

Trabajo Fin de Máster

Innovación educativa

Gamificación para el aprendizaje
sobre riesgos geológicos



Facultad de Educación - Universidad de La Laguna

Alumna: Natalia Betancort Betancor

Tutora: María Candelaria Martín Luis

San Cristóbal de La Laguna, junio 2022

Nota:

"En el presente Trabajo Final de Máster se aplica la Ley Orgánica 3/2007, de 22 de marzo (BOE nº 71 de 23-03-2007), para la igualdad efectiva de mujeres y hombres, así como la Ley 1/2010, de 26 de febrero, Canaria de Igualdad entre Mujeres y Hombres (BOC nº 45 de 05-03-2010). Toda referencia a personas, colectivos, representantes, u otros, contenida en este documento y cuyo género gramatical sea masculino, se entenderá referido a ambos sexos, y, por tanto, la posibilidad de referirse a mujeres y hombres".

Índice

1. Introducción	6
1.1 Aprendizaje significativo	6
1.2 Gamificación.....	8
1.2.1 Concepto de gamificación	8
1.2.2 La gamificación y la motivación	9
1.2.3 Gamificación y aprendizaje basado en juegos en la enseñanza de la Geología.	12
1.2.4. Error de concepto de la gamificación en educación	13
1.3 Juegos de mesa	15
1.4 Juegos de rol.....	16
1.5 El volcán de La Palma	17
1.5.1 Datos sobre el volcán de La Palma.....	17
1.5.2 Consecuencias ecológicas que tendrá la erupción del volcán de La Palma	21
2. Planteamiento del problema	23
3. Objetivos	25
4. Propuesta de intervención	25
4.1 Contextualización del centro.....	25
4.2 Destinatarios	26
4.3 Criterio de evaluación	26
4.4 Competencias.....	29
4.5 Sesiones.....	29
4.6 Instrucciones generales del Juego Hazagora	33
4.6.1 Introducción	34
4.6.2 Objetivo del juego	34
4.6.3 Configuración del juego	35
4.6.4 ¿Cómo se juega?	35
4.7 Adaptación del juego a 3º ESO en el contexto de la erupción volcánica de la Palma.	39
5. Plan de seguimiento	49
5.1 Heteroevaluación	49
5.2 Autoevaluación.....	50
6. Resultados y propuestas de mejora	50
6.1 Propuestas de mejora	50
6.1.1 Adaptación a los niveles de la ESO y Bachillerato	50
6.1.2 Aspectos internos del juego	52
6.1.3 Diversidad funcional.....	52
6.2 Resultados	57

7. Referencias bibliográficas	57
8. Anexos	62

RESUMEN

El riesgo es la probabilidad de que un evento, de naturaleza incierta, provoque efectos negativos en la integridad de individuos, estructuras o el propio medio ambiente. En el caso de Canarias existe un riesgo latente que está ligado a su propio origen, el vulcanismo, además de otros riesgos menores como terremotos, inundaciones etc.

Por ello, es imprescindible que la sociedad canaria comprenda los riesgos asociados a estos fenómenos geológicos y cómo actuar ante ellos, como se ha puesto de manifiesto en la erupción volcánica submarina ocurrida en la isla de El Hierro en 2011 o en la reciente erupción volcánica de La Palma en 2021.

Con el objetivo de cambiar esta situación, en este Trabajo de Fin de Máster se ha diseñado una propuesta de intervención innovadora, basada en la utilización didáctica de un juego de mesa sobre riesgos geológicos y sus medidas de prevención, el juego Hazagora.

Con ello se pretende dar una propuesta metodológica que genere en el alumnado un aprendizaje significativo y que, por tanto, conlleve a una mejora en la percepción de este tipo de riesgos.

Palabras claves: riesgo geológico, gamificación, innovación, aprendizaje significativo.

ABSTRACT

Risk is the probability that an event, of an uncertain nature, causes negative effects on the integrity of individuals, structures or the environment itself. In the case of the Canary Islands, there is a latent risk that is linked to its own origin, volcanism, in addition to other minor risks such as earthquakes, floods, etc.

For this reason, it is essential that canarian society understand the risks associated with these geological phenomena and how to act against them, as has been shown in the underwater volcanic eruption that occurred on the island of El Hierro in 2011 or in the recent volcanic eruption of La Palma in 2021.

With the aim of changing this situation, in this Master's Thesis an innovative intervention proposal has been designed, based on the didactic use of a board game on geological risks and their prevention measures, the Hazagora game.

This is intended to provide a methodological proposal that generates significant learning in students and therefore leads to an improvement in the perception of this type of risk.

Keywords: geological risk, gamification, innovation, meaningful learning.

1.Introducción

En los orígenes de la escuela, las metodologías se basaban en el estudio memorístico de contenidos descontextualizados de la realidad, donde el profesor tenía el rol principal en el aula y la comunicación era unidireccional (Pascual, Villa, & Auzmendi, 1993). La evaluación se basaba en una prueba escrita y el único material que se usaba era los libros de textos. Con el tiempo, se empezaron a desmontar estas metodologías tradicionales, el alumnado podía memorizar, pero no asimilaba el contenido, por lo que no era capaz de ponerlo en práctica en su vida diaria. Con la llegada de nuevas corrientes educativas el rol del profesor cambia: este ya no es un transmisor de contenido con una comunicación unidireccional. Ahora es el gerente del aula, con un rol motivador, un asesor en el aprendizaje capaz de resolver las dudas que van surgiendo y así facilitar la tarea (García-Casaus, Cara-Muñoz, Martínez-Sánchez, & Cara-Muñoz, 2020). Por su parte, los estudiantes se han convertido en el eje principal de la educación. Han adquirido un rol activo en la construcción de su aprendizaje. Por lo tanto, es muy recomendable que estén motivados e interesados en el proceso (Carrión-Salinas, 2017).

Dentro del marco normativo, también están presentes este tipo de consideraciones. Un ejemplo de ello es el Decreto 83/2016, de 4 de julio, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Canarias. En cada nivel educativo se puede observar un apartado de orientaciones metodológicas y estrategias didácticas. Siguiendo esta premisa, la introducción del juego como elemento motivador y educativo adquiere valor. Autores como Vygotsky (1972) y Jean Piaget (1956) ya abordaron esta herramienta en sus teorías pedagógicas y los defendieron como herramientas de especial interés.

“El juego educativo cambia por tanto la concepción de la enseñanza, pues expone que sólo a través de la manipulación y las experiencias vividas con los sentidos, se obtendrá el aprendizaje (Paya, 2007). En la misma línea, Chacón (2018) lo describe como una estrategia la cual podría usarse para alumnos de distintos niveles y que el docente, por desconocimiento de la misma, no se atreve a usar. Además, el juego educativo no es improvisado, requiere una reflexión y preparación basada en unos objetivos definidos, destacando la motivación y la creatividad en el proceso.” (García, F. 2020).

Según Díaz & Troyano (2013), el ideal de la gamificación lleva implícita las características del juego y su finalidad final: influir en las conductas psicológicas y sociales de los jugadores; siendo por tanto, una herramienta eficaz para motivar al alumnado. Con todo ello se redefine totalmente el clima y la dinámica del aula.

Esta metodología, predispone al alumnado a participar, fomentando sus habilidades y competencias siendo una herramienta muy potente que cambia por completo la perspectiva tradicional de la escuela y redefine el proceso educativo.

