

## COLORANTS ARTIFICIALS, 1856-1936: JOSEP PRATS I AYMERICH<sup>1</sup>

**Ricard Duran i Pineda**

Centre d'Estudis d'Història de les Ciències. Universitat Autònoma de Barcelona.

Paraules clau: *colorants artificials, pensions d'estudi, viatges científics, tintura, química, ensenyament tècnic, transferència tecnològica.*

Artificial dyestuffs, 1856-1936: Josep Prats Aymerich.

Summary: *This article is the first biographical approach to Josep Prats i Aymerich. In 1892, he obtained his Ph. D. in Sciences (Physics and Chemistry). In 1902, after some years of international education, he became Professor of dyeing and printing at the Escola Superior d'Indústries i d'Enginyers d'Indústries Tèxtils de Terrassa. His research on artificial dyestuffs, and its application to textile chemistry is particularly relevant. In his articles and textbooks, Prats approached the technology of the artificial dyestuffs from a wide range of perspectives. He studied the structural, analytical and fiscal aspects of the art, and analysed the organization of the factory and the laboratory, including their economic aspects.*

Key words: *artificial dyestuffs, spanish pensions, scientific travels, dyeing, chemistry, technical education, technology transfer.*

### Introducció

L'objectiu d'aquest article és introduir-nos en alguns aspectes de la vida i l'obra de Josep Prats i Aymerich (1873-?) i la seva contribució a la química de la tintura a la Catalunya de la primera meitat del segle xx. Ens interessa analitzar com, en aquest període, l'ús dels colorants artificials va influir en la indústria i l'ensenyament tècnic. Un altre aspecte important són les pensions d'estudi que atorgava la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas. (Altres científics destacats que també van ser pensionats per la Junta en aquest període són: Miquel Catalán [espectroscòpia], Julio Guzmán [electroquímica], Julio Palacios [raigs X], Enric Moles [química-física] [Nieto-Galán, 2004: 169]). També presenta un pas més en la continuïtat de la tradició tintòria catalana iniciada al segle XVIII per Joan Pau

1. Aquest treball té el suport del projecte de recerca BHA2002-04611-C03-03 del Ministeri de Ciència i Tecnologia: «La divulgació científica en la Barcelona industrial: 1805-1929».

Canals (1730-1786), inspector de tintures de la monarquia borbònica l'any 1764, i fill d'Esteve Canals, que va fundar la primera fàbrica d'indianes de Barcelona l'any 1737, i amb altres precedents il·lustres com ara Francesc Carbonell i Bravo (1768-1837), Carles Ardit i Treno (1777-1821), Pere Roqué i Pagani (1822-1880) i Josep Vallhonestà i Vendrell (1835-1899). Aquest últim, professor de l'Escola d'Arts i Oficis i de l'Escola Industrial de Barcelona, i pensionat de la Diputació de Barcelona per estudiar tintoreria i estampació a França (R. Duran, *José Vallhonestà y los colorantes artificiales en la Catalunya del siglo XIX*, 2002: treball de recerca dirigit pel doctor Agustí Nieto-Galán [Centre d'Estudis d'Història de les Ciències (CEHIC) - Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)] i llegit el 25 de setembre de 2002 al CEHIC de la UAB).

La creació de l'Escola de Terrassa (1901) a partir de l'Escola Elemental d'Indústries i d'Arts i Oficis Municipal, juntament amb altres centres, responia a la necessitat de millorar la situació de l'ensenyament tècnic a la Catalunya de començaments del segle xx, amb la creació d'ensenyaments professionals a les comarques catalanes, segons les seves orientacions específiques: des de l'obrer fins a l'enginyer industrial, ja que la industrialització al país necessitava tècnics de grau mitjà (Roca i Rosell, 2001: 137-170). La Mancomunitat de Catalunya va iniciar una ambiciosa política en el camp de l'ensenyament tècnic, a través de l'Escola Industrial de Barcelona i la creació, per exemple, de l'Escola del Treball, l'Escola de Blaqueig, Tintoreria, Estampació i Acabats, l'Escola d'Indústries Tèxtils i l'Institut de Química Aplicada. Fou, doncs, la continuadora de les iniciatives la Diputació de Barcelona, per a la promoció de l'activitat científica amb la creació d'una infraestructura per a la investigació que substituïa les deficiències de la universitat en aquest camp. Es tractava d'un projecte que es va desenvolupar en el context de la renovació de la investigació científica espanyola iniciada l'any 1898, amb nuclis principals a Madrid i Barcelona (Roca i Rosell, 1988: 223-252).

