

COORDINADORES:

Ileana Greca Dufranc
Eva M. García Terceño
Radu Bogdan Toma
Jairo Ortiz Revilla

**31 ENCUENTROS INTERNACIONALES DE
DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES.
"HACIA UNA EDUCACIÓN CIENTÍFICA
ALINEADA CON LA AGENDA 2030"**



**UNIVERSIDAD
DE BURGOS**

Mapeando Controversias sobre la Edición Genética Humana con Estudiantes del Grado en Educación Primaria: Caso de Lulu y Nana

Inmaculada Ortiz Martín^{1a}, Daniel Cebrián Robles^{1b}

¹Departamento de Didáctica de la Matemática, de las Ciencias Sociales y de las Ciencias Experimentales. Universidad de Málaga. ^a inmaom@uma.es, ^b dcebrian@uma.es

RESUMEN: En este trabajo se analiza el mapeo de controversias como una estrategia didáctica para abordar, con estudiantes del Grado en Educación Primaria, la cuestión sociocientífica del uso de la técnica CRISPR para modificar genéticamente embriones humanos y el estudio del caso de las gemelas chinas Lulu y Nana, cuyos genomas fueron editados mediante esta técnica. Se analizaron los mapas de controversias de 10 grupos de estudiantes, en la asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales, durante el curso académico 2023/24, antes y después de conocer el caso de Lulu y Nana. Los resultados muestran que el mapeo de controversias contribuyó a una comprensión más profunda de la cuestión, mientras que el método del caso promovió un debate reflexivo sobre sus implicaciones éticas, sociales y científicas, ampliando la consideración de agentes implicados y de las relaciones entre ellos.

PALABRAS CLAVE: mapeo de controversias, edición genética humana, profesorado de Educación Primaria en formación inicial.

ABSTRACT: This work analyses the controversy mapping with undergraduates as a didactic strategy to address the socioscientific issue of the use of CRISPR technique for genetically modifying human embryos and the study of the case of the Chinese twins Lulu and Nana, whose genomes were edited using this technique. The controversy maps of 10 groups of students in the subject Didactics of Experimental Sciences during the 2023/24 academic year were analysed before and after learning about the case of Lulu and Nana. The results show that controversy mapping contributed to a deeper understanding of the issue, while the case method promoted a reflective debate on its ethical, social, and scientific implications, broadening the consideration of the agents that are involved and the relationships between them.

KEYWORDS: controversy mapping, human genome editing, primary school teachers in initial training.

INTRODUCCIÓN

En el contexto social actual, dominado por las fuentes de información digitales, la desinformación sobre contenidos científicos constituye una de las mayores preocupaciones de la ciudadanía, que tiene que decidir, en su día a día, sobre cuestiones sociocientíficas muy diversas con base en sus conocimientos y en la información disponible. Por ello, combatir esta información intencionadamente manipulada es objetivo de todas las sociedades democráticas para salvaguardar los derechos y las

libertades de sus ciudadanos. Entre las recomendaciones que recoge el Informe de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) (2023), cabe destacar:

R1. Promover la alfabetización mediática entre toda la población. R2. Aumentar el conocimiento sobre el funcionamiento de la ciencia. R3. Fomentar el conocimiento sobre las prácticas sociales que la comunidad científica utiliza para producir conocimientos fiables y los criterios de pericia científica. (p. 28)

Esto implica: (1) enseñar a las personas a ser críticas y reflexivas sobre la información que consumen; (2) fomentar una comprensión más realista y apreciativa de la ciencia en la sociedad, haciendo entender cuál confiable es, al tratarse de una actividad transparente y sometida a juicio constante para evaluar su validez y fiabilidad; y (3) transmitir que la ciencia no es solo un conjunto de hechos o teorías, sino también un proceso social que se lleva a cabo dentro de una comunidad de científicos donde la colaboración, la comunicación y la ética constituye la base de su investigación.