1.1 Aprendizaje significativo

¿Qué y cómo deben impartirse los contenidos científicos en las escuelas? Esta es la pregunta que todo docente en formación se plantea en algún momento. La respuesta a esta pregunta solo llega de forma significativa mediante la práctica docente en el aula que lleva a plantearse y a reflexionar sobre los contenidos que son de interés para su enseñanza y la manera adecuada de exponerlos al alumnado o, dicho de otra forma, qué enseñar, a qué nivel y cómo hacerlo. Ya de por sí, el qué enseñar entraña un gran debate, pues queda a criterio del docente el definir aquello que tiene interés pedagógico, de aquello que no.

Podemos decir que el aprendizaje es construcción del conocimiento donde unas piezas encajan con otras en un todo coherente. Por lo tanto, para que se produzca un verdadero aprendizaje, es decir, un aprendizaje a largo plazo y no sea sometido al olvido, es necesario conectar los conocimientos nuevos con los conocimientos previos, por lo que se hace imprescindible presentar al alumno los conocimientos de manera coherente y no arbitraria, “construyendo” de manera, sólida los conceptos, interrelacionándolos unos con otros en forma de red de conocimiento.

Además, un aprendizaje para que se pueda denominar como tal, tiene que ser significativo, es decir que permanezca a largo plazo. En la práctica docente es de vital importancia contemplar los conocimientos previos de nuestro alumnado y poder relacionarlos con nuevas ideas, para lograr de esta forma el aprendizaje real.

Un aprendizaje basado en la repetición tiende a inhibir el nuevo aprendizaje, mientras que el aprendizaje significativo facilita el nuevo aprendizaje relacionándolo. Por lo tanto, los aprendizajes por repetición son entidades desconectadas, aisladas y dispersas en la mente del alumnado, son aprendizajes de rápido olvido.

Es importante comprender como aprende nuestro alumnado para poder ser eficaces en la labor docente. Resumiendo, diremos que: el ser humano tiene la disposición de aprender, de verdad, sólo aquello a lo que le encuentra sentido o lógica. El ser humano tiende a rechazar aquello a lo que no le encuentra sentido. El único auténtico aprendizaje es el aprendizaje significativo, el aprendizaje con sentido. Cualquier otro aprendizaje será puramente mecánico, memorístico, coyuntural: aprendizaje para aprobar un examen, para ganar la materia, etc.

Además, el aprendizaje significativo es un aprendizaje relacional. El sentido lo da la relación del nuevo conocimiento con: conocimientos anteriores, con situaciones cotidianas, con la propia experiencia, con situaciones reales, etc. Por tanto, el aprendizaje es construcción del conocimiento donde todo ha de encajar de manera coherente y, como señala Ballester (2002):

“Para que se produzca auténtico aprendizaje, es decir, un aprendizaje a largo plazo y que no sea fácilmente sometido al olvido, es necesario conectar la estrategia didáctica del profesorado con las ideas previas del alumnado y presentar la información de manera coherente y no arbitraria, construyendo, de manera sólida, los conceptos, interconectando los unos con los otros en forma de red del conocimiento”.

En suma, se está hablando de un aprendizaje cognitivo y metacognitivo a la vez. Desde esta perspectiva, como indica Ballester, el aprendizaje es un proceso de contraste, de modificación de los esquemas de conocimiento, de equilibrio, de conflicto y de nuevo equilibrio otra vez.

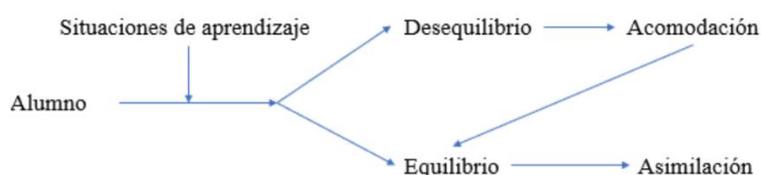


Figura 1. Modelo de Aprendizaje de Piaget

Por lo tanto, en este TFM se parte de los conocimientos previos para llegar a un aprendizaje significativo. Para ello, se realizará un cuestionario inicial en el que se valorarán dichos conocimientos previos y el mismo cuestionario al final para valorar si el aprendizaje ha resultado significativo. Además, partiendo de que el juego esta contextualizado acerca del volcán de La Palma, conseguiremos que nuestro alumnado establezca mayor interés y motivación en la propuesta de intervención, ya que es una situación real y cercana a ellos/as, por lo que le encontrarán un mayor sentido, favoreciendo dicho aprendizaje.

1.2 Gamificación

1.2.1 Concepto de gamificación

La primera publicación que recogió el término de gamificación fue en el año 2008 pero no fue hasta 2010 cuando se empezó a popularizar (Acosta-Medina et al., 2020).

La definición de gamificación, según Ramírez Cogollor (2014), gamificar es aplicar estrategias (pensamientos y mecánicas) de juegos en contextos no jugables, ajenos a los juegos, con el fin de que las personas adopten ciertos comportamientos. Además, destacar que para Marín-Santiago (2013), la gamificación es una técnica, un método y una estrategia a la vez. La gamificación requiere que el alumnado esté activo, incluido en este proceso. Ya no es el docente, de forma unilateral, el que decide qué contenidos, tareas o materiales usar, sino que el alumno/a podría participar y así empezar a motivarlos desde el comienzo del proceso de enseñanza-aprendizaje.

La nueva educación parte de un cambio de rol: donde el profesor/a sea un asesor del proceso y el alumno/a un personaje activo; hasta la introducción de nuevas competencias para que la educación se base en aprendizajes significativos de aspectos más realistas y sociales (Collazos, 2001). En este proceso de gamificación, el profesorado ofrecerá un espacio motivador, flexible e interactivo. Para Jaramillo-De Certain (2007), es fundamental que los materiales que van a conformar el aula estén pensados y ambientados en los contenidos que se van a desarrollar. Por lo tanto, los materiales serán llamativos, seguros y asequibles. Resulta necesario llevar a cabo una evaluación inicial, que nos dé información de las características de nuestro alumnado y nos permita diseñar las tareas acordes a los resultados obtenidos. Además de la evaluación inicial, es importante, una vez terminado el proceso de enseñanza-aprendizaje, realizar una evaluación de lo aprendido para poder realizar propuestas de mejora en las propias tareas.

Por tanto, gamificar es un término ligado a la motivación y al juego. Al comienzo, el uso del término estaba ligado a los videojuegos y se usaba en ambientes empresariales. Con el tiempo ha derivado hasta el punto de la inclusión de este término en el ámbito educativo.

Teixes-Arguilés (2014), señala que la gamificación en la educación y la formación, tendrán como finalidad modificar los comportamientos de los alumnos y alumnas para que el resultado de la acción educativa o formativa sea provechoso para los mismos. Por consiguiente, gamificar actividades conlleva aplicar mecánicas y dinámicas de juego, y convertir algo que al principio podía parecer aburrido o monótono, en algo divertido e interesante (González-Tardón, 2014), capaz de atraer.

Toda la teoría motivacional relacionada con la gamificación tiene una explicación neurocientífica. Los autores Llorens-Largo et al. (2016), explicaron cómo los individuos al divertirse durante las tareas, liberan una cantidad de dopamina suficiente como para activar sentimientos tales como: diversión, motivación y atención. Estos sentimientos son los que ayudan a potenciar el rendimiento escolar y mejorar el aprendizaje, haciendo posible mejorar dificultades académicas tales como: la falta de concentración, un clima incómodo en el aula; desmotivación.

