



# Aprender sobre la naturaleza de la ciencia con noticias científicas de actualidad

## El caso del experimento OPERA

Antonio García-Carmona  
Universidad de Sevilla

*El presente artículo tiene por objeto llamar la atención sobre la necesidad de promover propuestas didácticas que favorezcan la integración de la naturaleza de la ciencia (NDC) en la educación científica. Se trata de un requerimiento que se viene promulgando desde hace años, pero que todavía no ha trascendido, prácticamente, de las prescripciones curriculares oficiales a las aulas. A fin de contribuir a ello, se plantea el análisis crítico y reflexivo de determinadas noticias científicas como recurso didáctico para abordar en clase ciertos aspectos de la NDC. Esto se concreta con diversas noticias de prensa sobre el experimento OPERA y la controversia científica suscitada por los primeros resultados.*

### **Learning about the nature of science through recent science news: the case of the OPERA experiment**

*This paper aims to call attention to the need to promote teaching initiatives that work towards integrating the nature of science in science education. Although this call has been made for some years, it has had practically no effect on official syllabuses taught in the classroom. In order to encourage this to happen, this paper gives a critical, reflective analysis of certain scientific news items as a teaching resource for exploring certain aspects of the nature of science in class. This resource takes the form of certain news items in the press on the OPERA experiment and the scientific controversy sparked by the first results.*

Palabras clave: educación científica, experimento OPERA, física moderna, naturaleza de la ciencia (NDC), noticias científicas.

Keywords: science education, OPERA experiment, modern physics, nature of science, science news.

Mucho se ha escrito ya –sobre todo, a lo largo de la última década– respecto a la importancia de integrar nociones sobre la naturaleza de la ciencia (NDC) en la educación científica, a fin de lograr una completa y adecuada alfabetización científica desde la escuela. También, sobre la escasa incidencia que todavía tienen estos contenidos en las clases de ciencias de los distintos niveles educativos. Y no menos significativa es la cantidad de estudios que evidencian las concepciones inadecuadas que suelen mostrar, al res-

pecto, estudiantes y profesorado de ciencias (en formación y en ejercicio), lo que sin duda es la consecuencia y, a la vez, una de las principales causas de la situación anterior. Por tanto, se trata de un «hecho científico» bien constatado, hoy día, en el ámbito de la investigación en didáctica de las ciencias (García-Carmona, Vázquez y Manassero, 2011).

El reto, ahora, es afrontar dicha situación educativa, de auténtico círculo vicioso. En los últimos años ha surgido una incesante proclama

La integración de contenidos de naturaleza de la ciencia en clase de ciencias no sólo es obstaculizada por una inadecuada formación del profesorado, sino también por la infravaloración de estos contenidos por parte del propio profesorado frente a otros más clásicos del currículo

sobre la necesidad de impulsar programas de formación del profesorado que favorezcan la comprensión de la NDC y su integración en las aulas (por ejemplo, Lederman, 2007). Sin embargo, en esto aún se ha avanzado poco, sobre todo en este país, a tenor de los resultados de investigaciones recientes (por ejemplo, Guisasaola y Morentin, 2007; Bennássar y otros, 2010). Porque la integración de contenidos de NDC en clase de ciencias no sólo es obstaculizada por una inadecuada formación del profesorado, sino también por la infravaloración de estos contenidos por parte del propio profesorado –incluso con la formación pertinente– frente a otros más clásicos del currículo (Akerson y Abd-El-Khalick, 2003).

Mientras tanto, un buen modo de emprender el camino puede ser la propuesta de diseños didácticos concretos y prácticos, que sirvan de orientación al profesorado de ciencias «de a pie». En este sentido, son bienvenidas iniciativas como el reciente monográfico de la revista *ALAMBIQUE*, «Enseñar qué es la ciencia» (núm. 72, 2012); aunque, si realmente queremos que la integración de nociones sobre NDC en la educación científica llegue a ser efectiva, debemos seguir contribuyendo con más propuestas innovadoras, concretas y útiles para su implementación en las aulas.