Para garantizar que el estudiantado tenga una sólida formación científica que le ayude a desenvolverse en la sociedad y lo capacite para resolver problemas, se hace necesaria la mejora de la enseñanza de las ciencias en el profesorado en formación inicial. De ahí surge, entre otras, la contextualización de la enseñanza-aprendizaje de las ciencias basadas en las cuestiones controvertidas sociocientíficas (Levinson, 2006), cuyo objetivo principal es hacer participe al alumnado en la toma de decisiones informadas en cuestiones relevantes relacionadas con la ciencia de repercusión en la sociedad. Si, además, este contexto es de su interés, ya sea personal, local o global, esto le permitirá ser consciente de la utilidad de las ciencias, aumentando la motivación por la misma, lo que contribuirá a conseguir un aprendizaje más significativo y relevante (Buenaño-Cervera et al., 2023).

En la literatura podemos encontrar algunos enfoques que permiten abordar dichas cuestiones sociocientíficas. La Teoría del Actor-Red (TAR) es un marco teórico para el análisis de fenómenos sociales que se centra en el estudio de las relaciones entre los actores implicados, denominados actantes, ya que incluyen entidades humanas y no humanas (objetos, ideas, animales, tecnologías...), de modo que para comprender dichos fenómenos en toda su complejidad, además de observarlos de manera individual, es necesario considerar las conexiones que se establecen entre ellos (Latour, 1996, 2005; Venturini y Latour, 2010). El mapeo de controversias es una herramienta didáctica basada en la TAR que ha resultado ser eficaz para analizar y visualizar las diferentes posiciones y argumentos que se presentan en las controversias (Venturini et al., 2015).

En la actualidad, un ejemplo de cuestión sociocientífica es la edición genética de los seres vivos, ya que suscita importantes debates relacionados con su impacto en la sociedad a nivel económico, ambiental, sanitario, ético, etc. (Sternberg, 2018). Debido a su complejidad y carácter controvertido, esta cuestión es objeto de bulos que desvirtúan las fuentes confiables de información, lo cual genera miedo y desconfianza hacia la ciencia (Godwin y Puls, 2019; Pfizer, 2021). Por ello, es importante fomentar un diálogo informado y basado en la evidencia científica, donde se consideren todas las perspectivas y se aborden de manera responsable los riesgos y los beneficios de esta manipulación genética, que, además, deben ser conocidos y comprendidos por la sociedad, especialmente por los colectivos a quienes van dirigidos. La comunidad científica es consciente de la importancia de involucrar a todos ellos en la discusión y atender a sus demandas a nivel global, incluidas las éticas, ya que, como bien señala Montoliu (2024), no todo lo que seamos capaces de hacer debería poder hacerse. En este escenario, y tras el uso no autorizado en 2018 de la técnica de edición genética CRISPR para crear bebés inmunes al virus del SIDA en China, surgió la iniciativa ARRIGE (siglas en inglés de Asociación para la Investigación Responsable e Innovación en Edición Genética),

con el objetivo de fomentar un marco global para la regulación de la edición genómica que involucre a todos los actores relevantes: académicos, investigadores, profesionales médicos, instituciones públicas y privadas, grupos de pacientes, ONG, reguladores, ciudadanos, medios de comunicación y responsables políticos de todo el mundo (Montoliu et al., 2018).

En este estudio se ha seleccionado la herramienta del mapeo de controversias para que el profesorado de Educación Primaria en formación inicial aborde la cuestión sociocientífica de la edición genética humana. El objetivo es analizar cómo el mapeo de controversias y el método del caso propuesto contribuyen a la comprensión y visualización de una cuestión controvertida en toda su complejidad.

METODOLOGÍA

Contexto

En este trabajo participaron 48 estudiantes del tercer curso del Grado en Educación Primaria en la asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales, durante el curso 2023/24. El alumnado se organizó en 10 grupos, integrados por 4 o 5 estudiantes cada uno. La propuesta formativa constó de dos sesiones de 60 y 90 minutos de duración, respectivamente. En la primera sesión, la docente responsable de la asignatura realizó la presentación de la actividad y el alumnado elaboró el mapa de controversias inicial. En la segunda sesión se presentó el caso práctico y, tras un debate en pequeños grupos sobre dicho caso, el alumnado realizó un segundo mapa de controversias, modificando el inicial con el fin de mejorarlo. En esta sesión estuvieron presentes dos profesores del área de conocimiento de Didáctica de las Ciencias Experimentales.

