats, centres de recerca i altres fòrums es va destacar el paper fundacional del professor Ramon Margalef, ara que fa cent anys del seu naixement, i el mestratge que se'n va derivar en la recerca i l'estudi del territori i els ecosistemes. També el Dr. Margalef va utilitzar la il·lustració científica per les seves recerques i la seva docència, igual que Darwin, Cajal o Haeckel, tal com podreu apreciar en l'article de l'Alba Noguera de la nostra revista. També en aquest número podreu gaudir d'un conjunt singular d'imatges espectaculars del nostre concurs de fotografia Bioimatges.

Però el tema que ha trepitjat amb força les consciències i esperem que les agendes de tothom és l'emergència climàtica i les conseqüències en la biosfera. En aquesta línia l'article de Lluís Suqué sobre el cultiu d'algues unicel·lulars ens planteja la possibilitat de millorar, de fixar molt CO₂, amb aquest tipus de cultius amb un impacte ambiental neutre o negatiu. Bona part dels col·legiats estem plenament implicats en tasques relacionades amb la protecció i millora mediambiental, sigui en la salut de les persones, sigui en els aspectes pròpiament ambientals, o sigui en relació amb la investigació. El paper dels biòlegs ha de ser preponderant en aquesta etapa de conscienciació de la població sobre que està suposant l'escalfament global en relació als canvis de fauna i flora, l'acció dels contaminants, la circulació i comerç d'espècies animals i vegetals per tot el planeta, o la salut pública. En molts d'aquests aspectes som els biòlegs els professionals més ben preparats i competents per a posar sobre la taula una opinió autoritzada i per tant, influenciar a l'opinió pública i els responsables polítics. Aquesta no és només la nostra tasca sinó també, ara, la nostra obligació en la transició cap a un planeta més equilibrat.

Acabem amb un agraïment molt sincer a en Ramon Jordana, que ha estat fins ara el nostre Degà i durant molts anys un puntal del Col·legi. A causa d'unes normatives d'incompatibilitat i la seva aplicació no gens raonable, ens veurem privats de la seva empena i caldrà impulsar una nova Junta. Gràcies Ramon.

Lluís Tort i Bardolet
Vicedegà

Conclusions de la Jornada Prof de Biòlegs del Pirineu



Sort 25 d'octubre 2019.

El passat 25 d'octubre es va celebrar al Consell Comarcal de Pallars Sobirà a Sort la I Jornada Professional de Biòlegs del Pirineu amb l'objectiu de donar a conèixer totes les iniciatives, activitats i projectes que duen a terme els biòlegs que desenvolupen la seva activitat a l'àrea del Pirineu.

Aquesta Jornada va comptar amb més d'una vintena de presentacions orals i una assistència de més de 60 professionals

En aquesta secció de la revista, us presentem les conclusions d'aquestes jornades i les presentacions que es van aportar en aquestes Jornades sobre el paper dels professionals de la Biologia en el marc de la biologia de muntanya.

En primer lloc destacar la ponència que el Dr. Narcís Prats va presentar sobre el reconeixement als nostres fundadors, grans professionals com en Ramon Margalef, que en aquest any 2019 se celebra "l'any Margalef" commemorant el centenari del seu naixement, i els seus deixebles que van posar les bases per adquirir els coneixements que ens permeten l'estudi, la gestió i la conservació dels recursos naturals.

Així mateix hem de constatar la gran quantitat d'activitats que un biòleg pot fer i efectivament està fent: Des de la investigació més bàsica i més molecular com la genòmica del trençalòs fins al funcionament i seguiment d'una espècie concreta, passant per l'evolució d'ecosistemes com un estany, fins a la gestió d'espais emblemàtics com els parcs naturals i nacionals.

Però també els professionals de la biologia estan en altres àmbits de prou rellevància com:

- La salut pública, com la gestió de les instal·lacions d'aigües residuals o els riscos de les al·lèrgies per a la població.
- La gestió pública i la influència en les decisions polítiques sobre ordenació del territori.
- L'assessorament biològic tècnic i ambiental per als municipis, comarques i espais naturals.
- El disseny i desenvolupament de xarxes de col·laboració científica, tècnica i de divulgació.
- El desenvolupament d'iniciatives de ciència ciutadana, participació popular en la gestió pública.
- La promoció d'iniciatives i tècniques de formació, formació i difusió de la ciència.

A les conclusions d'aquestes Jornades es constata algunes necessitats que cal atendre per al desenvolupament d'una millora de l'entorn i de la qualitat de vida de la població:

- La necessitat que la població en general i les administracions públiques atenguin les demandes i propostes de la comunitat dels professionals de la biologia, tant respecte al disseny de polítiques ambientals, protecció de la biodiversitat o gestió del territori, ja que són probablement els biòlegs qui més coneixement poden aportar pel futur de la sostenibilitat ambiental.
- La necessitat d'incrementar els recursos públics i privats que es destinen a la sostenibilitat i conservació dels recursos naturals, incloent-hi el seu estudi i investigació.
- La necessitat del reconeixement de l'expertesa dels professionals de la biologia per part de les instàncies de decisió política respecte a la gestió del territori i ambiental, que impliqui doncs, l'aportació d'estudis, dades i opinió biològica experta per evitar gestió inadequada o perjudicial a llarg termini o a ecosistèmica.

• L E G I A L

essional



- La necessitat de reforçar la comunitat dels professionals de la biologia per tal d'incrementar el seu nivell d'influència. En aquest sentit, el CBC i el CPBA treballaren en aquesta direcció i animen a tots els professionals a incorporar-se al col·legi.

- La necessitat de reforçar la interacció professional, científica, formativa i divulgativa entre els professionals de la biologia a través de jornades, congressos, tallers o altres iniciatives. El CBC i el CPBA es comprometen a seguir i potenciar aquest reforçament organitzant activitats en aquesta línia al llarg del territori.

I per acabar, mostrar l'agraïment per part del CBC i el CPBA a tots els professionals que van participar en aquesta Jornada, que amb la qualitat de les seves presentacions van contribuir a l'èxit d'aquesta; així com al Consell Comarcal del Pallars Sobirà que ens va acollir i col·laborar a la celebració d'aquest esdeveniment.

A la web del CBC podeu veure el programa específic i les presentacions de les diferents ponències: <http://cbiolegs.cat/2019/10/28/conclusions-de-jornada-professional-de-biolegs-del-pirineu-sort->



Nova seu del Col·legi de Biòlegs de Catalunya



Des del passat mes de novembre estem a la nova seu corporativa del Col·legi de Biòlegs de Catalunya al carrer Casp núm. 130, 5a planta, despatx 1 (Edifici COACB) de Barcelona.



Aquest canvi de seu ens ha permès adequar l'espai a les veritables necessitats actuals del col·legi, compartint i utilitzant espais comuns en un edifici modern i accessible.

Us esperem!!

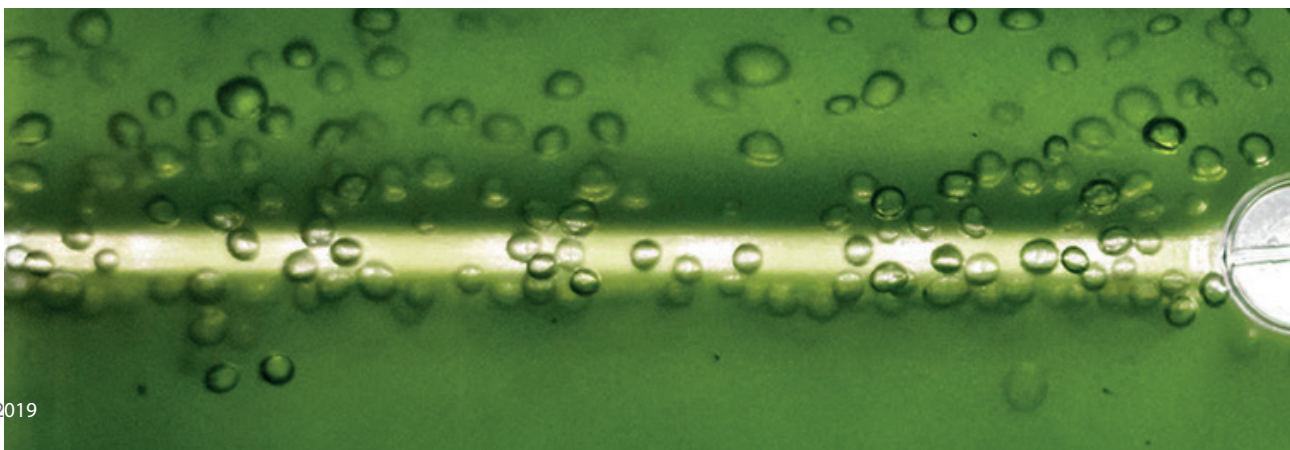
Cultius d'algues unicel·lulars: una solució?