Este último objetivo inspira el propósito del presente artículo; concretamente, el de sugerir cómo se pueden trabajar contenidos de NDC en el aula, analizando –en este caso– determinadas noticias científicas de actualidad. Para ilustrarlo, nos centramos en el impacto mediático del reciente experimento OPERA, sobre el comportamiento de los neutrinos, cuyos resultados han suscitado importantes debates en la comunidad internacional de físicos.

### ■ Qué enseñar sobre la NDC

El concepto de NDC es ciertamente complejo, porque aglutina características de la ciencia provenientes de las reflexiones realizadas, fundamentalmente, por científicos, filósofos, sociólogos, historiadores y educadores en ciencias. Esta confluencia multidisciplinar, si bien enriquece el concepto, genera también un escenario de discusión –todavía candente– en torno a cuáles deben ser los rasgos definitorios de la NDC y cómo se han de transponer didácticamente para su integración en la educación científica básica.

Dejando de lado los debates teóricos al respecto, lo que necesita el profesorado es contar con algún referente suficientemente inteligible para emprender la enseñanza de ciertas nociones sobre la NDC con su alumnado. En este sentido, en los últimos años han surgido algunos consensos respecto a qué ideas enseñar sobre NDC (Vázquez y otros, 2007). Puede decirse que estos consensos comparten una buena parte de las concepciones respecto a qué es la ciencia, cómo se construye y evoluciona, qué circunstancias influyen en (o son influenciadas por) su desarrollo, etc., y sólo se diferencian en pequeños matices en cuanto a la cantidad de aspectos considerados o en la forma de enunciarlos. A continuación se recogen diez ideas sobre la NDC

ampliamente aceptadas en la actualidad (decálogo propuesto por Niaz, 2005; cit. en Garritz, 2006, p. 138).<sup>1</sup>

1. Las teorías científicas son tentativas.
2. Las teorías no se convierten en leyes aun con evidencia empírica adicional.
3. Toda observación está impregnada de una teoría.
4. La ciencia es objetiva sólo en cierto contexto del desarrollo científico.
5. La objetividad en las ciencias proviene de un proceso social de validación competitivo, por la evaluación crítica de los pares.
6. La ciencia no se caracteriza por su objetividad, sino por su carácter progresivo –cambios progresivos de problemática–.
7. El progreso científico está caracterizado por conflictos, competencias, inconsistencias y controversias entre teorías rivales.
8. Los científicos pueden interpretar los mismos datos experimentales de más de una forma.
9. Muchas de las leyes científicas son irrelevantes y en el mejor de los casos son idealizaciones.
10. No hay un método científico universal que indique los pasos que hay que seguir.

Con todo, se trata de promover situaciones educativas que favorezcan la integración de nociones sobre la NDC con el resto de contenidos del currículo. En un trabajo anterior hemos propuesto su abordaje en el contexto de expe-

Se trata de promover situaciones educativas que favorezcan la integración de nociones sobre la naturaleza de la ciencia con el resto de contenidos del currículo

riencias escolares de investigación científica (García-Carmona, 2012). Ahora lo planteamos con el uso de otro recurso de alto potencial didáctico: la lectura de noticias científicas de prensa.

### ■ Aprender sobre NDC mediante el análisis de noticias científicas

Tomando como referente las ideas sobre la NDC indicadas en el decálogo, nuestra propuesta tiene por objeto seleccionar noticias científicas de actualidad, publicadas en la prensa diaria, cuya lectura favorezca la reflexión y discusión críticas sobre algunas de esas ideas. Por tanto, se trata de promover una enseñanza de la NDC basada en un enfoque explícito y reflexivo (Acevedo, 2009).

Asimismo, se procura que el tratamiento de la NDC se integre de manera transversal con el resto de contenidos de ciencia escolar, a fin de que el alumnado lo asuma como un objeto más de aprendizaje en las clases de ciencias. Para ello, es conveniente que la noticia científica seleccionada en cada momento tenga una clara relación con el contenido curricular que se esté tratando en clase.

En esta ocasión, escogemos algunas noticias publicadas recientemente en la prensa sobre los primeros resultados y conclusiones del experimento OPERA, que –como explicaremos a continuación– han suscitado fuertes debates entre la comunidad internacional de físicos.

