

The phantom menace: Cómo salvar el mundo de una pandemia mediante Ingeniería Genética cooperativa

Sara Baldanta Callejo¹, Mario Bénitez Prian¹, Cristina Blázquez Ortiz¹, Francisco Bruñén Alfaro¹, Olga Cañadas¹, Adrián Chinarro Sánchez¹, Nuria García de la Camacha¹, Belén García-Fojeda García-Valdecasas¹, Govinda Guevara¹, Ariana Leño Hinojosa¹, Maria Teresa López Conejo¹, María del Mar Lorente Pérez¹, Juana María Navarro Llorens¹, Laura Nogués¹, Diana Penalba Iglesias¹, Andrea Raisman¹, María Regina Ranz Valdecasa¹, Marta Ruiz Ortega², Jose Luis Sánchez-Escalonilla¹, Antonio Sánchez Torralba¹, Guillermo Velasco Díez¹

Resumen: Este trabajo describe los proyectos de innovación llevados a cabo en la asignatura de FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GENÉTICA del 2º curso del Grado en Biología que tiene como objetivo el acercamiento al conocimiento y la aplicación de las técnicas de Ingeniería Genética. Hemos combinado el modelo pedagógico de la clase invertida o “Flipped Classroom” con la ludificación y las nuevas tecnologías para comprometer al estudiante con el aprendizaje. A los alumnos se les plantea una hipotética situación en la que cuatro enfermedades mortales aparecen en la tierra. Encontrar la cura que evitará la desaparición de la humanidad depende del trabajo de un equipo de especialistas. A través de actividades relacionadas con cada tema, se consiguen una serie de acciones que les permiten ir conociendo y estudiando el patógeno al que se enfrentan.

Palabras clave: Ingeniería genética; ludificación; nuevas tecnologías; aula invertida.

1. Planteamiento inicial y Objetivos

La asignatura de FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GENÉTICA y GENÓMICA (a partir de ahora, FIGG) es una asignatura optativa de 6 créditos que se cursa en el 2º año del Grado en Biología. Las competencias y el temario permiten acercar al alumno hacia el conocimiento y aplicación de las técnicas de Ingeniería Genética así como a entender la arquitectura y el funcionamiento de los genomas. Se imparte en el segundo cuatrimestre (6 créditos) y cuenta con 4 grupos de 45 a 60 alumnos. El temario se divide en 2/3 partes para la parte de Ingeniería Genética y 1/3 parte para el bloque de Genómica. En este artículo se presenta el trabajo realizado en esta asignatura en la parte de Ingeniería

¹ Departamento De Bioquímica y Biología Molecular, Facultad de Químicas y Biología UCM: Sara Baldanta Callejo Email: sabaldan@ucm.es. ORCID: 0000-0002-4558-9774. Mario Bénitez Prian Email: mariob05@ucm.es. Cristina Blázquez Ortiz Email: crisblazquez@bio.ucm.es. ORCID: 0000-0002-7698-3926. Francisco Bruñén Alfaro Email: franbrun@ucm.es. Olga Cañadas Email: ocanadas@ucm.es. ORCID: 0000-0002-1932-3796. Adrián Chinarro Sánchez Email: achinarr@ucm.es. Nuria García de la Camacha Email: nugarc09@ucm.es. Belén García-Fojeda García-Valdecasas Email: bgarciafojeda@pdi.ucm.es. ORCID: 0000-0002-9558-3020. Govinda Guevara Email: fguevara@ucm.es. ORCID: 0000-0002-1096-2612. Ariana Leño Hinojosa Email: aleano@ucm.es. Maria Teresa López Conejo Email: mtlopezcconejo@ucm.es. María del Mar Lorente Pérez Email: mmlorent@pdi.ucm.es. ORCID: 0000-0003-0982-0956. Juana María Navarro Llorens Email: jmnavarr@ucm.es. ORCID: 0000-0002-8181-3147. Laura Nogués Email: lanogues@ucm.es. ORCID: 0000-0002-7592-4430. Diana Penalba Iglesias Email: dpenalba@ucm.es. Andrea Raisman Email: raismanandrea@gmail.com. María Regina Ranz Valdecasa Email: mrantz@ucm.es. Jose Luis Sánchez-Escalonilla Email: josalsan@ucm.es. Antonio Sánchez Torralba Email: antons04@ucm.es. ORCID: 0000-0002-8767-3122. Guillermo Velasco Díez Email: gvelasco@quim.ucm.es. ORCID: 0000-0002-1994-2386;

