

Exploring Materials Science through Graphene: A Hands-On Experience

Explorando la ciencia de materiales a través del grafeno: una experiencia práctica

María González-Ingelmo

Instituto de Ciencia y Tecnología del Carbono, INCAR-CSIC, C/ Francisco Pintado Fe 26, Oviedo, 33011, España

Resumen

Este artículo presenta una actividad de divulgación científica dirigida a alumnado de tercer a quinto curso de Educación Primaria, cuyo objetivo es despertar el interés y la curiosidad por la ciencia de materiales. La propuesta combina una introducción conceptual asequible con una actividad experimental sencilla basada en la conductividad eléctrica.

La experiencia se articula en torno al grafeno, un material de gran relevancia científica desde su descubrimiento en 2004 por Geim y Novoselov, estableciendo un vínculo entre ciencia actual y materiales cotidianos como el grafito de los lápices. A través de un enfoque práctico, el alumnado explora la conductividad eléctrica mediante circuitos sobre papel, favoreciendo la comprensión de la relación entre estructura y propiedades de los materiales de forma intuitiva y motivadora.

Introducción

La ciencia de materiales es una disciplina clave para comprender el mundo que nos rodea, ya que permite explicar por qué los objetos presentan determinadas propiedades y cómo estas dependen de su estructura interna. Sin embargo, estos conceptos suelen resultar abstractos para el alumnado de Educación Primaria si no se abordan a partir de ejemplos cercanos y experiencias prácticas.

En este contexto, la divulgación científica en el aula es una herramienta fundamental para despertar el interés por la ciencia desde edades tempranas. El uso de objetos cotidianos, junto con la formulación de preguntas accesibles, facilita la introducción progresiva de conceptos más complejos, como la relación entre estructura, propiedades y aplicaciones de los materiales.

Un ejemplo especialmente adecuado para abordar este tipo de contenidos es el grafeno. El grafeno es un material que, aunque pueda parecer propio de la ciencia ficción, tiene su origen en algo tan cotidiano como el grafito de un lápiz. Se trata de una única capa de átomos de carbono organizados en una estructura hexagonal, extremadamente fina (de un átomo de grosor) y con propiedades muy singulares, como su gran resistencia y su alta conductividad eléctrica.

Desde su aislamiento en 2004, el grafeno ha suscitado gran interés en la comunidad científica y tecnológica, debido a sus posibles aplicaciones en campos como la electrónica, la energía o los sensores. Sin embargo, más allá de sus aplicaciones,

este material constituye una excelente herramienta didáctica para introducir al alumnado conceptos clave de la ciencia de materiales. En particular, su elevada conductividad eléctrica sirve como punto de partida para la actividad experimental planteada.

Objetivos

El objetivo general de este trabajo es presentar una actividad de divulgación científica que sirva de recurso para docentes de Educación Primaria, facilitando la introducción de conceptos básicos de ciencia de materiales. Los objetivos específicos que se plantean son:

- Diseñar una actividad que despierte el interés y la curiosidad del alumnado hacia la ciencia.
- Introducir conceptos fundamentales de la ciencia de materiales, como la relación entre estructura, propiedades y aplicaciones.
- Utilizar materiales cotidianos para facilitar la comprensión de conceptos científicos.
- Acercar al alumnado a materiales de relevancia actual, como el grafeno.
- Proporcionar una propuesta didáctica sencilla y reproducible en distintos contextos educativos.

Actividades Realizadas

La actividad propuesta se organiza en varias fases que combinan reflexión guiada, participación activa y experimentación, con el objetivo de facilitar la comprensión de conceptos básicos de ciencia de materiales.

1. Exploración de materiales cotidianos

La sesión comienza mostrando una imagen en la que aparecen cubiertos fabricados en distintos materiales, entre ellos madera, metal, cerámica, vidrio y plástico (Figura 1).

A partir de esto, se pide al alumnado que identifique las diferencias entre los distintos objetos y que proponga posibles ventajas e inconvenientes de cada material. La discusión se lleva a cabo mediante preguntas abiertas y breves periodos de reflexión individual antes de compartir las respuestas con el resto del grupo.

Una vez identificados los distintos materiales, se plantea una segunda cuestión: ¿cómo se rompería cada uno de ellos si intentásemos doblarlo o fracturarlo? Este ejercicio permite que los alumnos relacionen intuitivamente cada material con propiedades mecánicas como la fragilidad, la resistencia o la tenacidad.