### La formació científica i tècnica de Josep Prats i Aymerich

Josep Prats va néixer a Barcelona el 26 de juny de 1873,<sup>2</sup> i va obtenir el grau de batxiller a l'Institut de Lleida el 13 de juny de 1888.<sup>3</sup> Es va doctorar en ciències fisicoquímiques el novembre de 1892, amb José R. de Luanco com a president del Tribunal, i es va llicenciar en ciències fisicomatemàtiques l'octubre de 1894, per la Universitat de Barcelona.<sup>4</sup> La seva principal tasca docent la va desenvolupar a la Universitat de Barcelona com a auxiliar interí de la Càtedra d'Ampliació de Física de la Facultat de Ciències,<sup>5</sup> i a l'Escola Superior d'In-

2. Certificat del Jutjat Municipal de Barcelona, del districte de la Barceloneta. Foli 226, llibre 8 de la secció de naixements. Acta 224. Expedient acadèmic i personal de l'Arxiu Històric de la Biblioteca de la Universitat de Barcelona.

3. Arxiu Històric de la Universitat de Barcelona (AHUB). Expedient acadèmic i personal de l'Arxiu Històric de la Biblioteca de la Universitat de Barcelona.

4. AHUB. Expedient acadèmic i personal de l'Arxiu Històric de la Biblioteca de la Universitat de Barcelona.

5. Cursos 1894-1895 i 1895-1896. AHUB. Expedient acadèmic i personal de l'Arxiu Històric de la Biblioteca de la Universitat de Barcelona.

dústries de Terrassa, primer com a professor interí de Química industrial i Comptabilitat de tallers<sup>6</sup> i després com a professor numerari de la Càtedra de Tintoreria i Aprestos.<sup>7</sup> Fou també secretari d'aquesta escola.<sup>8</sup>

Com a membre de la Commission Internationale des Analyses. Sous-commission XI, a Ginebra, el seu president, Frédéric Reverdin, li demana el 28 de novembre de 1910 un informe dels mètodes analítics emprats per investigar qualitativament les matèries colorants orgàniques, tant naturals com artificials, a les laques, als colors per a la indústria, als objectes acolorits, als productes alimentaris, etc., a la duana, així com de les tarifes duaneres que s'apliquen:<sup>9</sup>

[...] Seriez-vous donc disposé à faire pour l'Espagne l'enquête à ce sujet et à me préparer d'ici au mois de Mai prochaine un petit rapport sur la question ainsi posée (méthode ou méthodes employées en Espagne et tarif douanier [...]) et nous serons particulièrement heureux d'avoir le concours de votre grande expérience en ces matières [...]

Dins del seu currículum, crec que hi ha un fet fonamental, que d'alguna manera és un fil conductor en el rerefons de tot aquest projecte d'investigació: la importància cabdal que va tenir la transferència tecnològica a la indústria i a l'activitat científica i acadèmica d'aquesta època, a través fonamentalment dels viatges científics i les pensions d'estudis, que permetien prendre contacte amb els avenços científics i tecnològics europeus. Així, la Junta li atorgà, des del dia 1 de desembre de 1908 fins a l'agost de 1909,<sup>10</sup> una pensió d'estudi a Mulhouse o Zuric. Ell mateix, en la memòria sobre «Síntesis química» que va presentar el 30 de desembre de 1909 a la Junta, en compliment de les condicions de la convocatòria,<sup>11</sup> explica que va triar Zuric per la fama mundial de la seva ETH, i especialment de la seva Escola de Química (Prats Aymerich, 1910a: 45). Fa referència també a les seves visites a diverses escoles de química: Mulhouse, Crefeld, Ginebra, Milà, Berna, Lió i París, així com a l'Escola de Tèxtils de Verviers i el Bernoullianum de Basilea. La memòria és sense cap mena de dubte un document de treball d'un gran valor històric, científic i testimonial.

