

Enseñanza de las ciencias en tiempos de COVID-19

De la investigación didáctica al aula

Ana María Abril, Ángel Blanco,
Antonio Joaquín Franco (coords.)

Enseñanza de las ciencias en tiempos de COVID-19

De la investigación didáctica al aula

Ana María Abril, Ángel Blanco,
Antonio Joaquín Franco (coords.)

Asociación de Profesores e Investigadores en
Didáctica de las Ciencias Experimentales (APICE)



Colección Análisis y Estudios

Serie: Didáctica de las ciencias experimentales/Investigación educativa

© Ana María Abril Gallego, Ángel Blanco López, Antonio Joaquín Franco Mariscal (coords.), Nuria Álvaro Mora, Jaume Ametller Leal, Lourdes Aragón Núñez, María del Mar Aragón Méndez, Marta R. Ariza, Anna Borrull-Riega, Elena Bravo Lucas, Aurelio Cabello Garrido, José Cantó Doménech, Beatriz Cara Torres, Beatriz Carrasquer Álvarez, Florentina Gañada Cañada, Daniel Cebrián Robles, Ángel Luis Cortés Gracia, Ana María Criado García-Legaz, Isabel María Cruz Lorite, Javier Cubero Juárez, Antonio de Pro Bueno, Carlos de Pro Chereguini, Paloma España Naveira, Enrique España Ramos, Ángel Ezquerro Martínez, Susana García Barros, Andrés García Ruiz, Cristina García Ruiz, Anabella Garzón Fernández, Valentín Gavidia Catalán, Jesús Ramón Girón Gambero, Marta Gómiz Aragón, Francisco González García, Francisco José González García, Carme Grimalt-Álvaro, Jenaro Guisasola Aranzabal, Míriam Andrea Hernández del Barco, Mireia Illescas Navarro, María Rut Jiménez Liso, Luisa López Banet, Teresa Lupión Cobos, María Mercedes Martínez Aznar, Olga Mayoral García-Berlanga, José María Marcos Merino, Conxita Márquez Bargalló, Cristina Martínez Losada, Beatriz Mazas Gil, Alba Montalbán Quesada, Granada Muñoz Franco, M.^a Roser Nebot Castelló, José María Oliva Martínez, Francisco Javier Perales Palacios, José Manuel Pérez Martín, Adrián Ponz Miranda, Antonio Quesada Armenteros, José Reig Armiñana, Noela Rodríguez Losada, Marta Romero Ariza, Pilar Gema Rodríguez Ortega, María José Sáez Bondía, Jordi Solbes Matarredona, María del Carmen Solís Espallargas, Cristina Vallés Rapp, Cristina Valls Bautista

© de esta edición: Editorial GRAÓ, de IRIF, S.L.

c/ Hurtado, 29. 08022 Barcelona

www.grao.com

1.^a edición: diciembre 2021

ISBN: 978-84-18627-60-6

D.L.: B 19994-2021

Diseño: María Tortajada Carenys

Impresión: Podiprint

Impresión bajo demanda para España y Latinoamérica

Quedan rigurosamente prohibidos y estarán sometidos a las sanciones establecidas por las leyes, la reproducción o total o parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de esta por cualquier medio, tanto si es eléctrico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización escrita de los titulares del *copyright*. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, *www.cedro.org*) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra (*www.conlicencia.com*, 917 021 970 / 932 720 447).

Índice

Presentación	9
Introducción	11
Referencias bibliográficas	13
Prólogo, Isabel Sola Gurpegui	15
Bloque 1. Aspectos generales	
1. Uso de la cartografía de controversias para analizar la pandemia de la COVID-19, Aurelio Cabello Garrido, Isabel María Cruz Lorite, Paloma España Naveira, Daniel Cebrián Robles, Francisco José González García, Enrique España Ramos, Ángel Blanco López	21
Introducción	21
Una cartografía de controversias sobre la pandemia de la COVID-19	24
Utilización de la cartografía de controversias sobre la COVID-19 en el ámbito educativo	28
Referencias bibliográficas	30
Para saber más	32
2. ¿Cómo ser competente ante la COVID-19?, Valentín Gavidia, Nuria Álvaro, José Reig, Adrián Ponz, Beatriz Carrasquer, Javier Cubero, Olga Mayoral	35
¿Qué sabemos sobre el desarrollo de competencias ante la COVID-19?	35
Para tener en cuenta antes de enseñar.	39
Referencias bibliográficas	45
Para saber más	45
3. Enseñanza de las ciencias experimentales en la era de la posverdad, Jenaro Guisasola, Jaume Ametller	47
Introducción	47
Los nuevos currículos de ciencias y la evaluación de la información obtenida en Internet y redes sociales.	51

Aspectos relevantes de la enseñanza de las ciencias para proporcionar herramientas capaces para la comprensión de la ciencia . . .	52
Referencias bibliográficas	55

Bloque 2. Aspectos biológicos y geológicos

4. ¿De dónde proviene este coronavirus?, C. Vallés,	
<i>N. Rodríguez-Losada, J.M. Pérez Martín y A.M. Abril</i>	63
¿Qué sabemos del virus y de su origen?.	63
Para tener en cuenta antes de enseñar.	68
Referencias bibliográficas	71
Para saber más	72
5. ¿Qué hace el virus en mi cuerpo?, A.M. Abril,	
<i>S. García Barros, C. Martínez Losada</i>	75
¿Qué sabemos de anatomía humana en una infección por coronavirus?	75
Para tener en cuenta antes de enseñar.	78
Para saber más	83
6. ¿Cómo podemos detectar la presencia del virus SARS-CoV-2 en el organismo?, C. Grimalt-Álvaro, C. Valls-Bautista,	
<i>A. Borrull-Riera</i>	85
¿Qué sabemos de...	85
Para tener en cuenta antes de enseñar.	88
Para saber más	94
7. ¿Cuáles son los mecanismos de defensa que posee el organismo humano ante los ataques de los microorganismos patógenos? Respuesta inmunitaria. Vacunas, Teresa Lupión Cobos,	
<i>Cristina García Ruiz, Noela Rodríguez Losada</i>	97
¿Qué sabemos de...?	97
Mecanismos de inmunidad	98
Diseño y tipos de vacunas.	99
Para tener en cuenta antes de enseñar.	102
Referencias bibliográficas	105
Para saber más	107

