

CONTRIBUCIO A L'ESTUDI DE LES SENSACIONS EN ALGUNS ESSERS DEL PLANKTON DE LES AIGUES DOLCES¹

"Si l'observació dels éssers aquàtics és difícil i exigeix aparells i precaucions especials, l'experimentació que ha de fer-se sobre ells és més penosa encara. Cal mantenir al voltant de l'animal amb què s'experimenta, les condicions ordinàries de la seva vida i això és per a nosaltres una dificultat capital."

Paul REGNARD: *La vie dans les eaux.*

L'haver-me dedicat a les ciències naturals i haver verificat l'estudi d'aquesta disciplina per ensenyament lliure, fa que posseeixi un bagatge molt deficient de coneixements psicològics, per tal com m'he limitat a efectuar diverses experiències fisiològiques que permeten aventurar, enc que tímidament, algunes interpretacions i deduccions.



Fig. 1

Paramacium caudatum

Els *Paramacium*, són protozoaris de la classe dels Ciliats

La figura mostra llur anatomia:
CV: Vesícules contràctils, amb les llacunes aferents.

NK: Paranucli o Micronucli.

K: Nucli veritable o Macronucli.

N: Vacuoles digestives en el protoplasma.

C: Citostoma.

Repetides experiències han demostrat que si en una preparació microscòpica d'infusoris del gènere *Paramacium*, fem penetrar diferents dissolucions debilíssimes d'alguns cossos químics, no tots obren de la mateixa manera, sinó al contrari: si introduïm una gota de sal ordinària dissolta en aigua al

¹ Treball presentat en la càtedra de Psicologia Experimental de la Universitat Central, per aspirar a l'aprovació de l'assignatura en el curs 1919 a 1920, amb el prof. SIMARRO.

A l'objecte de fer més assequible als lectors no especialitzats aquest treball, hem afegit algunes il·lustracions i, també, diverses notes aclaratòries.

mig per 100, veurem, al cap de pocs minuts, que en el lloc del camp microscòpic on queda la gota introduïda, no hi ha el trànsit constant de *Paramacium* que abans existia, talment com si a aquests no els fos plaent el medi salí.

En canvi, si la gota que es tira en la preparació és d'àcid clorhídric molt diluït en aigua, succeeix la inversa; és a dir, els *Paramacium* s'hi aglomeren preferentment.

Un tercer cas tenim quan el material dissolt és sucre. Sembla, aleshores, que els protozoaris no s'han donat compte de la invasió d'aquest cos, davant del qual permaneixen indiferents i segueixen, com abans de posar la gota, movent-se lliurement en el camp de la preparació.

REACCIONS DELS PARAMACIUM

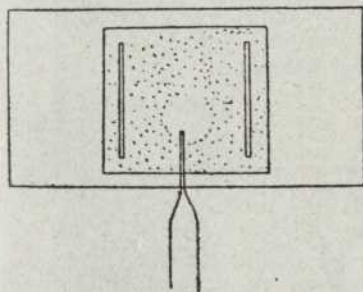


Fig. 2

Efecte d'introduir en la preparació una gota de sal comú

(De "Datos para el conocimiento de la quimotaxis en los Infusorios" per E. FERNÁNDEZ GALIANO, *Treballs de la Societat de Biologia*, 1914.)

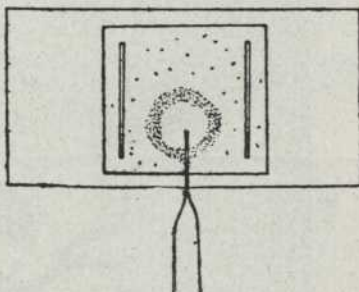


Fig. 3

Efecte de la barreja d'una substància salina amb una substància àcida, o bé d'una gota d'àcid concentrat

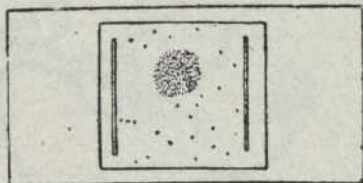


Fig. 4

Aglomeració dels *Paramacium* en una gota d'àcid diluït

Els fets consumats són els que precedeixen. La causa per explicar-los satisfactòriament la cercarem entre les diverses que fins ara s'han indicat:

