

# Valoració de l'impacte de l'obra de Ramon y Cajal en la segona meitat del Segle XX

Gabriel TIMONER, Antoni GAMUNDÍ i Rubén V. RIAL

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Timoner, G., Gamundí, A. i Rial R.V. 1999. Valoració de l'impacte de l'obra de Ramon y Cajal en la segona meitat del segle XX. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 42: 171-178. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

A partir del recompte de les cites bibliogràfiques que han rebut les publicacions de Cajal segons el Science Citation Index, s'ha valorat l'impacte de l'obra de Ramon y Cajal en la segona meitat del s. XX. Les publicacions de Ramon y Cajal reben un total de 14749 cites bibliogràfiques durant el període comprès entre 1945 i 1994, es a dir, una mitjana de 294,6 cites anuals. Els resultats demostren que l'obra de Ramon y Cajal ha causat un impacte extraordinari en el desenvolupament de la ciència de la segona meitat del s. XX.

**Paraules clau:** *neurona, Ramon y Cajal, Sistema Nerviós, Teoria de la neurona, Science Citation Index.*

IMPACT OF RAMON Y CAJAL'S WORK IN THE SECOND HALF OF THE XX CENTURY. We have studied the impact of Cajal's work in the second half of the XXth century. For this study, we have used the Science Citation Index. Ramon y Cajal's publications receive 14729 references from 1945 to 1994, an average of 294,6 references per year. These results show that Ramon y Cajal's work have caused an extraordinary impact in the development of the second half of the XXth century science.

**Keywords:** *neuron, Ramon y Cajal, Nervous System, Neuron Theory, Science Citation Index*

Gabriel TIMONER, Antoni GAMUNDÍ i Rubén V. RIAL. *Laboratori de Fisiologia Animal. Departament de Biologia Fonamental i Ciències de la Salut. Universitat de les Illes Balears. Carretera de Valldemossa, km 7,5 - 07071-Palma de Mallorca. e-mail: btimoner@hotmail.com.*

*Recepció del manuscrit: 4-des-99; revisió acceptada: 29-des-99.*

## Introducció

Santiago Ramon y Cajal fou un científic situat, des d'un punt de vista històric, en un moment transcendental dins la història de la ciència. La teoria cel·lular començava a establir-se, encara que, no era del tot acceptada; les llacunes se centraven en la seva generalització, ja que ningú havia demostrat

que el sistema nerviós també estava format per cèl·lules. La histologia del sistema nerviós fou el camp de batalla en el qual es debatí la generalització de la teoria cel·lular entre els que defensaven una constitució histològica del sistema nerviós com a una xarxa de fibres connectades (els reticularistes), i els que pen-

saven en l'existència de cèl·lules individuals com en la resta dels teixits (els neuronistes).

Per altra banda, les teories evolutives de Darwin es trobaven en plena discussió i les postures vitalistes arribaven al seu màxim fanatisme. L'aportació de Claude Bernard (1813-1978) a l'ús del mètode experimental i en la visió del funcionament orgànic des de la perspectiva de la teoria cel·lular feia trontollar els estudis científics de segles.

En aquesta situació històrica localitzem la figura de Ramón y Cajal, en un moment clau per a les ciències; un període de transició cap a un nou concepte de la biologia experimental.

Fa més d'un segle que la teoria de la neurona establí les bases pel coneixement de l'estructura i organització del sistema nerviós. Formulada a finals del segle XIX i sotmesa a debat durant més de mig segle, finalment fe possible l'extensió de la teoria cel·lular al sistema nerviós. Ramón y Cajal fou el principal arquitecte d'aquesta teoria. Però, a pesar de la seva importància i de constituir uns dels coneixements més apreciats de la ciència moderna, la seva gènesi es desconeguda en gran mesura (Shepherd, 1991). En un article, en el qual es descriuen els esdeveniments científics del darrer segle, la teoria de la neurona ni tan sols es menciona (Bynum i Heilbron, 1991).