### ■ El experimento OPERA y sus controversias

OPERA (Oscillation Project with Emulsion-tRacking Apparatus) es un importante proyecto científico que vienen desarrollando, desde hace unos años, físicos del CERN (European

No cabe duda de que toda la controversia científica, publicada en la prensa diaria, supone una excelente oportunidad para acercar al lector a aspectos esenciales de la auténtica actividad científica

Organization for Nuclear Research) para estudiar el comportamiento de los neutrinos (<http://operaweb.lngs.infn.it>). Posiblemente, éste sería uno más entre los destacados proyectos que se llevan a cabo en el CERN –o, al menos, no hubiera tenido tanta repercusión mediática–, de no ser porque la interpretación de los primeros resultados ha puesto en entredicho uno de los pilares básicos de la física actual: la teoría de la relatividad, de Einstein (1905). Según un primer informe del experimento (presentado en septiembre de 2011, en la sede del CERN), se encontraron neutrinos que viajaban a velocidades mayores que la de la luz, cuando la relatividad establece que nada en la naturale-

za puede sobrepasar la velocidad de la luz. Lógicamente, de confirmarse este resultado, supondría una auténtica revolución en el mundo de la física, ya que reduciría a escombros una parte esencial de sus cimientos. Por tanto, ello ha dado lugar a ríos de tinta en los medios de comunicación, que han recogido las incertidumbres, los escepticismos y las cautelas mostrados por los más importantes físicos de partículas del momento.

Comprobaciones más recientes, por parte del mismo equipo de científicos, han revelado algunos fallos en el experimento, que explicarían que la detección de esos neutrinos «superlumínicos» es consecuencia de medidas defectuosas (Rivera, 2012); con lo cual la teoría de la relatividad mantendría su validez. En cualquier caso, no cabe duda de que toda esta controversia científica, publicada en la prensa diaria, supone una excelente oportunidad para acercar al lector, en general, a aspectos esenciales de la auténtica actividad científica. De ahí que nos parezca sumamente interesante para tratar temas de NDC en clases de física.

### Una posible secuencia de enseñanza sobre la NDC en torno al experimento OPERA

Empezaremos diciendo que, como el experimento se enmarca en el contexto de la física moderna (física de partículas, teoría de la relatividad...), creemos que su integración sería más propicia a partir de bachillerato, donde el currículo de física incluye tales contenidos.

No obstante, esto es sólo orientativo, ya que, para que su empleo pueda ser propuesto hacia el final de la ESO, por ejemplo, sólo se tendría que centrar la atención en determinados aspectos de las noticias. De lo que se trata, en definitiva, es de emplear noticias de este tipo como contexto (o pretexto) para promover en los estudiantes una reflexión crítica en torno a determinados aspectos de la NDC.

Con el fin de describir una posible secuencia de enseñanza sobre el asunto, seleccionamos tres de las numerosas noticias surgidas en la prensa, cuyos extractos se incluyen en el anexo.<sup>2</sup>

A continuación, en el cuadro 1 se pueden observar algunas ideas previas de los alumnos sobre naturaleza de la ciencia.