² Facultad de Medicina, Dpto. Medicina, Fundación Jiménez Díaz: Marta Ruiz Ortega Email: marta.ruiz.ortega@uam.es. ORCID: 0000-0002-1495-6535.

Genética que se imparte por el Departamento de Bioquímica y Biología Molecular de la UCM.

1.1. Introducción

La asignatura de FIGG presenta desde sus comienzos en el grado una problemática que podemos resumir en: i) dificultades en la comprensión de conceptos ya que el alumnado llega sin una base de conocimientos asentados que le permita entender los fundamentos de las técnicas, ii) problemas a la hora de resolver ejercicios nuevos no tipificados en los que deban integrar conocimientos de diferentes disciplinas, iii) la dificultad de enseñar en un aula de modo teórico procedimientos que son prácticos, iv) la actitud del alumnado que percibe la asignatura como árida ya que no le encuentra una aplicabilidad inmediata. Todo lo anterior lleva a que gran parte del alumnado se desmotive al poco de empezar el curso y que muchos dejen de asistir a las clases.

Por todas estas razones, el profesorado que imparte esta asignatura se planteó dar un giro académico a la docencia y se proyectó un primer Proyecto de innovación (PIMCD140_18_19: “Estrategias de Flipped learning en Fundamentos de Ingeniería Genética”). En la realización de este proyecto se tomó como modelo pedagógico el de la clase invertida o “Flipped Classroom” (Roehl et al., 2013). Con esta metodología, el proceso de aprendizaje se centra en el alumno, que fuera del aula trabaja los contenidos y de esta manera se utiliza el tiempo de clase para facilitar y reforzar estos conocimientos mediante otros procesos de adquisición y práctica dentro del aula. Con la experiencia adquirida de este Proyecto, se reformuló la propuesta para dar origen a los proyectos PIMCD174_19_20 (Navarro-Llorens et al., 2019) y PIMCD163_20_21 (Navarro-Llorens et al., 2021). Para la construcción de estos proyectos añadimos un nuevo componente: la ludificación basada en el juego de mesa PANDEMIC (ASMODEE IBÉRICA). Pandemic es un juego cooperativo donde se plantea una hipotética situación en la que cuatro mortales y extrañas enfermedades han aparecido en la tierra y la cura, que evitará la desaparición de la humanidad, depende de un equipo de especialistas (los alumnos). Los jugadores deben cooperar para controlar las epidemias y encontrar un tratamiento eficaz en un tiempo determinado. La filosofía de este juego se adaptó a la asignatura de FIGG de modo que tanto el temario como las prácticas giraran en torno a esta actividad. En el Proyecto PIMCD163, se introdujo además la figura del mentor-estudiante para poder servir de apoyo a los equipos cuando éstos tenían alguna dificultad en la resolución de alguna de las actividades planteadas.

Los resultados nos han mostrado que gracias a estas iniciativas se ha conseguido que el alumno se involucre más en la asignatura y que la percepción que tiene de FIGG haya sido positiva. Sin embargo, quedan algunos aspectos que hace falta todavía implementar, entre ellos, por ejemplo, que el alumno asuma que debe realizar un esfuerzo activo en su aprendizaje.

1.2. Objetivos

Los objetivos que nos planteamos con estos proyectos dependen según el ámbito que se considere:

- a) En relación a los alumnos: Involucrar al alumnado de modo activo en el proceso de su aprendizaje, despertar su curiosidad y dotarle de un pensamiento crítico válido para cualquier ámbito.
- b) En relación a los docentes: dotar al profesorado de HERRAMIENTAS adicionales con las que reforzar su labor docente y poder motivar al alumno en el aprendizaje

activo de los contenidos de la asignatura; por otra parte, también se quiere fomentar el trabajo en equipo en los docentes al tratarse de diferentes grupos.