8. ¿Te vacunas o enfermas? ¿Tú qué eliges?, J. Beatriz Cara Torres, <i>Francisco González García, Anabella Garzón Fernández</i>	109
¿Qué sabemos de los beneficios de la vacunación y su seguridad?	109
Para tener en cuenta antes de enseñar.	116
Referencias bibliográficas	121
Para saber más	123
9. ¿Qué cambios ha producido en el ruido sísmico la disminución de la actividad humana debida a la pandemia?, A. Montalbán, <i>C. Márquez, R. Nebot</i>	125
¿Qué sabemos de las vibraciones de la Tierra, cómo se producen, cómo se registran y cómo se interpretan	125
Para tener en cuenta antes de enseñar.	131
Para saber más	133

Bloque 3. Aspectos físico-químicos

10. ¿Por qué la distancia social y la ventilación ayudan a evitar la propagación del virus en la población?, M. Gómiz Aragón, <i>M.M. Aragón Méndez, J.M. Oliva Martínez</i>	139
¿Qué sabemos sobre cómo se produce la transmisión de la COVID-19?	139
Para tener en cuenta antes de enseñar	142
Para saber más	148
11. ¿En qué superficies y por qué persiste el virus?, J. Cantó, <i>P.G. Rodríguez Ortega, Antonio de Pro, Carlos de Pro</i>	149
¿Qué sabemos de la supervivencia del coronavirus en diferentes superficies?.	149
Para tener en cuenta antes de enseñar.	154
Referencias bibliográficas	159
12. ¿Qué sabemos de las mascarillas?, María del Carmen <i>Solís Espallargas, Lourdes Aragón Núñez, Jesús Ramón</i> <i>Girón Gambero, Antonio Joaquín Franco Mariscal</i>	163
¿Qué es una mascarilla? ¿Por qué es necesario usar mascarillas?.	163
¿Qué tipos de mascarillas existen? ¿Cómo actúan?	165

¿Cuáles son las tendencias para reutilizar o desinfectar las mascarillas?	167
¿Qué significa que una mascarilla tenga carga microbiana?	167
¿Qué riesgos entraña utilizarla varios días?.	167
¿Cómo respiramos con mascarilla? ¿Qué ocurre con el dióxido de carbono?.	169
¿Sabías que...? Mascarillas y sostenibilidad.	170
Para tener en cuenta antes de enseñar: dificultades de los estudiantes	170
Ideas para el aula	171
Referencias bibliográficas	174

13. Para prevenir contagios por coronavirus hay que lavarse las manos, ¿con jabón, hidroalcohol, lejía o agua oxigenada?,

<i>M. R. Jiménez-Liso, M.M. Martínez-Aznar, L. López-Banet, A. Quesada, M. Romero-Ariza</i>	177
Qué sabemos de...	177
Para tener en cuenta antes de enseñar.	181
Para saber más	188

Bloque 4. Aspectos medioambientales

14. ¿Podrá la COVID-19 reducir la huella de carbono en España?,

<i>A. García Ruiz, F.J. Perales Palacios</i>	195
¿Qué sabemos de la huella de carbono y cómo influye la COVID-19 en ella?	195
Para tener en cuenta antes de enseñar.	201
Para saber más	205

15. Tensión ciencia, salud y medio ambiente: ¿cómo influye la contaminación atmosférica en la evolución de los pacientes con COVID19?, Ángel Luis Cortés Gracia, Beatriz Mazas Gil,

<i>María José Sáez Bondía</i>	209
Qué sabemos de...	209
Para tener en cuenta antes de enseñar.	214
Referencias bibliográficas	215

Bloque 5. Pensamiento crítico y emociones

16. Buscando información sobre la COVID-19: certezas, dudas y mentiras. ¿Cómo estar seguros?, Ángel Ezquerro, Jordi Solbes . . .	221
Qué sabemos de...	221
Para tener en cuenta antes de enseñar.	228
Para saber más	233
17. Manipulación mediática: ¿las ondas del 5G han provocado la pandemia?, Jordi Solbes, Ángel Ezquerro	235
Qué sabemos de...	235
Para tener en cuenta antes de enseñar.	239
Referencias bibliográficas	245
18. Pseudociencia en cadenas de WhatsApp. ¿Puede una dieta («ácida», «alcalina» u otra) combatir el virus?, M. Illescas-Navarro, G. Muñoz-Franco, A.M. Criado	247
¿Qué sabemos de la relación entre lo que ingerimos y la capacidad del cuerpo de vencer microorganismos como un virus?	247
Para tener en cuenta antes de enseñar.	252
Para saber más	255
19. Emociones y actitudes hacia el aprendizaje de las ciencias: ¿ha cambiado algo en mí el confinamiento?, J.M. Marcos-Merino, E. Bravo Lucas, M.A. Hernández del Barco, F. Cañada Cañada	257
¿Qué sabemos acerca de las emociones y actitudes hacia el aprendizaje de las ciencias?	257
Para tener en cuenta antes de enseñar.	260
Referencias bibliográficas	264

Presentación

Ángel Blanco

Presidente de APICE

La Asociación de Profesores e Investigadores en Didáctica de las Ciencias Experimentales (APICE) (<http://apice-dce.com/>), fundada en 1998, nació como una asociación que pretende aglutinar al profesorado de ciencias y a los investigadores e investigadoras en el ámbito de la enseñanza de las ciencias experimentales. Su finalidad es favorecer la reflexión sobre la educación científica y contribuir a la innovación de la formación científica de los ciudadanos, tanto en la enseñanza formal de los distintos niveles educativos como en la no formal.

Algunos de los objetivos de APICE están relacionados con la contribución a la mejora de la calidad de la enseñanza de la ciencia en todos los niveles educativos (infantil, primaria, secundaria, universidad) basada en la investigación educativa; asimismo la asociación pretende proporcionar un ámbito para el intercambio de información y experiencias, así como para la reflexión y el debate sobre la enseñanza de las ciencias experimentales.

Para abordar estos objetivos, APICE realiza y promueve diversas iniciativas como son los encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales de periodicidad bianual, de los que ya se han celebrado 29 ediciones; la publicación de una revista específica sobre didáctica de las ciencias *APICE. Revista de Educación Científica* (<https://revistas.udc.es/index.php/apice/index>), o la celebración de jornadas monográficas sobre temas concretos.