Cuestiones para el diagnóstico de ideas previas sobre NDC	Algunas de las creencias inadecuadas más frecuentes entre el alumnado, de acuerdo con la bibliografía
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo crees que influye el conocimiento científico aceptado, en cada momento, en las investigaciones de los científicos?</li> <li>• ¿Qué proceso crees que se sigue en ciencia para que se acepte un nuevo conocimiento científico o se rechace uno anterior?</li> <li>• ¿Por qué suele decirse que la ciencia es objetiva? ¿A qué se refiere exactamente esa objetividad? ¿Se puede hablar de subjetividad en el ámbito de la ciencia? ¿Por qué?</li> <li>• Si dos ilustres científicos interpretan un mismo experimento o fenómeno de distinta manera, ¿qué crees que suele ocurrir? ¿Qué crees que debería pasar?</li> <li>• ¿Cómo crees que influye en el desarrollo de la ciencia que existan disputas, conflictos, controversias, diferentes puntos de vista..., entre los científicos cuando estudian un determinado fenómeno de la naturaleza?</li> <li>• ¿Qué piensas sobre si se puede llegar a las mismas conclusiones sobre un determinado fenómeno natural por distintos caminos; es decir, con distintos experimentos, o bien con el mismo aunque desarrollado en etapas diferentes, con diferentes científicos, instrumentos; en distintos lugares, etc.?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las teorías y leyes científicas son verdades absolutas.</li> <li>• Existe un método científico único y universal.</li> <li>• La ciencia se construye mediante procesos sistemáticos donde no interviene la creatividad.</li> <li>• La ciencia y sus métodos pueden resolver todos los problemas que se le plantean.</li> <li>• Los científicos son especialmente objetivos en sus observaciones e interpretaciones de resultados.</li> <li>• Los experimentos son el único camino para construir conocimiento científico.</li> <li>• La aceptación de nuevos conocimientos científicos es inmediata.</li> <li>• Los modelos, teorías, clasificaciones..., de la ciencia describen la realidad tal cual es.</li> <li>• Los científicos trabajan de manera aislada y solitaria en sus laboratorios.</li> <li>• La actividad científica es neutra y no está influenciada por intereses individuales o grupales, ni por el contexto histórico-social.</li> </ul>

**Cuadro 1.** Propuesta genérica para el diagnóstico de ideas previas sobre NDC y algunas de las creencias más frecuentes

### ¿Cómo empezar?

Se puede proponer la lectura de estos textos, por ejemplo, una vez que hayan sido tratados en clase algunos de los contenidos de física en los que se enmarca el experimento OPERA. Antes de que los alumnos lean los textos, es conveniente tratar de conocer sus concepciones sobre los aspectos de la NDC que pueden discutirse a partir de esos textos. A partir de los estándares sobre la NDC del decálogo presentado anteriormente, se pueden plantear varias cuestiones abiertas y genéricas para su reflexión previa en clase.<sup>3</sup> En el cuadro 1 indicamos, a título de ejemplo, una secuencia de éstas junto con algunas de las creencias inadecuadas más frecuentes, al respecto, de acuerdo con la bibliografía.

No se trata solo de conocer las ideas más o menos informadas de los alumnos sobre tales aspectos de la NDC, sino de crear un clima de motivación idóneo que les predisponga a realizar una lectura

de los textos con sentido crítico y reflexivo. Ello se favorecerá con una serie de cuestiones guía, tal y como veremos a continuación.

### **¿Cómo guiar una lectura crítica y reflexiva en torno a aspectos de NDC en los textos seleccionados?**

Para promover la reflexión en torno al trabajo de los científicos, se pueden plantear las siguientes cuestiones:

- ¿Por qué crees que los dos reconocidos físicos Cohen y Glashow se muestran tan reacios a aceptar la validez de los resultados del experimento OPERA?
- ¿Crees que es beneficioso (o perjudicial) para la ciencia que los científicos se muestren escépticos ante nuevos experimentos y sus resultados sobre un determinado fenómeno natural? ¿Por qué?
- ¿Por qué crees que los físicos de más renombre recomiendan repetir el experimento OPERA un número mayor de veces, y en diferentes lugares del mundo? ¿Qué puede aportar esto?
- Si la ciencia es «objetiva», como se suele decir, ¿por qué crees que entre físicos tan eminentes pueden existir discrepancias a la hora de interpretar datos, o considerarlos más o menos válidos? ¿Es esto beneficioso o perjudicial para el desarrollo de la ciencia? ¿Por qué?
- ¿Conocías el proceso de revisión entre pares anónimo exigido para evaluar trabajos de investigación científica, antes de que sean publicados? ¿Qué importancia crees que tiene esto?
- De acuerdo con lo leído, ¿con qué imagen de los científicos te quedas? Incide, para ello, en cómo se organizan los científicos, qué proceso siguen a la hora de aceptar o rechazar las conclusiones sobre los resultados de un experimento, etc.