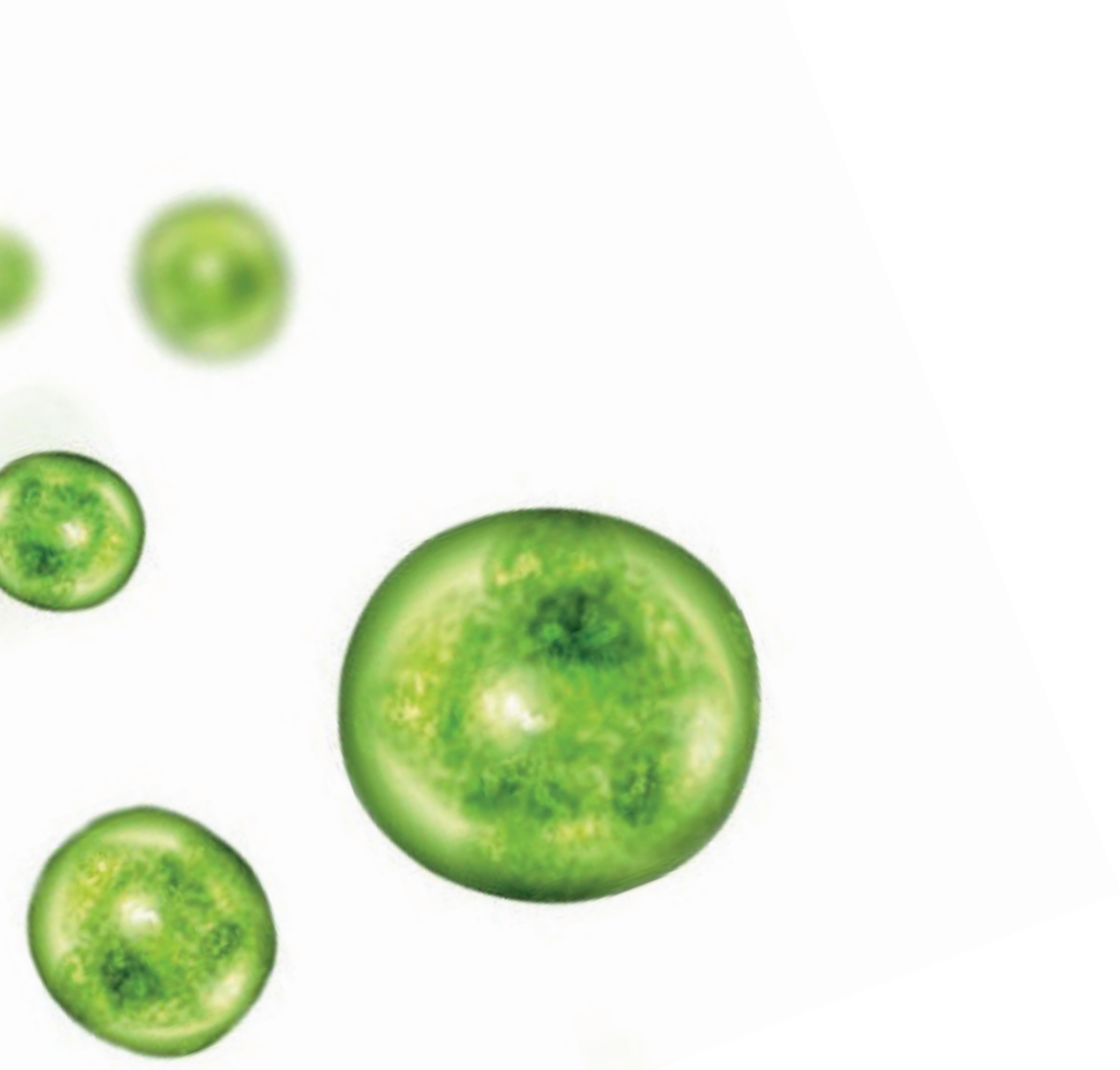
Des que l'home occidental va descobrir el blat poliploide, molt més fèrtil que la varietat salvatge, ha anat imaginant diferents maneres de gestionar els excedents, crear comerç i bescanviar serveis i productes. L'home oriental va fer el mateix amb l'arròs, també poliploide, i van sorgir civilitzacions diferents en la forma, però molt semblants en les grans línies.

En el temps que ens ha tocat viure, es poden veure, dos grans punts d'inflexió que s'acosten a gran velocitat, el canvi de combustibles fòssils a altres tipus d'energia i la crisi alimentària causada per l'increment explosiu de població. Tal com gestionem avui dia la informació, connectats a la xarxa, podem pensar que no hi ha problema, que si poguéssim abordar qualsevol solució, en donar-la a conèixer a la xarxa n'hi hauria prou per difondre-la a gran velocitat; però en primer lloc la in-

formació, no és coneixement i en segon lloc, l'home és un animal de costums, més que no pas l'ésser racional que ens han venut moltes religions. La transmissió d'informació, pot ser molt ràpida; però l'adquisició de costums, és molt més lenta i necessita una atenció personalitzada i sobretot pràctica, la gent començarà a entendre les tecnologies noves, quan les manegen i decideixin qui els convingui.

La crisi energètica, no vindrà de cop, el petroli serà cada cop més escàs i difícil d'extreure i anirà augmentant de preu, les solucions es comencen a entreveure, cotxes elèctrics, centrals eòliques, biocombustibles i racionalització de la fabricació; però encara no han calat pel que fa al consumidor, ni són indicadors de la nostra cultura. Malgrat que hi ha un cert nivell d'informació, la que hi ha, no és una informació de





qualitat i sovint esbiaixada pels interessos de grans companyies.

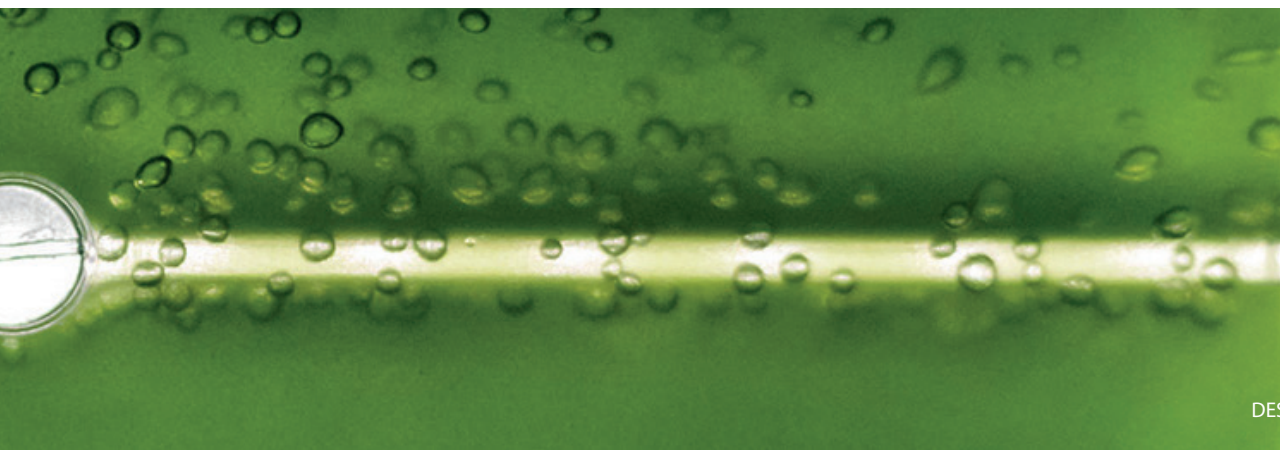
Podríem allargar-ho indefinidament i de fet, tinc la idea d'escriure més articles al respecte, però ara m'agradaria centrar-me en un aspecte més proper a la biologia i no tant en la tecnologia.

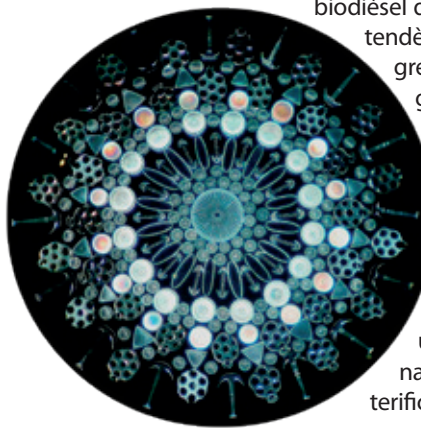
Cultivant algues unicel·lulars

Les algues unicel·lulars, han centrat l'atenció dels polítics, en alguns moments del segle XX i els cultius han rebut impulsos importants. Als anys 60 i 70 es van investigar espècies i cultius que tinguessin valor alimentari, farmacèutic o per depuració d'aigües. L'evolució ha proporcionat espècies adaptades a quasi tots els ambients possibles on pot haver-hi vida i de vegades, un pot esplaiair-se

veient la diversitat morfològica que pot habitar en una llacuna, un xoll, un gran llac, un riu o sota del gel.

La importància de les algues unicel·lulars, en l'ecosistema terrestre, és cabdal, tant en la creació, com en l'homeòstasi, són la producció primària. En general la productivitat dels ecosistemes aquàtics equilibrats és important, però no exagerada, hi sol haver una gran diversitat, sense que hi hagi un gran predomini d'unes espècies sobre altres, excepte en certes zones, corrents ascendants, estuaris de grans rius, on hi ha una aportació important de nutrients i es produeixen blooms, reduint el nombre d'espècies i de vegades l'eutrofització (predomini d'una o dues espècies). Moltes espècies utilitzades per a cultius, fan blooms naturals; però no totes les que fan blooms, són interessants per a cultivar. La gran empenya als cultius, sorgeix amb la idea d'obtenir





biodièsel de la biomassa d'algues. Aprofitant la tendència de moltes espècies a acumular greixos, quan els restringim el nitrogen. Es cultiven, fins a obtenir-ne una població important i aleshores es restringeix el nitrogen, fent que la fotosíntesi acumuli greix. El greix s'extreu de la massa d'algues, per premsatge i extracció amb un dissolvent reciclable (i no tòxic) i s'esterifica amb un alcohol, produint un èster d'àcid gras i alliberant glicerina. Aquesta barreja d'àcids grassos esterificats, s'assembla molt al gasoil.

Això es va impulsar al principi dels anys 90 per superar les pujades del petroli provocades per la Guerra del Golf, quan se suposava que les màquines de potència com excavadores, tractors, camions de gran tonatge i vaixells, no podien funcionar amb electricitat. Posats a utilitzar combustibles, és millor utilitzar combustibles d'emissió 0, ja que el CO_2 que alliberen amb la combustió, prové del que han fixat les algues anteriorment i no del petroli.

Als que ens agrada la Ciència-ficció; solem fer projeccions de futur, no només de les conseqüències tècniques d'una tecnologia, sinó del seu impacte sociològic. A risc d'exagerar, l'aparició dels cultius d'algues, pot representar un punt d'inflexió en la història tan important com l'aparició del blat poliploide, que va permetre evolucionar del Neolític a les ciutats estat. Això podria arribar a ser així, si el coneixement que tenim i el que obtindrem investigant es pot socialitzar i arribem a desenvolupar una cultura del cultiu. Ara per ara, les úniques empreses que s'han llençat a fer cultius, han patentat els seus sistemes i no en sabem res. La socialització dels avenços científics és una assignatura pendent a la nostra cultura.

Què és el que fa, que cultivar algues unicel·lulars sigui tan especial? Doncs és molt clar, la seva **productivitat**, la seva versatilitat i la poca dificultat tècnica d'optimitzar resultats.

Quan als anys 60 i 70 del segle XX es va començar a estudiar *Chlorella sp.*, ja es va veure que la productivitat d'aquestes algues, podia donar proteïna de bona qualitat per erradicar la fam a la terra.

Per a fer-nos una idea

Una microalga amb un cicle de duplicació de 8 h a temperatura, llum i nutrients adequades, pot produir al laboratori fins a 50 g l^{-1} . Dia^{-1} , que són uns 16 g l^{-1} per cicle.