La situación planteada por la pandemia de COVID-19 y sus consecuencias en todos los ámbitos de nuestras vidas, especialmente en el educativo, llevó a Digna Couso, Conxita Márquez y Rut Jiménez, miembros de APICE, a plantear a la junta directiva de la asociación la necesidad de que, en estos momentos de crisis profunda, desde el área de didáctica de las ciencias se hiciese alguna contribución. Ellas manifestaban el sentimiento de impotencia que esta situación provocaba y las ganas de ayudar, teniendo en cuenta que la didáctica de las ciencias ha ido generando un cuerpo de conocimientos didácticos que en estos momentos puede ser clave para contribuir a la mejora de la enseñanza de las ciencias.

Desde la asociación se acogió esta acertada y oportuna iniciativa y se planteó a los miembros de APICE hacer el esfuerzo colectivo de construir un documento de conocimiento didáctico del contenido, que ayudara al profesorado en ejercicio y a los formadores de profesorado a preparar propuestas didácticas o actividades basadas en la investigación para diferentes aspectos relacionados con la pandemia de la COVID-19.

Esta es la génesis del libro que ahora se presenta. Pretende ser una aportación de APICE al profesorado y una muestra del valor de la didáctica de las ciencias también en tiempos de crisis.

8

¿Te vacunas o enfermas? ¿Tú qué eliges?

J. Beatriz Cara Torres, Anabella Garzon Fernández

Universidad de Almería

Francisco González García

Universidad de Granada

¿Por qué he de vacunarme? ¿Y los efectos secundarios de las vacunas? ¿Qué pasa si parte de la población no se vacuna? Este capítulo aborda la controversia sociocientífica en torno a las vacunas, incluidas las desarrolladas frente al SARS-CoV2. Comenzará con su origen y evolución, mostrando los avances conseguidos en la erradicación de enfermedades contagiosas y se indicarán las medidas de seguridad empleadas antes de aprobarlas. Se analizan las ideas previas del alumnado de secundaria y se propone el uso de determinados recursos TIC y noticias periodísticas para mejorar la comprensión de los conceptos y promover la argumentación y el pensamiento crítico.

¿Qué sabemos de los beneficios de la vacunación y su seguridad?

¿Nos ayudan a salvar vidas? Origen y evolución de las vacunas

No es la primera vez que el ser humano se enfrenta al reto de erradicar mundialmente una enfermedad contagiosa (vírica o bacteriana) con altos porcentajes de mortalidad. A lo largo de la historia evolutiva de nuestro planeta, algunas formas de vida han adoptado estrategias de supervivencia a costa de otras, las más conocidas son las bacterias y los virus. Estas estrategias producen enfermedades de mayor o menor gravedad que llegan a provocar, en su caso, la muerte del individuo atacado. Entre los años 1000-1525 ya se ponía en práctica en las zonas de India y China la técnica de *variolización*, que consistía en

insuflar en la nariz de una persona sana el polvo de las costras de un enfermo de viruela con el objetivo de inmunizar a la población frente a dicha enfermedad y descender su elevada mortalidad; práctica que se extendió después por todo el mundo. Navegando en el tiempo, además de la viruela, podemos observar grandes brotes de difteria (España, 1613), sarampión (Boston, 1647) o fiebre amarilla (Filadelfia y Charleston, 1699). En 1740 se describe por primera vez la rubeola y en 1767 la varicela. En 1796 un médico británico, Edward Jenner, descubrió que la inoculación en sangre del pus fresco procedente de una costra de viruela de vaca producía la inmunización frente al virus de la viruela humana. Y del nombre de este animal (*vacca*, en latín), se acuñó años más tarde el término de vacunación (*vaccination*). En 1820 ya se pudo observar un descenso considerable de la mortalidad por viruela. A pesar de ello y dadas las características de la época, ya surgieron entonces los primeros antivacunas desde el sector eclesiástico, que consideraban la vacunación como una práctica que iba en contra de los designios de Dios. El siguiente hito vino de Louis Pasteur, uno de los fundadores de la microbiología, que desarrolló la vacuna de la rabia (1885). En el mismo año, el médico español Jaime Ferrán (1852-1929) creó la vacuna contra el cólera, la primera en inmunizar contra una enfermedad bacteriana. Desde entonces se han sucedido los avances en el resto de las vacunas que forman parte del calendario vacunal de nuestro país (disponible en la web de la Asociación Española de Pediatría, www.vacunasaep.org). Para conocer más sobre la evolución de las vacunas, podemos adentrarnos en una excelente línea del tiempo «La historia de las vacunas» creada por el colegio de médicos de Filadelfia (www.historyofvaccines.org/es/timeline).

Gracias a los programas de vacunación mundial, algunas de esas graves enfermedades han sido erradicadas, como la viruela en 1980, o están próximas a la erradicación, como la poliomielitis (a falta de Pakistán y Afganistán) o el sarampión (ha disminuido un 84%) (British Society of Immunology, 2020; www.immunology.org). En el cuadro 1 podemos ver ejemplos de los graves efectos para la salud humana que producen estas y otras enfermedades que hoy día están controladas en España, gracias a la amplia cobertura vacunal instaurada de modo sistemático en 1975 (<http://vacunasaep.org/documentos/manual/cap-7>). Este hecho ha provocado en la población un enorme olvido sobre cómo era el mundo antes de las vacunas, al no existir preocupación por contraer dichas enfermedades y morir, mientras han surgido movimientos antivacunas al calor de críticas contra la industria farmacéutica y por otros motivos que comentamos posteriormente.