El desconeixement de l'obra de Cajal s'agreuja, quan observem la superficialitat amb la que es tracta el tema en l'ensenyament de la biologia. Ja fa molts d'anys, Bachelard (1938), destacà la importància del coneixement de la història de la ciència per a l'ensenyament de la ciència. De la mateixa forma, Gagliardi i Jordan (1986) consideren que la història de la ciència pot ser un instrument important per a detectar els obstacles epistemològics existents en un determinat camp del saber, i per a orientar l'estratègia que permeti la seva superació. Des d'aquesta perspectiva s'han d'analitzar els moments de la història de la ciència en els quals es produeixen grans avanços. També s'han d'estudiar aquelles etapes en les quals aquest avanç pareix impossible.

Tal vegada, amb l'esperit de demostrar que, en aspectes determinats, les investigacions de Ramón y Cajal mantenen la seva vigència, ens plantejarem valorar l'impacte que l'obra de Cajal ha tingut en el desenvolupament de la ciència de la segona meitat del segle XX. A més a més, per a dotar aquesta valoració d'un sentit, l'hem comparada amb la incidència de l'obra d'altres dos científics vinculats a l'estudi del sistema nerviós i coetanis del nostre autor: Camilo Golgi (1843-1926), principal exponent del reticularisme, i Charles Scott Sherrington (1861-1952), amb nombroses investigacions relacionades amb el procés de la sinapsi.

## Mètode de treball

### El Science Citation Index com a indicador bibliomètric

L'avaluació de l'impacte de l'obra de Cajal en la segona meitat del segle XX, es basa en la quantificació del nombre de cites bibliogràfiques que han rebut les obres de Ramón y Cajal, Camilo Golgi i Charles Scott Sherrington des de l'any 1945 fins a l'any 1994, a partir de l'indicador bibliomètric SCISEARCH (Science Citation Index- Current Contents).

La importància que els indicadors bibliomètrics tenen en l'avaluació científica és considerable, si es tracta d'avaluar una activitat científica experimental (López Piñero, 1992). El SCISEARCH és la principal base de dades interdisciplinària que inclou les cites bibliogràfiques. De les revistes que serveixen de fonts al Science Citation Index (SCI) un 43,4% correspon als EEUU, el 16,7% a Gran Bretanya i la resta a l'ex-Unió Soviètica, Japó, França, Itàlia i Espanya.

Per altra banda, hem de tenir en compte que el principal problema del SCI és la seva cobertura (Nederhof, 1988), ja que inclou una relació de revistes que no és una mostra aleatòria de les revistes de tot el món.

Per tant, s'assumeix que els resultats de l'impacte de l'obra de Cajal a partir del SCI,

hauran de ser valorats des d'aquests raonaments.

En el moment d'exposar els resultats corresponents a l'evolució del nombre de cites bibliogràfiques obtingudes en un període de temps determinat, no es treballa amb valors absoluts, ja que aquest fet conduiria a la confusió. Això es degut a que el SCI augmenta cada any el nombre de publicacions a partir de les quals extreu les dades bibliogràfiques. Per a obtenir una visió real de l'evolució, en els citats estudis es representa el quocient entre les cites bibliogràfiques rebudes i el nombre de publicacions que cada any utilitza el SCI.

A més a més, a partir de l'estudi de les cites, comprovarem quines són les publicacions que han constituït el principal referent de Ramón y Cajal durant el període estudiat.

#### Camilo Golgi i Charles Scott Sherrington: els punts de referència

Amb la finalitat de comparar objectivament les dades obtingudes de l'estudi de les cites bibliogràfiques de Ramón y Cajal, hem realitzat de forma paral·lela la quantificació i estudi del nombre de cites bibliogràfiques de les publicacions de Golgi i Sherrington durant el mateix període. Per a l'elecció d'aquests dos científics com a punt

de referència per a valorar l'impacte de l'obra de Cajal hem tingut en compte dos punts de similitud: primer, el fet que els tres científics fossin contemporanis; i segon, que els tres científics es dediquessin a l'estudi del sistema nerviós. A més a més, els tres científics foren guardonats pel seu treball amb el premi Nobel de Fisiologia i Medicina: Ramón y Cajal i Camilo Golgi l'any 1906, i Charles Scott Sherrington l'any 1932.