Si considerem un reactor de 2 m d'alt i 30 cm de diàmetre, d'uns 140 l, repartit en una hectàrea, un cada 2 m^2 , n'hi cabrien 5.000. De fet la producció neta, serà la meitat 70 l, doncs l'altra meitat, l'usarem com a inòcul del proper cicle de cultiu. Suposem que tenim llum artificial per a les hores nocturnes.

$$5.000 \times 70 \text{ l} \times 50 \text{ g l}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1} = 17.500.000 \text{ g} \cdot \text{dia}^{-1} \text{ ha}^{-1}$$

o sigui 17,5 tones $\text{dia}^{-1} \text{ ha}^{-1}$

És molt cert que els números són completament en el pla teòric, en producció no s'han assolit mai nombres tan alts, a banda que manejar 5.000 reactors no és fàcil; però la productivitat és brutal. Molts cultivadors signarien amb la dècima part. En comparació, direm que una hectàrea de blat produeix en bones condicions 6-7 tones/any. Així i tot, el rendiment, depèn de molts factors i si un d'ells esdevé limitant, **no hi haurà producció**, perquè el creixement es talla i l'alga no creix més. També és important la taxa de duplicació de l'alga, ja que varien molt d'una espècie a un altre i de vegades d'una soca geogràfica a un altre. Si hem d'aconseguir que l'alga acumuli greix, consumirem almenys un cicle de cultiu per engrair l'alga, cosa que fa disminuir el rendiment a la meitat, amb relació a la teoria.

S'ha de tenir en compte, que el creixement d'una alga, és una equació estequiomètrica i una variació d'un dels components, retalla el creixement.



$$264 \text{ g} + 108 \text{ g} \longrightarrow 180 \text{ g} + 192 \text{ g}$$

És a dir: 1,4 g de CO_2 produirà 1 g de matèria orgànica. L'aire conté un 0,003% de CO_2 , és fàcil entendre, que el CO_2 és l'element limitant per excel·lència, si no suplementem el cultiu amb CO_2 , limitem extraordinàriament el creixement; però si ens passem, alliberem CO_2 a l'atmosfera.



L'estequiometria es podria completar amb l'afegit de NO_3^- , 0'17 g i $\text{PO}_4 = 0'01\text{g}$, per gram de matèria sintetitzada; però se sobreentén, que ens interessava destacar el paper del CO_2 .

Un altre factor limitant, és la temperatura, totes les espècies tenen un rang de temperatura òptima, fora del qual, no creixen. Això limita la producció a uns mesos l'any, a menys, que es vulgui invertir en control de temperatura i possiblement de llum, doncs el dia, a l'hivern, és més curt.

El cultiu en l'àmbit industrial, comporta tres estratègies:

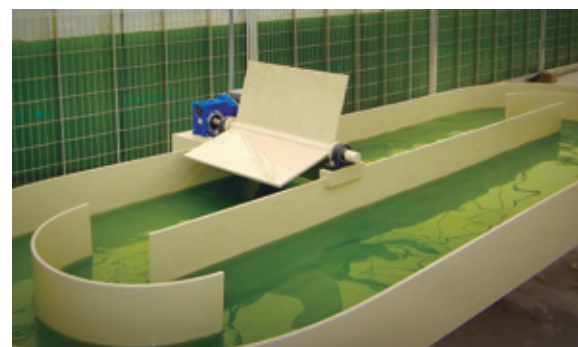
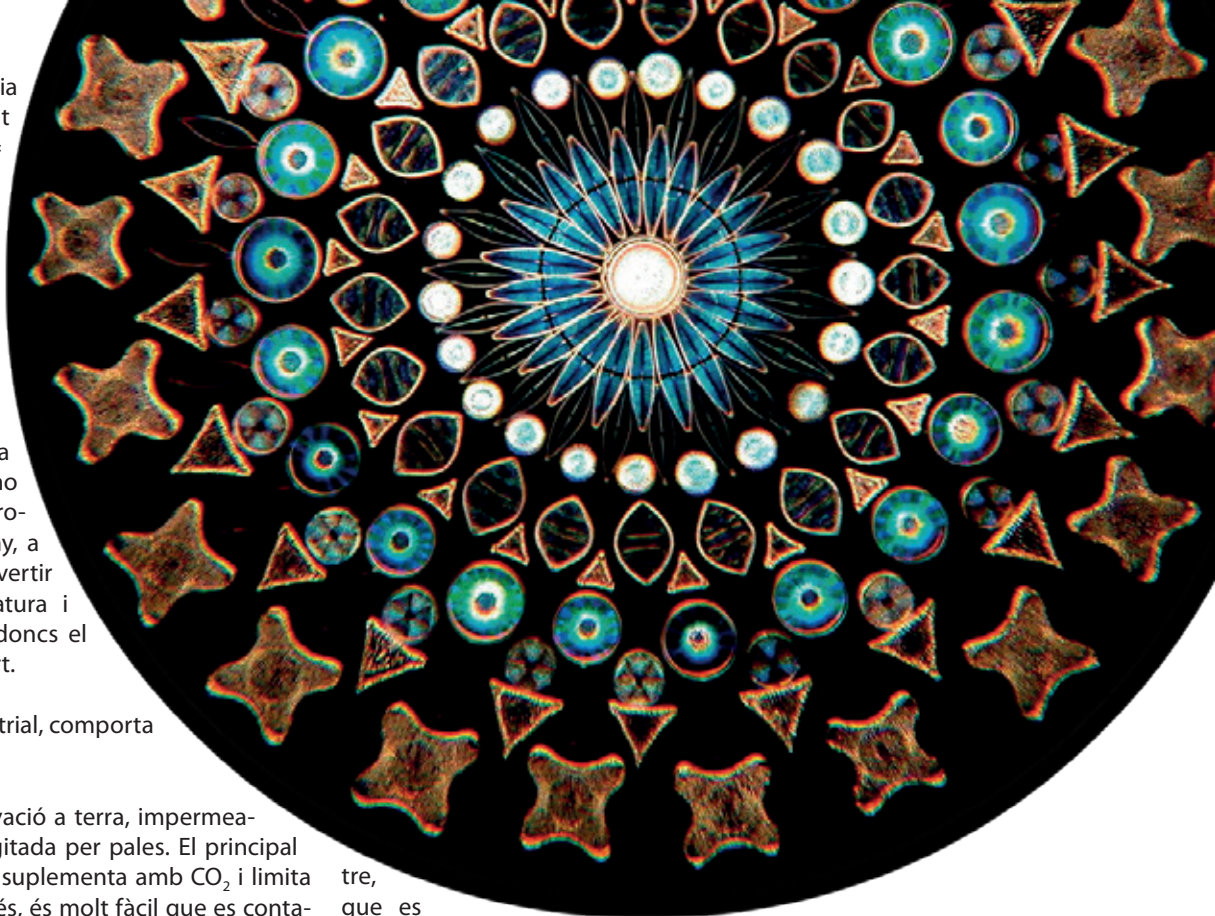
Cultius en Bassa: excavació a terra, impermeabilitzada i amb aigua agitada per pales. El principal inconvenient és que no suplementa amb CO_2 i limita molt el creixement, a més, és molt fàcil que es contami amb insectes o bé organismes aquàtics que mengen algues.

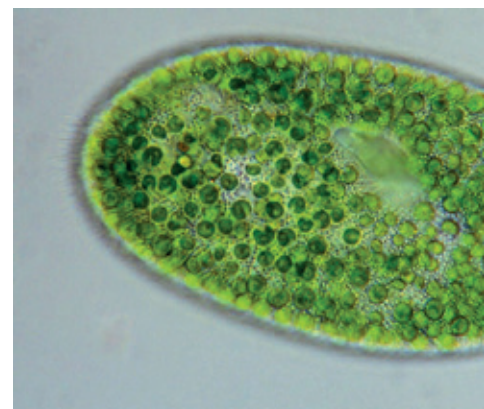
Cultiu semicontinu en vertical: és el més eficient i el que pot donar una producció més alta. Consta d'un tub vertical de 20-30 cm de $\varnothing$ i uns 2 m d'alçada, en cada cicle es retira la meitat del volum i s'utilitza l'altre com a inòcul per al nou cicle. El cilindre, té un airejador a la part més baixa, que provoca el remenat constant de l'aigua i que permet incorporar CO_2 , per optimitzar el creixement. És un sistema optimitzat per llum, CO_2 , nutrients i es pot optimitzar per temperatura.

Cultiu continu en horitzontal: És el segon més eficient i el primer en inversió. Consta d'un tub de gran diàme-

tre, que es recaragola sobre si mateix, ocupant tota la parcel·la. Està pensat per optimitzar la llum; però té dificultats per subministrar CO_2 , i airejar per eliminar l'oxigen de la mateixa fotosíntesi. Una bomba impulsa el sistema, de manera que al final del cicle, l'alga ja crescuda surt pel final del circuit.

La major part, de productors de biodièsel, han optat pel cultiu en bassa, perquè és el més econòmic. No obtenen un rendiment prou bo per competir amb el dièsel de petroli i han hagut d'apujar el preu. La U.S. Navy, té un programa de convertir la seva flota per funcionar amb biodièsel a llarg termini. És lògica estratègica, no haver de dependre del petroli de fora, pensant que el petroli americà, també està en el camí d'exhaurir-se.





El fet és que a la xarxa i als diaris, hi ha una campanya sense signatura, que es queixa de què el contribuent, hagi de pagar el doble per fer funcionar vaixells amb biocombustible, tenint un fuel de petroli tan bo i barat.

El biocombustible té avantatges i alguns inconvenients amb relació al gasoil, no té sofre, no produeix pràcticament sutge, doncs no té pràcticament cap èster de més de 25 carbonis i no té metalls pesants. En canvi, té més aigua i energèticament és un xic menys que el gasoil. Ambdós defectes es poden solucionar amb una mica més d'investigació.

De l'excedent del biodièsel es pot utilitzar el midó, per obtenir butanol per fermentació de *Clostridium acetobutylicum*, la proteïna per fer pinsos o derivats industrials per a l'alimentació.