Cuadro 1. Enfermedades altamente contagiosas con graves efectos para la salud, erradicadas o con escasa incidencia en España gracias a la vacunación

ENFERMEDAD	POSIBLES EFECTOS SOBRE LA SALUD	FORMA DE CONTAGIO	COBERTURA VACUNAL (2019)	
			MUNDIAL	ESPAÑA
Virus de la viruela (v írica)	Fiebre alta, fatiga, dolores de cabeza y espalda, erupciones en la piel con llagas rojas y planas o finalmente la muerte	Gotas de saliva, ropa, sábanas	Erradicada	Erradicada
Poliomielitis (v írica)	Parálisis irreversible o la muerte	Gotas de saliva y heces	86%. Próxima erradicación	97,5%
Sarampión (v írica)	Fiebre alta y erupciones. Puede ocasionar ceguera, encefalitis o la muerte	Gotas de saliva (tos, estornudos)	71% (2.ª dosis, 178 Estados Miembros)	94,2%
Parotiditis o paperas (v írica)	Dolorosa inflamación en los laterales de la cara, debajo de los oídos (las glándulas parótidas), fiebre, cefalea y dolores musculares. Puede desencadenar una meningitis vírica o finalmente la muerte.	Gotas de saliva (tos, estornudos)	Introducida en 122 Estados Miembros	94,2%
Rubéola (v írica)	Leve en niños. Muerte fetal o síndrome de rubéola congénita, que a su vez puede provocar daños en el cerebro, corazón, ojos y oídos del feto.	Gotas de saliva (tos, estornudos)	71% introducida en 173 Estados Miembros	94,2%
Hib (bacteriana)	Meningitis, epiglotitis, infecciones de oído y neumonía	Gotas de saliva (tos, estornudos)	72% grandes disparidades entre regiones	97,5%
Hepatitis B (v írica)	Cirrosis, cáncer de hígado e insuficiencia hepática.	Sangre, semen u otros fluidos corporales	85% grandes disparidades entre regiones	97,8%
Virus del papiloma humano	Diversos tipos de cáncer y verrugas en el aparato reproductor de ambos sexos	Contacto genital cutáneo	15% en 106 Estados Miembros	79%

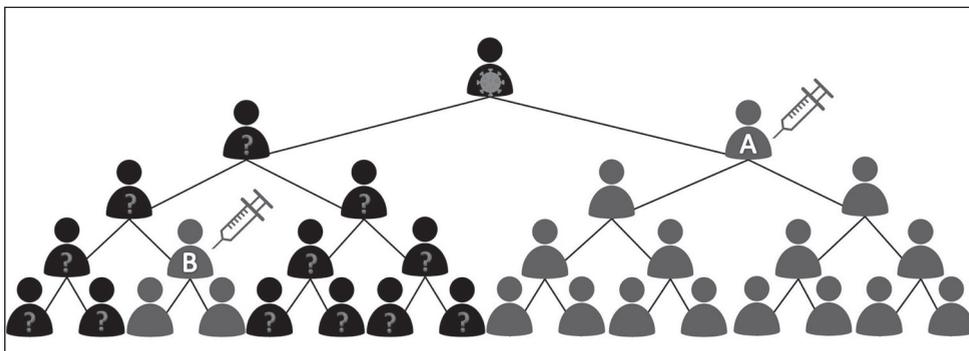
Fuente: OMS y Ministerio de Sanidad

Desde que se inició la vacunación en 1796, se calcula que se han salvado unos 1.500 millones de vidas y la OMS estima que actualmente la inmunización evita de 2 a 3 millones de muertes cada año (mayoritariamente en niños y niñas). Estos éxitos anteriores en la historia de la vacunación dan esperanza sobre el control de la COVID-19. Pero son necesarias fuertes campañas de vacunación mundial e informar a la población sobre la importancia de alcanzar la conocida inmunidad de grupo: «protección que posee una población ante una determinada infección a causa de la presencia de individuos inmunes en la misma». Así, frente a la pregunta «¿qué pasa si parte de la población no se vacuna?», podemos decir que dicha inmunidad de grupo se reduce y pueden volver a aparecer brotes de esas temidas enfermedades que tenemos olvidadas (Vaqué, 2001). Como muestra de forma ilustrativa la imagen 1, la vacunación nos protege individualmente y a todos nuestros contactos del contagio. Pero, además, protege a las personas que no pueden vacunarse (por ejemplo: personas inmunodeprimidas) y a las generaciones futuras al limitar la circulación del microorganismo causante.

¿Y los efectos secundarios? Proceso de aprobación de una vacuna

Hay un hecho diferenciador entre el momento en que decidimos tomar un medicamento y en el que nos vacunamos. Los medicamentos (que tampoco están exentos de efectos secundarios, basta con leer cualquier prospecto) se toman cuando ya padecemos una dolencia. Al administrárnoslo notamos alivio y nos reconforta; no dudaremos en volver a usarlos e incluso recomendarlos. Pero las vacunas suponen un tratamiento preventivo y son administradas

Imagen 1. Esquema de las ventajas de la vacunación en la población



en personas sanas. Este hecho hace que nos fijemos más en los efectos secundarios de la vacuna que en los efectos de la enfermedad frente a la que nos protegerá. En el cuadro 2 se muestra una comparativa de los posibles efectos secundarios de la vacuna de Pfizer/BioNTech frente al SARS-CoV2 (Agencia Española del Medicamento, Ficha técnica de la vacuna Comirnaty) y los riesgos que podemos correr al contraer la COVID-19 (Ping-Hsing y otros, 2021).

Tal y como se explicó en el capítulo anterior, la administración de una vacuna a la población requiere de una serie de etapas que garanticen su seguridad: a) etapa preclínica (en animales), b) etapa clínica (fases I: tolerancia en humanos, fase II: análisis de dosis y producción de anticuerpos y fase III: eficacia y efectos adversos), c) aprobación por la correspondiente Agencia del Medicamento (europea, española), d) producción y aplicación y e) seguimiento continuo (Programa de Farmacovigilancia) (imagen 2). Para hacernos mejor una idea de los niveles de seguridad exigidos, «pondremos números» al

Cuadro 2. Comparación de riesgos

COVID-19 (% de riesgo)		VACUNA PFIZER COMIRNATY (% de riesgo)	
Fiebre	83%-98%	Dolor en el lugar de la inyección	>80%
Tos seca	59%-78%	Fatiga	>60%
Dificultad respiratoria	19%-55%	Cefalea	>50%
Fatiga	25%-44%	Dolores musculares y escalofríos	>30%
Dolor muscular	11%-44%	Dolor en articulaciones	>20%
Síndrome dificultad respiratoria adulta	3%-29%	Fiebre, hinchazón en el lugar de la inyección	>10%
		Náuseas y enrojecimiento en el lugar de la inyección	10%
Dolor de garganta	5%-17%	Aumento de los ganglios linfáticos, insomnio y dolor en la extremidad	<1%
Soporte ventilatorio	2%-12%	Picor en el lugar de la inyección y malestar general	<1%
Diarrea	2%-10%	Parálisis temporal de un lado de la cara	>0,01%
Mortalidad	3,8%	Anafilaxia, hipersensibilida	no disponible*