- c) Con respecto al Grado: se quiere reforzar los objetivos docentes de la asignatura mediante el uso de nuevas tecnologías, profundizar en los contenidos transversales y un mayor acercamiento a los objetivos del Espacio Europeo de Educación Superior.

2. Metodología TIC

2.1. Herramientas TIC gratuitas disponibles *on-line*

Parte de las actividades presentadas a los alumnos se realizaron a través de las herramientas Kahoot (<https://kahoot.com/>), Socrative (<https://www.socrative.com/>), Mentimeter (<https://www.mentimeter.com/>) así como la utilización de diversas herramientas disponibles en el Campus Virtual Moodle de la UCM (Blackboard Collaborate: <https://www.blackboard.com/es-lac/resources>, la plataforma de tareas y cuestionarios: <https://www.ucm.es/campusvirtual> etc.). Los alumnos además utilizaron herramientas disponibles en internet para comparar secuencias de ácidos nucleicos y proteínas (BLAST: Basic Local Alignment Search Tool) y presentaciones/vídeos en diferentes plataformas.

2.2. Herramientas TIC diseñadas para FIGG

Se ha desarrollado una aplicación con un tablero *on-line* que permite a los equipos de alumnos ver los avances que va teniendo la pandemia contra la que luchan y los puntos conseguidos a medida que las distintas tareas son completadas. Esta aplicación es accesible a los alumnos mediante una contraseña que introducen en la página web <https://www.recursosbioquimica.es/>. La aplicación se construyó sobre el “*framework*” Codeigniter, versión 3.1.10, escrito en PHP, y el sistema de gestión de bases de datos relacionales MySQL, versión 5.7.28, sobre el que descansa la administración de usuarios y de contenidos del juego. Cada elemento de la aplicación, tales como actividades, puntos, fechas de avance de la infección, etc., se definió como una tabla de la base de datos. El acceso a la aplicación se proporcionó bajo tres perfiles, super-usuario, profesor y alumno, dependiendo del nivel de permisos del usuario. El perfil de alumno permite acceder a información sobre el estado de avance en el juego del grupo al que pertenece el usuario, como el nivel de enfermedad sobre un mapa, una lista de acciones conseguidas y los puntos obtenidos. Dichos puntos se pueden invertir de dos maneras: poder llevar a cabo una nueva acción o revertir el avance de la enfermedad. Los profesores no participan en el juego, pero tienen acceso a un menú de administración, desde el que pueden modificar las fechas de avance de la infección, distintas para cada turno de la asignatura. Así el sistema muestra a los alumnos el mapa que ven al entrar a la aplicación de forma pre-programada, de acuerdo al progreso de la docencia en cada turno. En otra de las entradas del menú de administración, los profesores disponen de una tabla para asignar o corregir la puntuación de los grupos que pertenecen a su turno. Pueden ver también un resumen de la puntuación disponible y del avance de los equipos (Figura 1).

3. Resultados y discusión

Desde el curso 2018-2019, se han llevado a cabo tres proyectos de innovación UCM en la asignatura de FIGG. En el Proyecto PIMCD140_18_19, se dividió al alumnado en equipos y se les ofreció uno de cuatro retos para trabajar durante el curso (Tabla 1). Se prepararon una serie de actividades para realizar en equipo (una para cada uno de los 8

temas de la asignatura). Al terminar la docencia teórica, cada equipo debía presentar una infografía con todos los pasos necesarios para resolver el reto. En este primer Proyecto nos encontramos con una serie de problemas, básicamente: las actividades planteadas no tenían siempre relación con el reto planteado si no con el tema que se debía impartir en clase; los alumnos no acababan de involucrarse en el reto y les supuso una gran sobrecarga de trabajo. Sin embargo, la presentación de una infografía final por cada equipo resumiendo todo el trabajo realizado (Figura 2) y los cuestionarios realizados con el móvil (Socrative, Kahoot y Mentimeter) tuvieron una muy buena aceptación con una puntuación promedio de 7 sobre 10 (Tabla 2).