Mapeo de controversias

La elaboración de un mapa de controversias permite al estudiantado comprender, examinar y representar una cuestión controvertida compleja a través de un proceso de indagación de las actuaciones de cada uno de los agentes implicados. Tal y como describen España-Naveira et al.(2023), este análisis puede desarrollarse de manera extensa o abreviada, dependiendo del tiempo disponible para su realización y de la autonomía y la libertad que el estudiantado tenga tanto en el diseño como en el desarrollo de la actividad. El contexto de la actividad que se presenta en este trabajo es el problema sociocientífico de la edición genética humana, abordando la controversia sobre el uso de la técnica CRISPR-Cas9 para modificar el ADN del ser humano. Se optó por el plan de trabajo abreviado, debido a que se disponía de un tiempo limitado, y se realizó en cuatro fases:

1. Elección de la cuestión sociocientífica por la docente, la cual realizó un trabajo de preparación previo para contextualizar la controversia en un caso real, actual y de interés global: el caso de Lulu y Nana.
2. Mapeo inicial de controversias con las ideas previas del alumnado. Cada grupo de estudiantes trabajó de forma independiente y cooperativa realizando, primero, una lluvia de ideas para identificar y seleccionar los actantes implicados en la controversia propuesta, y, seguidamente, discutiendo las razones de dicha elección. A continuación, se les pidió que agruparan a los actantes según su área de influencia para constituir los polos del mapa, a los que debían asignarles un nombre que los representara. Por último, los actantes, tanto del mismo como de otros polos, debían conectarse entre sí indicando la naturaleza de dicho vínculo, que podía ser favorable, positiva o potenciadora, o no favorable, negativa u opositora.
3. Análisis de la información proporcionada. Se les presentó el caso para contextualizar la controversia y se les pidió realizar una discusión por grupos de trabajo.

4. Continuación del mapeo de controversias con la información suministrada, teniendo que explicar los cambios realizados con respecto al mapa inicial.

Para el mapeo se utilizó la plataforma MURAL (mural.co), una herramienta en línea, de uso fácil e intuitivo, que permite la colaboración en tiempo real y la creación de murales digitales con la capacidad de incorporar herramientas de dibujo, notas, comentarios y archivos multimedia a los mismos. El análisis de los mapas se realizó contabilizando el número de actantes y conexiones establecidas entre ellos (Cruz-Lorite et al., 2020).

El caso de Lulú y Nana

Para abordar la cuestión controvertida se recurrió al método del caso, en el que se presenta una situación real concreta a estudiar, poniéndose de manifiesto la naturaleza abierta, ambigua e incierta de dicha cuestión. Para su elaboración se escogió el caso de las gemelas chinas Lulu y Nana, cuyo nacimiento fue anunciado en noviembre de 2018 por el científico He Jiankui, en la Segunda Cumbre Internacional sobre Edición del Genoma Humano celebrada en Hong Kong. He afirmó que había utilizado la técnica CRISPR-Cas9 para modificar los embriones y hacer que los bebés fueran inmunes al VIH. El anuncio provocó un gran revuelo en la comunidad científica, ya que dicha técnica no cumple aún con los criterios de eficacia y seguridad establecidos, ni existe un consenso internacional sobre su aplicación clínica, lo que plantea numerosos dilemas éticos y riesgos desconocidos para la salud (Fisher, 2023). Por su naturaleza y sus futuras consecuencias para la humanidad, esta cuestión resulta inquietante para la ciudadanía global, por lo que se consideró adecuada para plantear al estudiantado el análisis de las controversias que suscita.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron un total de veinte mapas, dos por grupo, el Mapa 1 y el Mapa 2, antes y después de conocer la información presentada en el caso. En la Tabla 1 se muestra el número de polos, de actantes y de relaciones entre los actantes de los mapas elaborados por todos los grupos, así como la naturaleza de esas relaciones. Todos los grupos introdujeron cambios en uno o más de estos elementos del Mapa 1 para elaborar el Mapa 2, siendo los más notables los efectuados en el número y la caracterización de las relaciones.