6. Document dirigit al rector de la Universitat de Barcelona, 29 de gener de 1902. AHUB. Expedient acadèmic i personal de l'Arxiu Històric de la Biblioteca de la Universitat de Barcelona.

7. Document de 19 de juny de 1902. AHUB. Expedient acadèmic i personal de l'Arxiu Històric de la Biblioteca de la Universitat de Barcelona.

8. Nomenat el 19 d'abril de 1902. AHUB. Expedient acadèmic i personal de l'Arxiu Històric de la Biblioteca de la Universitat de Barcelona.

9. Expedient personal, Biblioteca de la Residència d'Estudiants, Madrid.

10. «Por Real Orden de esta fecha [...] para las provisiones de las pensiones de estudios [...] han sido nombrados los siguientes señores: [...] D. José Prats y Aymerich [...], *Gaceta de Madrid*, núm. 340 (5 desembre 1908), p. 939.

11. «[...] Los solicitantes harán constar en sus solicitudes la materia [...] eligiendo una de las que forman el siguiente programa: [...] Prácticas de los métodos de Síntesis química orgánica [...], *Gaceta de Madrid*, 218 (5 agost 1908), p. 530.

La seva estada com a pensionat, principalment en els cursos teòrics i pràctics de l'Escola de Química de l'Institut Politècnic de Zuric (ETH) (en el Laboratori de Síntesi Orgànica i en les assignatures de Química orgànica, Química inorgànica, Química física i Química analítica) (Prats Aymerich, 1910a: 46-49), li va permetre no solament treballar i estudiar els mètodes d'obtenció sintètica dels diferents compostos químics, sinó també aprofundir en el coneixement dels colorants artificials i les seves característiques. Així, per exemple, va estudiar i treballar en el Laboratori de Síntesi Orgànica i en les assignatures següents: Química orgànica, amb el professor doctor R. Willstätter; Química dels colorants artificials, amb el professor doctor Céréssole, i Química teòrica dels colorants, amb el professor doctor Schmidlin (Prats Aymerich, 1910a: 46-49). Aquesta relació de l'ETH de Zuric amb els pensionats de la Junta fou molt important en els inicis del desenvolupament de la química orgànica a Espanya; així, el doctor R. Willstätter (Premi Nobel de Química l'any 1915) i el doctor Schmidlin també van ésser professors dels científics Antonio Madinaveitia i Antonio García Banús (1888-1955; va ser professor de química orgànica de la Facultat de Ciències de la Universitat de Barcelona, del 1915 al 1936), pensionats, en aquesta època, molt destacats dins d'aquesta disciplina (Nieto-Galán, 2004: 169-171).

Després d'aquestes consideracions prèvies, descriu d'una manera molt detallada formulació, mètodes d'obtenció i propietats, tots els treballs realitzats de síntesi química: «[...] derivados sulfonados, serie antracénica, colorantes derivados de los amidoantraquinones y de los antraquinones halogenados y colorantes de la serie del índigo [...]» (Prats Aymerich, 1910a: 48-62). En un altre apartat comenta i fa unes reflexions sobre les característiques de l'ensenyament de la química a l'estranger, i assenyala que l'important, admirable segons ell, grau de desenvolupament de les indústries químiques d'Alemanya, Àustria i Suïssa és una conseqüència directa de la importància que no solament a les escoles tècniques i a les universitats, sinó també a les fàbriques i els laboratoris particulars es dona als estudis de síntesi química (Prats Aymerich, 1910a: 63):

[...] no hay fábrica de productos químicos, por modesta que sea, que no cuente con algún químico dedicado exclusivamente a trabajos de síntesis, habiendo algunas, como la Badische Anilin und Sodafabrik, de Ludwigshafen, Bayer, de Elberfeld [...], donde los químicos se cuentan por centenares, convencidos sus directores y consejos de administración de que sólo investigando se descubre y que sólo descubriendo nuevos productos se mejoran sus cualidades y se conserva la hegemonía en el mercado mundial [...]

Aquest grau de perfecció només es pot assolir, segons Josep Prats, amb una molt bona organització de l'ensenyament (Prats Aymerich, 1910a: 63-65):

[...] en la que planes de estudios, laboratorios, profesores, asistentes (nuestros ayudantes) no tienden más que a una resultante final: formar químicos, despertando en ellos el espíritu, y aún quizá la manía, de investigación [...] [hay] dos hechos, en mi sentir esenciales: a) la concomitancia planes de estudios en las carreras afines; y b) la organización de las prácticas de laboratorio [...]