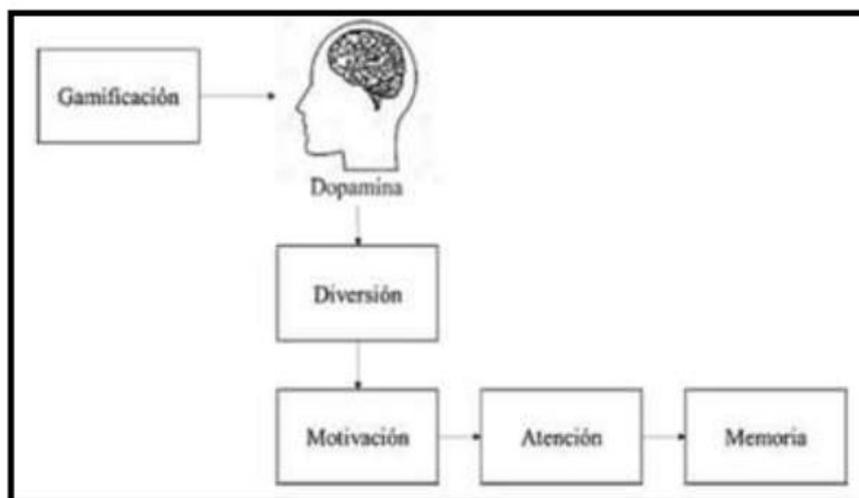


Figura 2. Consecuencias de la gamificación en el cerebro humano (Acosta-Medina, 2020).

Los objetivos básicos de la gamificación son influir sobre el alumnado y que éste viva una experiencia donde tenga el dominio y la autonomía para resolver el desafío. Esta metodología, predispone al alumnado a participar, fomentando sus habilidades y competencias. Es una herramienta muy potente que cambia por completo la perspectiva tradicional de la escuela y redefine el proceso educativo. A partir de su implantación, el proceso se centra en las necesidades de sus consumidores, en este caso los estudiantes. Por consiguiente, el docente comprenderá las características y necesidades del grupo, para a partir de ahí, seleccionar qué mecanismos y dinámicas son realmente las que van a funcionar y modificar la pasividad del alumnado hacia una motivación intrínseca.

1.2.2 La gamificación y la motivación

La motivación determina el grado de actitud que va a poner un estudiante en sus estudios (González-Alonso, 2017) y, por lo tanto, está íntegramente ligado al rendimiento académico. Un alumno sin motivación no va a prestar interés en la materia ni esforzarse en ella. Por ello, uno de los principales compromisos de la educación es fomentar la motivación y el compromiso en los alumnos (Ortiz-Colón, Jordán, & Agredal, 2018). Según la Real Academia de la Lengua Española (RAE), motivar significa “influir en el ánimo de alguien para que proceda de un determinado modo” y “estimular a alguien o despertar su interés”.

Por otro lado, las Asociaciones Americanas de Psicología (APA) detallaron 14 principios que deberían regir la educación actual para que el alumno se convirtiese en el centro de la educación. Entre ellos, cabe destacar el siguiente:

“Qué y cuánto aprende el estudiante está influenciado por la motivación. La motivación para aprender, a su vez, está influenciada por las emociones del individuo, estado emocional, creencias, intereses, metas y hábitos de pensamiento”

Además, la curiosidad que fomenta el juego es un elemento positivo para activar un buen estado anímico del alumno, facilitando la adquisición de los conocimientos y permitiéndole avanzar en la materia (Noriega, 2013). Según esto, si se usaran los elementos del juego dentro de una metodología gamificadora, el/la docente aprovecharía la carga psicológica intrínseca del juego en potenciar dichos procesos cognitivos y conseguir que el alumno se active en la dirección correcta, así como impedir que decaiga su conducta pese a encontrar dificultades en su realización (García & Doménech, 1997).

Por otro lado, la neurociencia es un área relativamente novedosa dentro del mundo de la educación, cuyo objetivo principal es hallar qué estímulos se relacionan con un mejor rendimiento académico. En este sentido, se defiende un tipo de metodología activa y didáctica que consiga un mejor aprendizaje a través de la estimulación de determinadas áreas cerebrales. Por lo tanto, se aboga por una relación directamente proporcional entre motivación y aprendizaje. Siguiendo esta premisa, la incorporación de la gamificación cumple el introducir elementos tanto técnicos como lúdicos para activar (motivar) al alumnado. Otras teorías que defienden esta metodología podrían ser (Barros, 2016): La teoría de Pink (2010) sobre la motivación intrínseca, la cual defiende que las personas realizan una tarea cuando saben que van a recibir autosatisfacción al acabarla. También señala la teoría de Csíkszentmihályi (1990) la cual, crea una relación directamente proporcional entre la concentración de individuo y la implicación de éste en la resolución de la actividad. De ambas teorías se obtiene que una tarea con técnicas del juego tiene características intrínsecas capaces de generar satisfacción y de captar la atención de los estudiantes, y siendo más motivadora.

Componentes fundamentales para motivar al alumnado-jugador

Teixes (2014) en un estudio para considerar la motivación en juegos de rol (como es en nuestro caso con el juego Hazagora), distingue tres componentes fundamentales para que un jugador esté motivado para jugar:

1. La necesidad de avanzar y cumplir las metas expuestas, compitiendo con otros para ser el primero.
2. La expectación que despierta el juego: saber qué va a ocurrir, descubrir las intrigas y secretos, además de obtener más experiencia. Todo ello ligado al deseo de fuga de la realidad.
3. Y la capacidad de los juegos para sociabilizar y formar equipos que luchan por un fin común.

El juego de esta manera permite diseñar tareas que estimulan al alumno a experimentar, interactuar y trabajar en equipo. Es de destacar adicionalmente el posible “efecto dominó” que se dé en el caso de que aparezcan estos tres elementos, donde la actitud de un alumno motivado contagiaría a otros sucesivamente en una reacción en cadena, creando así un sistema interrelacionado donde motivación y conocimiento se vayan transmitiendo sin necesidad de acudir a un elemento externo controlador de consecuencias.

Tipos de alumnado-jugador en función de la procedencia de su motivación

Antes de finalizar este apartado, hay que aclarar que existen dos tipos de estudiantes en función de la procedencia de su motivación (García & Doménech, 1997):

- Estudiantes con motivación extrínseca. Carecen de esa motivación a priori hasta que se les marca una recompensa como unas notas, unas metas, aprobación familiar... Este tipo de motivación es empleada en la educación tradicional y no siempre ha tenido buenos resultados (Buckley & Doyle, 2016), pues se recurre a controlar la conducta mediante consecuencias ajenas al estudiante, muchas veces incontrolables, sin atender a variables internas significativas para la persona, lo cual puede explicar el alto grado de fracaso y abandono escolar experimentado.
- Estudiantes con motivación intrínseca. Supone la antítesis a la motivación extrínseca. Poseen interés en la tarea en sí misma y quieren mejorar constantemente sin necesidad de recibir un estímulo externo.

Landers (2015) defendió que, aunque la gamificación premia al alumnado y eso motiva la motivación extrínseca, usar este tipo de elementos, componentes y mecánicas unidos, también es capaz de tener unos efectos beneficiosos en la motivación intrínseca. En este sentido, cabría conceptualizar la motivación extrínseca como una herramienta más que como sistema de aprendizaje en sí mismo. El hecho de ir aportando premios y consecuencias gratificantes supondría un medio en el que apoyarse para poder solidificar la motivación intrínseca.