1) Fa temps que es pretengué explicar el fenomen exposat per la distinta pressió osmòtica del líquid de conreu dels infusoris i del cos químic que sobre d'ells es fa actuar². Aquesta doctrina ha perdut avui terreny, per tal com en progressar l'estudi de la fisiologia experimental s'ha vist que diverses dissolucions, lo més febles possible, fins arribar al límit, acusen pressió osmòtica

² A propòsit de la *pressió osmòtica*, pot consultar-se CIENCIA, vol. II, pàg. 391, "L'osmosi i les membranes osmòtiques".

molt distinta; en canvi, els infusoris hi reaccionen d'igual manera i amb intensitat anàloga. El fet de no servir relació entre elles la reacció i l'acció (pressió osmòtica en aquest cas) fa que hom refusi aquesta teoria.

2) Altres defensaven l'opinió que, segons fos més o menys tòxic el cos introduït, es verificaria la reacció. Ho enuncien dient que la concentració límit serà més dèbil quan més toxicitat posseeixi la matèria química emprada. Tampoc aquesta teoria no satisfà, per no omplir la condició que acabem d'esmentar.

3) La reacció es produeix, doncs, segons el criteri generalment acceptat, per la major o menor inclinació que puguin tenir a les substàncies els *Para-*

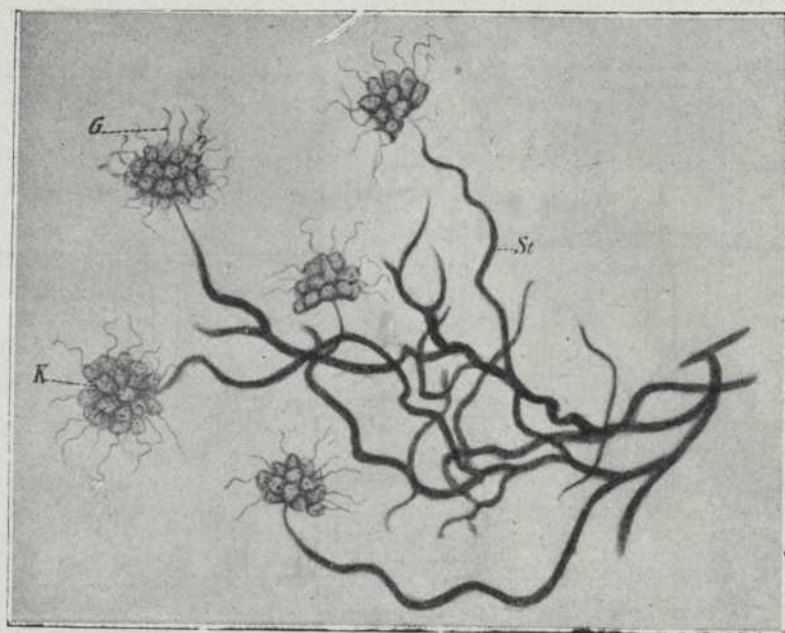


Fig. 5

Els *Flagellats* es classifiquen entre els Protozoaris i es distingeixen pel fet de posseir un sol apèndix o *flagell*, G. - El gravat permet veure diverses colònies de *Flagellats* K, vistos a 1000 augments, del gènere *Antophysa*, que semblen un vegetal per llur aspecte ramificat

maecium, és a dir, un *tactisme* o *tropisme*, positiu o negatiu, segons cerqui o refusi, respectivament, l'espècie química que sobre l'infusori deixa sentir el seu efecte³. Aquesta teoria—avui demostrada per JENNINGS i BARATT—és la que compta amb més prosèlits i ha estat introduïda a Espanya pel Profes-

³ *Tactisme* o *tropisme* positiu o negatiu: Atracció o repulsió que mostren els éssers vers diversos agents, com són: llum, radiació unilateral, terra, substàncies químiques, etc. Aquestes accions són, tècnicament, anomenades *fototropisme*, *actinotropisme*, *geotropisme* i *quimotropisme*.