Arran d'aquestes observacions, proposa que la universitat aplegui càtedres i laboratoris que tinguin la mateixa finalitat docent, ja que els estudis de química que necessiten els enginyers químics, els doctors en ciències químiques i els farmacèutics són idèntics i a la vegada s'optimitzaria el pressupost.

Pel que fa a les pràctiques de laboratori, fa palesa la seva organització essencialment pràctica, ja que el químic s'ha de formar al laboratori (Prats Aymerich, 1910a: 63-65):

[...] así no es de extrañar que al salir de ellas [Escuelas] un alumno con el título o diploma, sea apto para entrar en cualquier fábrica y esté en condiciones para dedicarse a toda clase de trabajos de investigación [...]

En una ampliació de les idees exposades en la «Síntesis química. Memoria» (1910), Josep Prats planteja, en la seva obra *Orientación eurítmica de la enseñanza técnica en España*, edició del seu discurs llegit en la solemne sessió d'obertura del curs acadèmic 1910-1911 a l'Escola Superior d'Indústries de Terrassa, la necessitat d'una reorganització de la instrucció pública i de l'ensenyament tècnic (Prats Aymerich, 1910b: 6-7):

[...] porque considero que nuestra salvación [...] se encuentra [...] en la organización graduada y completa de la enseñanza técnica [...] cuestión ya esbozada en mi discurso de apertura del curso 1906-1907, del cual podrá considerarse éste como segunda parte o complemento [...] en nuestro país las enseñanzas técnicas y las experimentales hállanse en mantillas, en su forma rudimentaria [...]

Com a prova d'aquest problema, cita el gran nombre d'espanyols que estudien a l'estranger, principalment estudis tècnics, en centres de prestigi reconegut, dels quals destaca els que ell havia visitat personalment: Escola Politècnica (ETH) de Zuric (mecànics i químics), escoles de Mulhouse (tintoreria i filatura), Escola de Crefeld (tintura i estampats) i l'Escola Central de Lió (química i electricitat). Després d'analitzar amb detall els sistemes d'ensenyament dels Estats Units, Bèlgica, Suïssa, Alemanya, Anglaterra i França, planteja la reorganització de la carrera d'enginyers industrials (Prats Aymerich, 1910b: 22-23):

[...] Ha sido una equivocación lamentable la que se sufrió en España refundiendo en una sólo las dos especialidades de mecánico y químico que tenía la carrera de ingeniero industrial [...] en los países que figuran al frente del movimiento industrial moderno [...] se halla dividida y subdividida [...] Hay que ir pues a la especialización [...] y hay que ir, además, a la reorganización de los estudios sobre la base de dar en ellos mayor entrada a los trabajos prácticos de taller y laboratorio [...]

Conclou assenyalant la importància que per a Espanya i la seva indústria tindria una reorganització basada en la creació d'una escola politècnica del tipus alemany o suís (Darmstadt o Zuric), on s'ensenyessin totes les especialitats d'enginyeria, juntament amb la creació d'escoles tècniques especials per estudiar-hi, d'una manera el més científica possible, indústries determinades, com ara tintura i química.

És molt important fixar-se en les conclusions que Josep Prats planteja a la seva memòria, per millorar la situació de l'ensenyament i de la investigació científica, en particu-

lar en el camp de la química a Espanya. Assenyala, en primer lloc, el grau de desenvolupament extraordinari que han assolit la reproducció de les substàncies naturals i l'obtenció de nous productes per via sintètica, i marca que l'endarreriment de la química i de la indústria química espanyoles està motivat per la incúria lamentable que tenen els estudis teòrics i pràctics de la síntesi química.

Per posar remei a aquesta situació i aconseguir que els nostres químics quan surtin de la universitat i de les escoles especials puguin col·locar-se en les fàbriques i laboratoris, suggereix: reorganitzar els estudis de la química, instal·lant els laboratoris segons els criteris dels països germànics; establir a les facultats de ciències l'assignatura Síntesi química teòrica i pràctica, amb la seva annexa Química de les matèries colorants, ja que la fabricació d'aquests productes constitueix la indústria química més important del món, i, finalment, restablir la carrera d'enginyeria química, fer més pràctics els estudis per obtenir el doctorat en ciències químiques i compilar els estudis comuns als enginyers químics, llicenciats en ciències i farmacèutics, amb les diferències escaients de les assignatures especials i característiques de cada facultat.