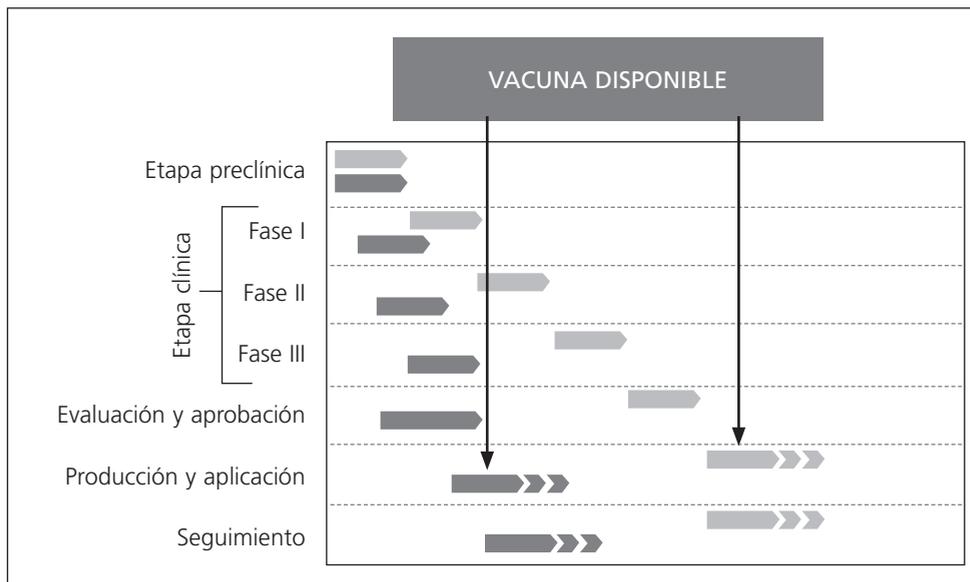
* No ha podido estimarse a partir de los datos disponibles.

caso concreto de la vacuna desarrollada por Pfizer-BioNTech. En la fase III, fueron 21.720 (>16 años) los participantes que recibieron Comirnaty y 21.728 un placebo. Tras dos meses de la segunda dosis, se analizaron las reacciones adversas en 9.531 participantes que recibieron Comirnaty y 9.536 que recibieron placebo. Los resultados de ese estudio son los que se muestran en el cuadro 2. Generalmente estos efectos fueron de intensidad leve o moderada y se resolvieron a los pocos días de la vacunación.

Tras observar la baja proporción de efectos secundarios y su baja gravedad, en comparación con los posibles efectos de la COVID-19, abordaremos el segundo motivo principal de reticencia vacunal: ¿cómo han podido desarrollar la vacuna en tan poco tiempo? La imagen 2 muestra una comparativa en escala de tiempo del desarrollo de una vacuna tradicional y las primeras desarrolladas para la COVID-19. Estas últimas han sido aprobadas según los mismos estándares que todos los medicamentos en la UE, pero de forma comprimida en el tiempo, centrando todo el conocimiento científico previo y adaptando alguna normativa de la UE a la urgencia actual.

Por ejemplo: a) se han solapado fases de investigación en la experimentación en animales y en humanos, b) mediante un diálogo temprano y continuo

Imagen 2. Esquema temporal comparativo del desarrollo de una vacuna normal (gris claro) y las primeras vacunas frente a la COVID-19 (gris oscuro)



entre los desarrolladores y la agencia reguladora encargada de autorizarla, se han evaluado los datos conforme se han ido generando o c) se ha permitido que las vacunas estén etiquetadas únicamente en inglés en lugar de en cada idioma oficial de los países de la UE. Además, se han movilizado gran cantidad de recursos, financiando la producción para poder disponer de millones de dosis en el menor tiempo posible (Agencia Europea del Medicamento, EMA).

Antivacunas y reticencia vacunal: origen y datos objetivos

Tras el descubrimiento de la primera vacuna contra la viruela surgieron diversos movimientos antivacunas que se basaban en justificaciones variadas, como objeciones sanitarias, religiosas, científicas o políticas. En 1853, Inglaterra elaboró un programa de vacunación obligatoria, bajo pena de multa o cárcel, lo que dio lugar al surgimiento de los primeros movimientos antivacunas importantes como la Liga Antivacunación y la Liga contra la vacunación obligatoria, alegando una invasión a la libertad individual. Rápidamente, este movimiento se expandió al resto de Europa (Dubé, Vivion y MacDonald, 2014). En 1898 se eliminaron las penalizaciones y se permitió la libre elección de la vacunación.

De forma general, los activistas antivacunas se aferran a la falta de seguridad como argumento principal de su rechazo (Allan y Harden, 2015), alegando el impacto provocado o la gravedad de algunos casos del pasado. Entre ellos, destaca la vacuna contra la polio presentada por el Laboratorio Cutter en 1955, que causó (entre inoculados y contagiados) parálisis en 164 niños y el fallecimiento de otros 10 debido a un fallo en el proceso de inactivación del virus de la polio vivo. Fue retirada del mercado inmediatamente (Dubé, Vivion y MacDonald, 2014; Nathanson y Langmuir, 1963). La negativa a la vacunación cobró nuevamente especial relevancia en 1998 cuando Andrew Wakefield publicó un artículo en la prestigiosa revista *The Lancet* en la que relacionaba el autismo con la vacuna triple vírica (sarampión, paperas y rubeola). Este artículo, actualmente retractado por la presencia de datos falsificados fraudulentamente, estuvo publicado desde 1998 hasta 2010, lo que dio lugar a la generación de dudas en los padres con respecto a la seguridad de las vacunas, algo que sigue presente en la actualidad. El sector antivacunas también ha relacionado con el autismo el compuesto timerosal, el cual contiene mercurio y se utiliza en las vacunas como conservante. Después de

muchos estudios en este sentido, no existe aún prueba científica capaz de demostrar una relación causal entre ambos hechos.

Respecto a las vacunas contra el SARS-CoV2, los mensajes vertidos en las redes sociales por los antivacunas son poco científicos: desde cantantes famosos que afirman que «las vacunas están controladas por Bill Gates y contienen microchips para controlar a la población mundial» hasta el sector eclesiástico que anuncia que «se fabrican a base de células de fetos abortados». También está el mito de que «es mejor inmunizarse pasando la enfermedad de forma natural y recibiendo un tratamiento que vacunarse». En este último caso se obvian las posibles secuelas que podría dejarte la enfermedad, además de la selección de cepas o variantes resistentes que puede generarse en el primero de los casos (Tagliabue y Rappuoli, 2018).