sor FERNÁNDEZ GALIANO ⁴, de la Universitat de Barcelona. Per explicar la possibilitat dels tropismes o tactismes, no oblidem el paper important que aquests juguen en Botànica. Ben coneguts el *geotactisme*, el *fototactisme*, l'*actinotropisme* i el mateix *quimotactisme*, punts de partida de concretes investigacions de Fisiologia vegetal. No pot, doncs, sorprendre'ns que sigui aquesta la causa de la manifestació més ostensible de sensibilitat en el món dels protozoaris, i aquesta modesta opinió meua és recolzada pel fet de tractar-se dels éssers zoològics més inferiors i, per afegidura, més propers al regne vegetal, del que tan difícils són, alguns, de separar; un exemple el trobem en determinats *Flagellats*, de tan dubtosa naturalesa, que àdhuc, com els vegetals, posseeixen clorofilla. Aquests fets fan més versemblant la proximitat

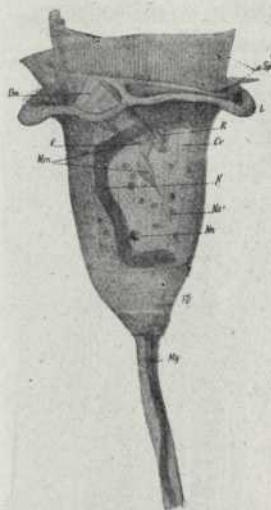


Fig. 6

Les *Vorticella* són Protozoaris de l'ordre *Peritrics*

La fig. 6 és una reproducció molt augmentada, d'un d'aquests infusoris, en la qual es poden seguir els diversos òrgans de què són constituïts:

Sp: Franja adoral de cirrus vibràtils.

D: Disc circular.

Cv: Vesícula contràctil.

N: Nucli o macronucli.

Na: Paranucli o micronucli

Fi: Citoprocte.

Um: Membrana ondulant.

V: Vestíbul digestiu.

Mm: Citofaringe.

My: Peduncle contràctil.

La figura 7 és una colònia de *Vorticella*.

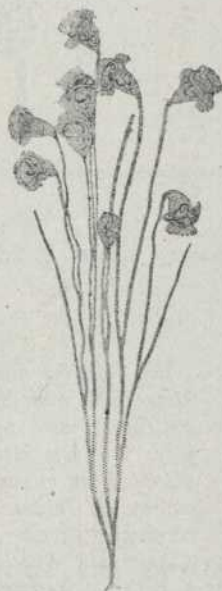


Figura 7

als tactismes que les plantes manifesten i que, com en el nostre cas, presideixen els moviments vitals.

Concretant, pot afirmar-se que la mostra més delicada de sensibilitat en els protozoaris és deguda al *quimotactisme* o *quimotaxi* que presenten, negatiu si es tracta de dissolucions salines i positiu quan són àcides. La primera experiència no és difícil d'efectuar, havent ja tingut ocasió d'observar-la repetides vegades. Una nova manifestació de sensibilitat és la que ofereix un

⁴ "La Quimotaxis en los Infusorios": *Anales Junt. para Amp. de Est. e Invest. Cient.*, Vol. XV, Mem. 7.^a

altre gènere d'infusoris, les *Vorticella*. Si les observem al microscopi veurem que si llurs cirrus vibràtils ensopeguen amb un objecte perillós, o al menys desagradable, s'enrotlla llur peduncle i l'animal es retreu; inversament,