Con la experiencia adquirida, se diseñó y realizó el Proyecto PIMCD140_18_19 introduciendo más elementos de ludificación basado en el juego de Pandemic. Este juego se presta a desarrollar los temas de Ingeniería Genética, por lo cual se diseñaron 8 acciones a llevar a cabo para ganar el juego: 1.- Conocimiento de los síntomas de la enfermedad; 2.- Tener recursos para abrir un centro de investigación para el estudio de la enfermedad; 3.- Identificación del patógeno mediante comparación y análisis de su secuencia en un Blast (instrucciones anexas); 4.- Aislamiento y amplificación del material genético del agente patógeno; 5.- Clonación de una secuencia específica del patógeno; 6.- Purificación de un antígeno del patógeno. Diagnóstico de la enfermedad; 7.- Tratamiento y vacunas para la enfermedad.; 8.- Evitar la pandemia mediante información a la población (presentación de la infografía final). Con cada uno de los 8 temas, cada equipo debía resolver unas actividades (una tipo Socrative/Kahoot y otra de aplicación al tema) y conseguir hasta 15 puntos por ellas. Además, en prácticas y con actividades extra asociadas a las mismas, se podían conseguir hasta 45 puntos más. A medida que se avanzaba un tema de la asignatura, la pandemia se extendía por el planeta (desde la infección local en el tema 1, a España, Europa, Asia, África, Oceanía y América). Los puntos obtenidos en el juego se van visualizando en la aplicación web (Figura 1) y desde la aplicación se pueden canjear por acciones (por cada 10 puntos se avanza una acción) o bien, utilizarlos para frenar la expansión de la enfermedad (10 puntos para retroceder una etapa de contagio). El juego se gana consiguiendo las 8 acciones y con la pandemia controlada. En este curso los alumnos puntuaron el aprendizaje a través del juego con un 8 sobre 10 (Tabla 2). Hay que destacar que el juego de Pandemic se propuso a FIGG antes de que apareciera el COVID-19 en nuestras vidas, y que esta situación actual ha provocado que el alumno esté más receptivo en esta ludificación.

En el Proyecto PIMCD163_20_21, se perfeccionaron las actividades planteadas para que fueran más accesibles al alumnado y se introdujo la figura del estudiante-mentor de apoyo para los equipos. Estos mentores son dos alumnos de tercero de grado por grupo de FIGG que realizaron la asignatura el curso pasado y que por tanto, sirven de puente entre el profesor y el alumno. A estos estudiantes de tercero, les ha encantado la experiencia y han comentado que la participación en el Proyecto en un papel diferente del curso anterior les ha resultado muy enriquecedor desde un punto de vista formativo. La percepción del alumnado de FIGG este año sobre su aprendizaje ha sido superior a 8 sobre 10 (Tabla 2) y sus comentarios (Tabla 3) muestran que en general les ha resultado de provecho para su formación. No obstante, es necesario seguir trabajando en optimizar las actividades en cuanto a calidad/tiempo empleado y conseguir que el alumno cambie de mentalidad en relación a la filosofía del aula inversa, ya que sigue pensando que el trabajo hecho por su cuenta es un esfuerzo no siempre recompensado.

Referencias bibliográficas

Navarro Llorens, Juana María, M. Lorente Pérez, C. Blázquez Ortiz, B. García-Fojeda García-Valdecasas, O. Cañadas, S. Castillo-Lluva, G. Velasco, F.G. Guevara Acosta, M. Ruiz-Ortega, S. Baldanta Callejo, L. Nogués y A. Sánchez Torralba. 2021. “Pandemic: the phantom menace: learning genetic engineering by a game-based methodology”, INTED2021 Proceedings, pp. 1435-1443.

