



# Epidemics: Una actividad didáctica gamificada basada en un simulador de gestión sanitaria de epidemias

Recepción: 02/06/2021 | Revisión: 24/09/2021 | Aceptación: 05/10/2021 | Publicación: 01/03/2023



**Jordi DOMÈNECH-CASAL**

Universitat Autònoma de Barcelona

[jdomen44@xtec.cat](mailto:jdomen44@xtec.cat)

<https://orcid.org/0000-0002-7324-0000>

**Resumen:** El contexto COVID-19 y la formación científica para la ciudadanía en general requieren el desarrollo de conceptos y habilidades científicas, y su articulación con aspectos sociales y éticos, para la toma de decisiones en contextos controvertidos. Su uso pedagógico en el aula requiere adaptaciones de esos contextos como actividades escolares. Se propone una actividad mediante la metodología de estudios de caso basada en un simulador de epidemias. La actividad se aplicó durante el curso 2020-2021 con 62 estudiantes de 14-15 años (3.º ESO). El alumnado analizó distintos casos mediante tarjetas representando poblaciones y patógenos distintos y diseñó su campaña de control de la epidemia en base a un número limitado de medidas de contención y control en relación con la gestión sanitaria (aislamiento, vacunación, financiación de hospitales...). Con la ayuda de un simulador diseñado ad hoc, el alumnado testeó distintas soluciones a los casos, promoviendo así discusiones acerca de conceptos relevantes como "inmunidad de grupo" o "inmunización". Se analiza la experiencia de aplicación y se describen sus utilidades y limitaciones, como orientación para otras actividades de temática o enfoque similar.

**Palabras clave:** gamificación; controversia socio-científica; epidemia; laboratorio virtual; simulador.

## **EPIDEMICS: UNA ACTIVITAT DIDÀCTICA GAMIFICADA BASADA EN UN SIMULADOR DE GESTIÓ SANITÀRIA D'EPIDÈMIES**

**Resum:** El context COVID-19 i la formació científica per a la ciutadania en general requereixen el desenvolupament de conceptes i habilitats científiques, i la seva articulació amb aspectes socials i ètics, per a la presa de decisions en contextos controvertits. El seu ús pedagògic a l'aula requereix adaptacions d'aquests contextos com activitats escolars. Es proposa una activitat mitjançant la metodologia d'estudi de casos basada en un simulador d'epidèmies. L'activitat es va aplicar durant el curs 2020-2021 amb 62 estudiants de 14-15 anys (3r ESO). L'alumnat analitzà diversos casos mitjançant targetes que representaven poblacions i patògens diferents i dissenyà una campanya de control de l'epidèmia basada en un número limitat de mesures de contenció i control en relació a la gestió sanitària (aïllament, vacunació, finançament d'hospitals...). Amb l'ajut d'un simulador dissenyat ad hoc, l'alumnat va provar diverses solucions per als casos, promovent-se així discussions sobre els conceptes rellevants com "immunitat de grup" o "immunització". S'analitza l'experiència d'aplicació i es descriuen les seves utilitats i limitacions com orientació per a altres activitats de temàtica o enfocament similar.





**Paraules clau:** gamificació; controvèrsia socio-científica; epidèmia; laboratori virtual; simulador.

### **EPIDEMICS: A GAMIFIED DIDACTIC ACTIVITY BASED ON AN EPIDEMICS HEALTH MANAGEMENT SIMULATOR**

**Abstract:** *The COVID-19 context and the development of scientific literacy for citizens require the development of scientific concepts and skills, and their articulation with social and ethical aspects, for decision-making in controversial contexts. Its pedagogic use in classrooms requires adaptations of these contexts as classroom activities. We propose a case studies activity based on an epidemic simulator. The activity was applied during the 2020-2021 academic year with 62, 14-15-year-old students (grade 9). The students analysed several cases by means of cards representing different populations and pathogens. Then they designed a campaign to control de epidemic with a limited number of control measures (confinement, vaccination, social distancing, founding hospitals...). Using a simulator designed ad hoc, the students tested the different solutions to each case. This involved discussions about relevant concepts such as "herd immunity" or "immunization". The application of the activity is analyzed and its strengths and weaknesses are described so they can be applied to the design of learning activities with a similar focus or topic.*

**Keywords:** *gamification; socio-scientific issues; epidemics; virtual laboratory; simulator.*

### **Introducción**

El contexto COVID-19 en el mundo educativo, además de haber supuesto un reto pedagógico y tecnológico (debido a confinamientos y emergencia TIC), ha supuesto también un contexto de aprendizaje. Por un lado, han aparecido en los medios de comunicación distintos términos como "infectividad", "efecto rebaño" o "inmunización", conceptos importantes en la enseñanza sobre hábitos saludables. Por otro lado, la gestión pública de la pandemia y las diferentes intervenciones para contenerla (confinamientos, distancia social, vacunación...) han suscitado debates que han incluido también muchas veces aspectos políticos (relativos al servicio de las instituciones públicas o los derechos civiles) o incluso teorías de la conspiración y posicionamientos pseudocientíficos (antivacunas, Solución Mineral Milagrosa, medicina germánica o bioneuroemoción...). Este contexto está muy lejos de ser solo un contexto coyuntural: las epidemias o pandemias son una temática que el cambio climático puede hacer más frecuentes y son muy presentes para el alumnado, que las ve representadas no solo en el cine (en películas como *Estallido*, *Soy leyenda* o *Contagio*), sino también en series de televisión y juegos de ordenador del género *zombie*, basadas en plagas mundiales (*Resident Evil*, *The Last of Us*, *The Walking Dead*, *Z Nation*). Igualmente, el movimiento antivacunas no ha nacido con la pandemia actual: desde hace varios años los discursos pseudocientíficos antivacunas están resultando en una disminución de las tasas de vacunación (Wolfe y Sharp, 2002).