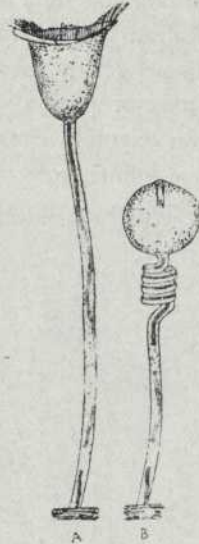


Fig. 8

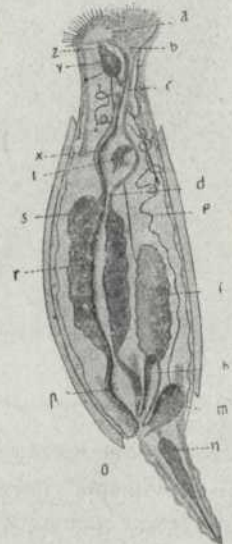
Exemples de *Vorticella* mostrant-la en posició natural i amb el cordó protoplasmàtic enrotllat i la corona ciliar contreta per l'acció d'un perill o obstacle. Com es pot veure, l'espasmonema és trencat en dos llocs diferents.

(De "Observaciones sobre la contractibilidad de *Vorticella*". E. FERNÁNDEZ GALIANO. *Bol. Real Soc. Esp. de Hist. Nat.*, vol. XXII.)

Fig. 9

Els *Rotífers* formen un grup integrat pels Metazoaris més diminuts, que s'enclou entre els *cucs*. Fixats per la cua als objectes propers, fan giravoltar ràpidament en aquesta posició llurs cirrus vibràtils, produint així remolins en l'aigua amb els quals atrauen els corpuscles de què s'alimenten.

Anatomia d'un *Rotífer*: a, cercle preoral; b, boca; c, faringe; d, esòfag; e, nefridi; f, glàndula genital; h, oviducte; m, vesícula urinària; n, glàndula pèdia; o, orifici cloacal; p, intestí; r, estòmac; s, glàndules gàstriques; t, aparell mastegador; x, mastax; y, gangli cereboide; z, ull (segons DELAGE).



si l'objecte amb què topen és una partícula alimentícia (una diatomàcea preferentment), aleshores no s'encongeixen, sinó que s'extenen per millor capturar la presa.

Com explicar satisfactòriament aquest fenomen en éssers unicel·lulars? En realitat, tot i ésser unicel·lulars, llur organització es més complexa del què

sembla en principi, ja que la seva diferenciació és molt gran. L'enrotllament del peduncle esdevé gràcies a l'enrotllament que sofreix la seva part interna, contràctil, formada pel cordó central i el cordó plasmàtic. El primer podem considerar-lo com un rudimentari assaig de cordó nerviós, gangli insignificant, constituït tan sols per la diferenciació d'una part d'una cèl·lula, mentre que el cordó plasmàtic actua com de sistema muscular. Així, en tenir lloc l'enrotllament, el cordó central, anomenat també espasmonema, forma una hèlix lleugerament corbada; i, de la mateixa manera, el cordó protoplasmàtic, prolongació del cos de la *Vorticella* que per la seva funció pot considerar-se com un apèndix (múscles), s'enrotlla més intensament.

Els rotífers tenen una gran semblança amb els infusoris. En observar-los

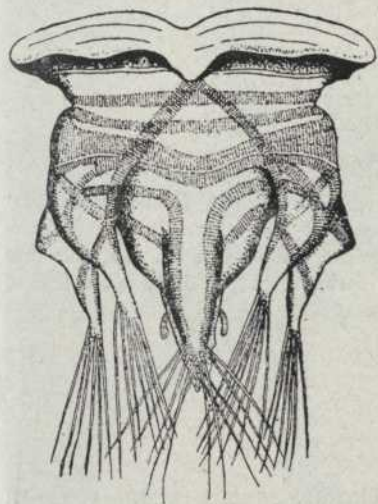


Fig. 10

El *Pedalion mirum*, del grup dels Rotífers

somerament, es veu que s'encongeixen arribat el moment de perill; però així com en els infusoris la contracció es verifica d'una manera que, gairebé, es podria anomenar automàtica, en els rotífers té lloc desenrotllant un procés fisiològic més perfeccionat, ja que tenen organitzat un sistema nerviós, encara que molt inferior, que els permet percebre les sensacions rebudes pels òrgans adequats per a aquesta funció: l'ull imparell o nucal, quelcom diferenciat, ja que presenta un cos refringent, o bé uns grups de cerdites posseïdores de funció tàctil. L'ull, coneixedor ja de l'objecte pròxim, tramet al gangli cerebral, que està immediatament a sota seu, la sensació; aleshores, aquest disposa el que ha de fer-se i és promptament obeït, ja que els rotífers compten amb un ben desenrotllat sistema muscular, capaç de contreure's molt i de modificar llur forma, amagant-se els loricats sota llur caputxa protectora.