#### Josep Prats i Aymerich i els colorants: la seva obra científica

Les obres i els articles identificats, fins ara, de Josep Prats es podrien classificar en set apartats ben definits, referents a: colorants, estudis sobre l'antraquinona, estudis sobre l'àcid sulfúric fumant, diferents estudis químics, estudis econòmics, estudis d'ensenyament i estudis d'aritmètica i de comptabilitat. És notable la seva obra *Elementos de química industrial inorgànica*, llibre de text orientat a les escoles superiors d'indústries i als químics, enginyers, agricultors i industrials. Aquesta obra està dividida en tres seccions: en unes lliçons preliminars examina les diverses formes d'energia i la seva utilització industrial. La primera part estudia la química industrial dels cossos senzills i després hi ha una monografia dels aliatges, amalgames i les mesclures utilitzades a la indústria. La segona part desenvolupa els productes químics inorgànics típics industrials (aigua-purificació, nitrat de sodi, àcid sulfúric, àcid nítric...), per la seva preparació o per les seves principals o especials aplicacions.

En l'apartat dels colorants, a més de la «Síntesis química», són remarcables les obres dedicades als aspectes estructurals, analítics i fiscals dels colorants artificials i les obres dedicades a l'ensenyament.<sup>12</sup> En aquestes obres, i en la secció de la química de les matèries colorants, dedica trenta-quatre lliçons a desenvolupar les característiques, les propietats i els mètodes d'obtenció de les matèries colorants orgàniques artificials i minerals, com ara colorants azoics, colorants de la difenilamina o el groc de crom. Però el fet que inclogui, encara, sis lliçons dedicades a la preparació, les característiques i les varietats de principis colorants d'origen vegetal i animal, com ara el «palo de Brasil», el quercitró o la cotxinilla, referma la importància del canvi tecnològic que va representar la transició dels colorants naturals als artificials, així com la seva llarga coexistència, tant en el món industrial com en el de la docència superior. En totes les lliçons del curs, inclou al final les pràctiques adients.

12. *Programas de química de las materias colorantes y tintorería, estampados y aprestos (Curso de peritos) y de tecnología de las materias colorantes (Curso de ingenieros)* (1910), Barcelona, Imprenta de Pedro Ortega,

En la part dedicada a la tintoreria, estampats y aprestos, en una de les lliçons preliminars sobre la teoria física dels colors, proposa la classificació dels colors segons Michel-Eugéne Chevreul (1786-1889), així com el procediment de Prats per determinar els colors de contrast. Cal recordar que precisament Josep Vallhonestà va introduir i impulsar la utilització, en l'ensenyament tècnic superior i en la indústria catalana i espanyola, en particular la tèxtil, del cercle de colors francs i la classificació i el contrast dels colors del químic Chevreul (R. Duran, 2002, treball de recerca CEHIC-UAB). La resta de lliçons estan dedicades a la tintoreria (mordents, blanqueig i tintura amb colorants artificials), a l'estampat del cotó, de la llana, de la seda i de la seda artificial i als procediments d'aprest. Finalment, en el títol dedicat a la tecnologia de les matèries colorants, després de dedicar catorze lliçons a les primeres matèries i la seva fabricació, desenvolupa en quaranta-una lliçons la fabricació de matèries colorants artificials, incloent-hi l'organització d'una fàbrica i el seu laboratori. Per acabar, planteja en quinze lliçons els mètodes d'anàlisi qualitativa dels colorants.

Entre les obres d'estudis químics, es poden assenyalar la *Monografía del argón*, que fou la seva tesi doctoral, *Algunas observaciones acerca de la nomenclatura y notación química en España* i *Documentos relativos a la reforma de la nomenclatura de la química orgánica*.

