

LOS RAYOS QUE NUNCA EXISTIERON

José Manuel Facal Díaz

"Mantener que los molinos de viento son gigantes, mientras se están observando y tocando, constituye sin duda alguna la mayor de las locuras. Ahora bien, vistos a lo lejos, a enorme distancia, el imaginar, el pensar, e incluso el llegar a creer que pudieran ser gigantes... es, contrariamente, el mayor de los pensamientos, es la última base sobre la que se apoya toda la ciencia" Harvey, "El detective y la doctora" (They might be giants) 1.971, film.

"El problema de la ciencia es establecer la distancia a la que se puede garantizar que los molinos de viento no son gigantes" (Josep P. All, Autobiografía)

"Pero, ¿tú crees que la ciencia es algo más que lo que hay en los libros?." (Francisco Lorenzo, en una conversación personal)

"Declaraciones extraordinarias requieren pruebas extraordinarias" (Carl Sagan)

El presente trabajo pretende indagar en una ilusión científica que no se convirtió en realidad porque jamás existió, aunque sí gozó de una corta pero intensa pseudoexistencia e incluso llegó a ser considerada como ciencia, tal y como hoy en día se consideran los rayos X, la Teoría de la Relatividad o la mecánica cuántica.

A lo largo de las páginas que siguen intentaré realizar una aproximación a los indetectables *rayos N*, ubicarlos en su contexto y avanzar alguna explicación por la que la creencia en los mismos permaneció tanto tiempo como auténtica ciencia cuando los rayos en realidad ni existieron ni, por ello, nunca pudieron hallarse. Espero explicarles esta paradoja.

BREVE RESUMEN EPISTEMOLÓGICO

Hay autores que sostienen que la ciencia es una especie de "consenso", un concepto difícilmente definible pero que viene a decir que nada hay objetivo a nuestro alrededor y

**Para Kelvin (1824-1907), la física "era más un tema de ajustar los decimales de las medidas que de la existencia de nuevas preguntas y respuestas".
Pero en modo alguno fue así.**

que las investigaciones científicas obedecen más a un "ponerse de acuerdo" los científicos, que a algo que exista "fuera de nosotros". No obstante, la ciencia es todo menos consenso, en el sentido de que todo lo afirmado debe ser comprobado o rebatido por cualquiera que desee hacerlo, exista consenso o no.

En este sentido no hay opiniones científicas en el sentido que se da a las opiniones artísticas, sino modelos aproximados del Universo basados en pruebas científicas. Podemos discutir si el Guernica es un buen cuadro o simplemente una tomadura de pelo, pero la discusión sobre si la Tierra gira alrededor del Sol es, simplemente, estéril.

Por supuesto, el valor de una teoría científica no es absoluto, ni mucho menos, dado que se trata de modelos siempre mejorables. El *Calórico*, el *Flogisto* y la *Teoría de la Gravitación* de Newton fueron modelos que luego han sido superados o completados por otros que explican más o mejor el Universo. No obstante, durante el tiempo en que fueron útiles, fueron ciencia.

El caso estudiado aquí, *los Rayos Blondlot*, es al tiempo igual y diferente que los arriba mencionados. Es igual en el sentido de que tal modelo fue descartado tras no poder aportar pruebas convincentes sobre la existencia de los rayos, pero es diferente en el sentido de que no fue una construcción teórico matemática, sino que el engaño vino

dado porque se detectó experimentalmente algo que no existía, análogamente a algo que sucedió posteriormente en los años ochenta del siglo XX: la Fusión Fría.

CONTEXTO

El contexto histórico: la guerra franco prusiana

Vale la pena detenerse un momento en la historia, dado que gran parte de este tipo de problemas fue acrecentado por las tensiones derivadas de una guerra.