En nuestro país, la vacunación no es obligatoria, es una decisión que depende exclusivamente de las familias de los menores. Los padres y madres defienden su derecho a una crianza de sus hijos e hijas sin que interfiera el Estado, de modo que se centran en el bienestar individual, olvidándose de las consecuencias que la no vacunación pueda provocar a la colectividad. Esto se ha podido comprobar recientemente por el fallecimiento en 2015 de un menor por difteria, enfermedad de la que no se registraban casos en España desde hacía unos treinta años. ¿Qué habrían dicho aquellos padres cuyos hijos murieron en el pasado por enfermedades víricas contagiosas de los que hoy deciden no proteger a sus hijos con vacunas? Es importante no basarse en pseudociencias, mitos y rumores a la hora de tomar estas decisiones, sino en pruebas científicas contrastadas y en las recomendaciones de médicos y sanitarios.

Para tener en cuenta antes de enseñar

Nociones de los alumnos sobre las vacunas, sus dificultades y progresión

El concepto de vacunación, antes de esta pandemia, ha sido poco tratado en la investigación didáctica, permaneciendo ligado a la educación para la salud junto con otras nociones como salud, enfermedad, prevención e inmunización. Es clásico el estudio de Cristina del Barrio (1990) con 100 niños y niñas de 4 a 13 años donde se establecen cinco categorías sobre la noción de vacunación (desconocimiento, curación, prevención, inmunización incipiente e inmunización compleja).

Hasta los 9 años predominan las categorías de «desconocimiento» de lo que es la vacunación o de lo que es una vacuna, generalmente por no recordar haber sido vacunados; junto con la idea de «curación» por entender que una vacuna es un medicamento que cura una enfermedad. La idea de «prevención» ante una enfermedad que podría afectar al individuo se va abriendo paso desde los 5 años, aunque de forma minoritaria, y solo a partir de los 9 años aparece en los individuos. Hasta los 11-12 años los menores no son capaces de resolver la aparente contradicción de afirmar que la vacuna actúa como un medicamento que cura, pero que la vacuna se administra sin estar enfermo. Hay una mala comprensión de la idea de prevención, lo que denomina la autora «pseudoprevención». Este problema se atribuye, utilizando los estadios de desarrollo de Piaget, a que los menores recuerdan muy bien los aspectos sensibles del proceso de vacunación (la inyección con agujas, el pinchazo y el dolor momentáneo), pero el desarrollo cognitivo no permite comprender la relación causal entre la inmunización y una posible infección futura.

En esta pseudoprevención el cuerpo actúa de forma pasiva, pues toda la acción de la vacuna se atribuye a lo inyectado, al líquido o a los componentes suministrados en la vacuna; es decir, no hay mención alguna a elementos propios del cuerpo humano. De forma minoritaria, y desde los 10 años, se hace referencia al cuerpo (de forma general), o la sangre o a células de la sangre como elementos activos en la acción de la vacuna. Estas respuestas permiten hablar de una categoría de «inmunización incipiente» y de «inmunización compleja», aunque estas categorías no llegan a ser mayoritarias entre los menores de 13 años. En los casos en que se explica algún tipo de inmunización se acude a analogías bélicas de lucha entre células y virus, tan del uso en la mayor parte de los medios de comunicación y de los manuales divulgativos sobre las vacunas (Rumelhard, 1990).

La noción de vacuna y del proceso de vacunación, en estas edades iniciales, se enfrenta a la dificultad de ser asimilado al concepto de medicamento que cura y con la contradicción subyacente de tener que ser administrado sin estar enfermo. ¿Para qué tomar una medicina si no tengo ninguna enfermedad?, se preguntan los menores. La necesidad de prevenir está ausente en la mayor parte de los casos.

El escaso conocimiento de los procesos de inmunización, hasta los 12-13 años, es comprensible, en parte, por la ausencia en el propio currículo educativo. Solo en el tercer curso de la educación secundaria obligatoria

se describe a nivel básico los componentes y funcionamiento del sistema inmune y su papel activo en los procesos de defensa que pueden poner en marcha una práctica de vacunación. En el RD 1105/2014 (Real Decreto, 2014), el sistema inmune y las vacunas se agrupan para los cursos de 1.º y 3.º de ESO (materia de Biología y Geología), aunque lo habitual, indicado en el propio RD, es que los temas de salud se traten en el tercer curso. La revisión de los libros de texto del 3.º curso de la ESO muestra que los contenidos más habituales son los descritos en dicho RD: la salud y la enfermedad; enfermedades infecciosas y no infecciosas; higiene y prevención; sistema inmunitario; vacunas; los trasplantes y la donación de células, sangre y órganos.

El concepto de vacuna y su uso como método de prevención de ciertas enfermedades aparece citado, pero con escasa relación con el sistema inmune, el cual, en general, es poco tratado en todos los textos de estudio de primaria y secundaria (Azuaga, Benarroch y González, 2002). Por el contrario, el sistema inmune es abordado en profundidad a nivel molecular en el 2.º curso de bachillerato, siendo habitual en preguntas de biología de las pruebas de acceso a la universidad. En estudiantes entre 13 y 17 años (secundaria y bachillerato) y graduados universitarios, podemos encontrar un conocimiento sobre la vacuna y sus mecanismos de acción que podría categorizarse de forma similar a la citada para edades menores; es decir, hay respuestas que muestran desconocimiento, confusión con un medicamento que cura, explicación de una inmunización parcial o completa. El total desconocimiento se presenta hasta el último curso de la ESO, pero la confusión con un medicamento alcanza hasta el 15% de los estudiantes de bachillerato y grado universitario. Hay que resaltar que el grado de conocimiento entre los alumnos de secundaria de los temas ligados a las vacunas, su acción y eficacia iba en un relativo progreso a lo largo de los cursos (López-Gámez, 2020). En el caso de los estudiantes de grado se apreció también un progreso en su conocimiento tras aplicar una secuencia de trabajo que mejoraba sus competencias argumentativas, aunque la transferencia del conocimiento sobre el funcionamiento de las vacunas parece particularmente difícil de generalizar (Gómiz-Aragón, 2017).