Ofrecer desde la práctica educativa una solución a estos retos implica, por un lado, una alfabetización científica en relación a conceptos de inmunología y epidemiología y razonamiento basado en evidencias (Erduran, 2020), pero también el desarrollo de perspectivas de pensamiento complejo, que incluyan un conocimiento de la naturaleza de la ciencia y capacidades de



evaluación de riesgos y pensamiento crítico (Albe, 2008, Jiménez-Taracido y Otero, 2019, Kind y Osborne, 2016; Lederman y Lederman 2004). Estos aprendizajes requieren de actividades de aula que problematicen los contextos y promuevan el desarrollo de los conceptos y habilidades en el marco de la resolución de problemas o retos (Domènech-Casal, 2019).

Esta necesidad está bien descrita en el despliegue del currículum en Cataluña, en especial, en las competencias 2, 6, 10 y 12 del ámbito científico-tecnológico: Identificar y caracterizar los sistemas biológicos y geológicos desde la perspectiva de los modelos para comunicar y predecir el comportamiento de los fenómenos naturales; Reconocer y aplicar los procesos implicados en la elaboración y validación del conocimiento científico; Tomar decisiones con criterios científicos que permitan prever, evitar o minimizar la exposición a los riesgos naturales; Adoptar medidas de prevención y hábitos saludables en el ámbito individual y social, fundamentadas en el conocimiento de las estrategias de detección y respuesta del cuerpo humano (Departament d'Ensenyament, 2014). En este artículo proponemos y describimos una actividad didáctica de aprendizaje sobre epidemiología basada en el trabajo gamificado con un simulador en contextos controvertidos, y nos proponemos valorar las posibilidades y limitaciones del uso de simuladores como vía para modelizar y problematizar contextos sobre epidemias.

## 1. Marco teórico

Distintos autores han descrito que el alumnado tiene dificultades para diferenciar las vacunas de los medicamentos (Barrio, 1990) o y que llega a confundirlas con antibióticos (Domènech et al., 2015). Concretamente, para las vacunas, se ha descrito que el alumnado tiene dificultades para conectarlas con efectos a nivel poblacional (Bihouès y Malot, 1990), como la inmunidad de grupo (también conocida como "efecto rebaño"), por la que altas tasas de vacunación de la población resultan, en protección para el conjunto de la población, incluso la no vacunada, por la reducción de las tasas de infección (John y Samuel, 2000). Esto va asociado a dificultades para comprender conceptos de epidemiología relacionados con características de los patógenos, como la infectividad (la capacidad del patógeno de infectar a más personas) o la morbilidad (la capacidad del patógeno de provocar síntomas o enfermedad una vez ha infectado) (Vargas, 2021), pero también aspectos de la gestión de la salud pública o los sistemas de asistencia sanitaria (Dapía et al., 1996), como la mortalidad (la proporción de infectados que fallecen, que depende del patógeno, pero también de las condiciones de la atención de los enfermos) o los vehículos y cadenas de transmisión (Díaz et al., 1996, 2000). Análisis realizados en libros de texto muestran que, además, los modelos de infección no suelen conectarse con enfermedades concretas, y se presentan pocas actividades de aplicación contextualizada que requieran incorporar prácticas científicas y espíritu crítico (Aznar y Puig, 2014).

Varios autores coinciden en que el desarrollo de la competencia científica requiere la participación en prácticas de la ciencia, incluyendo en estas no solo lo que solemos conocer como "prácticas de laboratorio", sino las prácticas de observación, uso de pruebas, modelización y argumentación (Osborne, 2014) y el trabajo explícito de la Naturaleza de la Ciencia (Duschl y Grandy, 2012). En el contexto COVID-19, algunos autores han propuesto actividades muy ricas en este sentido, incorporando no solo aspectos conceptuales (conceptos sobre inmunología y epidemiología), sino también procedimentales (analizar datos, sacar conclusiones)



y epistémicos (distinguir ciencia de pseudociencia, *Fake News*) mediante actividades de lectura crítica y experimentación (Etxebarria, 2021; López et al., 2021).

No obstante, la gestión de las crisis epidemiológicas implica otras variables además de las científicas (como, por ejemplo, la financiación pública de la salud) y es un contexto que tiene unos tiempos y unas magnitudes difíciles de transferir en tiempo real en el aula.

Para este objetivo son útiles los simuladores y laboratorios virtuales. Los simuladores y laboratorios virtuales son aplicaciones web o programas interactivos que permiten la introducción o configuración de datos de entrada, ofreciendo datos de respuesta, emulando algún fenómeno o modelo científico. Su uso ha sido reivindicado como un modo de dar "agilidad" a las actividades de indagación y promover la argumentación o incluso la modelización matemática de fenómenos (López et al., 2017) y para desarrollar actividades de indagación sobre temáticas o fenómenos sobre los que no sería posible hacerlas físicamente por razones de tiempo, espacio o equipamiento (como la evolución, la física subatómica o la epidemiología). El trabajo con simuladores y laboratorios virtuales ha sido también utilizado como vía de desarrollo de la competencia científica en el contexto COVID-19, mediante actividades dirigidas a la construcción de simulaciones mediante modelización computacional (Crusells y López, 2020), el análisis y realización de predicciones de la evolución de enfermedades infecciosas en dinámicas lineales y no lineales (Vargas, 2021) y el uso de Geogebra para modelizar matemáticamente datos de la pandemia en tiempo real (Valero y Lezama, 2020).

Más allá de estos aspectos puramente científicos, varios autores proponen que el desarrollo de una competencia científica para la ciudadanía requiere además la conexión con contextos problematizados y conectados con la toma de decisiones y el uso de la Ciencia como (y en) el pensamiento crítico (Duschl, 2008; Hobson, 2011; Solbes y Torres, 2012). Para ello, las controversias socio-científicas son un contexto didáctico candidato. Las controversias socio-científicas son dilemas o problemáticas con respuesta abierta que para su resolución requieren el concurso de conocimientos y habilidades científicos, posicionamientos éticos y políticos y marcos de pensamiento crítico y gestión de riesgos de forma orientada a la toma de una decisión. Varios autores (Díaz y Jiménez-Liso, 2012; Sadler, 2011) han descrito sus posibilidades como enfoque didáctico para el desarrollo de la competencia científica, en especial en lo relativo a la formación y alfabetización de la ciudadanía, punto en el que conectan con los objetivos de una educación para la ciudadanía de las propuestas Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) (Acevedo-Díaz et al., 2003) y algunas formulaciones actuales en determinadas perspectivas del movimiento STEM (Couso, 2017). Hay en la bibliografía ejemplos de aplicación de estas perspectivas con actividades en las que –por ejemplo– el alumnado discute sobre la obligatoriedad de las vacunas (Ageitos y Puig, 2016), una controversia muy viva y aplicable al contexto COVID-19.