Tabla 1. Número de polos, actantes y relaciones propuestas por el alumnado.

Grupo	Mapa 1			Mapa 2				
	Polos	Actantes	Relaciones	Polos	Actantes	Relaciones		
						+	-	sd
1	3	12	0	5	20	14	9	0
2	3	7	5	3	12	3	2	7
3	4	12	15	4	12	1	12	2
4	4	9	14	4	12	5 (p)	6 (c)	3 (d)
5	4	14	0	4	14	7	5	2
6	5	15	3	4	16	9		
7	4	13	0	4	17	5	2	3
8	3	5	6	6	10	2	12	0
9	4	12	0	4	19	4		
10	4	7	0	4	10	4		

(+) Relación favorable; (-) Relación desfavorable; (sd) Relación sin determinar

(p) permitido o no; (c) correcto o no; (d) dependencia

La mayoría de los grupos incluyeron 4 polos en el Mapa 1, siendo el polo más predominante el político (80%), seguido del social y el económico (60%) y el científico (50%). En cambio, en el Mapa 2, el polo científico ocupó la segunda posición con una representación de un 60%, sólo superada por el político (70%). Esto sugiere que la información presentada en el caso tuvo un impacto en la percepción de los participantes sobre la importancia de los aspectos científicos en la situación estudiada.

Con relación al número de actantes, se observan diferencias entre los grupos, aunque la mayoría supera la decena. Además, dentro de cada grupo se detecta un incremento de actantes incluidos en el Mapa 2. Para saber si esta diferencia es estadísticamente significativa, se utilizó la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon, cuyo resultado fue significativo ($z=-2,52$; $\alpha=0,05$). Este aumento en el número de actantes sugiere que la información proporcionada en el caso pudo contribuir a que los grupos tuvieran una visión más amplia de la complejidad de la cuestión al considerar a más agentes implicados en la misma.

En cuanto a las relaciones, sólo la mitad de los grupos las incluyen en el Mapa 1, sin determinar si son favorables o desfavorables. En cambio, en el Mapa 2, todos los grupos establecen conexiones entre los actantes (incrementándose el número en los que ya las habían establecido en el Mapa 1). Esto sugiere una mayor profundización en el análisis de las interacciones entre los actantes seleccionados.

Estos resultados resaltan la importancia de considerar la dinámica de los sistemas complejos y la relevancia de la información contextual en la formulación de modelos conceptuales para abordar problemas interdisciplinarios.

A modo de ejemplo, en la Figura 1 y en la Tabla 2 se muestran los resultados del grupo 1.

CONCLUSIONES

Los resultados indican que la actividad de mapeo de controversias promovió una comprensión más profunda de la cuestión de la edición genética humana entre los estudiantes. Asimismo, el método del caso fomentó un debate más informado y reflexivo sobre las implicaciones éticas, sociales y científicas, lo que contribuyó a considerar un mayor número de polos, actantes y relaciones, así como una mayor complejidad de dichas relaciones. Investigaciones futuras se centrarán en la optimización de este enfoque, con la incorporación de otras metodologías activas, para promover la integración del conocimiento adquirido en la argumentación sobre cuestiones sociocientíficas.

Tabla 2. Polos, actantes y relaciones propuestas por el grupo 1.

Polos	Económico		Político	Social	
Actantes Mapa 1	<ul style="list-style-type: none"> - El dinero por encima de la moral - Desigual acceso a la modificación genética - Establecer un precio por la vida humana - Hacer de las modificaciones genéticas un negocio 		<ul style="list-style-type: none"> - Organizaciones que controlen o limiten la edición - Ataques biológicos - Decisión sobre la prohibición o no 	<ul style="list-style-type: none"> - Desaparición de personas con Enfermedades genéticas - Salvar vidas y prolongar vidas - Grandes avances científicos - Diseño a la carta de nuevos seres humanos - Decisión sobre la prohibición o no 	
Polos	Económico	Político	Social	Ambiental	Científico
Actantes Mapa 2	<ul style="list-style-type: none"> - Recursos - Inversión en investigación y tecnología - Aplicación (técnicas) 	<ul style="list-style-type: none"> - Organizaciones que controlen o limiten la edición - Ataques biológicos - ¿Prohibición? 	<ul style="list-style-type: none"> - Grupos religiosos en contra - Gobierno - Paciente - Medios de comunicación - Efectos secundarios - Comprar esperanza 	<ul style="list-style-type: none"> - OMS y ONU - Experimentación animal - Industrias farmacéuticas 	<ul style="list-style-type: none"> - Investigadores y científicos - Laboratorios - Avance del conocimiento científico - Enfermedades genéticas