Navarro Llorens, Juana María, M. Lorente Pérez, C. Blázquez Ortiz, R. Ranz Valdecasa, M.T. López Conejo, B. García-Fojeda García Valdecasas, O. Cañadas Benito, S. Castillo Lluva, G. Velasco Diez, G. Guevara y A. Sánchez Torralba. 2019. “Pandemic or how to save the world using genetic engineering techniques: learning genetic engineering by a game-based methodology”, ICERI2019 Proceedings, pp. 2463-2470.

Roehl, Amy y col. 2013. “The Flipped Classroom: An Opportunity to Engage Millennial Students through Active Learning Strategies”, J. of Family and Consumer Sciences; Alexandria v105, N° 2, Spring: 44-49.

Apéndices

Tabla 1. Retos presentados en el PIMCD 140_18_19

Retos curso 18-19	Descripción
Reto A	La γ - Sarcoglicanopatía (LGMD2C) es una enfermedad hereditaria causada por mutaciones en el gen SGCG. Clínicamente se caracteriza por una debilidad motriz y progresiva de los músculos de la cintura pelviana y escapular. La mutación más frecuente, responsable de hasta el 93% de los casos en etnia gitana, es la p.Cys283Tyr en la posición 848 del exón se produce un cambio de guanina por adenina (G→A). Diseñe el experimento y simule los resultados para diagnosticar la enfermedad en pacientes homocigotos, heterocigotos y sanos.
Reto B	Después de la proyección de una película de terror ha aparecido el cadáver de un hombre en la primera fila del cine con signos de haber sido estrangulado. En la sala de cine hay 20 personas en el momento del asesinato. Diseñe una estrategia que permita a la policía esclarecer este horrible crimen.
Reto C	En un mismo momento en el Hospital 12 de Octubre han dado a luz dos mamás primerizas. Los dos bebés son prematuros. Cuando los padres de los bebés van a visitarlos se encuentran que ninguno de los recién nacidos tiene pulsera de identificación. ¿Podéis ayudar a determinar cuáles son los progenitores de cada uno de los bebés?
Reto D	¿Dónde está Nefertiti? La momia de la reina ha estado desaparecida durante miles de años, y aunque muchos se han atribuido su descubrimiento, la verdad es que han resultado ser falsos. Pero ahora un grupo de estudiantes biólogos españoles han encontrado una momia oculta en los sótanos del Museo del Prado y se sospecha que podría ser de Nefertiti. En un museo de Egipto cuentan con DNA de su padre y de una de sus hijas. Detalle qué estrategia seguiríais para resolver este reto detallando todos los pasos, desde el aislamiento de la muestra de DNA a partir del material biológico de partida hasta la resolución final del reto.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Valoraciones de los alumnos en los tres últimos años

	Porcentaje de encuestas hechas sobre el total de alumnos	Valora del 1 al 10 la realización de las actividades propuestas	Valora del 1 al 10 la actividad de la infografía final	Valora del 1 al 10 el contenido puesto e el campus virtual para vuestra información	Valora del 1 al 10 los cuestionarios kahoot y Socrative hechos	Valora del 1 al 10 las prácticas realizadas	¿Recomendarías esta asignatura a estudiantes del grado de Biología?
Media curso 20-21	63 %	8,2±1,2	8,5±0,5	8,4±0,7	8,6±0,4	8,5±0,2	95%±5
Media curso 19-20	52 %	8,0±0,7	8,0±0,3	7,4±1,2	8,4±0,7	NC	88±3
Media curso 18-19	68 %	6,2±0,9	7,2±0,8	5,2±0,6	7,0±0,4	7,6±0,3	NC