Las actividades de controversia son un tipo concreto de estudios de caso (Domènech-Casal, 2017, 2019): suelen partir de una propuesta de un caso o escenario conflictivo y pautar de algún modo la aparición de pruebas o datos para que sean incorporados para su discusión. Incorporan también perspectivas éticas o sociales, que suelen incluir también etapas de debate. Estos debates pueden estructurarse mediante tarjetas de información o roles en lo que se llama *Decide Games*: debates de formato breve en los que se debe tomar una decisión en base a distintos datos, opiniones y argumentos atribuidos a distintas fuentes (reales o verosímiles). Tanto la propuesta de los escenarios como los aportes de datos y discusión requieren una cierta



transposición didáctica: ya sea para modular la complejidad excesiva del contexto real (la consulta de determinadas fuentes sin adaptar puede no ser didácticamente eficaz) como para ajustar el contexto al despliegue del currículum (no todos los aspectos de una controversia son útiles o adecuados para todos los cursos), y suelen realizarse adaptaciones.

En este sentido, la gamificación ha resultado ser una opción muy utilizada. La gamificación es una estrategia didáctica que, mediante el desarrollo de mecánicas y dinámicas propias del juego, hace accesibles los retos a la participación del alumnado, tanto por su secuenciación (proponer etapas y retos) como por aspectos motivacionales, relacionados con la interactividad, la contextualización en escenarios interesantes y el *feedback* (Dicheva et al., 2015; Kapp, 2012; Morris et al., 2013).

Las actividades de gamificación se caracterizan por generar, mediante el uso de dinámicas y mecánicas de juego (mediante tarjetas, mapas...) una narración que da sentido y propósito a la actividad de los participantes, mediante *feedback* de distinto tipo (premios, insignias...) que pueden tener distintos niveles de verosimilitud. En este sentido, algunos autores distinguen entre gamificaciones "para hacer clase" –es decir, que no emulan las dinámicas propias de la ciencia– y gamificaciones "para hacer ciencia", que reproducen de algún modo las dinámicas o liturgias propias de la ciencia (López y Domènech-Casal, 2018; Morris et al., 2013). La gamificación también ha sido explorada como vía de trabajo en el contexto de las epidemias, principalmente mediante el uso de aplicaciones web en las que el docente crea distintos escenarios (Cid et al., 2020) o incluso usa videojuegos con elementos demográficos y económicos en relación con la gestión de pandemias (Téllez, 2015). Consideramos que la gamificación puede ser un modo de formular el contexto complejo de las epidemias en un formato adaptable para su desarrollo en el aula.

## 2. Diseño de la actividad

La actividad es una secuencia de estudio de caso-controversia gamificada y propone al alumnado elaborar un plan de contención de la expansión de una epidemia y argumentar sus decisiones a partir de los resultados obtenidos con un laboratorio virtual creado *ad hoc*. La actividad tiene como objetivos de aprendizaje:

- Conocer los parámetros biológicos de infectividad y mortalidad y relacionarlos con la progresión de las epidemias y distintos patógenos.
- Saber analizar medidas de prevención (aislamiento, limitación de contactos, mascarilla) y gestión de riesgos en relación a cadenas de transmisión.
- Desarrollar habilidades de razonamiento científico (análisis de datos, razonamiento inductivo y deductivo...) y espíritu crítico (valoración de pros y contras).
- Saber usar marcos éticos y políticos para discutir el papel de distintas políticas públicas de gestión de epidemias (campañas de prevención y vacunación, financiación de hospitales...).

Seguidamente se describen los materiales de la actividad, la secuencia en la que se aplican y las observaciones en la aplicación de la secuencia didáctica.

## 2.1 Materiales de la actividad

Los materiales de la actividad (simulador y tarjetas) se han desarrollado *ad hoc* para la misma y están disponibles para su descarga en: <https://wp.me/p25seH-00>

### 2.1.1 Simulador

El simulador *Epidemics2* es un laboratorio virtual diseñado mediante el programa de Hoja de Cálculo Calc, de *Open Office*. El simulador tiene establecida como población un tablero inicial con 64 celdas (8x8) en el que cada celda representa un individuo, del que se define su estado mediante un código numérico (1: Sanos, 2: Sanos vulnerables, 3: Infectados, 4: Infectados vulnerables, 5: Inmunizados, 6: Fallecidos) y queda automáticamente representado de un color acorde con su estado (Fig. 1).

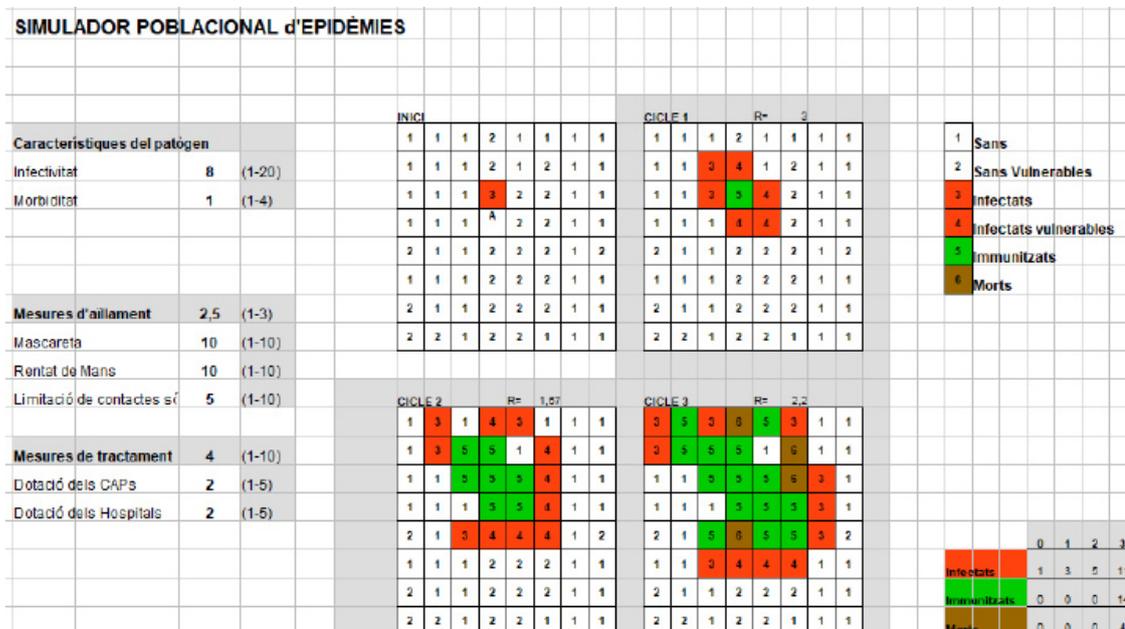


Figura 1. Pantalla principal del simulador Epidemia2.