A banda dels biocombustibles hi ha altres interessos en el cultiu d'algues que el fan interessant. Els subproductes del cultiu d'algues, a banda dels greixos, són una proteïna de gran qualitat, en alguns casos quasi igual a la referència (proteïna d'ou), que conté tots els aminoàcids, també els ensofrats, que solen estar exempts en les proteïnes vegetals. Algun tipus de polisacàrid de reserva, midó, paramil, etc. i en les espècies que tenen la coberta de cel·lulosa, fibra. Les diatomees tenen una coberta de silicat, que té interès com a abrasiu (i com a obra d'art). La majoria, produeixen substàncies antibiòtiques, bacteriostàtiques o fungicides, d'interès en farmàcia, les guerres químiques entre diatomees i dinoflagel·lats, en la successió dels creixements primaverals, ha propiciat el seguiment de les àrees de cultius de Bivalves per part de l'administració, per assegurar la salubritat. Gràcies a això, els coneixements sobre les algues implicades, han augmentat força els darrers 50 anys.

Algunes empreses que van començar fent biocombustibles, van intentar rendibilitzar la seva empresa, comercialitzant el subproducte en el mercat alimentari i de cosmètics.

Olis i margarines rics en DHA i omega 3 i 6. Farines d'alga riques en proteïna, pasta proteínica, per substituir la carn, productes elaborats com raviolis d'algues, succedani d'ou, lliure de colesterol, per pastisseria.

L'empresa Solazyme ha posat imaginació i també, ha fet un esforç divulgatiu important, donant a conèixer els seus productes i la procedència de les matèries primeres.

Algunes empreses han optat per entrar en els cultius, produint nutricèutics (parafarmàcia) o cultivant espècies amb interès farmacèutic. Acostumen a utilitzar reactors verticals, més controlables i no tenen problemes de rendibilitat.

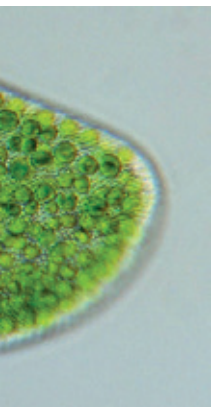
Mau Tropical Algae Farm: Produeix astaxantina, cultivant *Haematococcus pluvialis* i spirulina (*Spirulina Platensis* = *Arthrospira platensis*).

Hi ha algues que es cultiven per a obtenir algun producte útil. *Haematococcus pluvialis* es cultiva per a obtenir astaxantina, un carotenoide, que se sintetitza quan disminueix la quantitat de nitrogen i la irradiació solar s'incrementa, llavors l'alga comença a convertir-se en cist. La conversió en cist triga cinc dies i la duplicació de *H. pluvialis* 2. Hi ha d'haver una labor de sincronització i un disseny de la instal·lació que duplica o triplica el sistema de maduració respecte al d'obtenció de biomassa. Hi ha altres espècies, *Dunaliella salina* produeix β -carotè, també en un procés de formació de cist semblant. La *Scenedesmus* sp. es cultiva per obtenir luteïna, un carotenoide que és la solució per a la retinosi pigmentària, una degeneració retinal, que es frena amb l'administració de luteïna.

Algues cultivables

Hi ha algues que podríem considerar força prometedores, per iniciar una revolució en el cultiu. ***Rhodomonas salina*** és una espècie bàltica, que fa blooms sota el gel en condicions de poca llum i temperatures de 2-3 °C. Té un pigment suplementari, la ficoeritrina, que té un espectre d'absorció complementari al de les clorofil·les, cosa que li dona avantatges d'adaptació importants. El gènere té espècies marines i d'aigua dolça a quasi tots els grans llacs europeus i americans, a la primavera amb la fusió del glaç, creix a la superfície, però a mesura que l'estació avança troba massa competència i s'enfonsa a 60 m on la majoria d'espècies dependents només de la clorofil·la no tenen prou llum per créixer i on la competència pels nutrients és inexistent. És una espècie que pot créixer amb temperatures fredes i poca llum, ideal per a totes les zones periàrtiques i les temperades a l'hivern. El pigment s'usa com a colorant i la resta pot ser una base excel·lent com a pinso per aqüicultura, alimentació animal o humana si cal.





Chlamydomonas reinhardtii és com l'E.coli de les algues, s'ha seqüenciat el genoma i es disposa d'una col·lecció de plasmidis per introduir gens humans de proteïnes terapèutiques, l'ús d'organismes eucariotes es deu al fet que el plegament correcte de les proteïnes no s'aconsegueix, sense el concurs de les xaperones del reticle endoplasmàtic. És una espècie amb membrana de proteïna i adequada per a pinsos proteics o farines.

Arthrospira platensis Espirulina, és una cianofícia capaç de créixer en llacs volcànics alcalins amb gran contingut en sodi i bicarbonat, fa blooms naturals a grans llacs tropicals Titicaca, Txad, Mèxic, etc. on els habitants les recullen i couen a la planxa per fer-ne tortitas, des del punt de vista alimentari és excel·lent, 48% de proteïna, 15% d'Idò, 4-5% de greixos, molts insaturats, la seva paret cel·lular és proteica. És excel·lent com a aliment, tant animal com humà. S'utilitza com a complement alimentari en postoperatoris o malalts crònics.

Conclusió

Tot això fa que la major part de la feina de conèixer i aprofitar bé els cultius d'algues unicel·lulars, estigui encara per fer, però sobretot, hi ha una tasca de divulgació col·loossal, que implicaria un bon grapat de pro-

fessionals, investigant, explicant i atraient inversions i suports a la investigació. Molt en solitari, perquè ara per ara a la Universitat de Barcelona ningú treballa investigant algues unicel·lulars. A Espanya hi ha grups del CSIC que han publicat alguns treballs de qualitat i, a la Universitat de Múrcia, Màlaga i Cadis, alguns treballs que són la bíblia dels constructors de bioreactors.

El més interessant de tot plegat, és intentar popularitzar una activitat que fitxaria 1,4 tones de CO₂ per tona produïda, amb impacte ambiental neutre o negatiu, segons el destí dels productes.

Pàgines web d'interès:

<http://www.fao.org/bioenergy/aquaticbiofuels/aquaticbiofuels-home/en/>

<http://www.fao.org/bioenergy/aquaticbiofuels/documents/detail/en/item/48979/icode/>

http://www.fao.org/uploads/media/1009_Subhadraa_George_-_Algal_biorefinery-based_industry.pdf

<https://www.eaba-association.org/en>

https://en.wikipedia.org/wiki/Algae_fuel

Referències:

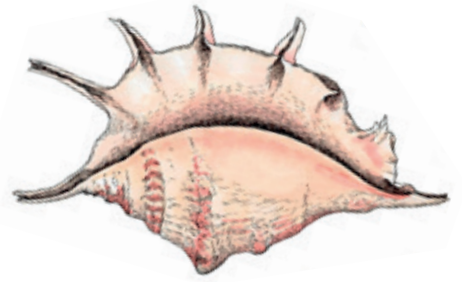
1. Molina, E. et al., 2001. Tubular photobioreactor design for algal cultures. *Journal of Biotechnology*. Vol. 92, # 2. Pg 113-131
2. Xu, Han. et al., 2006. High Quality biodiesel production from a microalga *Chlorella protothecoides* by heterotrophic growth in fermenters. *Journal of Biotechnology*. Vol 126, # 4. Pg 499-507
3. Chisti, Y. 2008. Biodiesel from microalgae beats bioethanol. *Trends in Biotechnology*. Vol 26, # 3. Pg 126-131
4. Scragg, A.H. 2002. Growth of microalgae with increased calorific values in a tubular bioreactor. *Biomass and Bioenergy*. Vol 23, # 1.
5. Molina Grima, E. Adien Fernandez, F.G. García Camacho, F. Chisti, Y. 1999. Photobioreactors: light regime, mass transfer, and scaleup. *Journal of Biotechnology*. Vol 70, #1-3. Pg 231-247
6. Fukuda, H., Kondo, A., Noda, H. 2001. Biodiesel Fuel Production by Transesterification of Oils. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. Vol 92, No. 5. Pg 405-416
7. García-Malea López, M. C.; Sánchez, E. D. R.; López, J. L. C.; Fernández, F. G. A.; Sevilla, J. M. F.; Rivas, J., ... Grima, E. M. (2006). Comparative analysis of the outdoor culture of *Haematococcus pluvialis* in tubular and bubble column photobioreactors. *Journal of Biotechnology*, 123(3): 329-342.
8. Olaizola, M. (2003). Commercial development of microalgal bio technology: from the test tube to the market. *Biomolecular Engineering* 20(4-6): 459-466.
9. Aresta, M., Dibenedetto, A., et al. 2005. Production of biodiesel from macroalgae by supercritical CO₂ extraction and thermochemical liquefaction. *Environmental Chemistry Letters*
10. Crísti, M. Y. (1989). *Airlift Bioreactors*. London: Elsevier.
11. T. Mazzuca Sobczuk, F. García Camacho, F. Camacho Rubio, F. G. Acien Fernández, E. Molina (1999). Carbon Dioxide Uptake Efficiency by Outdoor Microalgal Cultures in Tubular Airlift Photobioreactors
12. García-Malea, M.C., Acien, F.G., Fernández, J.M., Cerón, M.C., Molina, E., 2006. Continuous production of green cells of *Haematococcus pluvialis*: modeling of the irradiance effect. *Enzyme and Microbial Technology* 38, 981-989
13. Mandalam, R.K., Palsson, B., 1998. Elemental balancing of biomass and medium composition enhances growth capacity in high-density *Chlorella vulgaris* cultures. *Biotechnology and Bioengineering* 59 (5): 605-611
14. Microbiol. Technol. 21, 375-381. Molina Grima E., García Camacho F., Sanchez Perez J.A., Fernandez Sevilla J., Acien Fernández F.G., Contreras Gomez A., 1994, A mathematical model of microalgal growth in light limited chemostat cultures, *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 61, 167.

Alba Noguera Carol

Biòloga col·legiada núm. 21916-C

Il·lustradora i professora de secundària de l'àmbit científicotècnic

Doctorant en Biomedicina - UPF



Dibuixar a les ciències el paper de la il·lustració en la divulgació i ensenyament de la ciència

«El bon dibuix, com la bona preparació microscòpica, són peces de la realitat, documents científics que conserven el seu valor indefinidament i la revisió del qual serà sempre profitosa, siguin quines siguin les interpretacions a què hagin donat origen.»

