

CINE Y EDUCACIÓN STEM: PROPUESTA PARA LA FORMACIÓN DE PROFESORADO

DANIEL MORENO MEDIAVILLA

Universidad Internacional de La Rioja

VIRGINIA PASCUAL LÓPEZ

Universidad Internacional de La Rioja

ALICIA PALACIOS ORTEGA

Universidad Internacional de La Rioja

1. INTRODUCCIÓN

En la segunda década del siglo XXI no es ninguna novedad oír hablar del término STEM, pero si echamos la vista atrás no hace mucho tiempo que esta idea de trabajo transversal en los entornos educativos no era más que una mera idealización por parte de algunos especialistas.

El término STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) cuyas siglas en español, menos utilizadas, son CTIM (Ciencia Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), nació a finales del siglo XX en los Estados Unidos, el objetivo inicial era el de poner en valor las disciplinas científicas y técnicas que conforma el término (Perales-Palacios & Aguilera, 2020) a través de diferentes estrategias políticas. La evaluación y trabajo en torno a esta idea de diversos autores como indican Aguilera et al. (2019), generó planteamientos enfocados hacia políticas educativas y en concreto hacia el desarrollo de nuevas estrategias y metodologías didácticas en busca de una educación cohesionada, que trabajase de manera transversal las áreas de conocimiento que englobaban el término.

A comienzos del siglo XXI (Gago et al., 2004), la Comisión Europea incluye el término STEM en unos primeros informes que analizan las necesidades educativas futuras, dentro de las cuales considera fundamental el desarrollo y potenciación de vocaciones científicas y

tecnológicas en los estudiantes. Tras un estudio en el que se consultaron a unas 300 entidades científicas, así como a ministros y responsables educativos de los países miembros, se definieron los principales problemas encontrados, relacionados con la falta de inversión y también con la falta de coordinación entre instituciones e industria. Destacan la necesidad de evitar políticas elitistas en la ciencia. También se plantearon líneas de trabajo adecuadas para mejorar la situación, como, por ejemplo:

Una nueva asociación entre las universidades y la industria para promover carreras y un mejor entendimiento mutuo. Es necesaria más experiencia práctica, especialmente en cursos de nivel primario y secundario, que deben diseñarse para satisfacer las necesidades e intereses de los jóvenes (Gago et al., 2004).

Con este punto de partida se han ido definiendo de una manera muy rápida, las habilidades que deben adquirir los estudiantes de una nueva era (Rahmawati et al., 2019; Siekmann, & Korbel, 2016).

Dentro de las definidas como *STEM skills* se encuentran:

- Resolución de problemas: los problemas STEM requieren que el estudiante trabaje rápidamente para dar sentido a los problemas a medida que se presentan y que trabaje de manera productiva para proponer soluciones reales y adecuadas.
- Creatividad: STEM requiere la capacidad de mirar y proponer soluciones a un problema a través de múltiples enfoques, incluidos los que son altamente creativos o "listos para usar". En STEM, los errores y los intentos fallidos son experiencias positivas que ofrecen oportunidades para un aprendizaje más profundo.
- Indagación: STEM requiere participación y práctica para resolver problemas de manera efectiva. Los estudiantes son los impulsores de las soluciones y deben hacer las preguntas, proponer las ideas, generar y probar soluciones y tomar decisiones basadas en datos para comprender cómo refinar las ideas aún más.

- Habilidades de matemáticas y ciencias: Las habilidades en matemáticas y ciencias que el alumnado está aprendiendo en la escuela son la base de STEM y deben aplicarse en la búsqueda de soluciones. Las matemáticas y las ciencias utilizadas para resolver problemas se conectarán, y ampliarán su trabajo de curso, así como también resaltarán las conexiones entre ideas y áreas temáticas.
- *Design Thinking*: Al resolver problemas STEM, el uso del *Design Thinking* es vital. En este tipo de pensamiento, el estudiante debe identificar el problema en cuestión, investigar posibles soluciones, construir prototipos, probar, rediseñar, probar nuevamente e iterar más según sea necesario. Cada paso del proceso lo acerca a la creación de una solución funcional.
- Pensamiento crítico: El aprendizaje STEM eficaz requiere que el alumnado analice información, evalúe diseños, reflexione sobre su pensamiento, sintetice nuevas ideas y proponga soluciones creativas. Todas estas habilidades son vitales para convertirse en un pensador crítico e independiente.
- Colaboración: Los grandes desafíos rara vez los resuelven los individuos. Trabajar en problemas STEM también implica aprender a trabajar como una parte productiva de un equipo colaborativo

Entre los objetivos de desarrollo sostenible planteados en la agenda 2030 de la Comisión Europea se encuentra la importancia que la educación STEM tendrá en los próximos años. El aumento en la financiación de estos ámbitos de enseñanza, la promoción de la mujer en estos estudios y la necesidad de desarrollar programas de formación de docentes, son los principales ejes para poder desarrollar estos objetivos en el futuro (Morales & Morales, 2020; Kim et al., 2018).

Sorprendentemente, el testigo de este nuevo planteamiento global lo han tomado de manera principal las empresas. Desde que el concepto STEM empezó a formar parte de la agenda política internacional muchos de los programas educativos que han surgido, están directamente

impulsados por empresas en colaboración con organizaciones educativas.