Tots els seus articles van tenir una gran difusió, i foren publicats als butlletins de l'Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, a la revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid, als *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* i a la revista alemanya *Chemiker-Zeitung*, a les revistes *La Industria Química*, *El Trabajo Nacional*, *Ciencia Popular*, *Mundo Científico*, i a les publicacions del Congrés Internacional de Química de Nova York; i fou, a més, director de la Secció de Química de *Cataluña Textil*.<sup>13</sup>

## Conclusió

Aquest article presenta, doncs, en un primer nivell d'anàlisi, una peça més per a una reconstrucció històrica de l'obra tintòria catalana contemporània. Incideix, a més, en l'important paper que va tenir la transferència tecnològica en la indústria dels segles XIX i XX, mitjançant les pensions d'estudis, principalment de la Junta, a fi i efecte d'entrar en contacte amb els avenços científics i tecnològics europeus i poder-los aplicar posteriorment a casa nostra.

Durant les primeres dècades del segle XX, Josep Prats, com a docent i pensionat, va refermar i continuar, primer a l'Escola Elemental d'Indústries i d'Arts i Oficis Municipal de Terrassa i després a l'Escola Superior d'Indústries i d'Enginyers d'Indústries Tèxtils de Terrassa, el vell projecte tintorial català, endinsant-se de ple, no solament en l'estudi, l'anàlisi i les aplicacions dels colorants artificials, sinó també en l'organització d'una fàbrica i del seu laboratori, incloent-hi l'aspecte econòmic i fiscal, és a dir, una aproximació global al problema dels colorants artificials a l'inici del segle XX.

13. Expedient personal. Biblioteca de la Residència d'Estudiants, Madrid.

## Bibliografia

- LUSA, G.; ROCA, A. (1999), «Doscientos años de técnica en Barcelona. La Técnica académica», *Quaderns d'Història de l'Enginyeria*, 3, p. 101-130.
- NIETO-GALÁN, A. (2001), *Colouring textiles: a history of natural dyestuffs in industrial Europe*, Dordrecht, Kluwer.
- (2002), «Under the banner of the Catalan Industry: Scientific Journeys and Transfer of technology in Nineteenth-Century Barcelona». A: SIMOES, A; CARNEIRO, M.; DIAGO, P. (coord.), *Travels of Learning: A Geography of Science in Europe*, Dordrecht, Kluwer, p. 102-125.
- (2004), «Free radicals in the European periphery: “translating” organic chemistry from Zurich to Barcelona in the early twentieth century», *British Journal for the History of Science*, 37 (2), p. 167-191.
- PRATS AYMERICH, J. (1910a), «Síntesis química. Memoria». A: *Anales de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas*, vol. II, Madrid, Establecimiento Tipográfico de Fortanet. [Memòria 2a]
- (1910b), *Orientación eurítmica de la enseñanza técnica en España*, Terrassa, Imprenta y Litografía de José Ventayol Vilá.
- RIERA i TUÈBOLS, S. (2003), *Història de la ciència a la Catalunya moderna*, Vic, Eumo.
- ROCA i ROSELL, A. (1988), «Científicos catalanes pensionados por la Junta. Algunos aspectos de su papel en el desarrollo científico catalán». A: SÁNCHEZ RON, J. M. (coord.), *1907-1987: La Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones 80 años después*, vol. III, Madrid, CSIC, p. 349-379.
- (1988), «Ciencia y sociedad en la época de la Mancomunitat de Catalunya (1914-1923)». A: SÁNCHEZ RON, J. M. (coord.), *Ciencia y sociedad en España: de la Ilustración a la Guerra Civil*, Madrid, Ediciones El Arquero, CSIC, p. 223-252.
- (1996), «L'enginyeria de laboratori, un repte del nou-cents», *Quaderns d'Història de l'Enginyeria* 1, p. 197-240.
- (2001), «Els reptes tècnics de la revolució industrial: l'Escola Industrial de Barcelona de 1904». A: GARRIGÓS OLTRA, L.; BLANES NADAL, G., *150 anys de la consolidació de l'ensenyament industrial a Alcoi*, 5a ed., Alacant, Universitat Politècnica de València, p. 131-170.
- ROCA, A.; LUSA, G. (1999), «Un altre 98? Ciència i tècnica al tombant de 1900», *Afers*, 31, p. 609-626.
- SÁNCHEZ RON, J. M. (1999), *Cinzel, martillo y piedra: Historia de la ciencia en España (siglos XIX y XX)*, Madrid, Santillana, p. 171- 211.