Figura 1. Cubiertos fabricados en distintos materiales utilizados para analizar las propiedades y el comportamiento de la madera, el vidrio, la cerámica, los metales y el plástico.

Las respuestas obtenidas sirven como punto de partida para introducir la idea de que los materiales presentan comportamientos diferentes debido a su estructura interna. De este modo, se comenta la fragilidad característica del vidrio, la capacidad de los metales para deformarse antes de romperse (tenacidad), la elevada dureza y resistencia que presentan muchas cerámicas o la forma característica en la que la madera se rompe generando astillas.

2. ¿Qué estudia la ciencia de materiales?

Tras la primera reflexión, se introduce la ciencia de materiales mediante preguntas sencillas que permiten comprender el alcance de esta disciplina:

- ¿Cómo son por dentro, ya que se comportan diferente?
- ¿Cómo se fabrican? ¿Es fácil o difícil fabricarlos?
- ¿Cuál es más ligero? ¿Cuál es más duro? ¿Cuál aguanta mejor?
- ¿Cuánto lo puedo calentar o enfriar sin que se rompa?
- ¿Cuándo usamos unos y cuándo usamos otros?

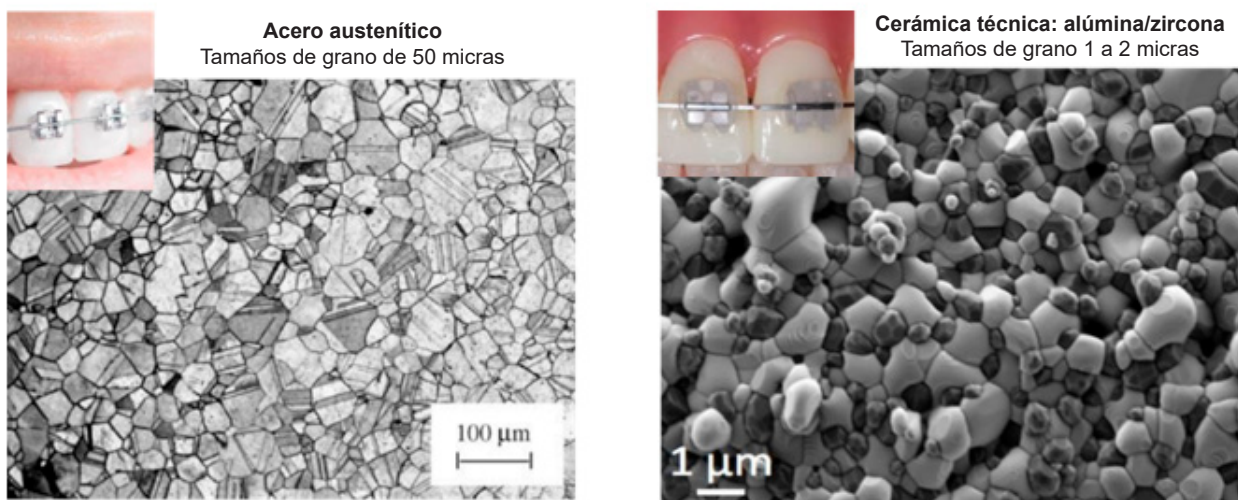
- ¿Cuánto vale?
- ¿Para qué se necesita?
- ¿Puedo hacer que sirva para algo más?

A partir de estas cuestiones se explica que la ciencia de materiales estudia la relación existente entre la forma de fabricar un material, su estructura interna, las propiedades que presenta y las aplicaciones para las que resulta útil.

3. La estructura interna de los materiales

Una vez introducidos los conceptos generales, se explica que los materiales poseen una estructura interna que no puede observarse a simple vista y que determina muchas de sus propiedades.

Para ello se emplean imágenes obtenidas mediante técnicas de microscopía correspondientes a dos materiales diferentes: un acero austenítico y una cerámica técnica de alúmina/zircona (Figura 2). En ambas imágenes pueden apreciarse los granos que constituyen la estructura del material. Sobre cada micrografía se incorpora además la fotografía de unos brackets de ortodoncia fabricados con dichos materiales, facilitando la conexión entre un objeto cotidiano y su estructura interna.