El simulador ofrece varias celdas de entrada de datos en forma de índices sobre el patógeno (Infectividad, Morbilidad), las medidas de aislamiento (Mascarilla, Manos, Distancia) y de tratamiento sanitario (Financiación de los CAPs y Dotación de los Hospitales). Para cada uno de los índices se eligieron rangos numéricos arbitrarios.

El simulador, a partir del tablero de la población inicial, en base a los índices introducidos, muestra la predicción de la evolución de la epidemia a lo largo de 7 ciclos de infección en sus correspondientes 7 tableros, representando los cambios de estado de cada celda: al aumentar la infectividad, aumenta la probabilidad de que en el siguiente ciclo las celdas adyacentes a una celda infectada pasen a estar infectadas en el ciclo siguiente (Fig. 2).

Para ello, el simulador recoge para cada celda la información sobre el estado de las 8 celdas adyacentes y combina estos datos con generadores de números al azar y con los de los distintos índices para determinar si el paciente de la celda en cuestión pasa en el siguiente ciclo de sano a enfermo (si hay infección), inmunizado o muerto (el algoritmo concreto se describe con más profundidad en la Ficha técnica del simulador). El estado de la propia celda también se tiene en cuenta: solo los pacientes infectados pueden tener alguna probabilidad de pasar a inmunizados, y las probabilidades de infección o muerte también dependen de si la celda (paciente) es vulnerable (por edad u otras circunstancias) o no.

Añadido a este funcionamiento, el algoritmo del simulador usa los índices de financiación de centros médicos y hospitales para determinar la capacidad del sistema sanitario, y cuando el número de infectados la supera, aumenta la mortalidad del patógeno (disminuye la capacidad de tratar a los enfermos).

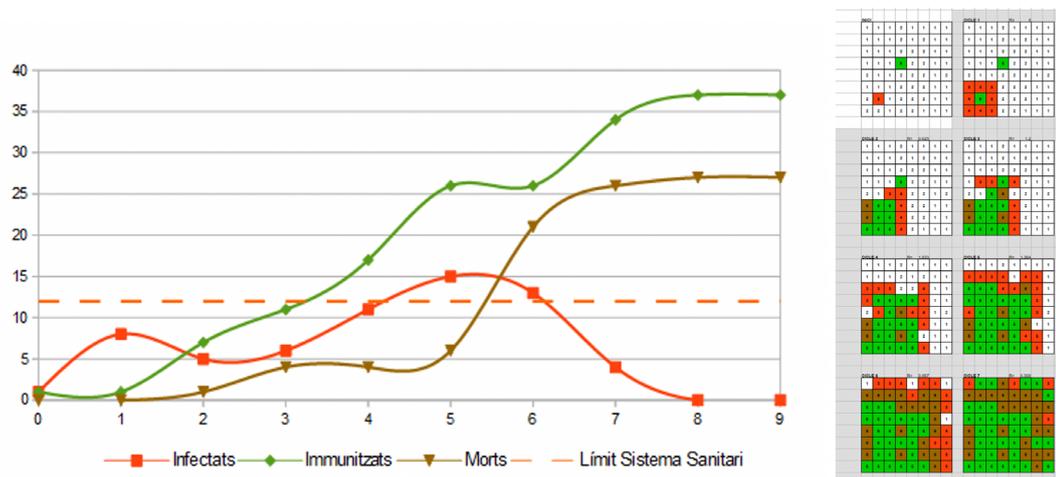


Figura 2. Simulación de la evolución de una epidemia que en un momento dado supera el límite de carga del sistema sanitario, aumentando la mortalidad.

### 2.1.2 Tarjetas

Para acompañar el trabajo con el simulador se han diseñado tres conjuntos de tarjetas (Fig. 3):

- Las **tarjetas de población** definen cuantitativamente los estados de la población inicial para introducir en el simulador, que pueden ubicarse en el tablero inicial del modo que estratégicamente se valore más conveniente.
- Las **tarjetas de patógeno** se asocian a enfermedades comunes o poco frecuentes y cada una de ellas define cuantitativamente la infectividad y la mortalidad a introducir en el simulador (en este punto, la actividad simplifica conceptualmente, asociando morbilidad con mortalidad).
- Las **tarjetas de intervención** definen distintas acciones de Sanidad Pública para la contención de epidemias, especificando de qué modo introducir su impacto en el simulador.