STEM Talent Girl, este proyecto nace como colaboración entre el Museo de la Evolución Humana, la empresa ASTI, la red Telefónica Open Future, la Fundación Atapuerca, la agencia Talk2Us Comunicación y la Obra Social La Caixa. Pretende fomentar la motivación y el interés de las niñas en materias STEM. Está desplegado en tres programas diferentes: *Science for Her* (dirigido a identificar y fomentar este tipo de carreras entre las alumnas de 3º y 4º de ESO mediante una lección magistral impartida por una experta); *Mentor Women* (dirigido a chicas de Bachillerato, universitarias y licenciadas) y *Real Work* (un programa que ofrece becas en empresas tecnológicas a mujeres jóvenes con los estudios universitarios recién acabados).

El proyecto Hypatia, se trata de un proyecto desarrollado entre 2015 y 2018 y financiado por la Comisión Europea en el contexto del Programa Horizonte 2020. Consiste en fomentar el interés de las chicas de entre 13 y 18 años por las materias STEM, tanto en centros educativos como a lo largo de su trayectoria académica. Para conseguirlo, propone varios métodos: por un lado, ofrecer la posibilidad de que las niñas descubran las diferentes carreras relacionadas con la ciencia y, por otro, incentivar que los centros educativos, museos o instituciones realicen una comunicación acertada de dichas carreras, con una perspectiva de igualdad de género. El proyecto otorga a los profesores que decidan participar en el proyecto un paquete de herramientas que contiene todo lo necesario para llevar a cabo talleres de contenido científico, así como coloquios, debates informales y encuentros.

El proyecto STEM Alliance reúne a empresas y Ministerios de Educación para promover la educación y las carreras STEM entre los jóvenes europeos y abordar las brechas de habilidades. Con el apoyo de las principales industrias y socios privados, promueve las iniciativas existentes en educación STEM (a nivel nacional, europeo y mundial) y contribuye a la innovación en la enseñanza de STEM en todos los niveles de la educación.

Saber trabajar y evaluar todas y cada una de las habilidades que deben adquirir los alumnos, se convierte en un reto para el docente, por todo ello es fundamental considerar en la formación del profesor un enfoque que incluya un tratamiento STEM integrando los contenidos curriculares de todos los ámbitos implicados.

Es por ello que, resultados de proyectos como el proyecto Scientix, que promueve y respalda la colaboración entre docentes, investigadores del ámbito de la enseñanza, legisladores y otros profesionales de la docencia de materias STEM han de ser tenidos muy en cuenta. El portal Web de Scientix (<http://www.scientix.eu/>) ofrece un repositorio de recursos de gran valor y utilidad para los usuarios. Pero pueden ser insuficientes si los usuarios de estos recursos no tienen una formación adecuada sobre cómo y por qué hacer uso de ellos.

La selección de los recursos y la capacidad de ponerlos en práctica son fundamentales para la labor docente. Es fundamental conocer cómo aplicar las diferentes propuestas y también conocer los resultados de los usuarios en su aplicación (Prolongo & Pinto, 2019). Como destacan Hernández-Serrano & Muñoz-Rodríguez (2020) en su estudio, los profesores en formación están interesados en aplicar las aproximaciones STEM, pero necesitan formación específica para poder abandonar el libro de texto y la clase magistral. Debe mejorarse su percepción en cuanto a las actividades innovadoras. Evitar que la aplicación de las aproximaciones STEM no se convierta en una dificultad añadida sino en una ayuda apoyada en recursos y metodologías se convierte en uno de los retos fundamentales de su aplicación (Doménech et al., 2019).

Llegados a este punto se hace necesario definir qué tipo de estrategias y recursos podemos utilizar a la hora de formar al profesorado. Teniendo en cuenta la evaluación de los planteamientos STEM y las habilidades definidas en ellos, se debe considerar al cine como uno de esos recursos válidos para poder desarrollar las *STEM Skills* en los alumnos y también en el profesorado en activo y profesorado en formación, buscando que el trabajo a través de la práctica favorezca la integración de esas habilidades.

El cine reúne una serie de características que lo convierten en ese recurso perfecto para introducir en el aula STEM:

– Reflejo de la sociedad:

El cine es el reflejo de una sociedad, a través de él podemos identificar aspectos que se suscitan y que muchos nos son ajenos. El cine es un medio de comunicación, expresa el sentir y situación de una sociedad. Es un buen instrumento y complemento para comprender y reflexionar sobre los aspectos sociales y de salud importantes y nos puede ayudar en la práctica profesional diaria (Murillo, 2017).

Fomenta la creatividad: El cine es un recurso muy apropiado para jóvenes y para niños (Gómez et al. 2020), puesto que estimula la imaginación y la capacidad para inventar, al trabajar con imágenes. “El cine es un producto potencialmente catalizador de creatividad tanto del adulto como del niño. El cine establece un escenario ideal que lleva al espectador a analizar, descifrar y evaluar ideas como acontecimientos de una manera motivadora y emocionante” (Gómez et al., 2020).

Favorece el aprendizaje de contenidos y el enfoque multidisciplinar del aprendizaje: Este factor es fundamental, ya que la aplicación del cine en distintas propuestas ha demostrado que se generan mejoras tanto en el aprendizaje de los contenidos tratados, como en una mejora en la visión transversal de estos, favoreciendo los modelos de aprendizaje basados en aproximaciones integrales. Pac & García-Casarejos (2013) tras sus trabajos en el ámbito de las ciencias económicas, consideran el enfoque multidisciplinar como uno de los más útiles, según los resultados de la puesta en práctica de su propuesta docente.