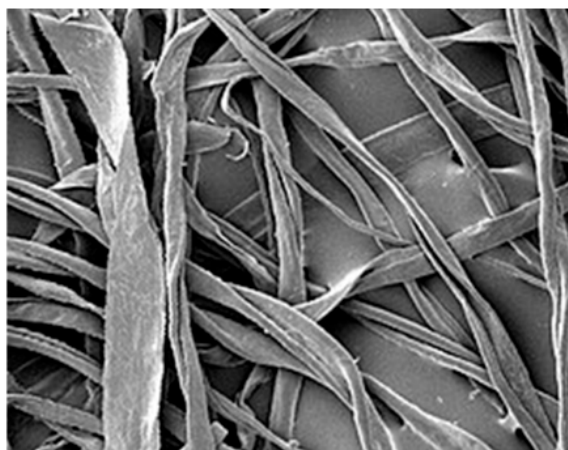


1 micra μm = 0,001 mm

Figura 2. Microestructuras de un acero austenítico y una cerámica técnica de alúmina/zircona para ilustrar que materiales diferentes presentan estructuras internas distintas.



Sal común



Fibras de algodón

Figura 3. Imágenes de microscopía de materiales cotidianos utilizadas para introducir la observación científica.

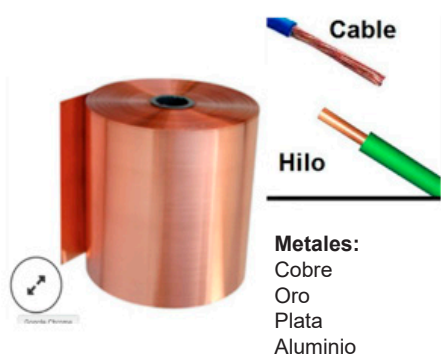
La actividad se plantea en forma de discusión guiada. Más que identificar correctamente las imágenes, el objetivo es que los alumnos observen y describan lo que ven. Se les pregunta cuál de las dos micrografías les resulta más atractiva y por qué. A partir de sus respuestas se introduce la idea de que distintos observadores pueden fijarse en aspectos diferentes de una misma imagen científica. Por ejemplo, la micrografía de la cerámica suele llamar la atención porque el relieve generado por los granos transmite una sensación de rugosidad y tridimensionalidad, mientras que la de acero suele percibirse como una imagen más uniforme y plana. Posteriormente, se presentan nuevas imágenes de microscopía de materiales cotidianos sin revelar inicialmente su identidad, proponiendo al alumnado un pequeño reto de observación. En esta actividad deberán intentar deducir qué material se observa a partir de su aspecto microscópico. Entre los ejemplos utilizados se incluyen cristales de sal común y fibras de algodón (Figura 3).

Esta actividad permite acercar al alumnado el trabajo científico basado en la observación, al tiempo que refuerza una de las ideas principales de la sesión: materiales diferentes presentan estructuras diferentes, y, en consecuencia, propiedades y aplicaciones distintas.

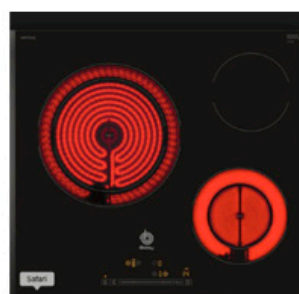
4. Propiedades y aplicaciones de los materiales

Una vez comprendido que los materiales presentan estructuras internas diferentes y que estas determinan sus propiedades, se plantea una nueva cuestión: ¿por qué utilizamos unos materiales para determinadas aplicaciones y otros para aplicaciones distintas?

Para responder a esta pregunta se muestran diversos ejemplos de materiales presentes tanto en el entorno cotidiano como en la industria, entre ellos una bobina y un hilo de cobre utilizados en aplicaciones eléctricas, una placa vitrocerámica, una vajilla de porcelana y una bobina de acero durante su procesamiento industrial (Figura 4).



Cerámica: Porcelana

Vitreocerámica:
Mezcla vidrio/cerámica

Metales: Acero muy caliente para moldearlo

Figura 4. Uso de distintos materiales en aplicaciones cotidianas e industriales.