Centrándose en la motivación intrínseca, Oda (2020) en el Modelo RAMP define qué cuatro elementos o inductores son fundamentales para fomentar este tipo de motivación (Figura 3):

1. Vinculación social: el niño/a tiene la necesidad de estar conectado con los que le rodea y estar conectado a una comunidad. La gamificación y el juego permiten la interacción en el aula produciendo esta conexión entre compañeros. Además, no se entienden las recompensas o el status si no es en comparación con otros.
2. Autonomía: relacionada con tener el control sobre la tarea o actividad que se va a realizar. En la gamificación, el alumnado adquiere ese rol activo y el tutor actúa como facilitador o guía.
3. Competencia: el alumnado es capaz de ponerse a prueba gracias a los conocimientos adquiridos previamente. Además, es capaz de experimentar y esforzarse para conseguirlo.
4. Finalidad: el alumnado encuentra un sentido a lo que realiza y el obtener un beneficio inmediato facilita esta búsqueda.



Figura 3. Modelo RAMP motivación intrínseca

No obstante, es importante encontrar un equilibrio entre ambos tipos de motivaciones, ya que una continua exposición del estudiante a un sistema de reforzamiento externo podría llegar a producir un efecto rebote que disminuya el interés propio y sólo centrarse en esos beneficios externos.

1.2.3 Gamificación y aprendizaje basado en juegos en la enseñanza de la Geología.

La Enseñanza de las Ciencias de la Tierra no ha sido ajena a la introducción de experiencias gamificadas de aprendizaje en distintos niveles educativos. Algunos docentes habían empleado algunos de los elementos característicos de los juegos en sus aulas incluso mucho antes de que fuese definido el término gamificar.

Por lo que se refiere a España, los Congresos de Enseñanza de la Geología han sido testigos muchas veces de iniciativas innovadoras de aprendizaje basado en juegos. La lista sería muy extensa, pero, ya entre la década de 1990 y principios de los 2000 surgieron propuestas de actividades basadas en pasatiempos (Ruiz, 1992), juegos de mesa (Andaluz, 1994; Castillo, 1994; Gil, 1996), juegos de naipes (Muñoz, 1994), juegos de memoria o juegos de rol (Alda, 1997; Martínez, 2002) por poner algunos ejemplos. Tras estas primeras tentativas, a lo largo de los últimos años, muchos docentes han incorporado el juego en las actividades de aprendizaje de las Ciencias de la Tierra. Básicamente, se ha utilizado como recurso didáctico ocasional en sesiones prácticas realizadas en el aula o en el laboratorio. No nos referimos a simples demostraciones, modelos análogos, experimentos o prácticas divertidas. Nos referimos a aquellas actividades diseñadas mediante mecánicas de juego que desencadenan dinámicas estimulantes -y muchas veces competitivas- entre los participantes.

El juego también ha sido un recurso frecuentemente utilizado en acciones de divulgación de la Geología, en especial en actividades esporádicas como ferias científicas, salones de enseñanza, jornadas de puertas abiertas, olimpiadas, cursos de verano, talleres o visitas a museos. En estos contextos, las propuestas lúdicas se han vinculado a través de la adaptación de juegos de mesa, juegos tradicionales, concursos, o las típicas gincanas.

La irrupción y desarrollo de las tecnologías digitales a través de la informática, el vídeo y las herramientas de telecomunicación también han allanado el camino a nuevos formatos de uso del juego como estrategia para favorecer el aprendizaje. Los recursos digitales han abierto, en las dos últimas décadas, un horizonte amplísimo de posibilidades a través de videojuegos, sitios web y aplicaciones sobre diversos aspectos de las Ciencias de la Tierra. Los videojuegos educativos sitúan a los participantes en escenarios imaginarios con la formulación de un reto que les permite ejercitar en sus pantallas determinadas habilidades para profundizar sobre algunos conocimientos. Resulta imposible reseñar las múltiples experiencias, pero a continuación se enumeran algunos ejemplos relacionados con contenidos geológicos (Cornellà, P., Estebanell, M., & Brusi D., 2020):

- “CLMNTK” fue un videojuego creado como un recurso dentro del proyecto Cimántica (Soñora, 2009) que proponía debatir y tomar decisiones sobre ordenación del territorio y gestión energética en el marco de la sociedad del cambio climático.
- “Genaro el Geólogo y el misterio del arsénico” es un videojuego creado por Pedro Martínez (Martínez, 2013) para trabajar problemáticas relacionadas con la hidrogeología con estudiantes de cuarto curso del Grado en Geología de la Universidad Complutense de Madrid.

- “Sai Fah” y “Tanah” son dos videojuegos desarrollados por la UNESCO en colaboración con otros organismos para concienciar a quienes los pongan en práctica sobre los desastres naturales, en el marco del proyecto “Más Educación, Menos Riesgos”

También son cada vez más numerosas las propuestas de aprendizaje basadas en juegos que se apoyan en recursos existentes en la red que podrían ser consideradas como *serious games*. Por ejemplo, algunas de estas experiencias se han desarrollado sobre temáticas relacionadas con los desastres naturales.

La web OIKOS es un recurso multimedia y multilingüe sobre riesgos geológicos que permite realizar simulaciones sobre terremotos, volcanes, retroceso de acantilados, inundaciones, movimientos de ladera y evolución de playas. Distintas aplicaciones educativas de Oikos han sido utilizadas con éxito por algunos docentes (González y Juan, 2008; Cortés et al., 2011). También la web “Alto a los desastres” es un juego de simulación de la EIRD (Estrategia Internacional para la Reducción de desastres) de las Naciones Unidas que se ha aplicado en entornos de aprendizaje de Ciencias de la Tierra.

Asimismo, el aprendizaje basado en problemas puede plantearse con un enfoque lúdico. Como muestra de esta posibilidad podríamos referirnos a la experiencia didáctica sobre geología forense de Carrillo et al. (2018), basada en la resolución de un asesinato a partir del estudio de pistas y del análisis de pruebas de carácter geológico, que fue merecedora del primer premio del concurso “Ciencia en Acción 2017” en la modalidad de Laboratorio de Geología.

Las actividades lúdicas no son exclusivas de las aulas o los laboratorios de Ciencias de la Tierra como espacios clásicos de aprendizaje. El aprendizaje basado en juegos puede salir a la calle y desplegar todas sus fortalezas en otros muchos contextos. ¿Por qué no jugar a capturar imágenes de minerales, rocas o fósiles? ¿Por qué no convertir en un juego las observaciones, descripciones e interpretaciones frente a un afloramiento geológico? ¿Por qué no gamificar las salidas de campo en Geología? Algunas iniciativas recientes están explorando este potencial, de igual modo que las experiencias de gamificación de instalaciones museísticas, exposiciones e itinerarios. La ubicuidad y facilidad de las conexiones a internet, el mundo de las redes sociales, las profusas e infinitas aplicaciones móviles y las modernas herramientas de geolocalización, captura de imágenes o realidad aumentada utilizables en todo tipo de dispositivos portátiles (tabletas, smartphones...) ofrecen un escenario de posibilidades que no podemos desaprovechar.

1.2.4. Error de concepto de la gamificación en educación

Muchas veces hay una serie de errores en el concepto de la gamificación que puede hacer peligrar de forma clara las probabilidades de que éste falle en el proceso de implementación y, dada la cercanía entre amor y odio, pueda generar una respuesta totalmente contraria a la que se pretendía en un primer momento. Vamos a revisar algunos de los casos más frecuentes y más peligrosos, poniendo como ejemplo los videojuegos, según Ruth, S., & Eguía, J. (2016), aunque esta misma idea se puede adaptar a cualquier tipo de juego:

1. No son juegos en la sala de aulas.

La gamificación no es un juego, y no es utilizar videojuegos o juegos de mesa en la sala de aulas. Para esto hay otra área de los videojuegos que desarrolla aplicaciones de tipo *Edutainment*, y que se centra en el uso de videojuegos específicamente diseñados para fomentar resultados y otros lugares donde jugar juegos de mesa. Si un juego es de

matemáticas, el juego debe mejorar la utilización de las matemáticas. No se debe confundir con efectos indirectos, como podría ser un juego de plataformas, o la mejoría de la coordinación motora, que no es el objetivo principal del juego, pero que surge de un efecto derivado de las mecánicas de juego utilizadas para plantear un reto al jugador. La gamificación es utilizar mecánicas asociadas al videojuego o juego de mesa, para presentar al alumnado una serie de retos de aprendizaje, que cuando el estudiante lo haya cumplido, genere una recompensa a corto plazo dimensionada a la complejidad del reto.