En cuanto al modo de investigar en ciencia, se proponen las siguientes preguntas:

- ¿Qué importancia tienen los razonamientos o experimentos mentales para aceptar o rechazar conclusiones en torno a un experimento científico? ¿Puede decirse que los experimentos con instrumentación científica son el único camino para investigar y avanzar en ciencia? ¿Por qué?
- ¿Qué importancia tiene la detección de errores en los experimentos para el avance de la ciencia?
- ¿Qué diferencias esenciales existen entre el experimento OPERA y el que se llevará a cabo en Minos (EEUU) sobre el comportamiento de los neutrinos? ¿En qué medida crees que hacer el experimento de manera diferente puede contribuir a interpretar adecuadamente el fenómeno?

Respecto a la influencia del conocimiento científico establecido en la interpretación de los datos de nuevos experimentos, se plantean las que siguen:

- ¿Por qué crees que estos eminentes físicos recomiendan, además, que el análisis de los datos del experimento se base en leyes de la física bien establecidas y comprobadas? ¿Cómo puede esto influir en los científicos que están realizando e interpretando los datos del expe-

rimiento, como una ayuda o como un obstáculo? Investiga cómo influyeron las leyes o visiones establecidas de la física en el momento en que Einstein estableció su teoría de la relatividad especial, y qué decisiones tomó.

Y, finalmente, con relación al avance o evolución de la ciencia, se plantean estas cuestiones:

- ¿Qué crees que pasaría en el mundo de la física si los resultados del experimento OPERA fueran ciertos y, por tanto, invalidaran la teoría de la relatividad especial de Einstein? ¿Conoces algún otro caso similar en la historia de la ciencia y las consecuencias que tuvo?
- De acuerdo con lo leído, ¿qué perspectiva temporal se vaticina para poder obtener resultados concluyentes sobre el comportamiento de los neutrinos? ¿Te parece un periodo de tiempo corto o largo para el desarrollo de la física?

### ¿Cómo finalizar la secuencia de enseñanza?

Tras el planteamiento y la discusión reflexiva en clase de las cuestiones anteriores, se puede pedir a los alumnos que vuelvan a responder a las cuestiones planteadas al inicio, con el fin de valorar si ha habido alguna evolución en sus ideas sobre la NDC. Será interesante que se haga una puesta en común con las nuevas respuestas, ya que las reflexiones compartidas entre el alumnado, con la ayuda del profesor, permitirán reforzar, matizar, corregir, afianzar, consensuar..., las principales ideas en relación con el tema tratado.

## ■ Para finalizar

Conscientes de la necesidad de integrar el aprendizaje de nociones sobre la NDC en la educación científica, hemos planteado el análisis de ciertas noticias científicas como posible recurso didáctico. Se trata de un planteamiento similar al que puede proponerse con el análisis de determinados pasajes de la historia de la ciencia, sólo que ahora se analizan acontecimientos científicos contemporáneos a los alumnos. El experimento OPERA y toda la controversia científica que está suscitando nos parece un caso especialmente interesante para dicho propósito.

No obstante, la consolidación de la NDC en la enseñanza de las ciencias no se logrará con la introducción de propuestas didácticas puntuales como ésta. La idea es intentar cubrir todo el currículo de ciencia escolar con incursiones a la NDC, mediante propuestas y enfoques didácticos

variados. En este sentido, al igual que ocurre con otros contenidos, habrá que seleccionar y adaptar convenientemente aquellos aspectos de la NDC más acordes a las características psicocognitivas del alumnado, al contenido científico escolar con el que se integra y, en definitiva, a los fines de la educación científica previstos para el nivel educativo en cuestión.

Creemos, en cualquier caso, que la comprensión de la NDC pasa por iniciar a los alumnos en la argumentación crítica y reflexiva en torno a cuestiones relacionadas con ella. A partir de ahí, cualquier planteamiento o enfoque que promueva este proceso será bienvenido.