Los procesos inmunológicos son una materia de estudio de elevada dificultad debido a lo abstracto de los componentes que conforman el sistema inmune y la complejidad de los procesos que implica, con multitud de interacciones celulares y moleculares. Varios trabajos indican que la comprensión

académica es escasa y difícil (Cheng y otros 2014; Su, Cheng y Li, 2014). Se requiere de una amplia base de conocimientos anatómicos, fisiológicos y bioquímicos, aparte del escaso tratamiento curricular que del sistema inmune, como un sistema orgánico similar a otros, se da con anterioridad. En muchos casos las ideas previas de los estudiantes provienen de ideas analógicas ligadas a concepciones inducidas por la divulgación o la propia escuela (Bihoues y Malot, 1990; López, Orrego y Tamayo, 2016). Incluso para los docentes es un reto explicar de forma coherente diversos aspectos del sistema inmune y su implicación en la eficacia de las vacunas.

Ejemplos de actividades adecuadas que puedan usarse directamente o adaptarse

Para la mejora de la enseñanza-aprendizaje del significado de la vacunación y sus mecanismos de acción, se han propuesto trabajos empleando la argumentación (Lundstrom, Ekborg y Ideland, 2012). Hoy día la dimensión argumentativa ha adquirido gran importancia en el aprendizaje de las ciencias porque contribuye al desarrollo de: a) la competencia para aprender a aprender; b) el pensamiento crítico, fomentando con ello la capacidad de participación en decisiones sociales; c) competencias relacionadas con la forma de trabajar de la comunidad científica, así como al desarrollo de ideas sobre la naturaleza de la ciencia que hagan justicia a su complejidad (Jiménez-Aleixandre, 2011). Así, una de las metodologías que podría utilizarse en el aula, consistiría en tratar la vacunación con una perspectiva de controversia sociocientífica, ya que la decisión que se tome frente a ella se puede basar en hechos científicos, pero también en cuestiones éticas, sociales, económicas, ambientales o políticas (Sadler y Zeidler, 2005). Las controversias sociocientíficas en el aula de ciencias promueven el desarrollo de la competencia científica, ya que persigue la construcción de conocimiento sobre el tema que se trata, el desarrollo de la argumentación, el pensamiento crítico y la toma de decisiones ante las situaciones planteadas, el conocimiento acerca de la propia naturaleza de la ciencia, el fomento de actitudes positivas hacia la misma y hacia el medio (Jiménez-Aleixandre, 2010; Kortland, 1996; Sadler, 2011; Simonneaux, 2008). En el cuadro 3 se muestran dos ejemplos de esta posible aproximación. Las noticias durante la pandemia (prensa, radio, televisión, redes sociales) constituyen un buen recurso como punto de partida. Así, por ejemplo, se podrían utilizar noticias relacionadas con reticencia vacunal o la existencia de algún nuevo brote como consecuencia de la no vacunación.

Otra propuesta para la enseñanza de esta temática puede ser el uso de juegos o estrategias de gamificación que pueden favorecer la implicación del alumnado, su participación y motivación. En los ejemplos que se muestran a continuación (cuadro 3, con acceso en códigos QR y enlaces webs), se presentan varias referencias a juegos de mesa, juegos de rol y diferentes recursos TIC que servirían para tratar en el aula los conceptos básicos de la inmunología, como el concepto de vacuna y sus mecanismos de acción. Mucho de este *software*, la mayoría en inglés y no siempre de libre acceso, no presenta una adecuada validación educativa ni se conoce si tiene errores de contenido científico (Faggioni y otros., 2019). Esta puede ser una tarea pendiente en nuestra área de conocimiento, para dicha validación pueden ayudar los diversos materiales existentes en red u otros formatos alternativos.

Ejemplos de actividades y recursos para el aula

LA VACUNACIÓN COMO CONTROVERSIAS SOCIOCIENTÍFICAS		JUEGOS DE ROL		
				
https://doi.org/10.1007/978-94-017-9097-0_1	https://doi.org/10.1007/s11422-012-9384-4	https://doi.org/10.1525/abt.2011.73.6.4	https://doi.org/10.1525/abt.2011.73.3.9	
JUEGOS DE MESA				
				
https://doi.org/10.1016/S0307-4412(97)00140-4	https://doi.org/10.1046/j.1365-923.2002.01384.x	https://doi.org/10.1187/cbe.13-10-0197	https://doi.org/10.2307/4450153	https://doi.org/10.1525/abt.2015.77.5.11
RECURSOS TIC				
<p>Cómics</p> <ul style="list-style-type: none"> • Viral attack: https://askabiologist.asu.edu/viral-attack • Vaccines work, here are the facts: https://medium.com/the-nib/vaccines-work-here-are-the-facts-5de3d0f9ffd0 				

Vídeos

- How do vaccines work?: www.youtube.com/watch?v=rb7TVW77ZCs
- How we conquered the deadly smallpox virus: www.youtube.com/watch?v=yqUFy-t4MIQ
- Why it's so hard to cure HIV/AIDS: www.youtube.com/watch?v=0TipTogQT3E
- Debunking Anti-Vaxxers: www.youtube.com/watch?v=b03U6BYF9L0

Videojuegos

- Plague Inc.: <https://play.google.com/store/apps> y <https://apps.apple.com/es/app/plague-inc>
- Vax: <http://vax.herokuapp.com>
- Vack Pack Hero: <http://vaxpackhero.com>
- Immune attack: <https://melanieanns.itch.io/immune-attac>

LABORATORIOS VIRTUALES

- Vacuna del VIH: www.xplorehealth.eu/es/media/participa-en-la-busqueda-para-encontrar-la-vacuna-contra-el-vih
- Aprueba una nueva vacuna: www.xplorehealth.eu/es/media/aprueba-una-nueva-vacuna

Referencias bibliográficas

- ALLAN, N.; HARDEN, J. (2015): «Parental decision-making in uptake of the MMR vaccination: A systematic review of qualitative literature». *Journal of Public Health (United Kingdom)*, vol. 37 (4), pp. 678-687. <https://doi.org/10.1093/pubmed/fdu075>
- AZUAGA FORTES, M.J.; BENARROCH, A.; GONZÁLEZ GARCÍA, F. (2002): «Los conceptos inmunológicos en los libros de texto: Los cambios curriculares de la reforma». *Publicaciones de la Facultad de Educación y Humanidades del Campus de Melilla*, núm. 32, pp. 361-392.
- BIHOUES, M.A.; MALOT, S. (1990): «Quelques représentations à propos des vaccinations et des transplantations». *Aster*, vol. 10, pp. 27-46.
- CHENG, M.T., y otros (2014): «Aneducationalgameforlearning human immunology: What do studentslearn and how do theyperceive?». *British Journal of EducationalTechnology*, vol. 45 (5), pp. 820-833. <https://doi.org/10.1111/bjet.12098>
- DEL BARRIO, C. (1990). *La comprensión infantil de la enfermedad, un estudio evolutivo*. Barcelona. Anthropos.