Alrededor del año 1870 Prusia buscaba la unificación general de los estados alemanes en torno de sí, y Francia tenía intenciones de anexionarse Luxemburgo, todo ello en medio de presiones de los diversos estados europeos. La Guerra franco-prusiana, declarada por Francia y ganada por Prusia, fue un conflicto que tuvo lugar desde julio de 1870 hasta mayo de 1871.

Los cambios políticos en Francia fueron enormes, y entre ellos estuvo el derrocamiento del emperador francés Napoleón III (1808-1873) y la vuelta de la nación a una República.

Con el Tratado de Frankfurt (Hesse), Otto von Bismarck (1815-1898), además de generar la unificación alemana, impuso unas inmensas reparaciones dinerarias a Francia, al tiempo que se anexionaba las provincias de Alsacia y Lorena, ricas en minas de carbón. En Lorena estaba Nancy, su capital, la ciudad de René Prosper Blondlot.

Hasta 1918, fin de la Primera Guerra Mundial, Alsacia y Lorena no volverían a Francia. Durante todos esos años se llevó sobre estas regiones un programa de *germanización*, que se tornaría de afrancesamiento tras la Primera Guerra Mundial. Vale la pena recordar que Francia las volvió a perder y recuperar durante la Segunda Guerra Mundial.

El contexto científico

A) La radiación

Durante el siglo XIX se hicieron notables aportaciones a la física, especialmente a la termodinámica, lo que motivó el famoso comentario en 1898 de William Thompson (Lord Kelvin, 1824-1907) de que la física “era más un tema de ajustar los decimales de las medidas que de la existencia de

El Calórico, el Flogisto y la Teoría de la Gravitación de Newton fueron modelos que luego han sido superados o completados por otros que explican más o mejor el Universo. No obstante, durante el tiempo en que fueron útiles, fueron ciencia.

nuevas preguntas y respuestas”. Pero en modo alguno fue así. Haremos un pequeño resumen de aquella época.

Para comenzar, los experimentos de Albert Abraham Michelson (1852-1931) sobre el éter y el estudio de las relaciones entre la materia y la energía se encargarían de anular tal creencia, dando lugar a sendas revoluciones científicas.

En 1900 Max Kart Ernst Ludwig Planck (1858-1947) introdujo la *cuantización* de la energía que daría lugar a la mecánica cuántica. Por su parte, Albert Einstein (1879-1955) propuso en 1905 la Teoría de la Relatividad en su “Electrodinámica de los cuerpos en movimiento”.

En ese momento faltaba una formulación teórica. A finales del citado siglo se conocía bastante sobre la radiación del cuerpo negro, y científicos como Wilhelm Wien (1864-1928) y Heinrich Rubens (1865-1922), habían hecho en Munich medidas de la radiación emitida por tales cuerpos, pero la expresión empírica de Wien, dada en 1896, no se ajustaba a la realidad para frecuencias bajas.

John William Strutt Rayleigh (1842-1919) y James Hopwood Jeans (1877-1946) lo intentaron con el electromagnetismo clásico, pero sólo consiguieron justificar bien los resultados a baja frecuencia; las frecuencias altas continuaban sin explicación, todo ello era un problema conocido en su momento como la *catástrofe del ultravioleta*.

En el año 1900, Planck propuso, auspiciado por Ludwig Edward Boltzmann (1844-1906), la *cuantización* de la energía, es decir, la idea de que los intercambios energéticos entre radiación y materia ocurren de forma discontinua, en forma de *cuantos* y proporcional a la frecuencia de la radiación. Esto ajustó la teoría a los datos experimentales. Al mismo tiempo, Albert Einstein (1879-1955) aplicó la teoría para la explicación del efecto fotoeléctrico. Todo ello justificó lo que la teoría clásica de radiación no podía explicar: que la energía fuese independiente de la intensidad de la radiación, detalle ya observado por Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) y también por Philip Eduard Antón von Lenard (1862-1947).