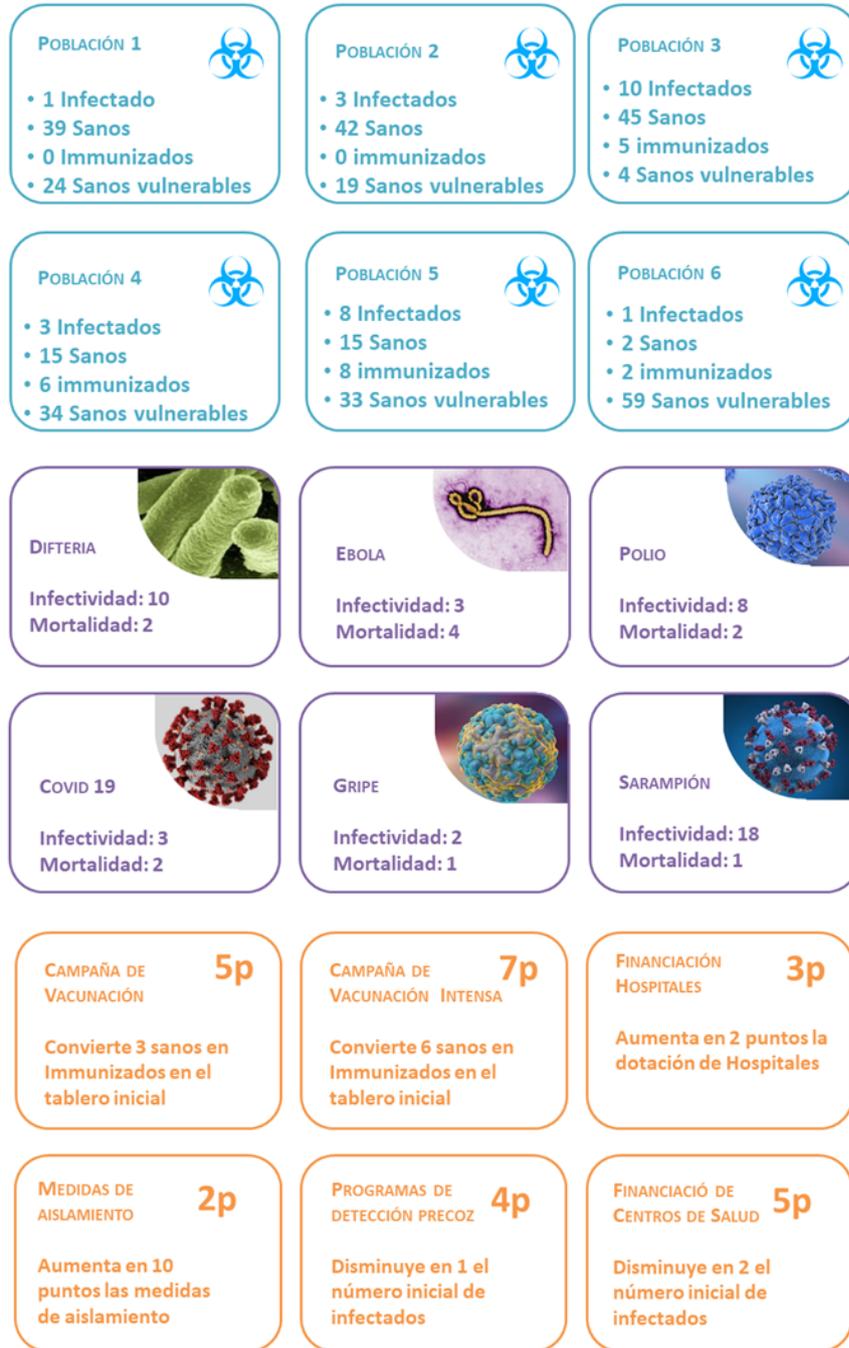


Figura 3. Tarjetas de población, de patógeno y de intervención.



## 2.2 Dinámicas de gamificación

La actividad base se compone de tres etapas a realizar en equipo:

- **Etapla 1:** descargar el simulador, y partiendo de las condiciones iniciales debatir y elegir (con un presupuesto de hasta 10 puntos) qué tarjetas de intervención desea aplicar. Introducir los datos y evaluar.

- **Etapla 2:** elegir al azar una tarjeta de población y una tarjeta de patógeno e introducir los datos en el simulador (con esto se define el caso sobre el que va a trabajar cada equipo). Distribuir estratégicamente los estados en la cuadrícula. Evaluar la eficacia de las Intervenciones precedentes.

- **Etapla 3:** Decidir qué cambios realizar en las Intervenciones. Si se quieren realizar cambios, "devolver" los valores modificados a su estado original. Se pueden realizar tantos cambios como se crea oportuno, manteniendo el presupuesto de 10 puntos, hasta conseguir el mejor desenlace posible.

Una vez terminada esta actividad base pueden añadirse distintas dinámicas opcionales que pueden aplicarse a la vez a todos los equipos:

1. Aumentar o disminuir el presupuesto de "puntos" para adquirir intervenciones (variables económicas).
- 2) Aumentar o disminuir la infectividad o mortalidad del patógeno (variables biológicas como mutaciones).
- 3) Obligar a dos equipos con distintas poblaciones e Intervenciones a consensuar unas mismas medidas para ambos equipos o prohibir determinados tipos de intervenciones (variables políticas).

## 3. Contexto y resultados de aplicación

La actividad propuesta se ha desarrollado con 62 estudiantes de (14-15 años) en el marco de la asignatura de Biología y Geología (3.º Educación Secundaria Obligatoria) en el Institut Marta Estrada de Granollers (Barcelona). Para su aplicación, como primer paso de familiarización con el simulador se propuso al alumnado que lo descargara y realizara pruebas cambiando índices y posición de individuos en la tabla inicial para visualizar y discutir el impacto de cada uno de los cambios. A partir de la conversación, se definieron los términos "infectividad", "morbilidad", "mortalidad", "vulnerabilidad", "inmunización" y "vacunación". La dificultad del alumnado fue la de diferenciar morbilidad (la probabilidad de que, habiendo infección, se desarrolle la enfermedad) y mortalidad (la probabilidad de, desarrollando la enfermedad, morir a causa de ella), puesto que el simulador no las distingue.