## Resultats

### Les cites bibliogràfiques

Durant el període estudiat (1945-1994) l'obra de Camilo Golgi ha rebut un total de 737 cites bibliogràfiques (Taula 1), del que resulta una mitjana de 14,7 cites anuals. Quan comparem el nombre de cites anuals que han rebut les publicacions de Golgi amb la mitjana de cites bibliogràfiques per autor del SCI (Fig. 1), observem que quasi tots els anys estudiats les obres de Golgi reben un major nombre de cites que la mitjana, i en molts casos aquest nombre duplica o triplica els valors mitjans. Per tant, podem afirmar que els treballs de Camilo Golgi han tingut una repercussió important en la ciència de la segona meitat del segle XX.

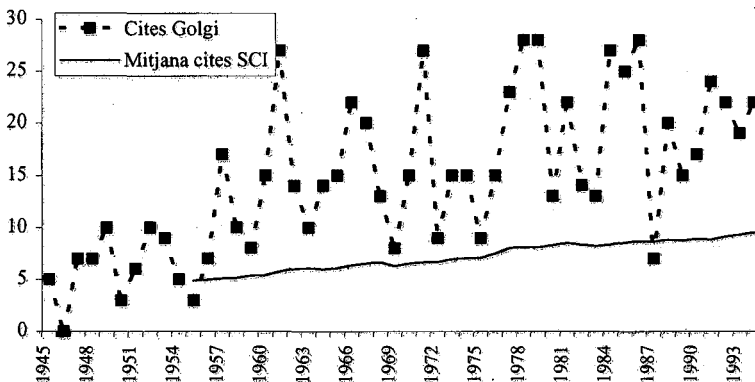


Fig. 1. Comparació entre el nombre de cites bibliogràfiques de Camilo Golgi i els valors mitjans del Science Citation Index (1945-1994).

Fig 1. Comparison between the number of references of Camilo Golgi and mean values of Science Citation Index (1945-1994).

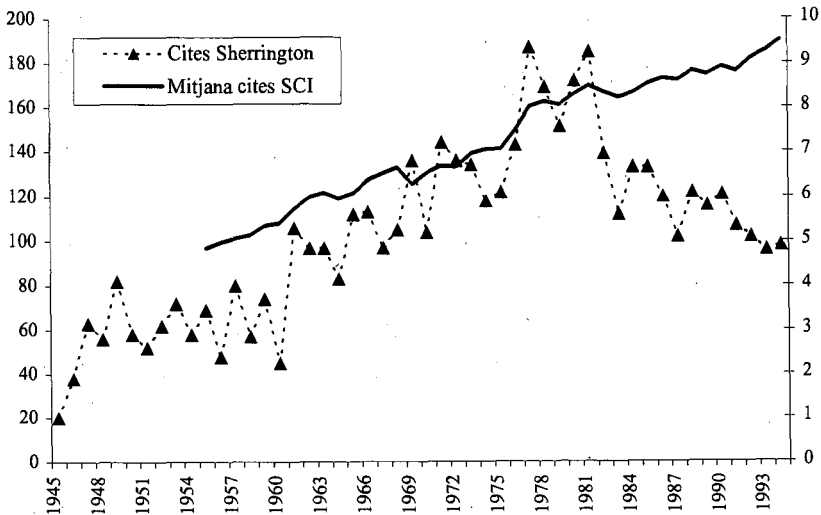
**Taula 1.** Nombre total de cites bibliogràfiques i mitjana anual de cites de les obres de Camilo Golgi, Charles Scott Sherrington i Santiago Ramón y Cajal (1945-1994).*Table 1. Total number of references and annual mean of references of the works of Camilo Golgi, Charles Scott Sherrington and Santiago Ramón y Cajal (1945-1994).*