Promueve la reflexión crítica y la educación en valores: “La empatía que se produce entre el público y los protagonistas de las historias cinematográficas, ayuda a meditar y pensar sobre aspectos importantes para la formación de personas, creando a través de sus referencias audiovisuales una visión mucho más ilustrada” (Ambròs y Breu, 2007). El análisis crítico de los productos visuales con los que el alumno trabaja, permite la evolución y comprensión tanto de uno mismo como de su entorno.

Consolida conocimientos: el cine permite trabajar la consolidación de los conocimientos, el alumnado se enfrenta a un entorno familiar, la imagen forma parte de su desarrollo cultural, de su día a día; facilita la atención y con ello la asociación de los conocimientos con las situaciones expuestas (García, 2007).

Considerando todas estas características se aprecia que son comunes a las necesidades y habilidades descritas en relación con la enseñanza STEM.

2. OBJETIVOS

Este trabajo tiene como objetivo que los estudiantes del Máster de Formación de Profesorado adquieran una formación práctica en el ámbito STEM, que les capacite para establecer relaciones entre la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, y para integrar los contenidos curriculares de los diferentes ámbitos en proyectos de enseñanza activa y contextualizada que favorezcan el aprendizaje, el desarrollo de competencias STEM, la motivación y la reflexión de su futuro alumnado.

Para tal fin se plantea la utilidad del cine como recurso educativo que fomenta la visión de la enseñanza desde un enfoque multidisciplinar STEM, y favorece la reflexión crítica a través de escenas que sirven como contexto real de aprendizaje. En concreto, este trabajo presenta una propuesta didáctica completa que toma como base la película *The Martian* para trabajar el enfoque STEM en la formación de profesorado a través de un aula virtual.

3. PROPUESTA DIDÁCTICA

3.1 CONTEXTO

La propuesta que se presenta en este trabajo ha sido diseñada para su puesta en práctica con alumnos del Máster de Formación del Profesorado de Secundaria de las especialidades de ciencias experimentales que cursan sus estudios a través de un entorno virtual de aprendizaje (aula virtual).

El entorno virtual de aprendizaje en el que se desarrolla la formación permite establecer una comunicación sincrónica y asincrónica con el alumnado, esto facilita el intercambio de información durante todas las fases del proceso de enseñanza-aprendizaje. El aula virtual en el que se imparten las clases permite, además del desarrollo de clases

magistrales, la interacción entre todos los participantes en las sesiones, de tal modo que los recursos con los que cuenta la sala (pizarras, presentaciones, cuestionarios, chat interactivo) pueden ser utilizados por todos los asistentes según criterio del docente. Esto permite una gran versatilidad en la organización de las sesiones, pudiéndose plantear secuencias de trabajo individual o grupal, activo o pasivo según el guion didáctico que más interese, lo que facilita la organización metodológica de la labor docente. La funcionalidad más interesante para este proyecto es la relacionada con la posibilidad que ofrece este programa de establecer grupos de trabajo entre los alumnos, creando salas independientes asociadas a la principal que simulan la distribución de grupos que se haría en una sesión presencial. En estas salas asociadas e independientes, los alumnos pueden conectar su audio y vídeo, pueden escribir en grupo en una pizarra virtual, compartir documentos o incluso su propia pantalla. Además, todo lo que los alumnos trabajen en esas salas asociadas puede recogerse en la sesión principal y el profesor puede ir moviéndose de una sala a otra para guiar y ayudar a los alumnos en el desarrollo de actividades en grupo. Las características descritas para este aula virtual facilitan el desarrollo de trabajos colaborativos (Pascual et al., 2016), tal y como requiere la propuesta didáctica que se presenta.

3.2 ANÁLISIS DE LA PELÍCULA

La propuesta didáctica se basa en el uso del cine como recurso didáctico para el desarrollo de la educación STEM. La película elegida es *The Martian* (2015), del director Ridley Scott y producida por *Scott Free productions*, *TSG Entertainment* y *20th Century Studios*. El largometraje se centra en el año 2035 y muestra las vicisitudes que un astronauta, Mark Watney, debe superar para sobrevivir en el planeta rojo después de haber sufrido un catastrófico accidente por una fuerte tormenta durante una misión espacial tripulada. Para sobrevivir deberá aplicar e integrar sus conocimientos en diferentes áreas STEM, lo que le permitirá conseguir energía, alimento y establecer contacto con la Tierra para que le puedan rescatar.

La elección de esta película se debe a diferentes cuestiones. La razón principal es que en su argumento se muestran múltiples situaciones que permiten un análisis integrado desde las diferentes áreas STEM, que además permite desarrollar conceptos trabajados en Educación Secundaria. Además, el planteamiento de supervivencia que se observa en la película nos permite trabajar competencias STEM como la resolución de problemas, la habilidad científica y matemática, la creatividad, la indagación, el pensamiento crítico o la colaboración. Por otro lado, el interés general por el planeta Marte ha crecido mucho en el último año, incorporándose al lenguaje popular palabras como *Rover*, *Perseverance* o *amartizaje*. El responsable de este hecho ha sido la expedición a Marte que en febrero la NASA consiguió desarrollar con éxito: la misión *Mars 2020 Perseverance Rover*. Con ella se pretende explorar Marte y conocer la respuesta a preguntas clave sobre el potencial de vida en Marte tanto en el pasado como en la actualidad. Para ello, la misión contiene un robot explorador que permite analizar la composición física y química de distintas zonas del planeta. Finalmente, es importante destacar que el papel de la mujer ha sido muy destacado en esta misión, ya que la directora de vuelo de la misión era la colombiana Diana Trujillo. Y este papel principal de la mujer se observa de forma paralela en la película *The Martian*, con la comandante Melissa Lewis, por lo que el uso de esta película en la enseñanza es también de interés para promover las vocaciones STEM.