A partir de ese punto, la dinámica se desarrolló en las tres etapas previstas en la dinámica de gamificación (por el protocolo COVID-19, en lugar de tarjetas físicas, se dieron oralmente



instrucciones individualmente a cada equipo, reproduciendo su contenido), y se pidió a cada equipo que compartiera el gráfico resultante de su mejor solución y justificara sus medidas. Esto dio lugar a una conversación rica con distintas aportaciones en las que el alumnado explicitó la complejidad de la gestión sanitaria, relacionándola de modo espontáneo con aspectos que vivían en su día a día en relación a la situación COVID-19:

*“He visto que el aislamiento es muy importante: poner las personas vulnerables separadas de los infectados cambiaba mucho los resultados”.*

*“Es muy difícil elegir las intervenciones, porque algunas cuestan muchos puntos (dinero). Los botellones son un problema, porque el aislamiento es una intervención barata, pero fuerte”.*

*“Como nuestro virus era muy infeccioso, aunque no era muy mortal, en seguida hemos superado el límite y hay mucha mortalidad. Hemos probado con mascarillas, pero al final lo mejor ha sido vacunar y financiar hospitales, pero todavía se mueren muchos”.*

*“No sabemos por qué, pero no tenemos casi inmunizados. Creemos que es porque tenemos muchos vulnerables, o tiene mucha mortalidad, y no podemos separarlos bien, aunque vacunemos a algunos los otros se infectan y se mueren”.*

*“No teníamos puntos suficientes, creo que con 2 puntos más habríamos podido aislar más y tener menos infecciones”.*

*“Como teníamos sólo un infectado, con la detección precoz ya lo hemos parado. Es una intervención cara, pero ha ido bien, ha sido fácil. No tenemos ningún muerto, pero tampoco inmunizados”.*

En el marco de la discusión se ha construido el significado de términos como “efecto rebaño” y “capacidad de carga del sistema sanitario” asociándolos a situaciones y mensajes que el alumnado vivía o había vivido recientemente, como “aplanar la curva”.

Terminada esta parte de la actividad, se propuso al alumnado que dispusiera de todo el presupuesto que deseara (puntos) e intentara conseguir los mejores resultados posibles. También se propuso intentar crear en el tablero situaciones peculiares para mejorar las estrategias. Esto llevó a situaciones curiosas en las que el alumnado elaboró “barreras de vacunados” alrededor de un grupo de celdas (lo que se conectó con perspectivas sobre discriminación o países ricos vs países empobrecidos) o exploró gráficamente “cadenas de transmisión” entre vulnerables. Esto llevó a intentar representar la progresión de las cadenas de transmisión (Figura 4), cosa que se hizo mediante círculos concéntricos representando los sucesivos ciclos de infección: el primer círculo representa el primer ciclo de infección, en el que un infectado ha transmitido a tres otros pacientes, de los cuales, en el siguiente ciclo de transmisión, dos no han transmitido y uno ha transmitido a otro paciente (segundo círculo). Y así sucesivamente, se evidenció cómo determinadas cadenas de transmisión, por distintas razones (hay muchos vulnerables, muchos contactos con no inmunizados,...) pueden llevar a un incremento rápido de la expansión de la epidemia.

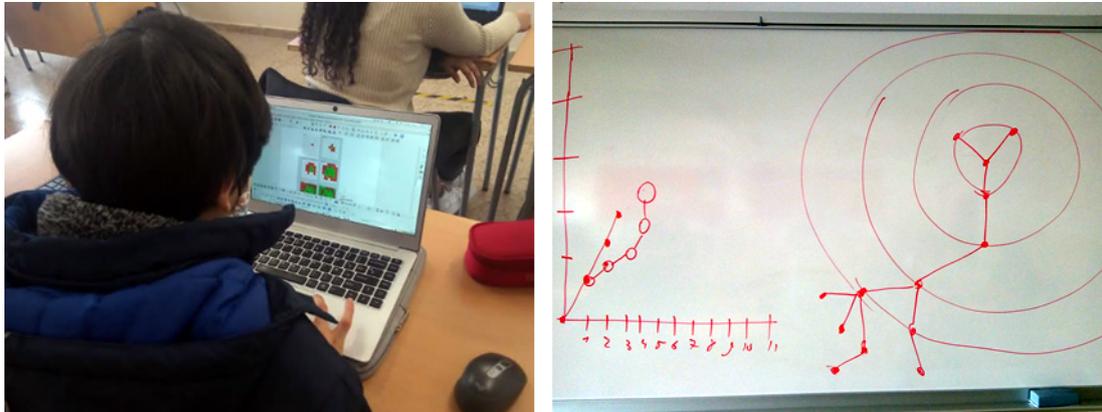


Figura 4. Alumnos analizando la evolución de la epidemia después de introducir nuevos datos. Representación en el aula de un gráfico de cadenas de transmisión.

La discusión a partir de las distintas soluciones permitió evidenciar componentes que daban sentido a situaciones de sanidad pública que experimentaban los alumnos:

- Existe una componente económica y de prevención importante en las epidemias.
- En ocasiones se inicia con determinadas intervenciones, y una vez se conoce cómo se comporta el patógeno (primer ciclo de la dinámica gamificada) se pueden elegir mejores intervenciones, que deben ir ajustándose con el tiempo.
- No todas las intervenciones tienen el mismo coste, y su eficacia depende de la población, pero también del patógeno.
- La vacunación y la inmunización son las mejores estrategias a largo plazo.
- Según cómo se organice la población, los individuos pueden estar protegiéndose unos a otros en beneficio de todos (situar no vulnerables para separar vulnerables es mejor también para los no vulnerables, porque hay menos infectados en total).

#### 4. Discusión y conclusiones

En este artículo nos proponemos valorar las posibilidades y limitaciones del uso de simuladores como vía para modelizar y problematizar contextos sobre epidemias.

Consideramos que la actividad permite atender a los objetivos propuestos y las necesidades mencionadas en la introducción de trabajar los aspectos relacionados con el papel de la vacunación y las políticas sanitarias, desarrollando también la vertiente de controversia al limitar los recursos disponibles. En relación al objetivo del artículo (el análisis de las posibilidades y limitaciones del uso del simulador como vía para modelizar y problematizar contextos sobre epidemias), consideramos que:

El alumnado valoró muy positivamente la actividad, en especial por su interactividad y formato visual. Algunos alumnos sugirieron que la actividad podría mejorarse incluyendo posibilidades de “comprar” o “prestar” de algún modo tarjetas entre grupos (lo que curiosamente



hacen distintos países entre sí), o pudiendo cambiar medidas o posiciones de pacientes en pasos intermedios (lo que, de hecho, podemos identificar como los distintos tipos de confinamiento).

Como aspectos a mejorar, hemos identificado que la actividad no trata de un modo suficientemente explícito el papel de los infectados asintomáticos (que son un elemento importante en una epidemia) ni las secuelas de enfermedades, y la dinámica gamificada puede generar conversaciones poco respetuosas con la gravedad de las situaciones que se están representando, por lo que es importante explicitar al alumnado la demanda de –manteniendo el entusiasmo por la actividad- conservar un tono adecuado. Aunque se ha evidenciado la confusión que produce la actividad entre morbilidad y mortalidad, vemos difícil de resolver este punto si hacer la actividad excesivamente compleja. Limitaciones parecidas en lo referente a la definición de variables han sido identificadas por otros autores al problematizar con simulaciones el fenómeno COVID-19 en el aula (Crusells y López, 2020).