Relaciones <i>Mapa 2</i>	
(+) Aplicación ↔ Industrias farmacéuticas	(+) Investigadores ↔ Laboratorios
(+) Recursos ↔ Pacientes	(+) Investigadores ↔ Avance del conocimiento
(+) Recursos ↔ Comprar esperanza	(-) Paciente ↔ Ataques biológicos
(+) Recursos ↔ Laboratorios	(-) Paciente ↔ ¿Prohibición?
(+) Inversión I+T ↔ Laboratorios	(-) Paciente ↔ Organización control edición
(+) Inversión I+T ↔ Investigadores	(-) Paciente ↔ Efectos secundarios
(+) Inversión I+T ↔ Industrias farmacéuticas	(-) Paciente ↔ Enfermedades genéticas
(+) Gobierno ↔ Avance del conocimiento	(-) Grupos religiosos ↔ ¿Prohibición?
(+) Industrias farm. ↔ Experimentación Animal	(-) Gobierno ↔ OMS/ ONU
(+) Industrias farm. ↔ Comprar esperanza	(-) Industrias farm. ↔ Comprar esperanza
(+) Industrias farm. ↔ Laboratorios	(-) Medios de comunicación ↔ ¿Prohibición?
(+) OMS/ ONU ↔ Organización control edición	

(+) Relación favorable; (-) Relación desfavorable.