### Notas

1. Esta propuesta se limita a rasgos fundamentalmente epistemológicos de la Ciencia, dejando fuera otros relacionados con la sociología externa de la Ciencia, que hemos consi-

- derados en un trabajo anterior (García-Carmona, 2012). Si bien, nos parece fácilmente entendible y útil para la propuesta que hacemos en esta ocasión.
2. Por razones de espacio, son extractos de los textos donde se ha priorizado el contenido de mayor interés para la reflexión sobre la NDC, en el contexto del experimento científico que se discute.
  3. Si se estima oportuno, se pueden emplear ítems sobre epistemología de la ciencia, propuestos en cuestionarios ya validados como el Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS) (disponible en: [www.oei.es/COCTS/esp/index.html](http://www.oei.es/COCTS/esp/index.html)) o bien el propuesto por Marín y Benarroch (2009).

### Referencias bibliográficas

- ACEVEDO, J.A. y otros (2007): «Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 4(1), pp. 42-66.
- ACEVEDO, J.A. (2009): «Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 6(3), pp. 355-386.
- AKERSON, V.L.; ABD-EL-KHALICK, F. (2003): «Teaching elements of nature of science: a yearlong case study of a fourth-grade teacher». *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 40(10), pp. 1025-1049.
- BENNÀSSAR, A. y otros (2010): «Las creencias de estudiantes y profesores españoles sobre la naturaleza de la ciencia y tecnología: comparaciones entre ciencias y humanidades», en BENNÀSSAR, A. y otros (coord.): *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*. Madrid. OEI, pp. 57-73.
- GARCÍA-CARMONA, A.; VÁZQUEZ, A.; MANASSERO, M.A. (2011): «Estado actual y perspectivas de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia: una revisión de las creencias y obstáculos del profesorado». *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 29(3), pp. 403-412.
- GARCÍA-CARMONA, A. (2012): «Cómo enseñar naturaleza de la ciencia (NDC) a través de experiencias escolares de investigación científica». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 72, pp. 55-63.
- GARRITZ, A. (2006): «Naturaleza de la ciencia e indagación: cuestiones fundamentales para la educación científica del ciudadano». *Revista Iberoamericana de Educación*, núm. 42, pp. 127-152.
- GUISASOLA, J.; MORENTIN, M. (2007): «¿Comprenden la naturaleza de la ciencia los futuros maestros y maestras de Educación Primaria?». *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 6(2), pp. 246-262.
- LEDERMAN, N.G. (2007): «Nature of science: Past, present, and future», en ABELL, S.K.; LEDERMAN, N.G. (ed.): *Handbook of Research on Science Education*. Mahwah (Nueva Jersey). Lawrence Erlbaum Associates, pp. 831-879.
- MARÍN, N.; BENARROCH, A. (2009): «Desarrollo, validación y evaluación de un cuestionario de opciones múltiples para identificar y caracterizar las visiones sobre la naturaleza de la ciencia de profesores en formación». *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 27(1), pp. 89-108.
- RIVERA, A. (2012): «Dos fallos cuestionan el experimento de los neutrinos más rápidos que la luz». *El País* (23 de febrero). También disponible en línea en: [http://sociedad.elpais.com/sociedad/2012/02/23/actualidad/1330002677\\_821302.html](http://sociedad.elpais.com/sociedad/2012/02/23/actualidad/1330002677_821302.html). [Consulta: septiembre 2012]

## ■ Anexo

### Extractos de tres noticias seleccionadas sobre el experimento OPERA para abordar cuestiones de NDC en clase de física

#### 1. Dos reconocidos físicos refutan el experimento de los neutrinos

**Andrew G. Cohen y el Nobel Sheldon L. Glashow muestran que esas partículas no han podido viajar más rápido que la luz**