	Nombre total de cites bibliogràficas	Mitjana anual de cites bibliogràfiques (1945-1994)
Camilo Golgi	737	14,7
Charles Scott Sherrington	5146	102,9
Santiago Ramón y Cajal	14729	294,6

Per altra banda, el conjunt de publicacions de Charles Scott Sherrington ha rebut un total de 5146 cites bibliogràfiques, es a dir, una mitjana de 102,9 cites per any (Taula 1). De la comparació amb la mitjana de nombre de cites per autor i any del SCI (Fig. 2), resulta que les publicacions de Sherrington han rebut un nombre de cites bibliogràfiques sempre molt superior a la mitjana, amb valors que la multipliquen per 10 (observar la doble escala utilitzada). Així,

també en el cas de Sherrington podem afirmar que la seva obra ha tingut una àmplia repercussió en la ciència de la segona meitat del segle XX, i segons els nostres resultats un paper de molt més impacte que l'obra de Golgi, ja que les xifres relatives al nombre de cites bibliogràfiques rebudes són molt superiors.

Seguint amb el mateix procediment utilitzat amb els autors anteriors, hem realitzat l'estudi bibliomètric de l'obra de Ramón y

**Fig 2.** Comparació entre el nombre de cites bibliogràfiques de Charles Scott Sherrington i els valors mitjans del Science Citation Index (1945-1994).*Fig 2. Comparison between the number of references of Charles Scott Sherrington and mean values of Science Citation Index (1945-1994).*

Cajal. Les publicacions de Ramón y Cajal reben un total de 14749 cites durant el període comprès entre 1945 i 1994, és a dir, una mitjana de 294,6 cites anuals (Taula 1). Quan comparem el nombre de cites bibliogràfiques de Ramón y Cajal amb la mitjana de cites per autor del SCI (Fig. 3), resulta que les publicacions de Cajal superen de forma extraordinària i durant tots els anys que s'han estudiat els valors mitjans del SCI, fins arribar, en alguns casos, a multiplicar-los per 60 (observar la doble escala utilitzada).

Per tant, si hem afirmat que tant l'obra de Golgi com la de Sherrington han causat una repercussió important en la ciència de la segona meitat del segle XX, molt més ha estat l'impacte dels treballs de Ramón y Cajal: el nombre de cites bibliogràfiques de Cajal, multiplica per 20 les cites bibliogràfiques que rep l'obra de Golgi, i quasi triplica les de Sherrington (Timoner, 1999).

Per altra banda, si estudiem quina és l'evolució del nombre de cites que reben els treballs de Ramón y Cajal al llarg del període estudiat (Fig. 4), podem observar que el nombre de cites varia anualment dins d'uns marges que no indiquen cap tendència a disminuir. Aquests resultats confirmen i amplien els resultats de Ferreiro-Alaez i Ferreiro-Villanueva (1984), segons els quals la utilització real dels treballs de Ramón y Cajal es manté a un mateix nivell en relació amb el volum de literatura biomèdica circulant en cada moment.

Finalment, a la figura 5 se representen el nombre total de cites bibliogràfiques rebudes pel tres científics, demostrant-se una vegada més, les diferències existents entre Santiago Ramón y Cajal, Camilo Golgi i Charles Scott Sherrington. A més a més, s'observa que la diferència comença a ser significativa a partir dels anys 60. Aquest fet pot tenir la seva explicació en el desenvolupament