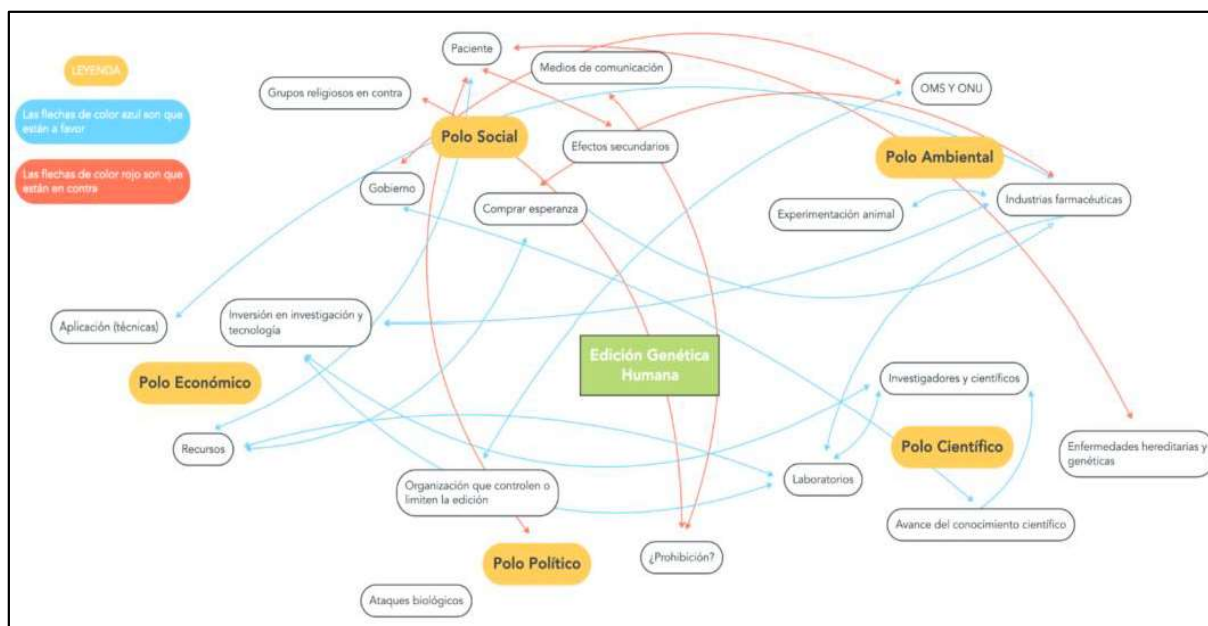


Figura 1. Mapa 2 elaborado por el grupo 1.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Buenaño, N. A., Palacios, C. Y., Soplpuco, J. P., y Reluz, F. F. (2023). Importancia de la motivación para el aprendizaje universitario: Una revisión integradora. *Revista De Ciencias Sociales*, 29(4), 371-385.
- Cruz-Lorite, I. M., Acebal-Expósito, M. C. y Cebrián-Robles, D. (2020). Cartografía de controversias sobre el actual modelo de producción y consumo de carne: una experiencia virtual con profesorado de educación infantil en formación inicial. En *Actas Electrónicas del I Congreso Internacional sobre Educación Científica y Problemas Relevantes para la Ciudadanía* (págs. 206-209).
- España-Naveira, P., Morales-Soler, E. y Cebrián-Robles, D. (2021). La visión de la ciudad en la pandemia de la Covid-19 de estudiantes de 3º de ESO a través de una

- cartografía de controversias. En *Actas Electrónicas del XI Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias 2021* (págs. 2009-2012). Lisboa: Enseñanza de las Ciencias.
- Fisher, A. (8 de febrero de 2023). *He Jiankui: el científico que creó bebés modificados genéticamente vuelve a la ciencia tras estar encarcelado*.
<https://www.ngenespanol.com/ciencia/he-jiankui-como-crear-bebes-modificados-geneticamente/>
- Latour, B. (1996). On actor-network theory: A few clarifications. *Soziale welt*, 369-381.
- Latour, B. (2005). *Reassembling the social: An introduction to actor-network-theory*. Oxford University Press.
- Levinson, R. (2006) Towards a Theoretical Framework for Teaching Controversial Socio-scientific Issues. *International Journal of Science Education*, 28(10), 1201-1224.
- Montoliu, L., Merchant, J., Hirsch, F., Abecassis, M., Jouannet, P., Baertschi, B., Sarrauste de Menthière, C., & Chneiweiss, H. (2018). ARRIGE Arrives: Toward the Responsible Use of Genome Editing. *The CRISPR journal*, 1(2), 128–129.
- Montoliu, L. (2024). *No todo vale. ¿Qué hace un científico hablando de ética?* Next Door Publishers.
- Muñoz-Campos V, Franco-Mariscal A.J. Y Blanco-López A. (2020) Integración de prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización en un contexto de la vida diaria. Valoraciones de estudiantes de secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 17(3), 3201.
- Pfizer Comunicación (2 de diciembre de 2021). *La importancia de una información veraz y la lucha contra los bulos, claves en el conocimiento sobre la terapia génica*
<https://www.pfizer.es/files/211202-NP-GENTE2-Terapia-G%C3%A9nica.pdf>
- Spanish Foundation for Science and Technology, Universidad de Navarra, & Real Instituto Elcano de Estudios Internacionales y Estratégicos. (2023). *Scientific Misinformation in Spain*. Spanish Foundation for Science and Technology.
- Sternberg, S. (2018). La revolución biológica de la edición genética con tecnología CRISPR en Madrid, BBVA (ed.) ¿Hacia una nueva Ilustración? Una década trascendente (pp. 203-219).
- Venturini, T. y Latour, B. (2010). The Social Fabric: Digital and quali-quantitative methods. In *Proceedings of Future En Seine 2009*. Paris.
- Venturini, T., Ricci, D., Mauri, M., Kimbell, L., y Meunier, A. (2015). Designing Controversies and Their Publics. *Design Issues*, 31(3), 74–87.
- Godwin, I. Y Puls, M. (5 February 2019). *Scientists urged to fight GMO fake news*.
<https://www.uq.edu.au/news/article/2019/02/scientists-urged-fight-gmo-fake-news>