Para el desarrollo de la propuesta didáctica se han seleccionado y analizado tres escenas concretas de la película, que serán las que después se utilicen como centro de la actividad práctica. A continuación, se muestra un análisis detallado de cada escena que sirve de base al profesor del máster de formación para guiar la actividad en los grupos de trabajo:

Escena 1: El fragmento “Atmósfera de Marte” se desarrolla en los primeros 10 minutos de película. Esta comienza con la imagen de Marte, su tierra y cielo rojizos. Los tripulantes de la misión trabajan en Marte recogiendo muestras, cuando se observa la aparición de nubes y la llegada de una fuerte tormenta de arena que amenaza con estropear la misión. Los tripulantes de la nave discuten sobre la llegada inminente de

la tormenta y las posibles dificultades que esto puede acarrear y deciden evacuar. En este proceso, debido a los fuertes vientos una antena se desprende y alcanza al protagonista provocando una brecha en su traje, con la que se estima que no podrá vivir más de un minuto.

A partir de esta escena se plantea realizar un análisis que nos lleve a responder a la pregunta: ¿Por qué la Tierra es habitable y Marte no? Para ello, podemos comenzar analizando lo que se observa en la escena de la película. En primer lugar, se observa un paisaje rocoso, desértico, cubierto de un fino polvo rojizo, y con una atmósfera de tonos ocres. Este color de su cielo se debe a un ciclo global y permanente de polvo en Marte, en el que, por la acción de los vientos de superficie y las corrientes de convección, las partículas de polvo se elevan a la atmósfera provocando un aumento de la turbidez atmosférica. Este fenómeno atmosférico es muy habitual en Marte, de hecho, tiene las tormentas de arena más fuertes del sistema solar, lo que se debe a sus condiciones atmosféricas y al estado árido de su superficie. En la escena de la película una de estas tormentas es la protagonista, y provoca el accidente de Mark W. Pero ¿cómo es posible que sobreviva? ¿falla el sistema de detección de la rotura del traje? El sistema de detección no ha fallado, la realidad es que el traje está roto, que es lo que detectan sus compañeros. Lo que desconocen es que el fragmento de la antena clavado en el cuerpo del astronauta, junto a su sangre coagulada, hacen que el traje siga funcionando y Mark pueda sobrevivir más tiempo del estimado.

Para responder a la pregunta inicial y entender por qué es así el paisaje de Marte debemos comenzar entendiendo las características de Marte y su atmósfera, y en qué se diferencia de la Tierra. Al analizar la masa de Marte y compararla con la de la Tierra podemos observar que es 10 veces menor, y como la gravedad depende en gran medida de la masa del objeto, la superficie marciana tiene una atracción gravitatoria un 62% menor que la terrestre. Esto no solo afecta a cómo podríamos vivir en Marte, sino que también afecta a la atracción de su propia atmósfera, cada segundo Marte pierde 100 kg de atmósfera. Esto hace que la atmósfera de Marte tenga una densidad 100 veces menor a la de la Tierra, lo que a su vez provoca una presión atmosférica muy inferior (de 7 milibares, comparados con los 1024 milibares de la Tierra). Su

composición es mayoritariamente dióxido de carbono (95%), nitrógeno (2,7%) y argón (1,6%), representando el oxígeno menos del 0,15%, el monóxido de carbono un 0,07% y el vapor de agua un 0,03%. Por otro lado, se ha descrito en la atmósfera de Marte una capa de ozono semejante a la terrestre, pero 1000 veces más delgada, a apenas 40 km de altura, que no sería suficiente para evitar la radiación solar dañina. Esta tenue atmósfera no es capaz de absorber la radiación ultravioleta del sol, y ésta destruye con gran facilidad las moléculas orgánicas, por lo que la probabilidad de encontrar vida en Marte en la actualidad es muy pequeña. Las temperaturas son bastante extremas, lo que no ayuda a la existencia de vida. Sus temperaturas oscilan entre los 186 K (-87 °C) durante la noche y los 293 K (20 °C) durante el día, es decir se observa una variación de temperatura entre el día y la noche de más de 60 °C. Esta gran diferencia de temperaturas se debe en parte a la mayor distancia respecto al Sol que tiene Marte, así como a la debilidad atmosférica, que es incapaz de retener el calor.

Todas estas características hacen que podamos entender la difícil existencia de vida en el planeta rojo, así como que podamos comprender las adversas condiciones a las que tienen que enfrentarse los miembros de la tripulación. Los tripulantes necesitan de estaciones y trajes especiales que mantengan las funciones vitales. Los trajes espaciales son escafandras presurizadas que incluyen dispositivos que mantienen una presión interna estable, permiten su movilidad, suministran oxígeno, regulan la temperatura y representan un escudo frente a la radiación ultravioleta. Además de estas características básicas, los avances en tecnología e ingeniería los están dotando de cada vez más funciones que hacen la vida del astronauta más fácil y segura. Es interesante nombrar aquí al ingeniero español Emilio Herrera que en 1935 diseñó el primer prototipo de traje espacial.