Posteriormente, mediante el estudio de espectros, se llegaría dentro de un inmenso mar de dudas a la formulación de la mecánica cuántica alrededor de 1925, teoría todavía sujeta a debate.

B) Los rayos X

En 1895, Wilhelm Konrad Roentgen (1845-1923) descubrió los rayos X, lo que le valió el Premio Nobel en 1901. Tales rayos, un tipo de radiación electromagnética muy penetrante (longitud de onda desde 10 nm hasta

0,001nm), se produce bombardeando un material con electrones de alta velocidad.

El diseño experimental inicial se realizaba con el *tubo* de William Crookes (1832-1919), una ampolla de vidrio sometida a un vacío parcial y con dos electrodos. En él, cuando una corriente eléctrica traspasa el gas, éste se ioniza y los iones positivos golpean el cátodo y expulsan electrones del mismo. Estos electrones, que forman un haz de rayos catódicos, bombardean las paredes de vidrio del tubo y producen Rayos X.

Los rayos X encontraron una inmediata utilidad en la medicina. En el año 1899, el dentista Edmund Kells tomó una de las primeras radiografías dentales, con objeto de verificar si un conducto estaba obstruido. Vale la pena comentar que su vida fue un tanto curiosa: experimentó él mismo con los rayos, perdió una mano por ello, experimentó para mejorar las radiografías, perdió la otra y finalmente se suicidó.

En definitiva, fue la época de las radiaciones: Roentgen había descubierto los rayos X en 1895, Becquerel la radioactividad en 1896 y en 1900 ya se habían identificado los rayos alfa, beta y gamma.

LOS RAYOS BLONDLLOT

Y fue justo en época cuando ocurrió un caso realmente espectacular en 1903, en la ciudad de Nancy. René Prosper Blondlot (1849-1930), notable científico que había trabajado anteriormente en experimentos de doble refracción bajo campos eléctricos intensos y también en medidas de la velocidad de propagación de los impulsos eléctricos, y además ganador por tres veces del Premio de la Academia de Ciencias de París, dijo haber descubierto un nuevo tipo de radiación, los *rayos N*.

Y tras él, varios de los mejores científicos de la época garantizaron con multitud de artículos que así había sido, cuando de hecho los rayos jamás habían llegado a detectarse.

La ilusión de los rayos Blondlot

Tal radiación extraña provenía de los experimentos de Blondlot de polarización de los rayos X producidos mediante una chispa eléctrica a través de un prisma de cuarzo, en un intento de demostrar que tales rayos eran ondas. Razonó que si la luz pasaba a través del plano de polarización, la

chispa tendría diferente intensidad que si no lo hacía y por tanto los rayos serían ondas. En resumen, que si se ponía un trozo de un material en una determinada dirección, se vería sobre una pantalla una radiación más intensa que si el trozo estaba en una posición diferente.

Pero cometió un error de bulto: creyó descubrir un tipo desconocido de radiación que era capaz de incrementar la luminosidad del haz emitido por una chispa eléctrica. Afirmó ver un aumento de la luminosidad producida en la pantalla, lo cual implicaba un nuevo tipo de radiación. En otras palabras, si iluminaba con una linterna, le cabía esperar ver la luz de ésta; de aparecer otro tipo de luminosidad, debía estarse ante un nuevo tipo de radiación.

Fue la época de las radiaciones: Roentgen había descubierto los rayos X en 1895, Becquerel la radioactividad en 1896 y en 1900 ya se habían identificado los rayos alfa, beta y gamma.

Blondlot era un científico honesto, y se preguntó si influiría su visión, y para eliminar el componente subjetivo comprobó la luminosidad utilizando una fotografía o un compuesto químico fluorescente. Pero en realidad el problema era que, al final, la interpretación del aumento de la luminosidad en la fotografía dependía de sus ojos y su cerebro, y la ilusión se seguía produciendo. En esencia, lo que se trataba era de determinar el mayor o menor oscurecimiento en una placa, y si bien la diferencia entre ver algo o no ver nada es clara (caso de los Rayos X), entre diferentes tonos la comparación es muy difícil.