Santiago Ramón y Cajal



Il·lustració realitzada
per Teresa Such.
Font: teresasuch.com

Des de temps remots, l'ésser humà ha tingut la necessitat d'entendre i descriure el món que l'envolta. La representació gràfica ha esdevingut una de les maneres de fer-ho i una mostra d'aquestes primeres manifestacions la trobem en les pintures rupestres. En el camp de les ciències naturals, concretament en la seva aparició i desenvolupament, la il·lustració científica ha tingut un paper determinant, tant per transmetre coneixements, com per facilitar-ne la seva comprensió. En les grans fites de la història de les ciències biològiques, trobem representacions gràfiques que van ser claus per explicar les diferents construccions científiques, en són exemples les il·lustracions de S. Ramón y Cajal, de C. Darwin, de Maria Sibylla Merian o d'E. Haeckel entre molts d'altres científics. Per tant, la il·lustració és i ha sigut una eina fonamental en l'evolució del coneixement científic.

Tot i que el dibuix en ciències també és art, en ciències cal que hi hagi una correspondència amb el món natural que intenta explicar o descriure. La finalitat de la il·lustració científica no és simplement crear un dibuix més o menys bonic, sinó informar i descriure processos amb precisió i rigor. És difícil imaginar, ensenyar, aprendre o fer ciència sense l'ús de representacions visuals. A continuació analitzarem breument alguns dels diferents estudis que s'han realitzat des de les branques de la semiòtica, la psicologia i la didàctica de la ciència experimental amb la finalitat d'entendre com podem utilitzar la il·lustració científica d'una manera més eficient en l'aprenentatge i divulgació de les ciències.

Què és un "dibuix"?

Per poder parlar de l'ús de les il·lustracions i dibuixos a les aules de ciències, és important saber què s'entén

asses de ciències: ció científica nyament

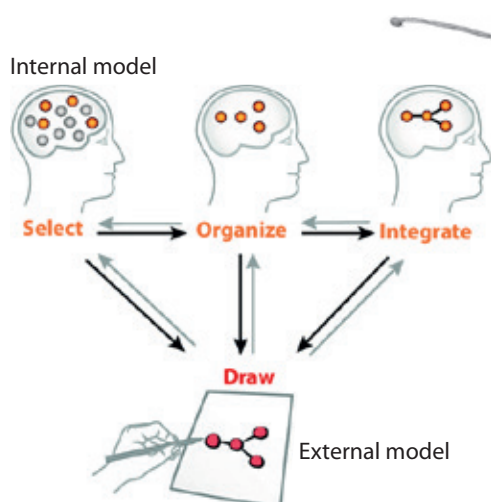
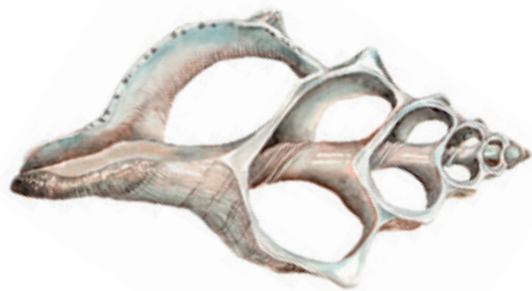


Figura 1. Marc visual per a la teoria generativa de la construcció de dibuixos. En aquest model, els cercles representen informació verbal i/o visual. Les fletxes mostren que un dibuix pot ser un punt final, desenvolupat després de la creació d'un model mental, o un mitjà per crear un model mental, és a dir, que la creació de models interns i externs pot ser lineal o iterativa (Quillin et al.)

per "dibuix". El fet és que no hi ha consens en la literatura sobre la definició de "dibuix" i molts termes (per exemple, esbós, diagrama, representació externa, model extern, visualització, il·lustració, imatge) s'utilitzen de manera diferent en diferents treballs. Quillin (2014) defineix el dibuix en general com una representació visual externa generada per un aprenentatge que representa qualsevol mena de contingut, sigui estructura, relació o procés, creat de forma estàtica en dues dimensions en qualsevol mitjà. Aquesta definició, alhora que inclou, emmagatzema diversos factors que es compliquen a l'ús del dibuix a l'aula, com podria ser de biologia.

Per què demanar als estudiants que dibuixin?

Amb la definició de dibuix establerta, la següent tasca és donar sentit a les moltes raons per utilitzar el dibuix. L'ús efectiu del dibuix a l'aula i la mesura efectiva del dibuix com a eina depenen de l'alineació entre els resultats, l'avaluació i les activitats desitjades (Cohen, 1987; Wiggins i McTighe, 1998). Per tant, la transparència respecte als objectius és essencial. Els exercicis formatius s'utilitzen per ajudar els estudiants a construir els seus propis coneixements i a practicar habilitats i els instructors els fan servir per permetre un feedback dirigit als estudiants, Quillin (2014). Figura 1.

Les representacions visuals són essencials per comunicar idees a l'aula de ciències, però, el disseny d'aquestes representacions no sempre és beneficiós per als estudiants. Això està determinat perquè els estudiants



Il·lustració detallada de Maria Sibylla Merian.
Metamorphosis Insectorum Surinamensium
(imatge extreta de Wikimedia Commons)



Il·lustració realitzada per Charles Darwin. Font: Darwin-online.org.uk

tenen una memòria de treball limitada i les representacions s'han de dissenyar amb l'objectiu de reduir la càrrega cognitiva innecessària. Tanmateix, com veurem al llarg de l'article, l'arquitectura cognitiva no és l'únic factor a considerar, les diferències individuals, sobretot els coneixements previs, són fonamentals per determinar quin impacte tindrà una representació visual en les estructures i processos cognitius dels estudiants.

Afortunadament, alguns canvis menors en la instrucció tenen el potencial de produir avantatges d'aprenentatge significatius per als estudiants. Per exemple, la mera referència a il·lustracions del llibre de text com a "models" podria ajudar a apropar un estudiant a una perspectiva experta sobre la naturalesa dinàmica del coneixement en ciències.

Quin paper juga l'ús de la imatge en l'ensenyament de les ciències?

Tractar d'entendre el paper que juga la imatge en l'ensenyament i l'aprenentatge de les ciències és molt complex i s'ha de basar en referències d'àmbits de coneixement dispersos. A continuació, les esmentarem com a respostes a preguntes essencials. Les preguntes que plantegem són les següents:

Quins signes utilitza el llenguatge, quines normes els reixen, què volen dir?

S'entén per semiòtica la "ciència general dels signes lingüístics"; engloba semàntica i sintaxi. En qualsevol cas, el denominador comú és l'interès per l'ús de signes i el seu significat. Des d'un punt de vista didàctic, com assenyala Shapiro (1998, p. 609), «els estudis es basen en el supòsit que la cultura proporciona una sèrie de signes, símbols i

regles sobre la interacció que s'utilitzen, conscientment o no, per crear i "llegir" l'entorn d'aprenentatge». Per tant, les representacions semiòtiques fan referència a totes aquelles construccions de sistemes d'expressió i representació que poden incloure diferents sistemes d'escriptura, com ara números, anotacions simbòliques, representacions tridimensionals, gràfics, xarxes, esquemes, etc. Compleixen funcions de comunicació, expressió, objectivació i tractament.

Tot i la importància actual de l'estudi de les representacions, és clar que es tracta d'un camp que no està exempt de controvèrsies conceptuals. Les discussions ja són clàssiques sobre si les representacions són individuals o col·lectives; si els objectes es representen en la ment dels subjectes; el paper que tenen les experiències prèvies en la construcció de les representacions; com canvien els objectes i com canvien aquestes representacions en el procés d'aprenentatge de nous conceptes.

Com es processen les imatges?

D'aquesta qüestió, i a la que anirem fent més èmfasi al llarg de l'article, se n'encarreguen la neurociència i la psicologia. Pel que fa al processament d'imatges, es pot dir que hi ha diversos models que intenten explicar els mecanismes que comporta aquest processament. Per una banda, el model de doble codificació de Paivio (1971, 1986) intenta explicar el processament d'imatges mitjançant una doble via, una de no verbal per a la primera i una verbal per al text (oral o escrita), encara que no sigui independent. Com a punt de partida, considera dos tipus de representació, una de física i l'altra mental. La representació mental es pot establir a través de tres nivells: a) representacions observables,



Il·lustració realitzada per Charles Darwin.
Font: Darwin-online.org.uk



que es poden expressar directament mitjançant el llenguatge o la imaginació; b) les estructures i processos mentals que els sustenten; i c) els models teòrics que intenten descriure els mecanismes que els regeixen. L'ajut de certes il·lustracions per a la memorització de textos s'explicaria d'acord amb l'ús dels dos canals per processar informació, cosa que permet la seva interconnexió a la memòria de treball.

Per altra banda, Schnotz (2002) exposa una visió més eclèctica, que defensa un model integrat de processament de textos i imatges, i estableix aquest darrer en relació amb els models proposats per a la comprensió de textos escrits. De fet, parla de com comprendre una imatge: a) una representació de la seva estructura superficial, és a dir, de la percepció visual d'aquesta; b) un model mental, és a dir, l'establiment d'una correspondència entre les seves característiques estructurals i les referències que posseeixi l'individu anteriorment; c) una representació proposicional o, cosa que és el mateix, una conversió del model mental en termes de proposicions lingüístiques; d) un nivell comunicatiu, és a dir, el context en què es produeix el processament de la imatge; i e) una representació d'un nivell general, és a dir, que engloba el tipus d'imatge en qüestió i les funcions que realitza.

Per altra banda, els investigadors Carney i Levin (2002), centrats en l'anàlisi de les il·lustracions que acompanyen els textos, reprenen una "metanàlisi" (Levin et al., 1987), on, a partir de la classificació de diverses funcions de les il·lustracions (decorativa, representativa, organitzativa, interpretatiu i transformatiu) avaluen la seva incidència en l'efecte per a la funció decorativa i una creixent en l'ordre següent: representatiu, organitzatiu, interpretatiu i transformatiu.

Així i tot, la teoria de codificació de Paivio continua sent la referència més citada per emmarcar els resultats de la investigació en aquest camp.

Quines imatges utilitza la societat, els professors, els estudiants o els llibres de text en l'ensenyament i l'aprenentatge de la ciència? Com es poden valorar i millorar? Com contribueixen a la representació del coneixement científic?