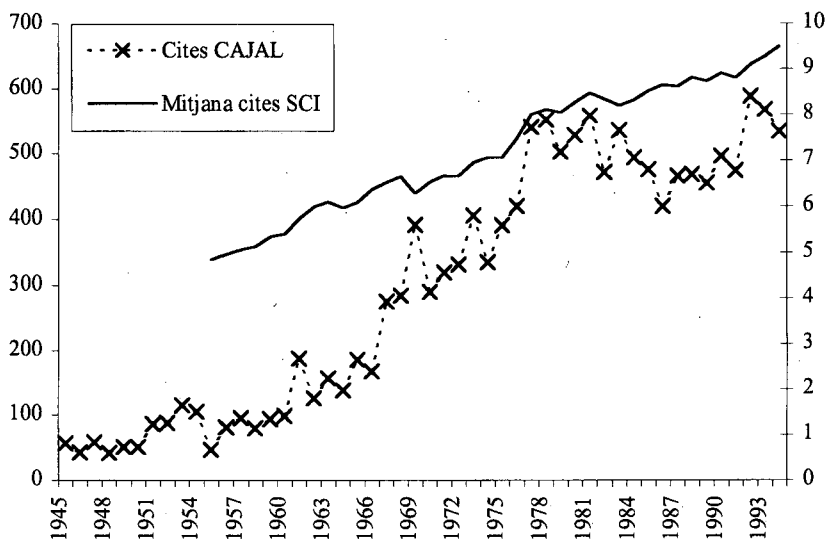
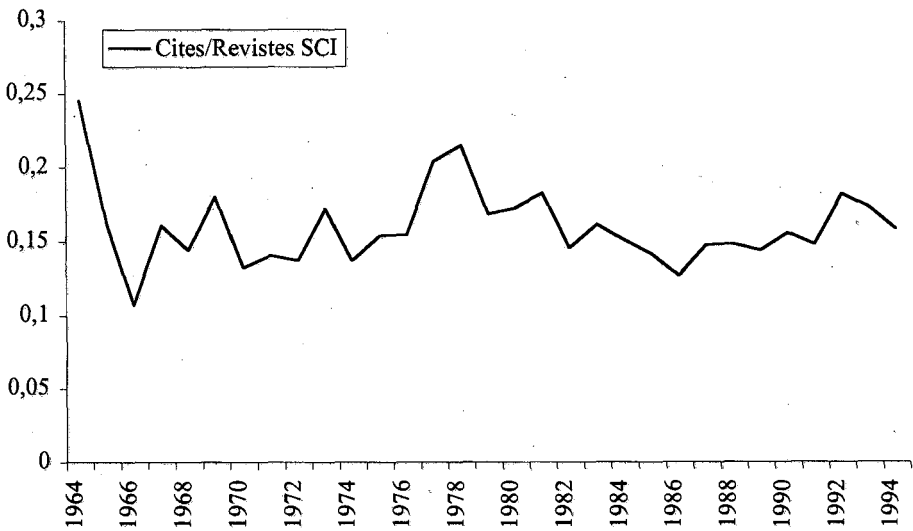


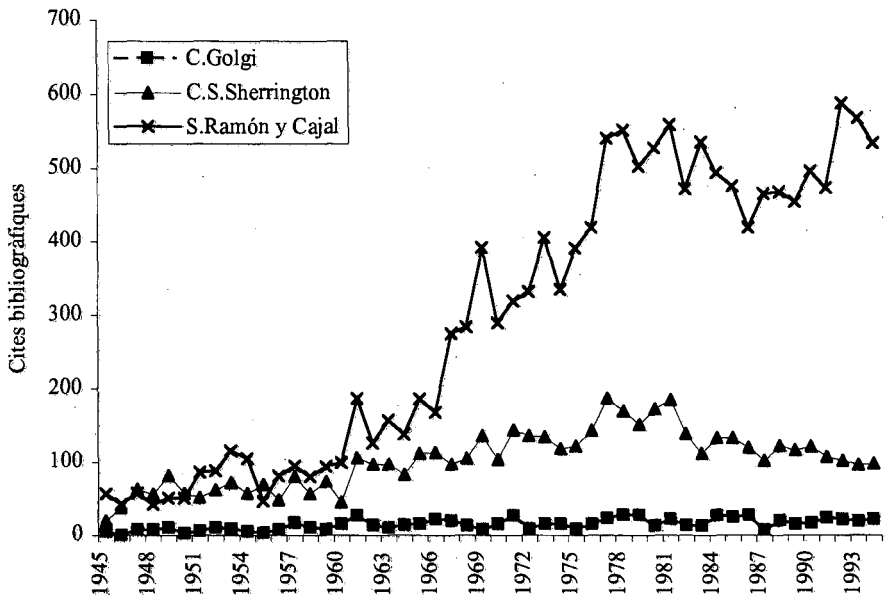
Fig. 3. Comparació entre el nombre de cites bibliogràfiques de Santiago Ramón y Cajal i els valors mitjans del Science Citation Index (1945-1994).