Si a ello añadimos que el revelado era hecho por las mismas personas que realizaban los experimentos el engaño cuajó totalmente.

Imaginemos que yo sé qué placas deben estar más oscuras; incluso sin intentar engañar, dejaré que se revelen durante más tiempo, o las mantendré más bajo la luz... o cualquier cosa que ayude a mi conclusión.

Y ello constituye un error extraordinario, comparado al de los médicos que probaban un nuevo medicamento y sabían qué producto de los administrados no era el placebo, lo que motivó la instauración del método del doble ciego en tales experimentos.

Si se ponía un trozo de un material en una determinada dirección, se vería sobre una pantalla una radiación más intensa que si el trozo estaba en una posición diferente.

Características de los rayos Blondlot

Durante su corta existencia (1903-1906) los rayos de Blondlot parecieron tener propiedades "extrañas". No deja de ser curioso cómo los libros de ciencia tratan este tema: dado que los rayos no han existido nunca, ahora se

ven sus raras propiedades con cierto aire de condescendencia ante el error de Blondlot. Los juicios desde esta posición son difíciles de justificar, dado que los grandes descubrimientos se caracterizaron precisamente por aportar propiedades realmente extrañas (mecánica cuántica, Teoría de la Relatividad,...).

Entre las propiedades más extrañas estaba su producción. La radiación del Blondlot provenía de los rayos X, pero luego se afirmó que también venían del Sol, de algunos metales calentados y del cuerpo humano incluso cuando estaba muerto. Además, aumentaban la agudeza visual de las persona y servían para verificar la eficacia de los medicamentos usados para el corazón, dado que éste era un emisor. Lo mismo para las contracciones del parto.

Atravesaban casi todo tipo de materiales, excepto el agua, la sal gema y la madera cuando estaba verde. Excitaban compuestos químicos pero al rociarlos con cloroformo desaparecía tal efecto.

El aluminio se reveló como un material que refractaba los rayos N.

Becquerel pensó que podían transmitirse por cable y otros propusieron usarlos para tomar radiografías.

Con todo, en algunos experimentos que no parecían funcionar porque los materiales en cuestión disminuían la intensidad de la descarga eléctrica en lugar de aumentarla Blondlot propuso *ad hoc* la hipótesis de que existían rayos N1, rayos negativos.

La ceguera

En esos tres años gran parte de los científicos franceses vivieron en una pura ilusión. Hasta 1906 tales rayos fueron observados y constatados por 120 científicos, con más de trescientos artículos y tesis doctorales. Sólo Blondlot escribió 26 artículos. Esto constituyó un caso histórico de ceguera —o, mejor, de hipervisión múltiple—. Para hacerse una idea, vale la pena pensar ahora mismo en la homeopatía y todo lo que se ha escrito... ¿qué sucederá en el futuro con este tipo de descubrimientos inexistentes?

Muchos científicos llegaron a visualizar los rayos, aunque éstos nunca tuvieron existencia como tales. Entre quienes

En esos años gran parte de los científicos franceses vivieron en una pura ilusión. Hasta 1906 tales rayos fueron observados y constatados por 120 científicos, con más de trescientos artículos y tesis doctorales.

respaldaban a Blondlot, estaban grandes físicos como Antoine Henri Becquerel (1852-1908), con nada menos que diez artículos, y del lado contrario figuraban, entre otros, Kelvin y Crookes.

Este efecto de fe ciega, de ver lo que queremos ver, de ninguna manera es una anécdota. Este tipo de cuestiones aparecen cada cierto tiempo. *La poliagua* fue un caso de ceguera: Fed-

yakin, en el año 1962, haciendo experimentos de condensación en capilares, observó un líquido parecido al agua pero más denso y que se congelaba a unos 50°C bajo cero, pero tras muchos artículos describiendo sus propiedades, en 1971 se comprobó que era simplemente agua contaminada con el cuarzo de los capilares.