Alicia Rivera - Madrid - 03/10/2011 *elpais.com*

Tras la presentación, hace unos días, de los sorprendentes resultados del experimento Opera, según los cuales los neutrinos viajan más rápido que la luz, los físicos de partículas se han aplicado rápidamente a estudiar esa supuesta velocidad superlumínica y ya se han presentado más de 20 artículos científicos sobre el asunto. En uno de estos trabajos, Andrew G. Cohen y Sheldon L. Glashow (Premio Nobel de Física y una de las grandes autoridades en partículas elementales), ambos de la Universidad de Boston (EEUU), afirman que si estas partículas superasen la velocidad de la luz, los datos registrados en el detector Opera serían bien distintos de lo que sus responsables han anunciado. Dicho de manera muy sencilla, el análisis de estos dos físicos indica que unos neutrinos superlumínicos perderían energía muy rápidamente y el Opera habría detectado sólo los de energía inferior a un cierto límite, mientras que en los resultados que se han presentado hay neutrinos por encima de ese límite. «Por lo tanto, refutamos la interpretación superlumínica de los resultados de Opera», escriben Cohen y Glashow en su análisis, titulado Nuevas restricciones a las velocidades del neutrino. Los datos del experimento, que han dado la vuelta al mundo por las implicaciones que tendrían si fueran ciertos, indican que los neutrinos que se lanzan desde un acelerador del Laboratorio Europeo de Física de Partículas (CERN), junto a Ginebra, recorren 730 kilómetros hasta llegar al Ópera (en el laborato-

rio de Gran Sasso, bajo los Apeninos) a una velocidad superior a la de la luz. El revuelo provocado por el anuncio de estos datos se debe a que, según la teoría de la Relatividad Especial de Einstein, de 1905, nada puede ser más rápido que la luz.

Los científicos de Opera fueron prudentes el pasado día 23 al presentar su trabajo en el CERN y se ciñeron a sus resultados, afirmando que habían detectado una velocidad superlumínica de los neutrinos. Pero la opinión general entre los especialistas ha sido, desde el primer momento, que algo falla en dicho experimento. Además, como siempre en ciencia, hay que reproducir el ensayo y obtener los mismos resultados en otra instalación diferente para darlos por buenos. Un experimento en Japón y otro en Estados Unidos, al menos, tienen capacidad de hacerlo.

Cohen y Glashow también recomiendan reproducir el experimento en otro sitio, pero ahora, en su análisis, sustentado en investigaciones anteriores de Sidney R. Coleman y el propio Glasgow, no se refieren a las medición de tiempos y distancias u otros parámetros técnicos del trabajo realizado en el Opera que pudieran inducir falsos resultados sobre la velocidad de los neutrinos, sino, como físicos teóricos que son, se basan en puras leyes de la física bien establecidas y contrastadas.

Su argumento parte del hecho de que una partícula no puede desintegrarse en sí misma más otras partículas, porque el resultado de la desintegración sería más masivo, o de mayor energía, que la partícula original. Sin embargo, si los neutrinos fueran superlumínicos, se podrían desintegrar en otras partículas, incluidos esos mismos neutrinos con una energía inferior. Esto sucedería exclusivamente a los neutrinos con una energía superior a un determinado umbral: se desintegrarían en el camino desde el CERN y no llegarían a Gran Sasso. En Opera, por el contrario, se han detectado neutrinos de energía alta y baja, es decir, que los primeros no se han desintegrado.

La idea es que si uno viaja a tanta energía se frena porque va irradiando y se queda en la energía más baja. Esto implica, según Cohen y Glashow, que la interpretación superlumínica de los datos de Opera es inconsistente, sin necesidad de acudir a más observaciones que las del propio experimento OPERA.

Dichos autores han dado a conocer su artículo (igual que los científicos de Opera) en el sitio de Internet donde suelen hacerlo los físicos antes de que su trabajo pase por el proceso de revisión entre pares obligado para su publicación en las revistas científicas. Pero este procedimiento de adelantar los trabajos en Internet agiliza el escrutinio entre colegas de los resultados. El error en el análisis de los datos OPERA, si lo hay, está por descubrir.

## 2. Tensión y desacuerdo entre los físicos del experimento de los neutrinos

**Varios científicos del equipo se oponen a la presentación formal del trabajo y no han firmado el artículo previo, según informa el Instituto de Física británico**

Alicia Rivera - Madrid - 12/10/2011 *elpais.com*

Es normal que en un equipo científico, y más si es numeroso, haya debate y posturas diferentes a la hora de analizar los resultados y exponer las conclusiones. Pero si ese equipo está en el punto de mira de todo el mundo (científico y no científico) por las implicaciones que tendrían esas conclusiones, de ser correctas, la tensión interna del grupo gana relevancia. [...] Y hay mucha tensión ahora [...] hasta el punto de que miembros del equipo se oponen al envío del artículo con los resultados definitivos a una revista científica (donde debe pasar la revisión entre pares) antes de haber comprobado todos los resultados de nuevo. Es más, varios jefes de grupo de la colaboración Opera se manifestaron en contra de hacer público el trabajo [...].