A través de una discusión guiada, el alumnado reflexiona sobre qué propiedades hacen que cada material sea adecuado para una determinada función. De este modo, se introducen propiedades como la elevada conductividad eléctrica del cobre, que permite su utilización en cables y circuitos eléctricos; la resistencia de los materiales cerámicos frente a altas temperaturas o las propiedades mecánicas de los materiales metálicos, que explican su amplio uso en procesos industriales y estructuras.

Esta reflexión refuerza la idea de que la elección de un material no es arbitraria, sino que depende de las propiedades que se necesitan para una aplicación concreta.

Como conclusión de esta parte de la actividad se muestran ejemplos de aplicaciones tecnológicas más avanzadas, como cohetes espaciales y sistemas de aprovechamiento de energía solar. Estas imágenes permiten plantear una nueva pregunta: ¿para qué queremos nuevos materiales? La discusión pone de manifiesto que el desarrollo de materiales más ligeros, resistentes, eficientes o sostenibles ha sido fundamental para hacer posibles muchos avances tecnológicos.

Finalmente, se invita al alumnado a imaginar qué materiales podrían descubrirse en el futuro y para qué aplicaciones podrían utilizarse. Esta reflexión sirve como transición hacia la siguiente parte de la actividad, dedicada a los materiales de carbono, y en particular, al grafeno, uno de los materiales más estudiados en las últimas décadas.

5. Materiales de carbono: del grafito al grafeno

La siguiente actividad se centra en los materiales de carbono. Se presentan ejemplos conocidos como el diamante y el grafito, destacando que un mismo elemento químico puede dar lugar a materiales con propiedades muy distintas.

A partir del grafito de los lápices, material familiar para todo el alumnado, se introduce el grafeno como una única capa de átomos de carbono organizada en una estructura hexagonal. Se explica que esta disposición es responsable de muchas de sus propiedades excepcionales, entre ellas su elevada conductividad eléctrica.

Para reforzar este contenido se puede complementar la actividad con un recurso audiovisual divulgativo sobre el grafeno, adaptado al nivel educativo del alumnado. El video Descubre con Tadeo: Instituto de Ciencias Fotónicas presenta de forma amena algunas de las características y aplicaciones del grafeno. Se puede acceder al vídeo desde el siguiente enlace:

https://www.telecinco.es/tadeojones/descubre-con-tadeo/capitulo-instituto-ciencias-fotonicas_18_1682655222.html

Tras el visionado, se realiza una breve puesta en común en la que los alumnos comentan los aspectos que más les han llamado la atención y

recuerdan algunas de las propiedades del grafeno mencionadas en el vídeo. Esta discusión permite consolidar la idea de que la estructura de un material condiciona sus propiedades y sus posibles aplicaciones tecnológicas.

Finalmente, se plantea una pregunta que servirá de puente hacia la actividad experimental: si el grafeno es un excelente conductor eléctrico y el grafito está formado por múltiples capas de grafeno, ¿será también el grafito capaz de conducir la electricidad? La respuesta a esta cuestión se explora mediante la experiencia práctica descrita en el apartado siguiente.

6. Actividad experimental: construcción de circuitos de grafito

Para realizar esta actividad, cada estudiante o grupo recibe una hoja de trabajo (ver Figuras 5 y 6) con información introductoria sobre el grafeno, las instrucciones de la actividad y una serie de cuestiones que deberán responder a partir de sus observaciones. Asimismo, se proporciona el material necesario para la realización de la práctica: un lápiz de grafito 2B, un portapilas con conectores tipo cocodrilo y una bombilla LED.

La práctica comienza construyendo un circuito eléctrico sencillo para familiarizar al alumnado con los distintos elementos que lo componen. Posteriormente, siguiendo las instrucciones de la hoja de trabajo, los estudiantes rellenan con el lápiz uno de los cuadrados, tratando de depositar una capa continua de grafito. A continuación, se desconecta el lado rojo del cocodrilo y se apoya el hilo de cobre sobre un extremo de donde han depositado el grafito y el cocodrilo sobre el otro extremo. La bombilla debería encenderse si la capa de grafito depositada es suficientemente continua.

A partir de este momento, la actividad adquiere un carácter más exploratorio. El alumnado puede comparar zonas de distinta longitud, modificar la posición de los puntos de contacto o evaluar la influencia de la cantidad de grafito depositada. Estas pequeñas variaciones permiten observar cambios en la intensidad luminosa del LED y favorecen la formulación de hipótesis sobre el comportamiento eléctrico del material.