Consideramos que la actividad puede formar parte de un enfoque STEM más completo, incorporando aspectos relativos a la modelización matemática (ofreciendo un contexto para polinomios o probabilidad), la programación (incorporar nuevas variables en la programación del simulador) y las componentes sociopolíticas (el papel de las instituciones y servicios públicos, las libertades civiles, etc.) y el análisis crítico. Este último punto es actualmente objeto de interés desde la órbita del movimiento STEM (Couso 2017, Domènech-Casal, 2019b, 2021) y puede desarrollarse mediante la lectura crítica de noticias de actualidad (Marbà et al., 2009), en este caso sobre la gestión de la pandemia y sus implicaciones éticas, como por ejemplo los sesgos de vacunación entre países ricos y países empobrecidos.

En lo relativo a la modelización matemática, es importante señalar como limitación de muchas de estas actividades con simuladores el hecho que la existencia del simulador supone que, de hecho, el alumnado no “construye” el modelo matemático de la epidemia, sino que lo usa para tomar decisiones. Este es un pensamiento tecnológico, no matemático, por lo que conviene tener presente qué papel tiene el modelo matemático en la actividad (Couso et al., 2021). En actividades de otros autores sí se proponen al alumnado demandas orientadas a la construcción del modelo matemático (Valero y Lezama, 2020).

La actividad propuesta ha sido premiada con Mención de Honor en los premios Ciencia en Acción 2021, y forma parte del proyecto *Epidemics*, que ha sido incluido en el itinerario de proyectos de Ciencias *ProjectantCN3* (<https://sites.google.com/site/projectantcn3/>) y el *Itinerario Sarasvati* de proyectos ABP-STEM (<https://sites.google.com/view/itinerariosarasvati/>). Hemos usado el programa Calc como herramienta de simulación en otros proyectos ABP-STEM (Domènech-Casal, 2018, 2020) y consideramos que su filosofía de código abierto (permitiendo compartir y editar de forma libre) y la conexión y transferencia cotidiana que permite establecer con la programación lo convierten en una muy buena opción como herramienta para desarrollar actividades en el aula (pocos alumnos continuarán programando con *Scratch* una vez terminada su educación obligatoria, pero muchos podrían continuar haciéndolo en *Calc*).

## Agradecimientos

Investigación asociada al proyecto financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad ESPIGA, Epistemic School Performances, Goals and Critical thinking con referencia PGC2018-



096581-B-C21 (El pensamiento y las prácticas científicas en la era de la post-verdad: Promoviendo desempeños epistémicos en la escuela para una ciudadanía crítica y empoderada).

## Referencias

- Acevedo-Díaz, J.A., Vázquez, A. y Manassero, M.A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(2), 80-111. <https://bit.ly/3BqQLPK>
- Ageitos, N. y Puig, B. (2016). ¿Debería ser obligatoria la vacunación? *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 83, 78-79. <https://bit.ly/3mk8Sk4>
- Albe, V. (2008) Students' positions and considerations of scientific evidence about a controversial socioscientific issue. *Science & Education*, 17, 805-827. <https://doi.org/dd699m>
- Aznar, V. y Puig, B. (2014). ¿Cómo se presentan las enfermedades infecciosas en los libros de texto? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(2), 135-144. <https://doi.org/gzfb>
- Barrio, C. (1990). *La comprensión infantil de la enfermedad*. Anthropos.
- Bihouès, M. A. y Malot, S. (1990). Quelques représentations à propos des vaccinations et des transplantations. *Aster*, K(10), 27-46.
- Cid, M. D., Ruiz, Q., Serrano, J. A., Moreno, M. A. y Díez, A. A. (2020) "Ludificación" para la enseñanza del método científico en *Epidemiología y ciencias afines: una actualización*. [Proyecto de Innovación Docente UCM <https://bit.ly/2ZSQtTX>]
- Couso D. (2017). Perquè estem a STEM? Definint l'alfabetització STEM per a tothom i amb valors. *Revista Ciències*, 34, 21-29. <https://bit.ly/3mr24kP>
- Couso, D., Mora, L. y Simarro, C. (2021). De las mates como instrumento a las mates como práctica. *Revista Uno de Didáctica de las Matemáticas* 93, 8-14.
- Crusells, J. y López, V. (2020). COVID-19 i Scratch: Involucrant a l'alumnat en la modelització computacional de la propagació d'una epidèmia. *Revista Ciències*, 41, 2-8. <https://doi.org/gzd9>
- Dapía, M. D., Cid-Manzano, M. C. y Membiela-Iglesia, P. (1996). Utilización de las preconcepciones de los estudiantes acerca de la salud en el diseño, implementación y evaluación de una unidad didáctica. *Investigación en la escuela*, 28, 95-101. <http://hdl.handle.net/11441/59705>
- Departament d'Ensenyament (2014). *Competències bàsiques de l'àmbit científicotecnològic. Identificació i desplegament de l'educació secundària obligatòria*. Generalitat de Catalunya.
- Díaz, N. y Jiménez-Liso, M. R. (2012) Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 54-70. <https://doi.org/gzdx>
- Díaz, R., Abuín, G., López, R., Nogueira, E., García, A. y García, J.A. (1996). Ideas de los alumnos acerca del proceso infeccioso. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 9, 49-56. <https://bit.ly/3AdLUQT>
- Díaz, R., López, R., Abuín, G., García, A., Nogueira, E. y García, J.A. (2000). Ideas de los alumnos en torno a conceptos relacionados con la enfermedad transmisible. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 25, 67-78. <http://hdl.handle.net/11162/21448>
- Dicheva, D., Dichev, C., Agre, G. y Angelova, G. (2015). Gamification in Education: A Systematic Mapping Study. *Educational Technology & Society*, 18(3), 75-88. <https://bit.ly/3IFbrtO>
- Domènech, A. M., Márquez, C., Roca, M. y Marbà, A. (2015). La medicalización de la sociedad, un contexto para promover el desarrollo y uso de conocimientos científicos sobre el cuerpo humano. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(3), 101-125. <https://doi.org/gzdz>
- Domènech-Casal, J. (2017). Aprendizaje Basado en Proyectos y Competencia Científica. Experiencias y propuestas para el método de Estudios de Caso. *Enseñanza de las Ciencias*, Septiembre 2017 (número extraordinario), 5177-5183.