En una societat com l'actual, de vegades qualificada de "societat del coneixement", una part significativa d'aquest es canalitza a un format visual sense despertar un gran interès entre els educadors i els investigadors en educació. En aquest sentit (Perales Palacios, 2006) assenyalen algunes possibles accions:

- 1) La imatge, en les seves diferents modalitats i formats, s'ha d'avaluar des del punt de vista didàctic, com a mínim, al mateix nivell que el que es fa amb el llenguatge verbal. Per això hauríem de començar entenent que en el llenguatge visual "no tot és vàlid".
- 2) Això hauria de portar a seleccionar acuradament les imatges que utilitzem en l'ensenyament de les ciències, suprimir aquelles que només tenen una funció decorativa, transformar-ne les existents i inventar-ne de noves.
- 3) Com que la majoria de les activitats de l'aula impliquen treballs sobre un text escrit (lectura d'un

llibre, resolució d'un problema, etc.), també hauríem de fer-ho en la mateixa mesura sobre la visual (interpretació o construcció de gràfics), detecció d'errors. en xifres, etc.), la qual cosa implica naturalment un "cost cognitiu". En aquest sentit, la coherència entre el llenguatge verbal i visual emprat en l'ensenyament és un gran factor d'ajuda i s'ha d'afavorir en l'alumne la realització d'activitats en un doble sentit, és a dir, la construcció d'imatges a partir d'un text escrit i viceversa.

- 4) Des del punt de vista de l'epistemologia de la ciència, cal que l'estudiant sàpiga en tot moment quina és la realitat, la seva modelització i la representació mitjançant imatges, per tal d'evitar confusions entre aquests tres plans.
- 5) A les imatges, com en el medi natural, la diversitat és un índex de qualitat. La multiplicitat de tipus i les possibles funcions didàctiques s'han d'utilitzar en l'àmbit didàctic segons les necessitats de l'alumnat.
- 6) El factor individual també té en compte: variables com els coneixements previs de l'estudiant, el seu estil d'aprenentatge, el seu nivell de desenvolupament cognitiu o l'actitud davant els recursos visuals emprats tenen un paper rellevant en els resultats d'aprenentatge.

Per tant, el llenguatge visual té un paper tan important com el verbal i l'escrit, tot i que en molts casos el seu ús s'ha quedat relegat en un segon pla en l'ensenyament de les ciències. A través del llenguatge visual incorporem a la nostra estructura cognitiva informació que facilita les descripcions i, en molts casos, té una gran importància per a la construcció del coneixement. A més, la memòria que tenim per a les imatges és més potent que la memòria de les paraules, de manera que faciliten la memorització, sobretot a llarg termini (Levie i Lenz, 1982). Com Grilli, et al. (2015) assenyalen: "La comunicació gràfica ha estat present d'una forma o altra al llarg de la història humana i de la construcció de ciències naturals i per això l'ensenyament i l'aprenentatge de les ciències no es poden dur a terme fora d'aquest recurs comunicatiu que complementa i n'amplia la verbalitat".

Les il·lustracions dels llibres de text i la creació de models mentals

Un dels pilars bàsics sobre els quals s'ha basat l'acció docent durant molt de temps, a qualsevol nivell educatiu, ha estat el llibre de text.

Recentment, tot i la introducció d'altres mètodes d'aprenentatge, és indiscutible la seva poderosa influència en el treball a l'aula, tant per a professors com per a estudiants, convertint-se en moltes ocasions en la referència exclusiva del coneixement científic. En els manuals de ciències no hi ha il·lustracions aïllades sinó textos amb moltes d'elles intercalades. Si esperem de les il·lustracions que ajudin a comprendre el text, hem d'estudiar on apareixen i quines relacions mútues s'estableixen.

És evident que per a la psicologia no hi ha il·lustració sinó un observador, en la mesura que això li dóna sentit (De Forge, 1991). La llarga tradició històrica d'aquesta disciplina des que es va diluir en la filosofia grega ha atès una èmfasi diferent del paper de les imatges mentals en el pensament. Així, Aristòtil va admetre l'existència d'un pensament amb imatges o, en un passat molt més recent, Bruner i els seus col·laboradors (1956) el consideren com un dels tres sistemes de representació del pensament, l'icònic. Cal destacar també la condició assignada per Piaget al pensament figuratiu pel que fa a la capacitat transformadora i anticipadora (Piaget, 1980). Va ser, però, la psicologia Gestalt la que va atorgar per primera vegada a la percepció una dimensió substantiva en l'adquisició de coneixement en posar en relleu el paper conscient de les persones en l'organització de la percepció. La Gestalt va proporcionar regles útils, encara vàlides en la teoria del disseny gràfic (Dondis, 1980), per millorar els processos d'interpretació de les imatges.

Entre elles (Perales Palacios, 2006) destaquen la recomanació d'utilitzar il·lustracions que facilitin la percepció de formes significatives en detriment dels aspectes secundaris de la imatge. Si la contribució més significativa de Gestalt va ser rebutjar que el coneixement humà fos una simple "impressió" en la memòria del món exterior, tal com postulen les teories associacionistes, el paper actiu del subjecte en la comprensió es posa de manifest en la idea d'un model mental propo-





sat per Johnson-Laird. (1980). El terme model mental fa referència a una representació mental elaborada per les persones quan interaccionen amb el seu entorn, textos, imatges o combinacions entre elles. Ara, com es pot coordinar entre si la informació verbal i espacial que arriba a un subjecte? Se suposa que hi ha diferents sistemes cognitius especialitzats en el processament d'informació verbal i no verbal. L'activació d'un sistema o l'altre estaria determinada per la tasca específica imposada al lector (Zimmer, 1994). Des d'aquesta perspectiva, la inclusió d'imatges en llibres de text estaria justificada per la seva idoneïtat per proporcionar informació espacial. Això no vol dir que no sigui possible descriure verbalment informació espacial per facilitar un model mental.

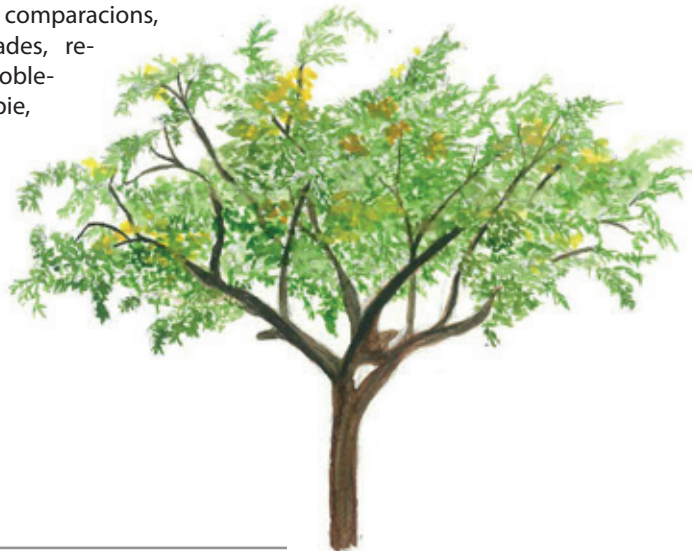
Però, al mateix temps, hi ha proves que la informació no espacial es pot representar mentalment en el sistema de memòria espacial (Glenberg i Langston, 1992). Aquests autors suggereixen que les il·lustracions afavoreixen als lectors la construcció d'un model mental mentre llegeixen, contribuint a millorar la comprensió del text. Així, la comprensió i la memorització a llarg termini estarien parcialment determinades pel text, la il·lustració i les inferències generades per l'individu a través del model mental construït durant la lectura, que inclouria també el coneixement previ del lector. La distinció entre dos subsistemes cognitius especialitzats en el processament d'informació verbal i no verbal es troba especialment en la teoria de la doble codificació de Paivio (1986) que hem comentat anteriorment. S'inclouen il·lustracions en els llibres de text amb diverses finalitats. Si es revisen les diverses classificacions realitzades en aquest sentit per diferents autors (Bernad, 1976; Duchastel, 1981; Levin et al., 1987; Feschotte i Moles, 1991; Gillespie, 1993), es poden extreure les funcions següents: a) Decorar llibres, és a dir, fer-los més atractius per despertar l'interès dels lectors, b) Descriure situacions o fenòmens basats en la capacitat humana de processar informació visual (Larkin i Simon, 1987; Feschotte i Moles, 1991) i el seu avan-

tatge sobre els textos escrits en l'estimulació de models mentals (Stone and Golk, 1981; Duchastel, 1981), c) Explicar situacions descrites. És a dir, en aquest cas, les il·lustracions no només mostren el món, sinó que també es transformen amb la intenció de posar en evidència relacions o idees que no són evidents, per facilitar la comprensió al lector. Aquestes dues últimes funcions han promogut diverses obres (Levie i Lentz, 1982; Larkin i Simon, 1987; Mayer i Gallini, 1990; Chen, 1995) que coincideixen a remarcar que les il·lustracions tenen un paper crític en les tasques de resolució de problemes, ja que demostren relacions estructurals amb claredat i eficàcia.

Quines característiques han de tenir les imatges per tal que facilitin la promoció de la comprensió de continguts científics?

Hem comentat que la il·lustració pot tenir diferents funcions en llibres de text i la seva morfologia pot ser igual de variada, però ens interessa destacar el paper de les il·lustracions en la promoció de la comprensió. Entre les investigacions promogudes per millorar l'ús d'imatges en la comprensió de textos destaca l'estudi de la coordinació entre text i imatge (Mayer, 1989; Mayer i Gallini, 1990; Mayer, 1994; Mayer et al., 1996). Aquests autors troben que, per tal que una imatge ajudi als lectors, s'han de complir les condicions següents: a) els textos que més es beneficien de les il·lustracions són explicatius, és a dir, contenen fragments en els quals es descriuen en termes causals les relacions entre les parts que constitueixen un conjunt; b) que els lectors no tinguin coneixements específics sobre el tema; en cas contrari, la preexistència d'un model mental adequat fa que les imatges siguin supèrflues; i c) que el text és prou complex perquè la construcció del seu model mental requereix esforç i ajuda.

Tanmateix, fins i tot en aquestes condicions, les imatges afavoreixen l'aprenentatge d'una manera selectiva, principalment en la memòria explicativa i la resolució de problemes. D'altra banda, diferents autors coincideixen en la necessitat de dirigir l'atenció dels lectors per evitar una lectura superficial de les imatges (Maichle, 1994; Peek, 1994) mitjançant instruccions específiques i l'ús de determinades tasques a partir de la lectura de les imatges. (extrapolació d'informació, establiment de comparacions, anàlisi de dades, resolució de problemes...) (Gillespie, 1993).