També posseeixen, en el disc pestanyós, un parell, per regla general, d'ulls

frontals (anomenats així per llur situació). En realitat, no són més que una taca pigmentària, desproveïda de cos refringent i d'un dubtós paper a omplir. Diversos especialistes han intentat investigar-ne la missió; però llurs esperances han estat defraudades. No obstant, més endavant veurem com els cladòcers tenen, també, un ull imparell o naupliàl i, demés, un altre de compost, el qual, al seu torn, és originat per la fusió de dos ulls, també compostos, anteriors a aquest resultant. Per tot això, i recordant el parentiu que uneix els rotífers amb els cladòcers, fins el punt que algun gènere dels primers—particularment el *Pedalion*—guarden no poca analogia amb les fases joves (nauplics) dels entomostracis ⁵ en general, no podria ésser un mitjà d'arribar al coneixement de la missió d'aquest parell d'ulls en els rotífers,



Fig. 11

Alonella hispanica, Arévalo

Els cladòcers formen una família de crustacis d'organització molt senzilla. Es caracteritzen en què, a cada banda del cap tenen una antena, en forma de braç, dividida en dues o tres branques.

el comparar-los amb els del cladòcers? Sembla que aquells òrgans recorden els d'aquest darrer gènere, més, encara, si els considerem com a formes avantpassades dels d'aquells éssers.

Ara bé, quines causes es coneixen, com a més influents, en aquesta organització visual tan defectuosa? Hi ha una llei en Biologia, unànimement acceptada, que diu que tot òrgan que no s'usa tendeix a atrofiar-se i, contràriament, que l'ús vigoritza l'òrgan. Els rotífers, per llur forma de viure, es fixen repetides vegades a objectes submergits; en aquest cas, llur *habitat* té menys alteracions sensibles per haver disminuït les causes, i, aleshores comença aquesta passiva regressió que, accentuant-se, es trameta per l'herència. En síntesi, considerarem aquests ulls com a base dels que es solden en els entomostracis.

⁵ *Entomostracis*: subclasse dels Crustacis; generalment microscòpics i de vida planktònica.

Diverses manifestacions de sensibilitat es poden observar en els rotífers. Si examinant-ne un al microscopi el fustiguem amb la pipeta que s'empra per prendre la gota del líquid de conreu, en veure's menaçat es retraurà; això serà degut a què els òrgans sensitius perifèrics s'han donat compte del perill, que actua sobre d'ells i, en general, sobre el rudimentari sistema nerviós; el fet d'efectuar-se la retracció hem d'interpretar-lo, al nostre juí, com una veritable sensació o resposta psíquica a l'actuació de l'estímul excitant.

Una altra manifestació sensitiva trobem en el fet que els rotífers que abandonen llur habitual medi de vida en les aigües, es deixen influir pel nou

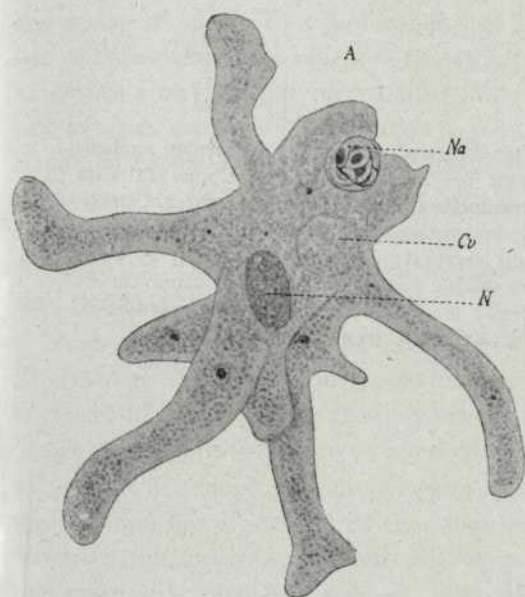


Fig. 12

L'*Amœba Proteus* és el tipus genèric d'aquests Protozoaris, consistents en una massa carnosa, gelatinosa, viva, que canvia constantment de forma. Les Amœbes són transparents i es crien en les aigües estancades i en els sediments dels vegetals en infusió.