Fuente: elaboración propia. NC= no contestado

Tabla 3. Valoraciones de los alumnos en los tres últimos años

Opiniones de los Alumnos	Positivas	Negativas
Curso 20-21 GrupoA	El proyecto me ha resultado bastante interesante y entretenido, además, el hecho de tener dos estudiantes de apoyo ha sido una buena idea pues es cierto que algunas actividades resultaron algo complejas. Hay que destacar que la realización periódica de estas actividades ayuda mucho a repasar la teoría.	Entretenidas pero muchas cantidad de trabajo difícil de organizar con el resto de las asignaturas.
	Me ha parecido súper interesantes e interactivas. Trabajar en equipo ha sido una buena experiencia y las actividades propuestas eran llevaderas y si te organizabas aprendías bastante.	Me parece que ha estado bien pero mucho trabajo para que cuente tan poco.
Curso 20-21 GrupoC	Muy interesante y te mantienen al día con el temario. Además ayuda mucho a trabajar en grupo.	Me ha parecido un proyecto muy interesante y divertido, pero entre las actividades y los seminarios he vivido estresado estos meses.
	Han sido muy interesantes, ayudan a “meterse en el papel” e imaginar casos reales de aplicaciones de la Ingeniería genética.	Implica demasiado tiempo el hacer las actividades suponiendo un gran trabajo y quitando excesivo tiempo a otras asignaturas.

Curso 20-21 Grupo E	Aunque me han costado algunas bastante, me ha ayudado bastante a fijar conocimientos teóricos de las clases. Me parece una manera muy dinámica y entretenida de aprender.	Es verdad que es la primera vez que damos esta asignatura pero por ejemplo, estaría mejor si se hicieran apuntes más dinámicos que mejorasen la comprensión a su vez que las correcciones de pandemia fueran más claras, ya que en numerosas ocasiones era complicado entender la respuesta y como se llegaba a esa solución.
	Algunas me parecieron complejas pero útiles para complementar la asignatura.	Había algunas actividades muy complicadas que con la teoría y buscando no se podían resolver fácilmente.
Curso 20-21 Grupo F	Ha sido un proyecto muy interesante, sobre todo, para tomar un poco de parte en lo que se supone "el trabajo científico" que debes realizar en un laboratorio. Además. Al ser todas enfermedades muy conocidas, creo que eso te hace sentir más real el trabajo.	Algunas eran muy fáciles y otras más complicadas,
	Las instrucciones de las actividades han estado bien explicadas y se llevaron a cabo con pocas dificultades.	Ha sido necesaria el uso de fuentes externas para obtener cierta información.

Fuente: elaboración propia.

recursos de BIOQUÍMICA

FIGG: Pandemia

95 pts

Acciones

- Síntomas
- Inversión para abrir un centro de investigación
- Identificación del patógeno
- Sistemas de detección del patógeno por PCR
- Clonación de DNA del patógeno
- Expresión de DNA y purificación de un antígeno del patógeno
- Vacunación de un continente entero
- Control de la enfermedad a nivel mundial. Publica una infografía

Usar puntos Descubrir siguiente acción (10 pts) Revertir pandemia en un continente (10 pts)

Instrucciones Reversiones disponibles = 2

Asignación de puntos a grupos				Progreso de los grupos en el juego						
Turno	Grupo	Puntuación	Sumar puntos	Turno	Grupo	Infección	Región de avance	Última acción	Puntuación	Reversiones disponibles
A	1.1	87	0	A	1.1	Peste	Europa	Identificación/Peste	47	1
A	1.2	93	0	A	1.2	Peste	España	Vacunación	3	4
A	1.3	105	0	A	1.3	Peste	Asia	Control	25	7
A	2.1	75	0	A	2.1	COVID-19	África		75	1
A	2.2	87	0	A	2.2	COVID-19	Madrid	Detección	17	0
A	2.3	87	0	A	2.3	COVID-19	Europa	Identificación/COVID-19	47	1
A	3.1	102	0	A	3.1	Sida	África	Inversión	92	2
A	3.2	95	0	A	3.2	Sida	Europa	Control	5	6
A	3.3	88	0	A	3.3	Sida	Europa	Identificación/Sida	48	1
A	4.1	74	0	A	4.1	Vruela	Asia	Expresión	14	5
A	4.2	83	0	A	4.2	Vruela	África	Identificación/Vruela	63	3
A	4.3	102	0	A	4.3	Vruela	Madrid	Detección	32	0

Entendido

Copyright © 2013-2020
De la web: Miguel Arango, María José Ferré, María Inés García, Antonio Sánchez Torralba
De los contenidos: Sus autoras

Figura 1. Diferentes pantallas de la aplicación web diseñada para los alumnos de FIGG. Fuente: elaboración propia.