A través de esta escena podemos integrar diferentes contenidos curriculares de ESO y Bachillerato: trabajar la comprensión de las características del sistema solar y la composición geológica de la Tierra y Marte nos aporta una valiosa información para comprender la importancia de la atmósfera para los seres vivos, la importancia del agua y, en general, las características que hacen habitable un planeta. Con esto

estamos trabajando conceptos biológicos y geológicos de la enseñanza secundaria. Con esta escena también se trabajan conceptos fisicoquímicos relacionados con el movimiento y las fuerzas (Ley de gravitación universal, presión, física de la atmósfera), conceptos de energía térmica: calor y temperatura, contenidos relacionados con las propiedades de la materia (masa, densidad, etc.) o las propiedades de las moléculas orgánicas. Además, estaríamos trabajando cuestiones transversales a las ciencias, como son las magnitudes, las medidas o el análisis de datos experimentales. Para esto es necesario hacer uso de cálculos matemáticos que nos permiten entender las diferencias entre las propiedades de Marte y la Tierra, o nos podrían permitir entender la fuerza de las tormentas. Así mismo, podemos trabajar conceptos de ingeniería y tecnología si analizamos en detalle cómo son los trajes espaciales, qué dispositivos tienen y cómo han evolucionado desde el primer diseño de 1935.

Escena 2: Uno de los grandes retos a los que se debe enfrentar el protagonista (Mark Watney) es el de producir alimento para poder subsistir hasta que puedan rescatarlo. Tras una hora de visualización de la película, existe un momento clave, en el cual Watney recapacita sobre cuándo podrían volver a rescatarlo, dándose cuenta de que, en el mejor de los casos, podrían tardar cuatro años. En ese momento hace un recuento de los víveres que tiene y calcula hasta cuándo podría sobrevivir con ellos, además de estimar en qué día de la misión se encuentra. Tras los cálculos, concluye que es necesario buscar otra fuente de alimento. Y lo que en principio iba a ser un experimento, dado que la misión que tenía él como botánico de la expedición era probar cultivos en Marte, es su única esperanza de quedar con vida. Tras ello se dispone a construir un invernadero, con todo lo que ello conlleva. Pero ¿es posible cultivar en Marte? ¿por qué se plantea la construcción de un invernadero? ¿es viable este con los recursos que posee? ¿le proporcionará suficientes víveres? Todas estas preguntas se pueden abordar tras realizar un análisis pormenorizado de la secuencia.

Los cálculos que realiza al principio de la secuencia, tanto para saber en qué día de la misión se encuentra como para averiguar los nutrientes de que dispone son los siguientes: Según se indica en el film, la misión

debía durar 31 soles, y lo normal es enviar comida para más, previendo imprevistos, en concreto para 68 soles y teniendo en cuenta que eran 6 tripulantes. Entonces en un primer momento tendría 408 raciones, pero al hacer el recuento, solo le quedan 300, por tanto, se han consumido 108. Al dividir esos 108 entre los seis tripulantes, sí que se podría confirmar que tras el incidente que hizo que sus compañeros abortaran la misión, habían pasado 18 soles. Por ello, la primera grabación indica que está solo en el sol 19. Como tiene 300, ya sabe que al menos le va a durar 300 soles, aunque si hace un buen racionamiento, ingiriendo menos de las calorías diarias requeridas, podría extenderse a 400 soles. Tiempo insuficiente para que puedan volver a rescatarle.

Al hacer el recuento de víveres, se da cuenta que también dispone de unas pequeñas patatas envasadas al vacío, que estaban destinadas a utilizarse junto a un pavo el día de acción de gracias. Este hecho hace que se decante por planificar un invernadero para cultivar patatas. Puesto que como botánico sabe que el cultivo de patata es relativamente fácil, de hecho, es el tercer cultivo alimentario más importante a nivel mundial, pueden crecer en suelos de ambientes extremos y, además, el tubérculo que proporciona es muy nutritivo para el ser humano. Pero ¿por qué no se plantea cultivarlo directamente en la tierra de Marte cercana a la base? Son varios los factores fisicoquímicos que hacen que el protagonista ni se plantee el cultivo en el exterior de la base.

A nivel atmosférico, además de la baja concentración existente de oxígeno, que impediría la respiración por parte de las plantas, así como las continuas tormentas de polvo, también hay que considerar las bajas presiones, que por procesos osmóticos harían que las plantas terminasen expulsando el agua. Además, si estas superasen la pérdida de agua, también se tendrían que enfrentar a la pérdida de hormonas tales como el etileno, que causaría problemas a nivel de maduración.

La temperatura en el cultivo de la patata es determinante para su óptimo desarrollo. Son típicas de climas templados-fríos, aunque también pueden darse en tropicales y subtropicales. La oscilación de la temperatura que se debe dar como máximo entre el día y la noche para el cultivo de la patata, no debe ser superior a 20 grados. Esto último hace que sea inviable su cultivo en el exterior de Marte sin ningún tipo de protección,

ya que la oscilación que se suele dar entre el día y la noche en este planeta puede alcanzar los 63°C.

El sometimiento de un cultivo a la radiación ultravioleta de manera prolongada que se da en la atmósfera de Marte, puede hacer pensar que los productos vegetales que se obtengan pueden ser ricos en metales pesados, elementos totalmente nocivos para el ser humano. Pero los últimos experimentos que se han hecho, simulando este tipo de cultivos, han hecho ver que, tras el análisis de los frutos, no se han encontrado niveles nocivos para el consumo de plomo, arsénico, etc.

A pesar de que no podemos hablar de hipogravidad en Marte, ya que es 1/3 menor que en la Tierra (0,37g), se sabe que una exposición deficiente a dicha fuerza puede provocar una división celular vegetal prematura -puesto que el transporte de nutrientes es más rápido-, haciendo que su tamaño se reduzca. Además, se ha demostrado que se producen cambios epigenéticos durante el crecimiento, y que suelen presentar problemas en las respuestas al estrés oxidativo. Otra problemática a la que se enfrenta el crecimiento vegetal en Marte es el encontrar una fuente de energía potente, que les permita realizar la fotosíntesis y la respiración. En la Tierra, es el calor y la luz solar, lo que utilizan como fuente de energía, pero en Marte esa energía es un 43% menor, debido a una mayor distancia con respecto a la estrella.