La figura mostra l'*Amœba Proteus* encerclant petites algues que li serveixen d'aliment. *Cv*, vacuoles contràctils; *N*, cor; *Na*, vacuola digestiva.

medi i s'adapten a la vida terrestre després d'alguna modificació; ben entès, però, que tot i adaptables a un règim de sequedat, tots ells estan organitzats per desenvolupar-se en el medi aquàtic, com ho prova clarament el preponderant desenrotllament de l'aparell ciliar. Algunes espècies que vénen a constituir el traspàs entre uns i altres i que es troben, ordinàriament, en el sòl humit, cerquen, tant com és possible, viure sota de les hepàtiques (a València, freqüentment, sota la *Marchantia*) o prop d'elles; jo he pogut observar que els rotífers que així viuen, encara imprimeixen a llur aparell rotatori el moviment característic, el què sembla recordar llur origen aquàtic, corroborat pel fet d'habitar preferentment, com ja hem dit, junt a les hepàtiques, que els proporcionen una major humitat—causa, al meu entendre, ori-

ginària d'aquesta preferència—. També aquí hom veu la resposta psíquica de què hem parlat en el cas anterior.

Una tercera manifestació sensitiva, pot veure's en les emigracions quotidianes vers la superfície, i viceversa, que verifiquen aquests diminuts éssers, rotífers i entomostracis, particularment els cladòcers.

En els turbellaris, els ulls segueixen diferenciant-se fins al punt d'iniciar-se un cristallí rudimentari. Tot i que aparentment sembli que han d'ésser molt anàlegs als rotífers, si tenim en compte que es tracta ja d'éssers vius (els adaptats a la vida planktònica, no els de règim parasitari) comprendrem fàcilment que han de viure, no com els anteriors, merament a la defensiva,

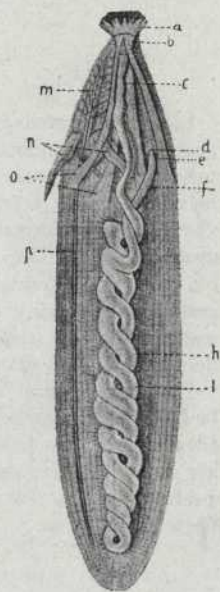


Fig. 13

Els Gefireus són un grup format exclusivament per cucs marins, en el qual falta la segmentació típica. La figura mostra l'anatomia del *Sipunculus nudus*: a, tentacles; b, gangli cerebral; c, esòfag; d, anus; e, glàndules anals; f, rectus; h, branca ascendent de l'intestí; m, p, cordó nerviós; n, nefrudi; o, retractors de la trompa (segons LANG).

sinó, com a immediata conseqüència de llur vida constantment errant, capaços de posar-se a l'ofensiva; per això és racional que es vagin accentuant els caràcters de superioritat. Aquest cos d'aspecte cristallí està format per un compost hialí integrat per diminutes esferetes col·locades a l'extrem de les petites fibres nervioses que parteixen dels ganglis cerebroides, centres vitals de la part antero o supraesofàgica de la cadena nerviosa. Fem un paral·lel i vegem el lligam íntim entre els diferents aspectes d'organització: la vida semifixa dels rotífers priva que aquests tinguin les mateixes ocasions de percepció nerviosa que si portessin una vida totalment lliure; com a conseqüència, el sistema nerviós característic dels cucs, que obeeix al tipus del collar perisofàgic i la cadena infraintestinal, es redueix a un sol gangli, en

tant que en el *Microstotum* (turbellari freqüent en l'Albufera de València, causa per la qual ha estat observat) es conserva. Per aquesta reducció del sistema nerviós ens explicarem la fase primitiva de l'ull del rotífer, que mal pot assemblar-se al del turbellari que assoléix més desenrotllament, com a conseqüència, precisament, de la diferenciació del sistema esmentat repetides vegades.