Fig 3. Comparison between the number of references of Santiago Ramón y Cajal and mean values of Science Citation Index (1945-1994).



**Fig. 4.** Relació entre el nombre de cites bibliogràfiques que ha rebut l'obra de Santiago Ramón y Cajal i el nombre de publicacions utilitzades per a la confecció del Science Citation Index durant el període 1964-1994.

*Fig. 4. Relation between number of citations, of Cajal's works and number of journals used for The Science Citation Index from 1964 to 1994.*



**Fig. 5.** Nombre de cites bibliogràfiques dels treballs de Camilo Golgi, Charles Scott Sherrington i Santiago Ramón y Cajal des de 1945 a 1994. Science Citation Index.

*Fig. 5. Number of references of the works of Camilo Golgi, Charles Scott Sherrington and Santiago Ramón y Cajal from 1945 to 1994. Science Citation Index.*

de noves tècniques histològiques, principalment la invenció del microscopi electrònic. Una dècada després de la seva invenció (Palay, 1956) el microscopi electrònic donà consistència a una gran varietat de morfològiques sinàptiques descrites amb el microscopi òptic, proporcionant una impressionant confirmació de la teoria de la neurona, enunciativa i defensada per Santiago Ramón y Cajal.

**Els principals referents de Ramón y Cajal durant el període 1945-1994**

Del conjunt de l'obra de Cajal citada durant el període estudiat (Taula 2) destaca el fet que 4 obres (incloent les reedicions) acaparen el 53,76% del total de les cites bibliogràfiques. Entre aquestes obres, -Histologie du Système Nerveux de l'Homme et des Vertébrés- (1909, 1911, 1952, 1955) rep el 40,33% del total de les cites bibliogràfiques, convertint-se en la publicació de Ramón y Cajal més referenciada en la segona meitat del segle XX. En aquesta obra (editada en francès) es recull un resum de les investigacions de Cajal anteriors a 1909.

**Conclusions**

Els resultats d'aquest treball demostren que l'impacte de l'obra de Ramón y Cajal en

la ciència de la segona meitat del segle XX és excepcional. Sempre tenint en compte les característiques del Science Citation Index, resulta que les investigacions i els descobriments de Cajal ocupen un lloc important en el desenvolupament de la ciència. Encara que ja ha passat més d'un segle des de l'enunciat de les bases de la teoria de la neurona (1888), algunes de les seves publicacions es segueixen citant de la mateixa forma des de l'any 1945. Els resultats del citat treball commouen l'obra de Ramón y Cajal ha rebut 14729 cites bibliogràfiques durant els cinquanta anys analitzats, amb una mitjana de 294,6 cites bibliogràfiques anuals. Però, encara més impressionants resulten aquestes xifres quan les comparem amb l'anàlisi de les cites bibliogràfiques de les obres de Sherrington i Golgi, dos grans científics contemporanis de Cajal i investigadors també del sistema nerviós. El nombre de cites bibliogràfiques de l'obra de Cajal, multiplica per 20 les de Camilo Golgi i quasi triplica les de Sherrington, que reben 737 i 5146 cites, respectivament.