2. Implicación no solamente del profesor sino de la dirección de la institución educativa.

La gamificación correctamente implementada no es algo que un profesor pueda lanzar de forma individual dentro de las cuatro paredes de un aula, sin que esté integrado en un proceso más amplio y más concreto, avalado por la dirección de una institución. El mayor de los procesos estratégicos, o de los procesos de cambio de organizaciones falla porque las estructuras de gestión de la organización no están involucradas en el proceso, o son consideradas como marginales en el proceso. Sin un fuerte aval y un fuerte compromiso desde la dirección de una institución para implementar la gamificación, y no en un aula, ésta no pasara nunca de ser una iniciativa interesante que acabará por diluirse en el tiempo, generando curiosidad o recelo en la comunidad escolar. La gamificación debe ser considerada como una iniciativa estratégica, como mecanismo de planificación de la implantación de la gamificación en la institución, que puede temporalmente utilizar un profesor/profesora en un aula para evaluar los beneficios e impacto del mismo, para poder medir de una forma más precisa el alcance a tener para todo el centro.

3. No es cosa de un súper-profesor, sino de un equipo multidisciplinar.

Relacionado con el punto anterior, existe la idea de que la gamificación en la educación, viene de la mano de un super-profesor/a, innovador y dinámico, capaz de lanzarse a la aventura de lo desconocido para implementar nuevos procesos educativos que marcarán para siempre de forma positiva a sus alumnos/as. Es importante tener en cuenta, que la gamificación es un campo que se podría visualizar entre el diseño de un videojuego/juego de mesa y la neuropsicología, y que, como tal, ni un profesor/a, ni un diseñador/a de videojuegos, ni un/a neuropsicólogo/a van a tener las respuestas correctas y completas para poder llevar a cabo un proceso de gamificación, sobre todo con la responsabilidad que tiene un proceso de estas características enfocado a la educación. La gamificación para la educación debería concluirse por grupos de trabajo multidisciplinarios capaces de generar una visión completa de todas las implicaciones del proceso y de cómo abordar correctamente su gestión. Claro que esto dependerá de los recursos. Hay que tener en cuenta que un proceso de estas características no tiene un impacto solamente en los alumnos/as, también sobre el resto de la comunidad, donde están otros profesores/as, la dirección y las familias de los estudiantes.

4. Equilibrio del proceso.

La incapacidad para entender de forma completa las diversas dimensiones de un proceso de gamificación, puede generar también una falta de entendimiento y de balanceo del proceso que puede a su vez incurrir en situaciones muy semejantes a las que se encuentran frecuentemente en el mundo de los videojuegos o juegos de mesa:

- Progresión imposible, en que el nivel de retos planteados al jugador posee una curva de progreso imposible (80% de los jugadores no progresa más allá del 20% de un

videojuego o un juego de mesa), generando de esta forma el abandono psicológico del proceso y su rechazo. En un proceso de gamificación, se traducirá en desmotivación y en un rechazo más sutil al mismo, que a través de los procesos de comunicación informal entre los alumnos/as, se irá propagando generando resultados nulos o contrarios a los que se pretendían.

- Inexistencia de retos, en que el nivel de los retos planteados es tan pequeño que no motiva al alumnado y se vuelve algo tan fácil que provoca el aburrimiento del alumno/a y su desconexión con el proceso. Los juegos demasiados fáciles son abandonados de forma mucho más rápida que los juegos más difíciles, porque rápidamente el jugador es capaz de darse cuenta que no existe ningún factor de diversión en ello.

1.3 Juegos de mesa

Cada vez son más las personas que dedican buena parte de su tiempo de ocio a jugar con videojuegos. Según publica Statista (2020), en 2019, el promedio de horas dedicadas a la semana por la población española fue 6,7.

Sin embargo, el juego de mesa está recuperando el protagonismo que había perdido. Según un estudio realizado en 2016 por The NPD Group, después de superar la crisis del 2008, la venta de juegos de mesa ha crecido de forma constante. También influyó la crisis sanitaria del COVID-19 pues supuso un incremento sustancial en la venta y uso de juegos de mesa. El informe realizado por la consultora NPD Group desvela que un 45% de los usuarios encuestados juega más tiempo desde que comenzó el confinamiento (Los españoles ganan la partida al confinamiento con más juegos, 2020); y según la encuesta "Efectos y consecuencias del coronavirus (I)" (estudio nº 3298 realizada por el CIS en octubre de 2020), un 38% de las personas encuestadas ha jugado a más juegos de mesa con su familia, pareja o compañeros/as de piso.

Por lo tanto, la popularización del juego de mesa es un hecho: cada vez son más los establecimientos que no solo se dedican a vender juegos de mesa, sino que además ofrecen espacios de reunión para ponerlos en práctica. Cada vez son más las actividades, extraescolares, ferias y jornadas que tienen como eje vertebrador el juego de mesa.

El juego está de moda en todas sus modalidades. Y desde el ámbito docente podemos convertir esa moda en una oportunidad para utilizar cualquier elemento de juego en una potencial experiencia de aprendizaje.

Hay estudios, como Millstone, J. (2012), que avalan que los estudiantes que habitualmente obtienen peores resultados mejoran su rendimiento mediante el uso de juegos educativos y que los juegos incrementan la atención y mejoran el nivel y calidad de la colaboración entre los estudiantes. Todo esto ocurre debido al aumento de los niveles de dopamina que a su vez provoca un incremento de la atención y la motivación de forma natural. Esto mejora notablemente la capacidad de aprender, y permite que el sujeto del aprendizaje esté activo. Mayor implicación, mayor aprendizaje. Además, el uso de juegos en el aula ayuda a personalizar la docencia y mejorar la transmisión de conocimiento, obteniendo como resultado un aprendizaje más significativo.

Asimismo, otros beneficios de los juegos de mesa a tener en cuenta son los siguientes (Euroinnova s.f.):

- Enseñan a respetar y cumplir las normas

- Mejoran la capacidad de análisis
- Impulsan la cooperación
- Ayudan a tolerar la frustración
- Desarrollan la capacidad resolutive
- Promueven el desenvolvimiento personal.
- Ayudan al desarrollo de sus capacidades motoras, mentales y sensoriales
- Desarrollan la concentración, la memoria, la observación y la imaginación
- Muestran cómo resolver problemas, elaborar estrategias y tomar decisiones
- Previenen el envejecimiento y enfermedades relacionadas con el deterioro cerebral
- Ayudan a desarrollar muchas habilidades intelectuales, emocionales y sociales

1.4 Juegos de rol

El inicio de los juegos de rol se da en Estado Unidos con un nuevo concepto de juego creado por el profesor Willian A. Gamson en el año 1960.

El juego de rol es una estrategia que permite que los estudiantes asuman y representen roles en el contexto de situaciones reales o realistas propias del mundo académico o profesional (Martín, 1992). Es una forma de “llevar la realidad al aula”. Si bien en un juego de roles los estudiantes deben ajustarse a reglas, tienen libertad para actuar y tomar decisiones, de acuerdo a cómo interpretan las creencias, actitudes y valores del personaje que representan. A diferencia de otro tipo de simulaciones y dramatizaciones, en el juego de roles se establecen las condiciones y reglas, pero no existe un guion predeterminado.