Hem vist en els protozoaris, en què falta l'òrgan visual, la preponderància de les sensacions de contracció i pressió, el què indica, a l'ensem, l'existència de les de dolor i les tèrmiques (de calor i de fred), per aquest mateix ordre en què han estat enunciades.

L'aigua que amb impetuós corrent arrossega diatomàcees, etc., no farà que es disposi l'*Amoeba* a capturar-les; de la mateixa manera, les *Vorticella*, que constantment estan rebent forts fregaments, no desenrotllaran llur espiral perquè emergeixi llur corona ciliar. Això és degut a què quan es produeixen aquestes sensacions de contacte i pressió, segons la intensitat amb què actuen en rapidesa, el mateix que quan obren amb excessiva lentitud, no es manifesten les referides sensacions, unes vegades, per passar inadvertit l'excitant, com en el cas primer; altres, en el segon, per degenerar en sensacions de dolor. En obrar l'excitant amb velocitat mitjana, es produeix la sensació amb relació directa amb la rapidesa.

Amb referència al què ha estat dit sobre l'aparell òptic dels metazoaris esmentats, les conclusions no poden ésser tan concretes, perquè, tot i que es coneix bé l'anatomia de llurs òrgans visuals, llur fisiologia no és encara del domeny del naturalista; però, segons una experiència feta per MERJSKOWSKI (que jo he comprovat parcialment), alguns cladòcers cerquen preferentment la llum fins a posar-se en els colors clars d'un espectre produït en condicions adequades sobre l'aquari. En canvi n'hi han de profunditat, que no més pugen a la superfície a la nit; però això no és la regla general. També hi han mamífers cavernícoles i de vida subterrània, peixos de profunditat que es tanquen en el fang, etc.

En els cucs turbellaris, rotífers, gefireus, etc., cada llum monocromàtica influeix de distinta faisó. Això esdevé, també, en alguns moluscos. Llur visió es subjecta al següent procés físico-psicològic.

- 1) Actuació de l'excitant sobre l'òrgan visual.
- 2) Contracció de la seva part interna (element fotomuscular).
- 3) Excitació del cordó neural.
- 4) Conducció d'aquesta impressió sensitiva per les fibres nervioses centrípates.
- 5) Transformació, en el gangli cerebroide, de la sensació òptica en sensació motriu.

6) Transport de dita sensació, per les fibres nervioses centrífugues, per tal que l'aparell muscular obri en conseqüència.

Procés bastant semblant al dels animals superiors, inclús l'home, del qual es diferencia, solament, en detalls d'apreciació anatòmica, no de funcionalisme físic-psicològic.

LLUÍS PARDO GARCÍA

Professor de l'Institut Nacional i del
Laboratori de Hidrobiologia de València

BIBLIOGRAFIA

FERNÁNDEZ GALIANO (Emilio): "La Quimotaxis en los infusorios", *Anales Junta para Amp. de Est. e Invest. Cient.*, Vol. XV. Mem. 7.^a.

LE BOHN (G.): "Les origines de l'intelligence".

LOEB (Jacques): "Le conception mecanique de la Vie".

ROMANES: "La inteligencia animal" (Traducció del Prof. ANTÓN).

SANTAMARÍA (Francisco): "Los sentidos: Lecciones de Psicometría dadas en la Escuela de Criminología".

VERWORN: "Physiologie générale".

ZIEHN (Th.): "Compendio de Psicología fisiológica" (Traducció del Prof. RZ. LAFORA).

Les figs. 9, 10, 11 i 13 de "Manual de Zoologia" del Dr. J. Fuset Tubiá; i les núm. 1, 5, 6, 7 i 12 de "Lehrbuch der Protozoenkunde" del Dr. F. Doflein.