Il·lustració botànica. Detalls de *Tipuana tipu*, realitzat per l'autora de l'article.

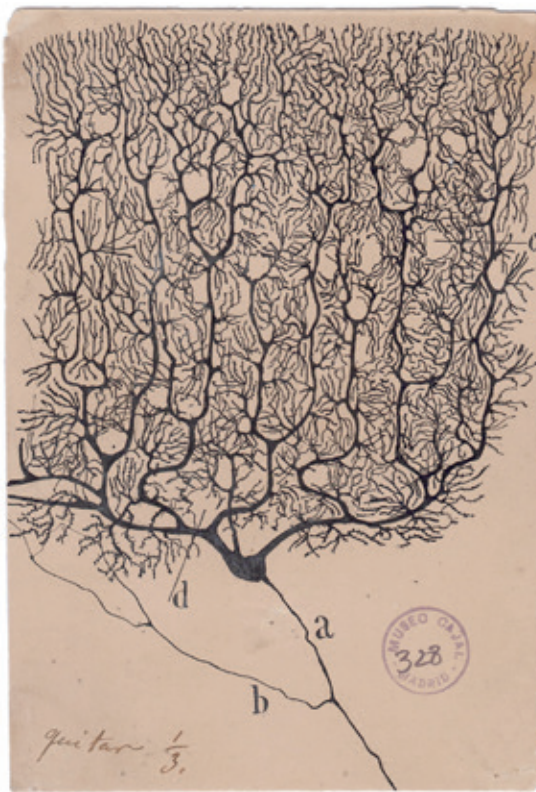
Arbre de purkinje de Ramón y Cajal
 Dibuix realitzat per Cajal per il·lustrar les cèl·lules de Purkinje impregnades amb el mètode de Golgi. "Cèl·lula de Purkinje del cerebel de l'home adult. a, axó; b, colateral recurrent; d, buits on s'allotgen cèl·lules de cistella; c, buits per vasos". Aquesta figura va ser reproduïda en la "Textura del sistema nerviós de l'home i dels vertebrats" (Cajal 1899b, 1904, figures 10 i 365). © Herederos de Santiago Ramón y Cajal.

Dibuix contemporani per aprendre ciències: l'exemple dels "Biology coloring books"

Robert D. Griffin ofereix als estudiants una manera de comprendre la biologia pintant dibuixos detallats dels sistemes corporals, entre d'altres. En el seu prefaci a The Biology Coloring Book, Griffin descriu un enfocament força disciplinat mentalment, ja que l'acció de pintar es troba principalment al servei de la memorització i l'atenció. L'activitat de pintar no és una mena de joc feliç sinó una part integral del que s'ha demostrat ser un mètode d'aprenentatge molt efectiu. No només aquesta activitat física fa que sigui molt més difícil que la seva ment vagi cap a algun altre tema, sinó que també requereix l'activitat de les parts del seu cervell implicades en el moviment i la percepció del color i la forma. Com ja és conegut, com més àrees del cervell hi hagi involucrades simultàniament a l'intent d'aprendre alguna cosa, més fàcilment es comprendrà i es recordarà el material [Griffin, 1986].

És realment possible afirmar que les imatges sempre faciliten la comprensió i la memorització de la informació?

Sembla prou contrastat que el mode de processament de la informació continguda a les imatges representa certs avantatges sobre la lectura de textos, ja que permet la lectura superficial, és a dir, no es limita a la lectura seqüencial característica del llenguatge verbal (Moles, 1991). Per contra, la imatge també es caracte-



Haeckel. Anthomedusae

ritza per la seva polisèmia, per la qual cosa és molt difícil predir quina serà la interpretació de la il·lustració d'una persona. Aquesta especificitat de la imatge, com a instrument de comunicació obert o ambigu, planteja un problema educatiu de primer ordre que afecta els editors, els professors que l'utilitzen i el mateix estudiant.

Aquestes dificultats han fet que la investigació, especialment en l'àmbit psicològic, s'hagi vist obstaculitzada i que necessiti metanàlisi, com la que han dut a terme Levie i Lentz (1982) on els resultats més notables obtinguts en cinquanta-cinc treballs anteriors, són de forma resumida els següents:

- 1) En les situacions habituals en què té lloc l'educació, la introducció d'il·lustracions que embelleixen el text no millora l'aprenentatge de la informació continguda, tot i que en principi els lectors se senten atrets per ells.
- 2) Quan les il·lustracions redunden la informació continguda en el text, hi ha un efecte positiu en l'aprenentatge.
- 3) La presència d'il·lustracions no facilita ni dificulta l'aprenentatge d'informació no il·lustrada, és a dir, l'ajuda que proporcionen les il·lustracions és específica de la informació que contenen.
- 4) Les il·lustracions adequades ajuden a comprendre el text il·lustrat, faciliten la seva memorització, especialment a llarg termini, i permeten una gran varietat de funcions instructives.
- 5) En algunes ocasions, les il·lustracions poden substituir molt bé les paraules proporcionant





Haeckel. Tubulariae

informació extralingüística de manera més eficaç. Els lectors tenen problemes per comprendre il·lustracions complexes si no se'ls ajuda quan els llegeixen. Molt sovint els lectors miren superficialment les il·lustracions sense esperar informació rellevant d'elles.

- 6) Les il·lustracions provoquen reaccions afectives i fan que els documents siguin més atractius.
- 7) La investigació en què s'ha animat als estudiants a crear les seves pròpies imatges mentals, o fins i tot els seus propis dibuixos, mostren resultats positius en alguns casos, però amb interaccions complexes.

Quan "una imatge val més que mil paraules"

A manera de resum, la il·lustració científica ens permet explicar de forma simple, processos que són abstractes o complexos d'entendre. Això fa que sigui una eina molt potent i efectiva tant per comunicar la ciència a les aules com a la societat en general i d'aquesta manera fer-la comprensible i accessible per a tothom. La finalitat de la divulgació científica no és més que el fet de poder transmetre coneixements científics a la societat per tal que aquesta gaudeixi d'una cultura científica que l'ajudi a entendre els processos que passen al seu voltant i, la il·lustració científica és un suport molt important per assolir aquesta correcta difusió del coneixement científic. L'ús de les il·lustracions, a diferència de la fotografia, ens permet detallar i explicar d'una forma més precisa aspectes que probablement en una fotografia ens podrien passar desapercebuts. Com a conclusió, com hem pogut veure al llarg de l'article en els diferents estudis presentats, les il·lustracions milloren la memòria i faciliten la comprensió de textos en què es descriuen les relacions entre diversos elements sempre que mostrin aquestes relacions. Tanmateix, quan són complexos, necessiten ajuda addicional per interpretar-ne i beneficiar-se'n.

Bibliografia

- CARNEY, R.N. y LEVIN, H.R. (2002). Pictorial illustrations still improve students' learning from text. *Educational Psychology Review*, 14(1), pp. 5-26.
- Cook Michelle. Teacher's use of visual representations in the science classroom. *Science education international*, 2011. - 3 (175-184) : Vol. 22.
- Corney Russell N. y Levin Joel R. Pictorial illustrations still improve student's learning from text. *Educational Psychology Review*, 2002. - 1 : Vol. 14.
- Díaz de Bustamante J. y Jiménez Aleixandre M. P. ¿Ves lo que dibujas? Observando células con el microscopio. *Investigación y experiencias didácticas*, 1996. - 2 (183 - 194) : Vol. 14.
- Durán Armengol Teresa. Ilustración, comunicación, aprendizaje. *Revista de educación*, 2005. - Extraordinario (239-253).
- Glynn, S.M. y Muth, K.D. (1994). Reading and writing to learn science: Achieving scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (9), 1057-1073.
- Glynn, S. (1997). Drawing mental models. *The Science Teacher*, 64 (1), 30-33
- GILLESPIE, C.S. (1993). Reading graphic display: what teachers should know. *Journal of Reading*, 36(5), pp. 350-354.
- R. D. Griffin, *The Biology Coloring Book*, HarperCollins, New York, 1986
- Grilli Javier, Laxague Mirtha y Barboza Lourdes. Dibujo, fotografía y biología. Construir ciencia con y a partir de la imagen. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 2015. - 1 (91-108) : Vol. 12.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental Models. Towards a Cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness*. Cambridge: Harvard University Press
- JOHNSON-LAIRD, P.N. (1980). Mental models in cognitive science. *Cognitive Science*, 4, pp. 71-115.
- MAYER, R.E y SIMS, V.K. (1994). For whom is a picture worth a thousand words? Extensions of a dual-coding theory of multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 86(3), pp. 389-400.
- MAYER, R.E. y GALLINI, J.K. (1990). When is an illustration worth ten thousand words. *Journal of Educational Psychology*, 82(4), pp. 715-726
- MAICHLE, U. (1994). Cognitive processes in understanding line graphs, en Schnotz, W. y Kulhavy, R.W. (eds.) *Comprehension of graphics. Advances in psychology*, 108, pp. 207-226. Amsterdam: Elsevier Science B.V.
- Mayor Iborra José y Flores Gutiérrez Mariano. El dibujo científico. Introducción al dibujo como lenguaje en el trabajo de campo. [Publicación periódica]. - [s.l.] : VAR, 2013. - 9 (130-134) : Vol. 4.
- MOLES, A. (1991). Pensar en línea, pensar en superficie, en Costa, J. y Moles, A. (eds.). *Imagen Didáctica. Enciclopedia del Diseño*, pp. 9-35. Barcelona: Ceac.
- PAIVIO, A.V. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. Nueva York: Oxford University Press.
- Perales Francisco J. La imagen en la enseñanza de las ciencias: Algunos resultados de investigación en la universidad de Granada, España. *Formación Universitaria*, 2008. - 4 (13-22) : Vol. 1.
- Perales Palacios F.Javier. Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 2006. - 1 (13-30) : Vol. 24.
- SCHNOTZ, W. (2002). Towards an integrated view of learning from text and visual displays. *Educational Psychology Review*, 14(1), pp. 101-120.
- Schnotz, W. y Kulhavy, R.W. *Comprehension of graphics. Advances in psychology*, 108, pp. 3-28. Amsterdam: Elsevier Science B.V.
- SHAPIRO, B. (1998). Reading the furniture: The semiotic interpretation of science learning environments, en Fraser, B.J. y Tobin, K.G. (eds.). *International Handbook of Science Education*, pp. 609-622. Holanda: Kluwer Acad. Publ.
- Tyler C. W. y Likova L. T. (2012) The role of the visual arts in enhancing the learning process. *Frontiers in humans neuroscience*.
- ZINNER, H.D. (1994). Representation and processing of the spatial layout of objects with verbal and non verbal input.