- DUBÉ, E.; VIVION, M.; MACDONALD, N.E. (2014): «Vaccine hesitancy, vaccine refusal and the antivaccine movement: Influence, impact and implications». *Expert Review of Vaccines*, vol. 14 (1), pp. 99-117. <https://doi.org/10.1586/14760584.2015.964212>
- FAGGIONI, T., y otros (2019): «Open educational resources in immunology education». *Advances in Physiology Education*, núm. 43, pp. 103-109; <https://doi:10.1152/advan.00116.2018>
- GÓMIZ-ARAGÓN, A. (2017): «Propuesta de análisis de las ideas del alumnado de 3.º de ESO sobre las vacunas y la vacunación. Un estudio de aproximación». Trabajo Final de Máster. Universidad de Cádiz.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P. (2010): *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona. Graó.
- (2011): «Argumentar y usar pruebas en la clase de ciencias», en JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P. (eds.): *Cuaderno de indagación en el aula y competencia científica*. Madrid. Ministerio de Educación, pp. 6-15. https://sede.educacion.gob.es/publiventa/PdfServlet?pdf=VP15094_19.pdf&area=E
- KORTLAND, K. (1996): «An STS Case Study about Students' Decision Making on the Waste Issue». *Science Education*, núm. 80, pp. 673-689.
- LÓPEZ, A.M.; ORREGO, M.; TAMAYO, Ó.E. (2016): «Modelos explicativos y su relación con las concepciones alternativas de estudiantes universitarios sobre inmunología». *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, núm. 0 (extra), pp. 1049-1057.
- LÓPEZ-GÁMEZ, J. (2020): «Análisis de ideas previas sobre la vacunación en alumnos de Secundaria y Bachillerato y propuesta de recursos TIC para mejorar su comprensión». Trabajo Final de Máster. Digibug: Repositorio Institucional de la Universidad de Granada.
- LUNDSTRÖM, M.; EKBORG, M.; IDELAND, M. (2012): «To vaccinate or not to vaccinate: how teenagers justified their decision». *Cultural Studies of Science Education*, vol. 7 (1), pp. 193-221. <https://doi.org/10.1007/s11422-012-9384-4>
- NATHANSON, N.; LANGMUIR, A.D. (1963): «The Cutter Incident. Poliomyelitis following Formaldehyde-Inactivated Poliovirus Vaccination in the United States during the Spring of 1955. II. Relationship of Poliomyelitis to Cutter Vaccine». *American journal of hygiene*, vol. 78 (1), pp. 29-60.
- PING-HSING, T., y otros (2021): «Clinical manifestation and disease progression in COVID-19 infection». *Journal of the Chinese Medical Association*, vol. 84 (1), pp. 3-8. [doi: 10.1097/JCMA.0000000000000463](https://doi.org/10.1097/JCMA.0000000000000463)

- «Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato».
- RUMELHARD, G. (1990): «Le concept de systemeinmunitaire». *Aster*, núm. 10, pp. 9-26.
- SADLER T.D. (2011): *Socio-scientific issues in the classroom*. Dordrecht. Springer.
- SADLER, T.D.; ZEIDLER, D.L. (2005): «Patterns of Informal Reasoning in the Context of Socioscientific Decision Making». *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 42 (1), pp. 112-128. <https://doi.org/10.1002/tea.20042>
- SIMONNEAUX, L. (2008): «Argumentation in socio-scientific contexts», en ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P. (eds.): *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research*. Dordrecht. Springer, pp. 179-199.
- SU, T.; CHENG, M.-T.; LIN, S.-H. (2014): «Investigating the Effectiveness of an Educational Card Game for Learning How Human Immunology Is Regulated». *CBE—Life Sciences Education*, vol. 13 (3), pp. 504-515. <https://doi.org/10.1187/cbe.13-10-0197>
- TAGLIABUE, A.; RAPPUOLI, R. (2018): «Changing Priorities in Vaccinology: Antibiotic Resistance Moving to the Top». *Frontiers in Immunology*, núm. 9, pp. 1-9. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2018.01068>
- VAQUÉ RAFART, J. (2001): «Inmunidad colectiva o de grupo». *Vacunas*, vol. 2 (1), pp. 22-29.

Para saber más

- OMS Las vacunas funcionan (Infografías): www.who.int/campaigns/immunization-week/2017/infographic/es/
- Preguntas y respuestas sobre la seguridad inmunitaria: www.who.int/features/qa/84/es/
- ¿Cómo funcionan las vacunas de ARNm o de tercera generación?: www.nationalgeographic.com.es/ciencia/asi-funcionan-vacunas-arn-mensaje-ro_16221
- Guía para desmentir 24 bulos sobre la vacuna del COVID-19: www.nationalgeographic.com.es/ciencia/guia-para-desmentir-24-bulos-sobre-vacuna-covid-19_16217
- Fotografías del coronavirus: www.nationalgeographic.com.es/ciencia/fotografias-reales-coronavirus-bajo-microscopio_15335/1

Ministerio de Sanidad: Información para la ciudadanía: www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/ciudadania.htm

Vídeo YouTube: «¿Qué le ocurre a tu cuerpo si se contagia del coronavirus?»
www.youtube.com/watch?app=desktop&v=QxQNIPwy-hQ

Vídeo TED: «¿How fast can a vaccine be made?»:

www.ted.com/talks/dan_kwartler_how_fast_can_a_vaccine_be_made

Blog DCiencia: ¿Qué es una vacuna? Origen. Movimientos antivacunas:

www.dciencia.es/vacunas-conceptos-basico-origen/

Enfermería comunitaria: patologías y vacunas: <http://proyectoavatar.enfermeriacomunitaria.org/patologias-y-vacunas>

Secuencia didáctica: «Why You'll Never Catch Smallpox?»: www.schoolscience.co.uk/whyyoullnevercatchsmallpox