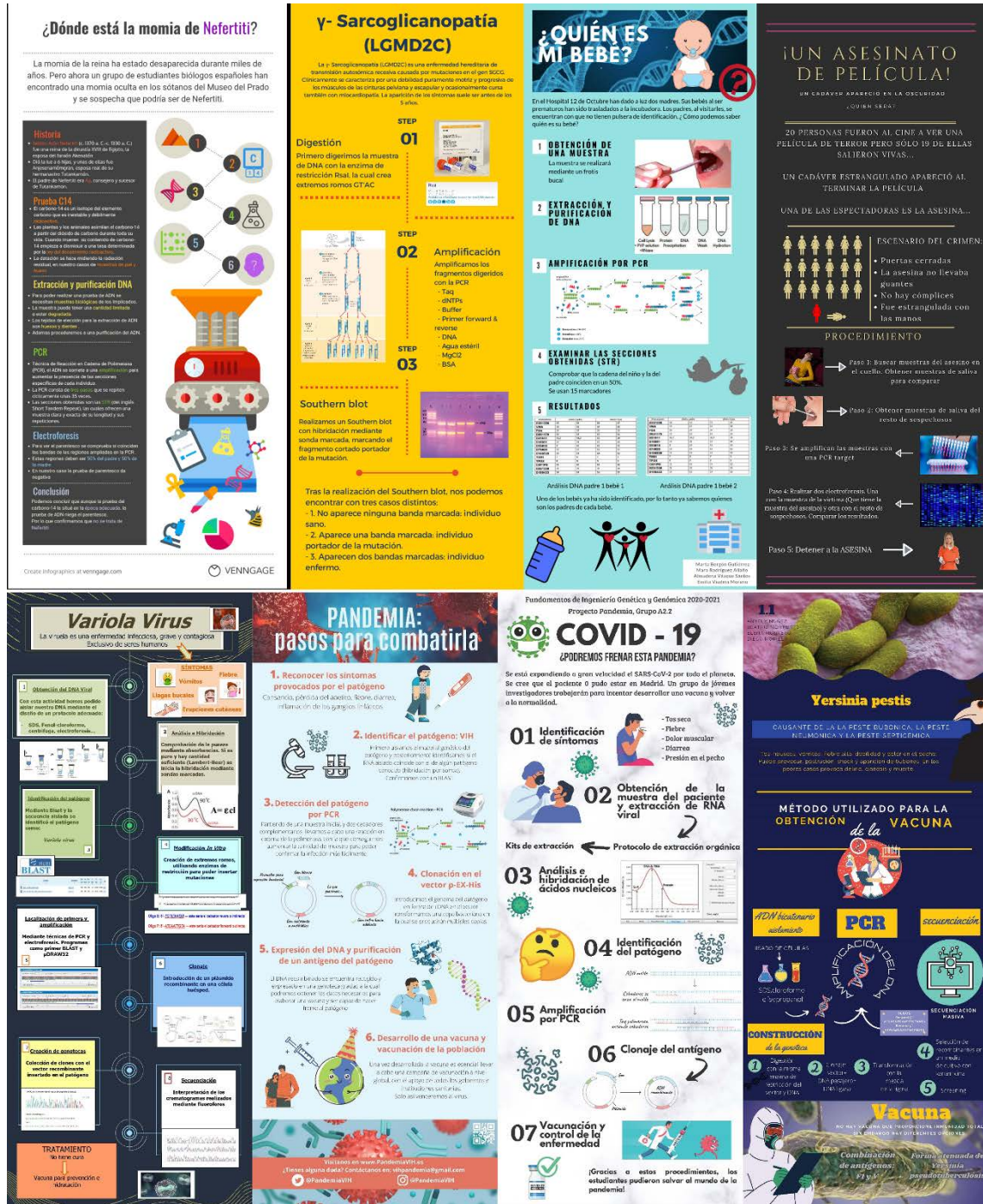


Figura 2. Ejemplos de infografías presentados por los alumnos. Fuente: elaboración propia.