Durante el desarrollo de la práctica es habitual que algunos estudiantes no consigan encender el LED en el primer intento, bien porque la capa de grafito no sea suficientemente continua o porque existan pequeños errores en las conexiones. Estas situaciones se aprovechan como oportunidades de aprendizaje, animando al alumnado a revisar el montaje, identificar posibles problemas y proponer soluciones. La sorpresa que genera comprobar que un simple trazo realizado con un lápiz puede actuar como conductor eléctrico constituye uno de los aspectos más motivadores de toda la actividad.

GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN

MATERIALES RELEVANTES EN ESTE SIGLO

GRAFENO

Lápices: no están hechos de plomo-eso sería realmente peligroso!
Están hechos de **grafito**

El Grafito a escala atómica se parece a esto:

Posee muchas capas de átomos de carbono unas encima de otras y se organizan en forma de hexágonos, cada bolita sería un átomo de **Carbono**! A esto los científicos lo llamamos organización de **panal de abeja**

Si pelásemos cada capa hasta que pudiesemos quedarnos solo con **UNA** capa atómica...

Entonces tendríamos unos de los materiales más resistentes en el mundo!

“GRAFENO”

De la misma forma en que los médicos usan los rayos X para detectar huesos rotos, nosotros podríamos aprovechar que el grafeno es muy buen conductor eléctrico para detectar grietas en los edificios!.

ACTIVIDAD: ¿Significa todo esto que el grafito de tu lápiz es También un buen conductor eléctrico? Si esto es así, entonces podemos dibujar unos cables para encender unas bombillas LED. ¿Lo intentamos?

Figura 5. Material didáctico para la actividad experimental sobre grafeno y conductividad eléctrica (1).



MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN



CSIC



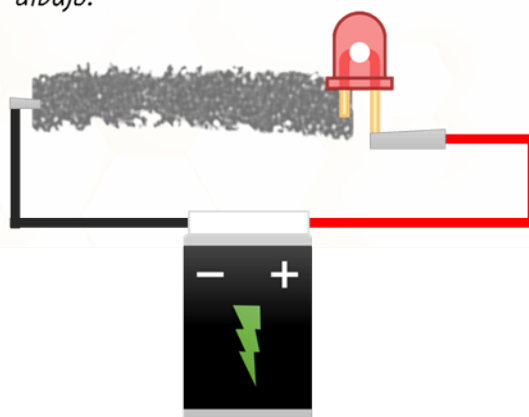
CIRCUITOS DE PAPEL:

¿Cómo dibujar cables a partir de un lápiz?

Qué necesitas

- Pila 9V
- Lápiz 2B
- Conectores cocodrilo (rojo y negro)
- Bombilla LED (ROJO, AMARILLO, VERDE)

Instrucciones: Crea el circuito que se muestra en el dibujo:



CONSEJOS!

Extremo largo – Rojo Conecta el cable rojo(positivo) al extremo largo del LED

Intenta no conectar el circuito sin el grafito en el medio o el LED podría **QUEMARSE!!**

1- **Rellena las dos Casillas A y B con lápiz** – comprueba que las has rellenado completamente consiguiendo una capa brillante de grafito.

i) **Comprueba el circuito en cada casilla-**

¿Cuál de las dos casillas ilumina mejor el LED? ¿La corta o la larga?

¿Por qué crees que sucede eso?

ii) **Intenta mover el LED mas cerca del otro cocodrilo**

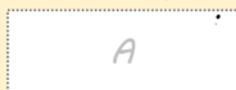
¿Qué ocurre?

¿Por qué crees que sucede eso?

iii) **Compara el grafito depositado con tu lápiz con el papel de grafito?**

Con cuál se consigue mayor iluminación del LED? ¿Por qué crees que sucede eso?

Rellenar



Rellenar



2- **Ahora prueba tu propio diseño:**

Figura 6. Material didáctico para la actividad experimental sobre grafeno y conductividad eléctrica (2).

7. Implementación y adaptación de la actividad

La actividad ha sido desarrollada en contextos educativos muy diversos, tanto en aulas convencionales como en acciones de divulgación realizadas en salones de actos y espacios de mayor capacidad. A lo largo de los años se ha implementado con grupos reducidos de aproximadamente 25 estudiantes, en los que cada participante dispone de su propio material experimental, así como en sesiones con hasta 100 alumnos, donde los materiales son compartidos entre pequeños grupos de trabajo.