Según Gonzales, C & Valdivia, S. (2017), el juego de rol es una estrategia que permite:

- Estimular que los/las estudiantes exploren y comprendan su propio comportamiento y el de otras personas en situaciones simuladas. Promover un proceso de auto análisis del rol asumido a partir de la retroalimentación brindada.
- Reconocer formas alternativas de pensar y actuar.
- Desarrollar relaciones interpersonales y habilidades de comunicación.
- Desarrollar competencias académicas propias de la secundaria.
- Facilitar la transferencia del aprendizaje hacia situaciones de la vida real.

Por ello, este tipo de juego permite involucrar al alumnado en su propio proceso de aprendizaje a partir de situaciones reales o de contextos simulados, que van a repercutir en el desarrollo de numerosas competencias, imprescindibles en su proceso de formación. Se trata de una herramienta que permite a los/las alumnos/as trabajar activamente y de manera cooperativa en el estudio, análisis, desarrollo y resolución de casos. Aunque la simulación no permite reproducir de forma completa las circunstancias de un caso real, sí sirve para aproximarse a él de una manera bastante fidedigna, resultando un buen sistema para facilitar un aprendizaje orientado a la comprensión y la utilización.

Esta metodología basada en principios de trabajo colaborativo puede ser un eficaz complemento educativo para mejorar el interés en los contenidos de la asignatura, en nuestro caso el de la Geología, además de ser una técnica que permite combinar el trabajo grupal con la toma de decisiones. Los beneficios que aporta a los estudiantes son múltiples. Además de aumentar la motivación y fomentar el trabajo en grupo, permite la reflexión sobre la materia expuesta previamente en clase, en nuestro caso sobre los riesgos geológicos, generando debate entre los propios miembros del grupo. Asimismo, mejora la capacidad individual de argumentación y de

análisis, y permite conseguir un mayor compromiso y conciencia sobre el tema abordado. De hecho, la asignación de roles puede ayudar tanto a la delimitación de las tareas comunes que deben desarrollar los miembros del grupo como a la especificación de la responsabilidad y contribución individual de cada uno de los participantes, lo que se puede traducir a su vez en un aumento de los recursos de que disponen los alumnos para regular y hacer progresar la actividad. Por lo tanto, les permite construir su propio conocimiento.

Por todo ello, este tipo de juego, los roles, es en el que se fundamenta este Trabajo de Fin de Máster, ya que hemos llegado a la conclusión de que, entre las metodologías de gamificación, está es la más adecuada para abordar los objetivos que se quieren alcanzar. En este caso, el alumnado se enfrentará a situaciones reales, como son los riesgos geológicos, mediante el juego que hemos seleccionado, el Hazagora, en el que, dependiendo de sus decisiones, aumentará de forma significativa la implicación del alumno/a.

1.5 El volcán de La Palma

La reciente erupción volcánica en la isla de La Palma ha despertado el interés como docentes de Biología y Geología. Parece conveniente contextualizar un acontecimiento natural así y exponerlo en las aulas de educación obligatoria y educación superior. Por ello, se ha decidido que este evento geológico tan importante sea utilizado para contextualizar el juego Hazagora. Al ser un fenómeno reciente, real y cercano al alumnado, puede constituir una herramienta potente para general una mayor concienciación respecto a los riesgos geológicos, objetivo principal de este TFM.

A continuación, se hará un relato del desarrollo del fenómeno eruptivo basándonos en la crónica periodística de Pujals, J., Corominas, O., & Frederic, M. (2022).

1.5.1 Datos sobre el volcán de La Palma

Una actividad sísmica intensa a poca profundidad, la deformación del terreno y la emisión de gases como el radón desde el suelo son tres de los principales indicadores que avisan de una próxima erupción. Durante las semanas previas a la erupción, los equipos de investigación habían detectado un enjambre sísmico – una elevada concentración de temblores superficiales– de más de 25.000 seísmos desde el 11 de septiembre, según la cifra que dio el INVOLCAN horas antes de que se iniciase la erupción, y un abombamiento del suelo en la zona del futuro volcán, que en la estación GPS (Sistema de Posicionamiento Global) más cercana al punto exacto donde surgiría llegó a superar los 20 centímetros.

En la erupción del volcán submarino Tagoro de la isla de El Hierro de 2011

Movimientos sísmicos previos a la erupción

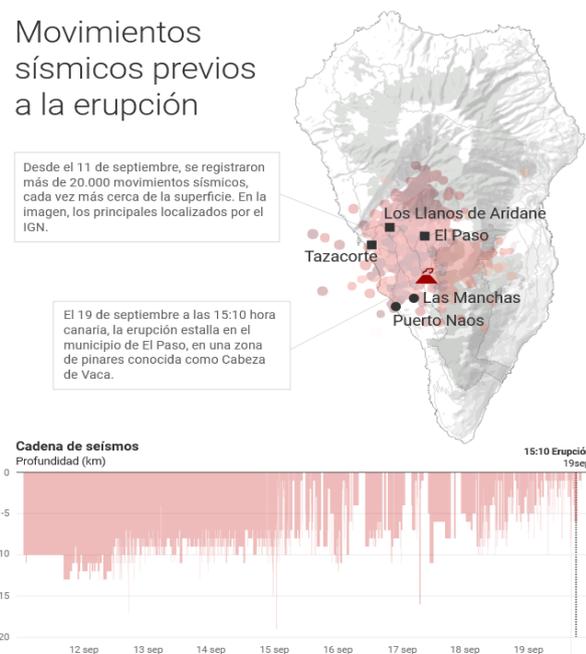


Imagen 1. Movimientos sísmicos previos a la erupción. Fuente: RTVE noticias.

pasó largo tiempo entre los terremotos y la emisión de magma desde el fondo marino. Por eso, en el caso de La Palma no se pensó que la erupción se fuera a producir tan rápido.

No era la primera vez que los terremotos profundos se hacían notar. Entre 2017 y 2020 ya se habían producido múltiples seísmos en el conjunto de las islas Canarias –en las zonas de La Palma, El Hierro o Tenerife– pero sin que llegase a desarrollar el fenómeno eruptivo y por tanto sin que llegaran a ser noticias en los principales medios de comunicación.

Pero esta vez fue diferente, entre el 10 y el 19 de septiembre de 2021 se registraron hasta 25.000 terremotos, la mayoría imperceptibles para la población palmera. La sismicidad en enjambre venía provocada por la presión del magma sobre la corteza terrestre. Poco antes del mediodía del 19 de septiembre (hora local), un temblor de magnitud 4,2 sacudió la isla. Y, esta vez sí, a las 15.10 horas, un primer surtidor de magma disparado sobre una ladera boscosa sorprendía a científicos, periodistas y población en general rompiendo de esta manera la tregua de 50 años, al haberse registrado en 1971 el último volcán hasta la fecha, el conocido por el nombre de Teneguía.

La toma de muestras de lava y su estudio fue una de las labores cotidianas de monitorización durante la erupción – del aún sin nombre oficial– volcán de La Palma. Ha sido una de las más destructivas en un territorio de un estado europeo en los últimos 100 años. Aunque, si la comparamos con otras en el mundo, se puede considerar de dimensiones modestas.



Imagen 2. Científicos de INVOLCAN realizan mediciones de gases dentro del cráter principal del volcán de La Palma. Fuente: Saul Santos

En una escala de 0 a 8, el Índice de Explosividad Volcánica (IEV) llegó hasta el nivel 3. La emisión de gases, en cambio, fue desmesurada y sorprendió a los expertos, ya que llegó a unas dos gigatoneladas de dióxido de azufre (SO₂).