- Domènech-Casal, J. (2018). Dieta, justícia global i sostenibilitat. Transformant pràctiques cap a la cultura del desenvolupament i la pau. *Revista Ciències*, 35, 9-12. <https://doi.org/gzd8>
- Domènech-Casal, J. (2019a). *Aprendizaje basado en proyectos, trabajos prácticos y controversias. 28 propuestas y reflexiones para enseñar Ciencias*. Octaedro.
- Domènech-Casal, J. (2019b). STEM: Oportunidades y retos desde la Enseñanza de las Ciencias. *Universitas Tarraconensis Monográfico (2019)* 155-168. <https://doi.org/gzd2>
- Domènech-Casal, J. (2020). Diseñando un simulador de ecosistemas. Una experiencia STEM de enseñanza de dinámica de los ecosistemas, funciones matemáticas y programación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(3), 3202. <https://doi.org/gzd3>
- Domènech-Casal, J. (2021). Resignificación STEM y escuela. Escenas ABP desde el itinerario Minerva. *Boletín Ciencia Tecnología y Sociedad*, 15, 57-65. <https://bit.ly/3oggCFB>
- Duschl, R. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. *Review of Research in Education*, 32(1), 268-91. <https://doi.org/bkzdhm>
- Duschl, R. y Grandy, R. (2012). Two views about explicitly teaching nature of Science. *Science & Education*, 22(9), 2109-2139. <https://doi.org/f5bd6x>
- Erduran, S. (2020). Science education in the era of a pandemic: How can history, philosophy and sociology of science contribute to education for understanding and solving the Covid-19 Crisis? *Science & Education*, 29, 233-235. <https://doi.org/gmqgw2>
- Etxebarria, P. (2021). Propuestas didácticas basadas en la COVID-19 desde el ámbito científico. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 102, 78-81. <https://bit.ly/3lcuccf>
- Hobson, A (2001). Teaching relevant science for scientific literacy: Adding a Cultural Context to the Sciences. *Journal of College Science Teaching*, 30(4), 238-243.
- Jiménez-Taracido, L. y Otero, J. (2019). La educación científica frente al pensamiento anticrítico en la vida diaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 37(1), 117-135. <https://doi.org/hfg9>
- John, T. J. y Samuel, R. (2000). Herd immunity and herd effect: new insights and definitions. *European Journal of Epidemiology*, 16(7), 601-606. <https://doi.org/bjppdn>
- Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education*. John Wiley & Sons.
- Kind, P. y Osborne, J. (2016). Styles of scientific reasoning: a cultural rationales for science education? *Science education*, 101, 8-31. <https://doi.org/10.1002/sci.21251>
- Lederman, N. G. y Lederman, J. S. (2004). Revising instruction to teach nature of science. *The Science Teacher*, 7(9), 36-39.
- López, V., Couso, D., Simarro, C., Garrido, A., Grimalt-Álvaro, C., Hernández, M.I. y Pintó, R. (2017). El papel de las TIC en la enseñanza de las ciencias en secundaria desde la perspectiva de la práctica científica. *Enseñanza de las Ciencias, número Extraordinario 2017*, 691-697. <https://bit.ly/3Feakxj>
- López, V. y Domènech-Casal, J. (2018). Juegos y gamificación en las clases de ciencia: ¿una oportunidad para hacer mejor clase o para hacer mejor ciencia? *Revista Electrónica Ludus Scientiae (RELuS)*, 2(1), 35-44. <https://doi.org/gzd4>
- López, J. P., Rodríguez, A., Portales, A. M., Dengra, M. J., Moreno, D., Soriano, M., Espejo, C. y Boronat, R. (2021). Analogía didáctica para la enseñanza de la transmisión aérea de microorganismos en un laboratorio de Educación Secundaria Obligatoria: coronavirus y Covid-19. *Aula, Museos y Colecciones*, 8, 43-50.
- Marbà A., Márquez C. y Sanmartí, N. (2009). ¿Qué implica leer en clase de ciencias? *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 59, 102-111. <https://bit.ly/2YqEtc4>
- Morris, B., Croker, S., Zimmerman, C., Gill D. y Romig, C. (2013). Gaming science: the Gamification” of scientific thinking. *Frontiers of Psychology*, 4, 607. <https://doi.org/gbfpz9>



- Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177-196. <https://doi.org/gf8rsg>
- Sadler, T. D. (2011). Situating Socio-scientific Issues in Classrooms as a Means of Achieving Goals of Science Education. En T. D. Sadler (Ed.), *Socio-scientific Issues in the classroom: Teaching, learning and research* (pp. 1-9). Springer.
- Solbes, J. y Torres, L. (2012). Análisis de las competencias de pensamiento crítico desde el abordaje de las cuestiones sociocientíficas: un estudio en el ámbito universitario. *Revista de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 26, 247-269. <https://doi.org/gzd5>
- Valero, M. S. y Lezama, J. (2020). Una experiencia didáctica con estudiantes de bachillerato en torno a la modelación de los datos del COVID-19 en México. *El Cálculo y su Enseñanza*, 15, 1-19. <https://bit.ly/3mpLVfp>
- Vargas, V. (2021). Estudiar el proceso de diseminación de enfermedades en el aula. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 104, 57-61. <https://bit.ly/3AdIltJ>
- Téllez, D. (2015) Plague Inc: Pandemias, Videojuegos y enseñanza-aprendizaje de las ciencias sociales. *Enseñanza de las Ciencias Sociales*, 14, 135-141. <https://doi.org/gzd6>
- Wolfe, R. M. y Sharp, L. K. (2002). Anti-vaccinationists past and present. *British Medical Journal*, 325(7361), 430-432. <https://doi.org/fqt76b>