Aunque la composición del suelo terrestre y el marciano son similares, el marciano carece de compuestos orgánicos complejos y actividad microbiana, indispensables para pensar en establecer un cultivo. Además, poseen sales de perclorato y otros metales pesados, que harían inviable el cultivo, aunque siempre podrían ser lavados con agua, y se reducirían bastante.

Por todos estos motivos, el protagonista directamente se dispone a calcular cuánta superficie cultivable puede tener dentro de la estación (92 m²) en la que se pueden dar unas condiciones óptimas, pues tiene controlada la atmósfera (presiones- equivalente a la que se tiene a nivel del mar-, niveles de oxígeno, humedad), la oscilación de temperatura, la gravedad, y la fuente de energía (que la suple con luz led continua) para asegurar la fotosíntesis. Como sustrato, utiliza una mezcla de suelo

terrestre que llevaban en la misión con suelo marciano, y lo abona con los excretos humanos de la tripulación y los suyos propios. Además, sabe que debe tener un suelo con un grosor determinado (al menos 10 cm para que puedan germinar las semillas) y que los tubérculos de patata deben ser pequeños como para que puedan germinar (a falta de semillas). Y por supuesto, debe contemplar la obtención de otra fuente de agua para poder hacer frente tanto a la humedad requerida por parte del sustrato como a los requerimientos hídricos de las especies vegetales. (escena que se analizará posteriormente).

Con ello, sabe que, en el espacio de siete soles, el equivalente a una semana terrestre, podrá obtener sus primeros germinados.

De este modo, a través de esta escena se pueden tratar numerosos contenidos curriculares de ESO y Bachillerato, relacionados con el área STEM. Por ejemplo, se tratarán problemas simples de álgebra (Matemáticas), para establecer los cálculos de los víveres y el tiempo que le queda en la base, o para saber la cantidad de agua y de abono que necesita para desarrollar el cultivo en el invernadero. También se trabajan contenidos de edafología (Geología) al establecer una comparativa entre el suelo terrestre y el marciano y ver la necesidad del tipo de sustrato para cultivar. Además, es indispensable tener conocimientos de Física y de Química para continuar con el análisis de la atmósfera, la temperatura, la gravedad y las fuentes de energía que se dan en Marte, así como cómo afectarían estas al cultivo de vegetales, por lo que también se están tratando contenidos de fisiología y botánica (Biología). Así mismo, también podríamos relacionar dichos contenidos, con el problema del cambio climático y la pérdida de biodiversidad, que repercute en que cada vez existan en la tierra más ambientes extremos.

Escena 3: ¿Cómo podemos fabricar agua a partir de Hidrazina? Uno de los retos a los que se enfrenta el protagonista Mark Watney (Matt Damon) en su propósito de supervivencia en un entorno tan hostil es el de la fabricación de agua. Mark necesita el agua para poder regar las plantas de su invernadero y poder sobrevivir con los productos de ese cultivo. En sus cálculos considera que debe generar unos 250 litros de agua para poder conseguir su propósito.

El problema planteado en la película abre la puerta a un análisis desde el punto de vista químico muy interesante y completo. En la escena se puede observar cómo el protagonista sigue un razonamiento científico para poder alcanzar su objetivo. Este problema se puede trasladar al aula para trabajar con él desde un contexto STEM.

Ciencia (S): El problema incluye la reactividad química como eje principal. Conocer cómo se comportan los reactivos y los productos, las velocidades y entalpías de reacción son algunos de los contenidos más interesantes que se trabajan.

- En primer lugar, debe diseñar una ruta sintética que le permita obtener H_2O .
- Obtener H_2 a partir de Hidrazina (N_2H_4), para ello utiliza un catalizador de Iridio (Ir) que desencadena con facilidad la descomposición en H_2 y N_2
- Obtener O_2 a partir de CO_2 , se realiza a través de una licuación y posterior paso por un oxigenador.
- Obtener H_2O a partir de O_2 y H_2 implica una reacción exotérmica: $2 \text{H}_2 (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} (\text{L})$

Tecnología (T): Conocer en profundidad las características tecnológicas de todo el material del que dispone el protagonista en su refugio le permite analizar sus propiedades y tomar decisiones en cuanto a cómo podrá utilizar cada uno de esos materiales en su beneficio, por ejemplo, cómo funciona el combustible de los cohetes, o qué propiedades tienen los materiales ignífugos.

- Conocer las propiedades de los tanques de combustible le permite identificar como uno de los componentes fundamentales la Hidrazina (N_2H_4). Este compuesto con oxidantes como el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) o tetraóxido de dinitrógeno (N_2O_4) generan reacciones con productos de un extraordinario volumen gaseoso, lo que permite su uso en la propulsión de cohetes.

- Identificar las propiedades de los materiales le permite obtener un material comburente para originar la llama que desencadenará la reacción de obtención del H₂O.

Ingeniería (E): para poder llevar a cabo las reacciones químicas que generan el agua, debe construir unos reactores que permitan recoger los reactivos intermedios y finales, para ello toma una serie de decisiones clave en el éxito de su reto.

- Ser capaz de comprender cómo y dónde se deben colocar los reactores, qué dimensiones deben tener y cómo ha de organizarse el material del que dispone y para qué utilizarlo.