Las coladas emitidas desde Cumbre Vieja, que arrasaron 1.218 hectáreas de terreno, llegaron hasta el mar, creando espectaculares deltas lávicos, de 48 hectáreas de superficie, además de arrasarse 21 hectáreas de fondos submarinos.

Se llevaron por delante 1.676 edificaciones, entre las que se encontraban viviendas, construcciones industriales, agrícolas o de uso público, además de cubrir 370 Ha de cultivos –en su mayoría de plátanos, principal producto de la isla– y 74 kilómetros de carreteras, según los datos del PEVOLCA. El programa de satélites Copernicus, de la Unión Europea, incrementa la cifra hasta las 2.988 hectáreas.

Las coladas llegaron a tener una media de 12 metros de espesor, aunque en algunos puntos se acumularon hasta 70 m y los ríos de lava borraron del mapa un pueblo entero como Todoque, que contaba con 1.310 habitantes

Durante las distintas fases de la erupción tuvieron que ser evacuadas con lo puesto hasta 7.000 personas, de las que se estima que unas 2.000 (unas 500 familias) han perdido sus viviendas y todas sus pertenencias.



Imagen 3. Las coladas de lava del volcán de La Palma el lunes 29 de noviembre de 2021. Fuente: Emilio Morenatti (2021)

Algunos, los más mayores, ya habían visto tres erupciones en la isla, las del San Juan (1949), el Teneguía (1971) y la de este fatídico 2021. Las dos primeras no causaron daños (el Teneguía no tocó ni una casa) y todos esperaban que esta vez pasaría lo mismo.

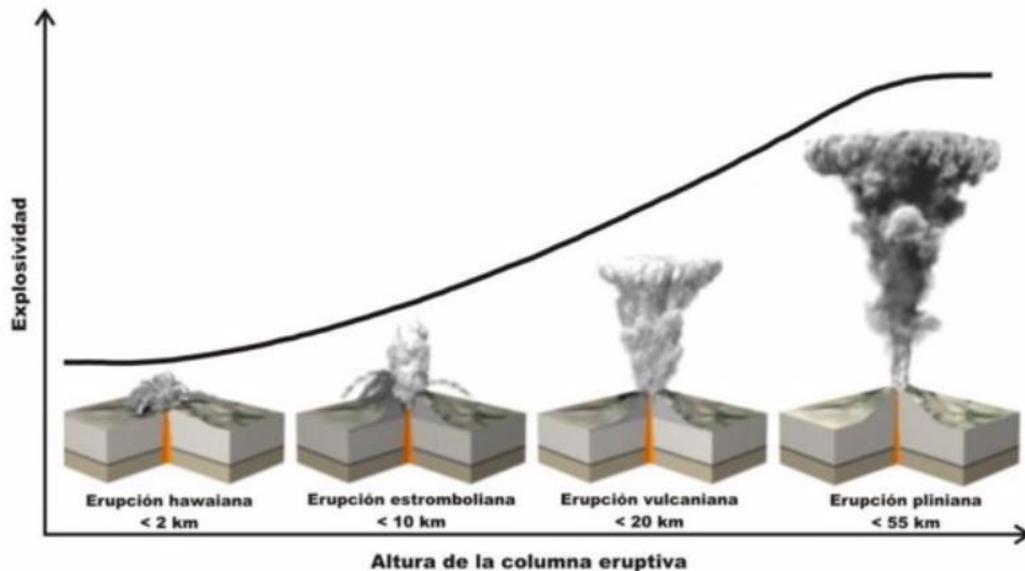


Imagen 4. Tipos de erupciones. La erupción del volcán de La Palma fue de tipo estromboliano. Fuente: Europapress.

El geólogo Stavros Meletlidis, del Instituto Geográfico Nacional (IGN, organismo oficialmente encargado de la vigilancia volcánica en España), antiguo responsable en su país de la vigilancia de la caldera de Santorini, apunta otras amenazas asociadas a la etapa posteruptiva: “El peso de la ceniza sobre las construcciones o la sismicidad. Un temblor de 4-4,5 grados podría hacer caer alguna casa, por no hablar de derrumbes de las propias coladas”.

Los más de 200 millones de metros cúbicos de materiales emitidos por la erupción han modificado de forma radical el aspecto de la isla, tanto su orografía como su extensión y la forma del litoral. Buena parte de ellos (34 millones) formaron el imponente nuevo cono de 200 metros de altura, que se alza en Cumbre Vieja. Asimismo, “la mayor parte del material emitido por el volcán fue lava y “menos de un 12% fueron piroclastos”, tal como calcula el geólogo y vulcanólogo chileno de la Universidad de Manchester (Reino Unido), Jorge Romero.

Finalmente, el Instituto Geográfico Nacional dató el fin de la actividad eruptiva del volcán de Cumbre Vieja con fecha del 13 de diciembre. Siendo, por lo tanto, 84 largos días de erupción.

De esta manera, se daban por finalizados los planes de evacuación establecidos en el Plan de Emergencias Volcánicas de Canarias (PEVOLCA) y desde entonces casi un millar de personas ya han podido regresar a sus hogares en algunos núcleos de los términos de El Paso, Los Llanos de Aridane y Tzacorte.

La actividad volcánica en La Palma ha cesado pero sus consecuencias siguen teniendo efectos sobre muchos de los palmeros que tuvieron que abandonar sus hogares con lo puesto. Semanas después del fin de la erupción, muchos no pudieron volver a sus hogares a causa de la alta concentración de gases tóxicos.

La situación entorno a lo que se ha denominado como zona cero del volcán –todas aquellas áreas devastadas por sus efectos–, sigue siendo muy peligrosa ya que las elevadas temperaturas

de más de 1000°C a la que están sometidas las rocas más profundas, producen cantidades ingentes de gases tóxicos para la salud humana y de otros seres vivos, entre los que destaca como principal amenaza el SO₂. Es por eso que se multa hasta con 600 euros a aquellos curiosos



Imagen 5. Una casa cubierta por la ceniza del volcán de La Palma, el 30 de octubre de 2021. Fuente: Morenatti (2021)

o turistas que se salten las zonas perimetrales de seguridad.

Transcurridos seis meses desde el final de la erupción en La Palma, las administraciones avanzan en la reconstrucción, los vecinos damnificados tratan de recuperar sus proyectos de vida, con una isla que ahora cuenta con un 8% de su superficie ocupada por coladas y un nuevo volcán aún sin nombre.

Las administraciones han abonado ya más de 487 millones de euros en concepto de diferentes ayudas, entre las que se incluyen casi 88 millones de euros dedicados a la emergencia social, 69 millones en ayudas a empresas y autónomos y más de 223 millones de euros en ayudas a la vivienda, según datos del Gobierno de Canarias.

La conectividad entre el norte y el sur de la cara occidental de La Palma se ha restaurado recientemente gracias a una pista de 3,3 kilómetros de longitud sobre las coladas del volcán, desde el barrio de La Laguna hasta Las Norias.

La emergencia volcánica, que provocó la evacuación de hasta de 7.000 personas, no ha acabado para los 1.500 residentes de los núcleos de La Bombilla y Puerto Naos, donde la presencia de gases incompatibles con la vida se ha mantenido desde el final de la erupción y persiste la prohibición de acceso a vecinos y trabajadores.