La duración total de la actividad es de aproximadamente 45 a 60 minutos. La primera parte se dedica a la introducción de conceptos básicos de ciencia de materiales mediante preguntas, ejemplos cotidianos y discusión guiada, mientras que la segunda se centra en la realización de la actividad experimental relacionada con el grafito y la conductividad eléctrica.

La propuesta ha sido diseñada para alumnado de tercer a quinto curso de Educación Primaria, aunque puede adaptarse fácilmente a otros niveles educativos modificando la profundidad de las explicaciones o ampliando los contenidos relacionados con la estructura de los materiales y sus aplicaciones tecnológicas.

El carácter visual y participativo de la actividad, unido al empleo de materiales sencillos y de bajo coste, facilita su implementación en diferentes contextos educativos y de divulgación científica, permitiendo que cualquier docente pueda reproducirla con recursos fácilmente accesibles.

Resultados

La actividad ha sido impartida por varios miembros del grupo de Materiales Compuestos del Instituto de Ciencia y Tecnología del Carbono (INCAR-CSIC) en numerosos centros educativos de Educación Primaria y Secundaria, así como en distintas acciones de divulgación científica organizadas en el marco de la Semana de la Ciencia y la Tecnología del CSIC.

La experiencia ha mostrado una elevada capacidad para captar la atención del alumnado, especialmente durante la parte experimental, en la que los estudiantes comprueban que un simple trazo realizado con un lápiz puede conducir la corriente eléctrica y encender un LED. Este resultado genera habitualmente sorpresa y favorece la participación activa durante toda la sesión.

Desde el punto de vista educativo, la actividad permite introducir conceptos fundamentales de ciencia de materiales, ayudando al alumnado a comprender que la estructura de un material influye directamente en sus propiedades y aplicaciones. Asimismo, facilita la familiarización con materiales de interés científico actual, como el grafito, a partir de ejemplos cercanos y fácilmente reconocibles por los estudiantes.

Durante el desarrollo de la práctica, los alumnos deben observar, formular hipótesis, interpretar resultados y resolver pequeñas dificultades experimentales relacionadas con el montaje del circuito. Estas tareas favorecen el razonamiento científico, la resolución de problemas y el aprendizaje a través de la experimentación.

Cuando la actividad se realiza en pequeños grupos, también se observa el desarrollo de competencias relacionadas con el trabajo cooperativo, la comunicación y la coordinación de tareas. Asimismo, la manipulación de materiales y componentes sencillos contribuye al desarrollo de habilidades psicomotrices y destrezas manuales.

En términos generales, los principales resultados observados pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Incremento de la curiosidad e interés por la ciencia y la tecnología.
- Introducción a conceptos básicos de ciencia de materiales.
- Comprensión elemental de la conductividad eléctrica y los circuitos.
- Familiarización con materiales de carbono y con el grafito.
- Desarrollo de capacidades de observación, formulación de hipótesis e interpretación de resultados.
- Fomento del trabajo en equipo y de las habilidades manipulativas.
- Acercamiento a la investigación científica mediante ejemplos y materiales de actualidad.

Conclusiones

La actividad presentada permite introducir conceptos básicos de ciencia de materiales a través de una experiencia práctica sencilla, accesible y motivadora. Partiendo de ejemplos cotidianos y del grafito presente en los lápices, el alumnado puede comprender la relación entre estructura, propiedades y aplicaciones de los materiales, al tiempo que se familiariza con un material de gran relevancia científica como el grafito.

La experiencia ha demostrado ser fácilmente adaptable a distintos contextos educativos y constituye una herramienta útil para despertar el interés por la ciencia y acercar la investigación actual a las aulas de Educación Primaria.

Agradecimientos

La autora agradece el apoyo recibido a través del proyecto IDE/2024/000737, financiado por la Agencia SEKUENS (Gobierno del Principado de Asturias).

Bibliografía

Menéndez, Rosa; Blanco, Clara. El grafito. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC); Los Libros de la Catarata, 2014. (¿Qué sabemos de?; 57). ISBN 978-84-00-09886-5.