Per altra banda, destaquem el fet que del conjunt de l'obra de Ramón y Cajal citada, 4 obres representen el 53,76% del total de les cites bibliogràfiques rebudes. -Histologie du Système Nerveux de l'Homme et des Vertébrés- és la publicació de Ramón y Cajal

**Taula 2.** Relació de les publicacions més citades de Santiago Ramón y Cajal. (1945-1994).  
*Table 2. Most cited publications of Ramón y Cajal. (1945-1994).*

Denominació de la publicació segons l' SCI	Any de publicació bibliogràfiques	Total de cites	%
Textura Sistema Nervioso	1899	88	0,59
Textura Sistema Nervioso	1904	157	1,06
Histologie Nervous System	1909	2388	16,21
Histologie Nervous System	1911	2828	19,20
Degeneration Regeneration	1928	1351	9,17
Histologie Nervous System	1952	421	2,85
Histologie Nervous System	1955	306	2,07
Studies Cerebral Cortex	1955	176	1,20
Degeneration Regeneration	1959	208	1,41

més referenciada en la segona meitat del segle XX Aquest, és un efecte comú en els tres autors: del conjunt de l'obra citada una o dues publicacions de cada autor són les que acaparen un major nombre de cites. Aquestes publicacions són obres molt extenses i generals, en les quals els autors exposen una recopilació de les seves hipòtesis, descobriments, investigacions, publicacions més importants. És el cas de -Opera Omnia- de Camilo Golgi, -Integrative Action- de Charles Scott Sherrington i la citada en línies anteriors -Histologie du Système Nerveux de l'Homme et des Vertébrés- de Ramón y Cajal. L'efecte es deu a que quan un científic realitza treballs relacionats amb el sistema nerviós, i ha de citar, depenent de la temàtica, a Golgi, Sherrington o Cajal, no acudeix a trobar en les publicacions individuals d'aquests autors les raons de la seva cita, ja que transcorreguts tants d'anys resulta un treball difícil; en canvi, si que és més factible trobar en una biblioteca aquestes grans obres generals, de recopilació. Altre fet a tenir en compte, és que molts d'autors citen a alguns d'aquests grans científics per deferència, i per tant, el més fàcil és citar les seves obres generals.

Santiago Ramón y Cajal s'ha de considerar com un dels més grans descobridors de les propietats i funcions del sistema nerviós; descobriments i metodologies que encara avui dia mantenen la seva vigència. No es tracta de considerar a Cajal com a un geni benefactor de la humanitat, sinó com un gran

treballador de la ciència, un personatge molt a tenir en compte en l'ensenyament de la història de la ciència.

## Bibliografia

- Bachelard, G. 1938. *La formation de l'esprit scientifique*. Vrin, Paris.
- Bynum, W.F. i Heilbron, J. L. 1991. Eighteen ninety one and all that. *Nature*, 349: 9-10.
- Ferreiro-Alaez, L. i Ferreiro-Villanueva, C. 1984. Aproximación Bibliométrica a la obra científica de S. Ramón y Cajal. *Trab. Inst. Cajal*, LXXV: 29-35.
- Gagliardi, R. i Giordan, A. 1986. *La Historia de las ciencias: una herramienta para la enseñanza*. Enseñanza de las Ciencias, vol. 4, nº 2: 253-258.
- López Piñero, J.M. i Terrada, M.L. 1992. Los indicadores bibliométricos y la evaluación de la actividad médico-científica. (IV). La aplicación de los indicadores. *Med. Clin. (Barc)*, 98: 384-388.
- Nederhof, A.J. 1988. The validity and reliability of evaluation of scholarly performance. *Van Raan AFJ ed. Handbook of quantitative studies of science and technology*. Amsterdam-Nord Holland: 193-228.
- Palay, S.L. 1956. Synapses in the Central Nervous System. *J. Biophys. Biochem. Cytol.*, 2, Supple: 193-202.
- Shepherd, G.M. 1991. *Foundations of the Neuron doctrine*. Oxford University Press.
- Timoner, G. 1999. *La Teoría de la Neurona en la Revista Trimestral Micrográfica*. Tesis Doctoral. Inèdita. Universitat de les Illes Balears.