[...] Fueron debates intensos hasta el punto de que se sometió la cuestión a votación entre los especialistas

participantes en el experimento (unos 170 de varios países). Ganó la opción del líder de Opera, Antonio Ereditato, y se presentó el trabajo, pero quedó abierta la opción individual de firmar o no dicho artículo previo. Una decena de investigadores senior no lo hicieron. La estrategia que ellos proponen es seguir comprobando los datos, no sólo ellos mismos, sino también recibiendo sugerencias al respecto de expertos de la comunidad de física de partículas. Por supuesto, también están los físicos a la espera de que otros equipos (especialmente el experimento Minos estadounidense) esté en condiciones de repetir las mediciones de Opera y confirmarlas o refutarlas.

Algunos miembros de la colaboración Opera temen que puede haber alguna fuente desconocida de error sistemático y por eso defienden la estrategia de realizar más comprobaciones, pese a que pueden durar varios meses, antes de preparar el artículo científico definitivo [...]. Se apuntan, además, posibles puntos donde habría que incidir en las comprobaciones, como la determinación del momento preciso de creación y detección de los neutrinos, más análisis estadísticos de los datos y la sincronización en los relojes, sin descartar fallos en los sistemas electrónicos. [...]

## 3. Nuevos datos, aunque no definitivos, apoyan el experimento de los neutrinos

**Los científicos del laboratorio italiano que midieron para estas partículas velocidades superiores a la de la luz explican que han eliminado una posible fuente de error pero advierten que no tienen aún la respuesta**

Alicia Rivera - Madrid - 18/11/2011 *elpais.com*

Los neutrinos siguen superando la velocidad de la luz según los nuevos datos obtenidos por los científicos del experimento OPERA [...]. Han sacado nuevos registros modificando el haz de neutrinos que es clave en la prueba y el extraño fenómeno sigue produciéndose, pero los investigadores [...] son muy prudentes a la hora de sacar conclusiones. Ellos explican que todavía tienen que revisar otro posible origen de errores (la

determinación exacta de la distancia recorrida) y advierten que sólo se podrá decir la palabra definitiva sobre ese asunto cuando se confirmen los datos en otro experimento de este tipo realizado en otro laboratorio. Precisamente eso es lo que están haciendo los físicos del experimento Minos estadounidense, que están mejorando sus equipos para lograr una precisión equiparable a la de los italianos. En unos meses tendrán ya buenos datos, pero advierten que no esperan tener esa precisión comparable con la de sus colegas de Gran Sasso hasta 2014. [...] Los nuevos ensayos realizados en el experimento italiano parece que excluyen parte de los efectos sistemáticos que podrían haber afectado a las mediciones originales, dicen. Pero «una medición tan delicada y que conlleva una implicación profunda en la física requiere un nivel extraordinario de escrutinio» [...].

En las últimas semanas, los científicos de OPERA han mejorado los parámetros de su ensayo variando las características del haz de neutrinos de manera que obtienen «una mejor definición del tiempo» en el

origen de los neutrinos, explican. [...]

Mientras tanto, en EEUU, los científicos se preparan en Minos para poder confirmar o refutar los extraños resultados de OPERA. Con experimentos conceptualmente iguales pero diferentes en su construcción. [...] Una diferencia fundamental entre ambos ensayos es que el dispositivo estadounidense cuenta con dos detectores: uno justo al inicio del haz y otro en la llegada, lo que facilita la toma de datos precisos. Además de estas actualizaciones técnicas, los especialistas de Minos van a revisar a fondo los datos que han obtenido en los últimos años. [...]

### **Dirección de contacto**

**Antonio García-Carmona**

Universidad de Sevilla

*garcia-carmona@us.es*

Este artículo fue recibido en ALAMBIQUE. DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES en septiembre de 2012 y aceptado en abril de 2013 para su publicación