Matemáticas (M): se aplican durante toda la aventura, en este caso se incluye los cálculos que realiza para conocer la cantidad de agua que necesita para poder regar las plantas y, por supuesto, todos los cálculos para diseñar las reacciones.

En definitiva, a partir de esta escena se trabajan muy diferentes contenidos curriculares, entre los que destacan los de reacciones químicas, en las que se incluyen las reacciones re-dox, el uso de catalizadores, y la termodinámica química. Además, se trabajan las propiedades físicas de los materiales, técnicas instrumentales de laboratorio y el manejo de las ecuaciones matemáticas. A partir de esta escena, el profesor en formación puede plantear al alumnado de secundaria actividades de investigación teórico-práctica centradas en la temática de la escena o centrarse en actividades prácticas, por ejemplo, realizar el diseño de una práctica de laboratorio similar a la observada, en la que los alumnos obtengan como productos de la reacción compuestos que sirvan para un uso real e inmediato tras su síntesis. Los profesores en formación pueden considerar el uso de laboratorios reales o virtuales.

3.3 SECUENCIA DE ACTIVIDADES


La propuesta didáctica para la formación del profesorado se desarrolla en tres sesiones de trabajo. Previo a la primera sesión, se realiza una breve explicación del trabajo y se pide al alumnado que visualice la película *The Martian* completa. Aunque después se va a trabajar con determinadas escenas es interesante que el estudiante conozca el

argumento completo de la película para así poder contextualizar cada fragmento. En la primera sesión de trabajo se explica a través de ejemplos prácticos el significado de la enseñanza STEM, la importancia de la integración de contenidos y el desarrollo de las competencias STEM. Esta sesión tiene como objetivo que el profesorado en formación obtenga las nociones básicas para comprender la enseñanza STEM y ser capaz de enfrentarse al análisis de las secuencias y al desarrollo de la actividad práctica que se plantea en las siguientes sesiones. En las sesiones II y III se desarrolla el trabajo práctico de manera virtual y síncrona a través de Adobe Connect. Al inicio de la sesión II el profesor distribuye la clase en grupos de trabajo, y por tanto en salas independientes, y asigna a cada grupo una de las tres escenas seleccionadas de la película *The Martian*, para que en grupos puedan desarrollar la actividad práctica explicada en la ficha de trabajo (figura 1). En primer lugar, se les pide que visualicen la escena, realicen un análisis de la misma tratando de plantear qué áreas STEM se podrían trabajar de manera integrada, qué contenidos de Educación Secundaria se podrían desarrollar y qué competencias STEM aparecen reflejadas en la escena. Además, teniendo en cuenta la película completa también se les pide que se pongan en el lugar del alumno y piensen sobre cómo esta película puede mejorar la motivación hacia las ciencias y promover vocaciones STEM. Una vez hecho este primer análisis se pide al alumnado que diseñe una actividad o proyecto para desarrollar en el aula de secundaria a partir de la pregunta central planteada en cada escena. Con este proyecto los profesores en formación deben pensar qué preguntas o desafíos plantearían a los alumnos, qué recursos usarían además de la película y cómo lo desarrollarían a grandes rasgos.

FIGURA 1. Ejemplo de ficha de trabajo para el estudiante, centrada en la actividad asociada a la escena 1.

Atmósfera de Marte

¿Qué características hacen que la Tierra sea habitable y Marte no?



Fuente: Scott, (2015)

En los primeros 10 minutos de película se muestra la escena de Marte, su tormenta y el accidente de Mark Watney. Visualiza la escena completa y analiza lo que en ella aparece para tratar de dar respuesta a las siguientes cuestiones:

- ¿Qué áreas STEM podríamos trabajar con el alumnado de Secundaria a partir de esta escena? ¿qué contenidos de enseñanza secundaria se podría abordar? ¿podríamos desarrollar las competencias STEM?
- ¿Esta película nos sirve para motivar hacia el aprendizaje de las ciencias? ¿podemos despertar vocaciones científicas?

A continuación, diseña una actividad o proyecto de trabajo para desarrollar en el aula de Secundaria a partir de esta escena. Puedes plantear diferentes preguntas, actividades, trabajos prácticos o investigaciones. Y recuerda utilizar el análisis inicial que has hecho para que la propuesta que plantees sea un verdadero proyecto STEM.

Fuente: Elaboración propia

En la sesión III se termina la actividad de la sesión anterior y a continuación se vuelve a la organización de gran grupo para que los alumnos

puedan exponer sus proyectos, plantear las dificultades que se han encontrado y realizar así un debate final a modo de reflexión sobre la viabilidad y utilidad de la enseñanza STEM. Finalmente, se desarrollará una evaluación desde tres puntos de vista: autoevaluación, coevaluación entre grupos y heteroevaluación por parte del profesorado. En dichas evaluaciones se valorará el análisis desarrollado a partir de las respuestas a las preguntas planteadas en la ficha de trabajo. De esta manera se valora la capacidad de detectar contenidos STEM a trabajar a partir de la escena asignada, y su capacidad de integrarlos a través de las propuestas de proyecto. A su vez, se plantea evaluar en qué medida, a partir del proyecto diseñado se trabajarían las diferentes competencias STEM.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La propuesta descrita presenta el cine como un recurso motivador para el profesorado en formación dado que supone un reflejo de la sociedad. Además, el hecho de escoger *The Martian*, como eje vertebrador de la propuesta, hace que el profesorado pueda reflexionar sobre la necesidad de una formación integral en el área STEM, pues se hace imprescindible para poder entender, desde un punto de vista científico, las diferentes escenas.