Otros ejemplos que podrían citarse son la *fusión fría* de Pons y Fleischmann, o la del elemento 118 o, simplemente, algunos experimentos pseudocientíficos como la *visión remota* o el *doblamiento de metales*, donde también han incurrido en grandes errores físicos notables.

Pero volvamos a los rayos N. Ya entonces, un físico alemán, Heinrich Rubens, no había logrado reproducir los resultados del francés, y en el Reino Unido tampoco podían repetir los experimentos con resultados. Ello logró que durante este período aparecieron ciertas tensiones entre los científicos franceses y los británicos y alemanes, dado que estos últimos eran en general incapaces de atrapar los rayos N.

Mientras tanto, la Academia de Ciencias le había otorgado el premio Leconte a Blondlot en 1904, con un jurado integrado entre otros por Becquerel y Jules Henri Poincaré (1854-1912). Poincaré, según algunas versiones, tenía serias dudas y redactó la concesión del premio casi sin nombrar los rayos N (Poincaré era también de Nancy y la influencia de ello en la concesión del

premio no debió de ser pequeña). Entre otros detalles, servía para adjudicarle la paternidad de los rayos a Blondlot ante otros científicos, e incluso ante un espiritista que anunciaron haberla descubierto años antes.

En septiembre del año 1904, el tema se debatió en la Universidad de Cambridge, en un congreso internacional de física, y a instancias de Rubens se decidió invitar a un

Blondlot seguramente no engañaba cuando hablaba de sus rayos, pero el experimento carecía de controles y las mismas personas que realizaban el experimento contrastaban los resultados, algo que nunca debe hacerse.

experto norteamericano, presente en el congreso, para aclarar la situación.

El final de los rayos N

En realidad, recapitulemos, en los experimentos se trataba de detectar el mayor o menor brillo en una pantalla, pero lo que realmente sucedía era que los científicos aceptaban como cierto aquello que creían que aparecía cuando se suponía que debía aparecer, un tipo de ilusión conocida por todos los oculistas cuando un paciente con unas cataratas avanzadas “ve” sus propias manos agitadas ante sus ojos o pinta sus labios con un espejo delante. Si alguien pudiese demostrar de alguna manera la no detectabilidad de los rayos, el tema estaría resuelto.

El final vino provocado por un cazaembusteros —y además en este caso profesor de física— llamado Robert William Wood (1868-1955), experto en óptica, espectroscopia y fotografía de la *Johns Hopkins University* (EEUU). Éste había intentado reproducir los experimentos en su país, pero no había conseguido hacerlo. Se fue a Francia a trabajar con Blondlot y no consiguió ver en modo alguno los rayos N.

Robert Wood era una persona algo extraña para su época, un desmitificador especializado en desenmascarar a los espiritistas (su afición favorita) y al tiempo un excelente físico. Al igual que hacía contra otras muchas pseudociencias, optó por el camino más expeditivo y trató los rayos N como lo que él consideraba que eran: un engaño.

Para empezar se presentó hablando en alemán, a pesar de que hablaba francés, para poder escuchar las conversaciones entre Blondlot y su ayudante M. L. Wirtz (que con el tiempo ha llegado a ser considerado como el único culpable... aunque no hay pruebas claras de ello). Posteriormente quitaba piezas importantes en los aparatos del experimento.

Durante todo el tiempo que Wood estuvo en Nancy, el equipo francés fue incapaz de mostrarle pruebas experimentales de la existencia de los rayos. En una experiencia, por ejemplo, Wood ponía y quitaba su mano delante del emisor de rayos y el equipo de Blondlot decía cuándo el emisor era tapado... pero no coincidían las observaciones

con el movimiento de la mano. Blondlot hasta llegó a argumentar que se necesitaba cierto entrenamiento visual del que Wood carecía.