COL·LABORA

Sabadell
Professional



sunstech

Lynx



nat museu de
ciències naturals
de Barcelona



casanovafoto

**Fundació
Catalunya
La Pedrera**

AMB EL SUPORT DE

Generalitat de Catalunya
Departament
d'Ensenyament



**Societat Catalana de
BIOLOGIA**



subman
construint un futur marí sostenible



CONCURS DE FOTOGRAFIA DEL Col·legi de Biòlegs de Catalunya

bioimatges 2019

Us presentem les fotografies premiades en la setèima edició del concurs de fotografia biològica "Bioimatges 2019" que convoca el CBC amb una periodicitat bianual. En aquesta ocasió han participat 486 fotografies a les diferents categories que mostren una gran qualitat.

Us recordem que aquest concurs amb una periodicitat bianual, s'ha consolidat com una eina de transmetre i realçar els valors del món biològic que és necessari per tenir cura del nostre entorn.

En aquesta revista podreu gaudir de les fotografies premiades una petita mostra de les diverses percepcions de la natura. Pròximament es podrà visualitzar una selecció del conjunt de fotografies participants en la web del CBC.

En aquesta edició hem incorporat una nova categoria (grau universitari) i per tant les fotografies han participat en aquestes 6 categories:

1. Alumnes de primària (cicle mitjà i superior) (39 fotografies)
2. Alumnes d'ESO, (226 fotografies)
3. Alumnes de batxillerat i cicles formatius (60 fotografies)
4. Alumnes universitaris de grau (43 fotografies)
5. Professorat i altres ciutadans. (92 fotografies)
6. Biòlegs col·legiats. (26 fotografies)

Per cadascuna de les categories s'han seleccionat dos premis, a més d'un premi especial per la secció de Microfotografia i fotografia de recerca, un premi per la secció de Fotografia Subaquàtica, i un premi i un accèssit del diari Ara per les fotografies que aportin una mirada fotoperiodística amb un valor documental. Podeu veure els premis a la web de Bioimatges (<http://bioimatges.cbiolegs.cat/premis/>)

El jurat que ha valorat el concurs ha estat format pels següents membres:

- Albert Masó per part de la Societat Catalana de Fotògrafs de Natura (ICHN)
- Eduard Martorell per part del CBC
- Fina Guitart Mas per part del Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya
- Ignasi Cebrian per part de l'Associació Biòlegs Locals i del CBC
- Lina Ubero Badia, per part del Museu de Ciències Naturals de Barcelona
- Mercè Serra per part del CBC.
- Raül Torran per part de l'ACCC (Associació Catalana de Comunicació Científica)
- Felip Fernández Giribies per part de la Societat Catalana de Biologia (IEC)
- Xavier Bertral per part del Diari ARA
- Jordi Sànchez per part de Submón.

El dissabte 15 de febrer de 2020 se celebrarà al Museu Blau de Barcelona, l'acte de cloenda i de lliurament dels premis del Concurs Bioimatges 2019, i es difondran els fons documentals de totes les edicions de Bioimatges.

Finalment, des del Col·legi volem agrair a tots els participants, als membres del Jurat, als col·laboradors i patrocinadors, la seva tasca de suport i implicació per la consolidació d'aquest concurs. Moltes gràcies i ens tornarem a trobar a la convocatòria de Bioimatges 2021.

❶

1r Premi

Categoria Primària

Títol: Maquillatge

Autora: Martina Vives Campoy

Centre: CEIP Guerau de Liost



❷

1r Premi

Categoria: E.S.O.

Títol: Falsa Simetria

Autor: Genís Cunill González

Centre: Institut Jaume Callís



❸

1r Premi

Categoria: Batxillerat i Cicles Formatius

Títol: Simetria desafiant

Autor: Felipe Martínez Torres

Centre: INS Josep Vallverdú



2



5



4

1r Premi

Categoria: Grau Universitari

Títol: Lemmascarat

Autor: Ferran Oró Arán

Centre: Universitat de Vic

5

1r Premi

Categoria: Professorat
i altres ciutadans

Títol: Formigues esmorzant

Autora: Marta Albareda Font

6

1r Premi

Categoria: Col·legiat i
precol·legiat

Títol: Cap a les profunditats

Autora: Agnès Torres Ramis

6



1

2n Premi

Categoria Primària

Títol: Martinet de nit jove

Autora: Greta Ribas Cabaní

Centre: Escola Sant Gregori

2

2n Premi

Categoria: E.S.O.

Títol: Sortida al Delta

Autor: Joan Oliver

Centre: Maria Rosa Molas de Reus

3

2n Premi

Categoria: Batxillerat i Cicles Formatius

Títol: Damisel·la a punt d'enlairar-se

Autora: Carla Duran Castella

Centre: Escola Mestral





2

4

2n Premi

Categoria: Grau Universitari

Títol: Cicle vital

Autor: Gerard Carbonell Morales

Centre: Universitat de Vic

5

2n Premi

Categoria: Professorat i altres ciutadans

Títol: Lliscant sobre el mar

Autor: Enric Pàmies Pallisé

6

2n Premi

Categoria: Col·legiat i precol·legiat

Títol: Camaleó contra llagosta

Autor: Joan Ramon Lucena Santacreu



4



6

❶

Premi Microscòpia i fotografia de recerca

Títol: Mòrula d'una garota en formació

Autor: Arnau Antúnez Vega

❷

Premi Fotografia Subaquàtica

Títol: El vol del xoriguer

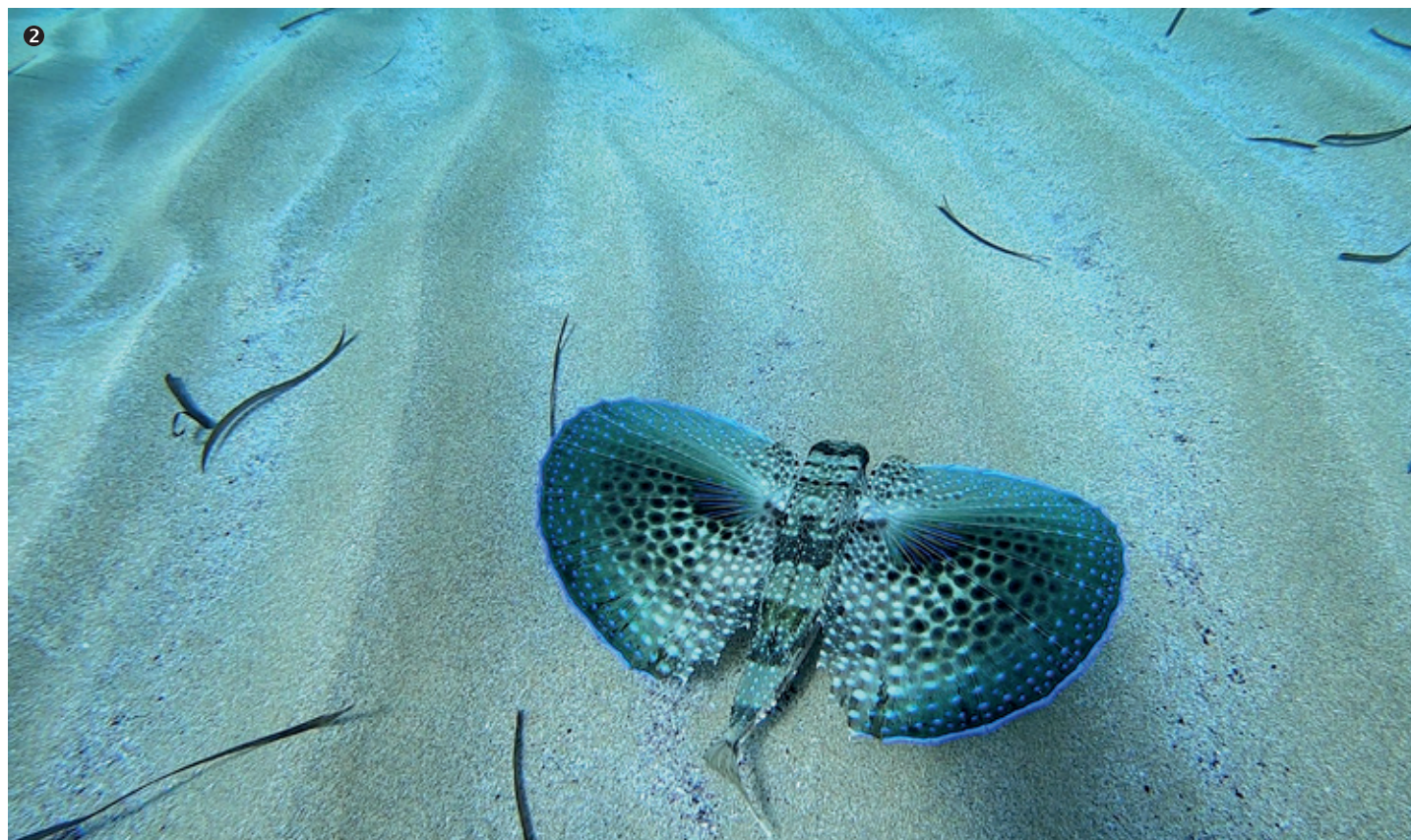
Autor: Martí Altimir Cabeza

❸

Premi Diari ARA

Títol: Rere la cortina

Autor: Pepe Badia Marrero







Tenir un cotxe i no tenir preocupacions

AutoRenting de Banc Sabadell significa tenir el cotxe que vols i no tenir preocupacions, com el manteniment, impostos, revisions, i, a més a més, amb un vehicle de substitució i assegurança a tot risc per a tot tipus de conductors.

Perquè tots aquests avantatges estan inclosos en **una sola quota mensual**.

Disposes també d'una àmplia gamma de cotxes elèctrics en condicions especials.

Informa't de tots els vehicles disponibles i altres opcions accedint a bancsabadell.com/renting o trucant al 900 100 677.

L'altra forma de tenir

B Sabadell
Renting