La selección de las secuencias en esta propuesta y su posterior análisis pretenden servir de guía al profesorado del Máster de Formación del Profesorado para trabajar en el aula, de manera contextualizada, los contenidos científico-tecnológicos propios de la enseñanza secundaria, así como las relaciones que se establecen entre la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas. Asimismo, pretendemos que el profesor analice su papel en un enfoque de enseñanza activa y contextualizada del área STEM, a la vez que aprenda a integrar contenidos de diferentes ámbitos. Solo de esta manera podrá conocer y valorar la importancia de un proceso de enseñanza aprendizaje desarrollado bajo un enfoque STEM (Domènech et al., 2019).

Dado que el gran hándicap que viene asociado al enfoque STEM es la dificultad del profesorado en cuanto al desarrollo de propuestas didácticas que integren de manera correcta todas las posibles disciplinas que

se engloban bajo el término STEM (Prolongo & Pinto, 2019), puesto que no han sido formados en ello, pretendemos que el profesorado en formación practique a partir de las secuencias propuestas, posibles actividades a desarrollar en un aula de secundaria, destacando la importancia que tiene el aprendizaje colaborativo y reflexivo.

En definitiva, se presenta una propuesta válida para la formación del profesorado de secundaria, porque se articula como una intervención para reflexionar sobre la práctica diaria en el aula, aumentando así la limitada literatura existente sobre el diseño de propuestas prácticas que incrementen la formación y la capacidad de reflexión del profesor en formación (Jiménez-Tenorio & Oliva, 2016) bajo el enfoque STEM.

5. REFERENCIAS

- Aguilera, D., Perales-Palacios, F.J., Vílchez-González, J.M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A systematic review of literature. *Science Education*, 103, 799-822.
- Ambrós A. & Breu, R. (2007) *Cine y Educación: el cine en el aula de primaria y secundaria*. Barcelona: Editorial Grao
- Domènech, J., Lope, S., Mora, Ll. (2019). Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Revista eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 16(2), 2203-2203.
- Gago, J.M., Ziman, J., Caro, P., Constantinou, C., Davies, Gr., Parchmann, I., Rannikmae, M., Sjøberg, S. (2005). *Europe Needs More Scientists: Report by the High Level Group on Increasing Human Resources for Science and Technology*. European Commission, DG Research, Science and Society Programme
- García, R. (2007). El cine como recurso didáctico. *Eikasía. Revista de Filosofía*, 3 (7), 123-127.
- Gómez, P., Cutillas-Navarro, M.J., Alvarez-Flores, E.P. (2020). Cine como herramienta de aprendizaje creativo en Educación Primaria. *Estudios sobre Educación*. 38. 233-251.
- Hernández-Serrano, M. J., & Muñoz-Rodríguez, J. M. (2020). Interest in STEM disciplines and teaching methodologies. Perception of secondary school students and preservice teachers. *Educar*, 56(2), 369-386.

- Jiménez-Tenorio, N. y Oliva, J. M. (2016). Análisis reflexivo de profesores de ciencias de secundaria en formación inicial en torno a diferentes secuencias didácticas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 13 (2), 423-439.
- Kim, A. Y., Sinatra, G. M., Seyranian, V. (2018). Developing a STEM Identity Among Young Women: A Social Identity Perspective. *Review of Educational Research*, 88(4), 589–625.
- Morales Inga, S. & Morales, O. (2020). ¿Por qué hay pocas mujeres científicas? Una revisión de literatura sobre la brecha de género en carreras STEM. *aDRResearch ESIC International Journal of Communication Research*. 22. 118-133
- Murillo, A. (2017, 19-20-octubre) El cine como reflejo de la realidad: diseño de un taller para mejorar la atención a la problemática social y sanitaria. 3er Congreso Internacional de Comunicación en Salud, 3ICHC. Universidad Carlos III de Madrid. Madrid, España
- Pac Salas, D. & García-Casarejos, N. (2013). El cine como herramienta de aprendizaje en el aula. Claves de una experiencia docente multidisciplinar en el ámbito económico. *Revista Internacional de Organizaciones*, 10, 181-197.
- Pascual, V, Moreno, D, Palacios, A. (2016). Implementación de metodologías activas en un aula virtual para la formación de docentes de secundaria. En Roig-Vila (coord.), *Tecnología, innovación e investigación en los procesos de enseñanza-aprendizaje* (1044-1053). Barcelona: Octaedro.
- Perales Palacios, F. J., & Aguilera, D. (2020). Ciencia-Tecnología-Sociedad vs. STEM: ¿evolución, revolución o disyunción? *Ápice. Revista de Educación Científica*, 4(1), 1-15.
- Prolongo, M. & Pinto, G. (2019). La Educación STEM: Ejemplos Prácticos e Introducción al proyecto Europeo Scientix. En M. Gonzalez y L. Baratas (Eds.). *Jornadas sobre investigación y didáctica en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas* (pp. 451-460). Santillana
- Rahmawati, Y., Sastrapraja, A., Hadinugrahaningsih, T., Soeprijanto. (2019). Developing critical and creative thinking skills through STEAM integration in chemistry learning. *Journal of Physics: Conference Series*. 1156.
- Scott, R. (director). 2015. *The Martian*. Scott Free Productions, TSG Entertainment, 20th Century Studios.
- Siekmann, G., & Korbelt, P. (2016). Defining "STEM" Skills: Review and Synthesis of the Literature. Support Document 1. National Centre for Vocational Education Research.