Al final Wood usó un método drástico para comprobar la fiabilidad del experimento, un sistema no carente de lógica si bien puede tacharse de deshonesto. No obstante, a mi juicio este tipo de inmoralidad es preferible a una teoría inútil. Veamos un ejemplo en otro ámbito antes de seguir con los rayos N.

Un caso parecido aconteció cuando varios investigadores admitieron que un par de jovencitos movían cosas a distancia, mediante *telequinesia*, sin ningún tipo de control experimental. Los investigadores también veían que había objetos que cambiaban de lugar, pero en gran parte era, como Blondlot, porque creían en lo que hacían y el rigor experimental no era el correcto.

Al final se descubrió que los “psíquicos” eran magos y estaban engañando a los investigadores, quienes no habían previsto controles exhaustivos a pesar de ser avisados por magos profesionales.

Todo el engaño fue perpetrado por un mago experimentado, James Randi, quién cansado de avisar que los controles de los parapsicólogos no eran correctos, no le quedó más remedio que organizar este espectáculo. Yo estoy de acuerdo con él.

Wood lo tuvo fácil. Los experimentos de Blondlot se realizaban en la oscuridad, para observar la poca luz emitida por una pantalla fosforescente. Todo lo que hizo Wood fue coger un prisma de aluminio —pieza crucial del experimento— y metérselo en el bolsillo. El equipo científico siguió viendo el efecto de los rayos sobre un círculo fosforescente.

Tras comprobar que el protocolo experimental no tenía garantías porque dependía de la visión de los investigadores (y por ello de las ilusiones de sus cerebros más que de algo constatable objetivamente), Wood publicó sus resultados en *Nature* y los rayos Blondlot se vinieron abajo.

La hipótesis más probable era que Blondlot no engañaba cuando hablaba de sus rayos, pero el experimento carecía de controles y las mismas personas que realizaban el experimento contrastaban los resultados, algo que nunca debe hacerse.

Al final se retó a Blondlot a descubrir dónde se hallaba un emisor de rayos N si se le suministraban dos cajas idénticas y cerradas, una con un supuesto emisor de rayos N y otra sin él. Blondlot rehusó y eso fue el fin.

No obstante, los rayos N se siguieron utilizando para ilustrar un libro sobre el fascismo. Esto mueve a reflexión profunda, y el impacto de la ciencia en el desarrollo político merecería una investigación aparte. El libro en cuestión apareció cuando ya no existían oficialmente los rayos N. Jörg Lanz von Liebenfels escribía para la revista *Ostara*, que contaba también con un pintor de acuarela llamado Adolf Hitler. El libro contaba historias de unos arios (dioses) y su relación con los humanos inferiores. Entre las particularidades que tenían los arios estaba la posibilidad de ver con los rayos N...

CONCLUSIONES

Quizás hoy pueda parecer raro que grandes científicos puedan cometer un error de este tipo, pero en modo alguno lo es.

En primer lugar porque se aceptó mayoritariamente el argumento de autoridad de los grandes científicos. Hoy en día sucede lo mismo cuando se analizan los artículos científicos para ser publicados: se ha demostrado que las decisiones de publicación de un artículo dependen de la universidad y del autor del mismo.

Vale aquí la pena repasar la historia reciente donde dos psicólogos enviaron artículos ya publicados por ciertas revistas, pero cambiando los nombres de las universidades y de los autores. Las revistas rechazaron ocho artículos que previamente habían aceptado y publicado. Esto prueba que la capacidad de reflexión, sin duda, se ve interferida por lo que deseamos o creemos.

A mi juicio, más curioso y extraño me parece que, sabiendo que este problema existe, las grandes revistas no hayan hecho nada para evitarlo, algo así como que se envíen los originales sin firmar. Eso sí es extraño.

En segundo lugar, por la competencia entre científicos. A lo largo de la historia esta competencia llevó a descubrimientos que resultaron ser falsos o burdas falsificaciones especialmente en medicina y biología.

Finalmente, en aquel contexto histórico posterior a la Guerra Franco Prusiana, algunos autores proponen la tesis de que un descubrimiento científico revitalizaría la imagen de Francia, más todavía si se tiene en cuenta que los rayos X eran un descubrimiento alemán y que en ese momento gran parte de Alsacia y Lorena era territorio alemán.

Las ideas en este caso no son claras para los diferentes autores, ya que unos tienden a pensar en problemas entre naciones mientras que otros prefieren pensar en un simple caso de autoengaño (con la aquiescencia de reputados científicos) mezclado con un intento de notoriedad y con

la idea de que se está en el camino correcto y por lo tanto incluso se permite alguna trampa.

Lo curioso de este caso es que nunca se llegó a clarificar la tesis del engaño. Ha habido muchos intentos de falsificación en la historia de la ciencia, pero la inmensa mayoría se han descubierto. En este caso, hasta el descubridor Wood pensaba que Blondlot era honesto y su ayudante Wirtz el culpable... pero nunca se ha llegado a demostrar.

Nunca se llegó a clarificar la tesis del engaño

BIBLIOGRAFÍA

- Asimov, Isaac: *Más allá de cualquier lugar*. Barcelona: Ediciones B, 1993. ISBN:84-406-3300-9.
- Di Troccio, Federico: *Las mentiras de la Ciencia*. Madrid: Alianza Editorial, 1997.
- Feyerabend, Paul K. *Contra el Método*. Barcelona: Ariel, 1981.
- Gardner, Martin. *La ciencia, lo bueno, lo malo y lo falso*. Madrid: Alianza Editorial, 1988.
- Gille, Bertrand: *Introducción a la Historia de las Técnicas*. Barcelona: Crítica, 1999.
- Kuhn, Thomas. *La estructura de las revoluciones científicas*. Madrid: Fondo de Cultura Económica, 1975.
- Marina, José Antonio: *La inteligencia fracasada. Teoría y práctica de la estupidez*. Barcelona: Anagrama, 2005.
- Mumford, Lewis: *Técnica y Civilización*. Madrid: Alianza Universidad, 1992.
- Randi, James. *The Truth about Uri Geller*. New York: Prometheus Books, 1975.
- Randi, James. *Fraudes Paranormales*. Gerona: Tikal Ediciones, 1994.
- Rodríguez Arias, Enerio (<http://www.psicologiacientifica.com/publicaciones/biblioteca/articulos/ar-enerio01.htm>).
- Sánchez Gómez, José L.: “Algunos aspectos de fundamentación de la Mecánica Cuántica un siglo después”, en *Revista Española de Física*, 2003, vol.17, n.1.
- Sánchez Gómez, José Luis: “La interpretación de la Teoría Cuántica, un debate permanente”, en *Revista Española de Física*, 2000, vol. 14, n. 1.
- Sánchez Ron, José Manuel: “La cuantización de la Física (1900-1927)”, en *Revista Española de Física*, 2000, vol.14, n.1.
- Segura, Simon. *Manual de Historia Económica Mundial y de España*. Madrid: Centro de Estudios Ramón Areces, 1992.
- Sokal, Alan; Bricmont, Jean. *Imposturas Intelectuales*. Barcelona: Paidós, 1999.
- Stuewer, Roger H.: *Historia y física* (<http://gric.univ-lyon2.fr/Equipe2/coast/ressources/ICPE/espagnol/PartB/B3.htm>).
- Thomas, Hugh: *Una historia del Mundo*. Barcelona: Grijalbo, 1982.
- VVAA “El siglo XX, II. Las ciencias físicas”. En *Historia General de las Ciencias*, vol.6. Barcelona: Orbis, 1988.
- VVAA *Atlas Histórico Mundial*. Madrid: Istmo, 1997.