Finalmente, La erupción del volcán de La Palma puede haber sido una de las erupciones más monitorizadas de la historia. Cada día se controlaron, entre otros parámetros: la altura, temperatura y composición de la columna volcánica; las emisiones de gases; la sismicidad; el progreso, temperatura y composición de las coladas; el grosor de la capa de ceniza; el estado de las aguas subterráneas...

El hecho de producirse en una zona de fácil acceso de un país desarrollado atrajo a gran cantidad de expertos (528 acreditados por el PEVOLCA. Fruto de ello, el volcán canario ya ha dado lugar a un buen número de publicaciones científicas. En la mayoría de los casos, las investigadoras e investigadores, incluso personas veteranas, confesaban emocionadas que podían contemplar por primera vez aquello que llevaban años, o toda la vida, estudiando.

Finalmente, esta erupción ha permitido a los investigadores emplear tecnologías novedosas que han aportado datos e imágenes hasta no hace muchos imposibles de obtener. Es el caso de los obtenidos mediante satélites –como los del programa Copernicus– o utilizando drones. El PEVOLCA autorizó más de 2.800 vuelos de estos últimos aparatos, que proporcionaron escenas inolvidables de una erupción tan peligrosamente dañina como fascinante.



Imagen 6. Imagen de las coladas de lava obtenida por el satélite Copernicus. Fuente. EMS Copernicus.

1.5.2 Consecuencias ecológicas que tendrá la erupción del volcán de La Palma

Cuando la implacable fuerza de la naturaleza se abre paso, las consecuencias de los ciclos ecológicos naturales a menudo son devastadoras para la vida en la Tierra. Estos fenómenos tienen un alto índice de impacto ambiental, no sólo por sus devastadoras consecuencias inmediatas en las zonas urbanas, sino por las ocasionadas en la propia naturaleza.

Nos encontramos ante la formación de un nuevo terreno volcánico que dará paso a un ciclo ecológico muy diferente a muchos niveles”, explica José Ramón Arévalo Sierra, catedrático de Ecología en la Universidad de La Laguna, Tenerife. "Se trata de un hecho ecológico sin más trascendencia que la habitual en islas de carácter volcánico, que son muy habituales también en otros archipiélagos como Hawái". Según el alcance de la erupción y su zona de influencia, encontramos en mayor o menor medida alteraciones en la biodiversidad, los suelos, la calidad del aire, impactos en los acuíferos, en la agricultura...

Según los registros históricos, desde que se tiene algún tipo de referencia documental, “la isla de La Palma es la que más erupciones ha sufrido en su territorio, con lo que podríamos decir que es la isla que ha tenido una mayor actividad”, afirma David Calvo, responsable de comunicación del Instituto Volcanológico de Canarias (INVOLCAN).

3.000 años para recuperar los suelos

Como parte del ciclo volcánico, las coladas de lavas han modificado el terreno, elevándolo a su paso y arrasando áreas de matorrales, bosques y cultivos para convertirlos en un abrupto y hostil terreno sin vida. La superficie afectada por las coladas de lava alcanza las 2.988 hectáreas según el programa de satélites Copernicus, de la Unión Europea.

Según INVOLCAN: “Bajo el punto de vista ecológico estamos en un proceso natural en unas islas volcánicas que son tremendamente activas. Es la oportunidad de tener una sucesión primaria que estudiar”.

Esta sucesión primaria, también llamada malpaís, es el suelo árido y escarpado que deja tras de sí la lava. “Analizaremos cenizas y lava como si analizáramos la sangre del volcán”, afirma INVOLCAN. El malpaís de Güimar o de la Rasca, en Tenerife, son ejemplos de paisajes volcánicos donde renace lentamente la vida tras la erupción. En la colonización de estos suelos por parte de los organismos, la flora y la fauna, inciden muchos factores.

“La isla de La Palma es una isla donde las precipitaciones prácticamente doblan a las de otras islas como Tenerife o Gran Canaria. Esto hará que se acelere el proceso de colonización de esa colada, pero la formación del suelo lleva mucho más”, afirma Arévalo, así como “que, según las proyecciones de futuro en función de lo que ha ocurrido en otros sitios, “el suelo podría tardar en recuperarse de 3.000 a 4.000 años”.

Colonización de coladas por especies invasoras

Los daños ecológicos deben asumirse dentro de los ciclos naturales de una erupción volcánica, sin embargo, cuando los humanos alteramos esos ciclos, surgen los desequilibrios. Durante los últimos procesos volcánicos de Hawái, se introdujo la *Myrica faya* y colonizó las coladas volcánicas. Al tratarse de una especie fijadora de nitrógeno, aumentó las concentraciones de nitrógeno en el suelo, lo que favoreció la entrada de otras especies exóticas. Es uno de los ejemplos más claros de cómo una especie provoca un cambio ecosistémico tan grande que incluso es capaz de colonizar las coladas volcánicas.

Por las condiciones de humedad, esta especie en Canarias no es tan competitiva, pero al caminar por lava volcánica de 700 u 800 años de antigüedad, podemos encontrar especies instaladas de plantas como *Pelargonium*, geranios sudafricanos, siempre de carácter invasor.

Lo mismo ocurrió en la isla de Lanzarote donde una nativa trasladada de otras islas ha colonizado completamente algunas de las coladas del Parque Nacional, lo que ha provocado una alteración total del paisaje volcánico. Por todo ello, estas especies deben vigilarse pues son oportunistas y muy competitivas, de ahí su éxito.

Ceniza y la nube de gases tóxicos

Las toneladas de ceniza que ha emitido el volcán Cumbre Vieja desde que comenzó la erupción el 19 de septiembre de 2021 no es el único impacto ambiental que ha dejado. Uno de los efectos que más se ha propagado es el dióxido de azufre.

El dióxido de azufre, se utiliza para calcular cuánto magma ha emitido el volcán. Así, si el SO_2 disminuye constantemente, es un claro indicio de que las erupciones terminarán pronto.

Pero las consecuencias de este gas van más allá. El Instituto Volcanológico de Canarias (INVOLCAN) calcula que Cumbre Vieja ha emitido al menos 250.000 toneladas de dióxido de azufre. Esta cantidad es tanta que ha llegado hasta el norte de África y el Caribe, puntualmente a Puerto Rico y a República Dominicana, como lo detectó el Satélite Copernicus/Sentinel de la Agencia Espacial Europea.

Y es que el dióxido de azufre viajó con las mismas corrientes de aire que hacen que el polvo del Sahara llegue a la Amazonía para convertirse en nutrientes, según señaló la Sociedad de Astronomía del Caribe.

En su momento, el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA) de Puerto Rico consideró que el aire de la isla era insalubre a medida que pasaba la nube de dióxido de azufre. Si una persona se expone a altas cantidades de este gas y durante mucho tiempo, su sistema respiratorio podría inflamarse y los ojos podrían irritarse. En los ecosistemas, el daño que produce es que degrada la clorofila y reduce la fotosíntesis, lo que puede afectar a un sinnúmero de especies.

Ecosistemas marinos

Otro de los efectos ambientales más visibles que dejó el volcán se produjo en el momento en el que el magma entró por primera vez en el mar, el 28 de septiembre, en la Playa Los Guirres en el municipio de Tzacorte. El choque de temperaturas entre los más de 1.100 grados de las rocas volcánicas y los cerca de 20 grados del agua hizo que el magma se solidificara y se convirtiera en un pedazo de tierra anexo a la isla.

Además, hubo un choque químico que hizo que se levantara una nube de gas, dióxido de carbono, el ácido carbónico y el ácido sulfúrico que había en la lava, sumado al cloruro sódico de la sal del mar. Ya en el agua, el magma hace que aumente el dióxido de carbono y que se reduzca el oxígeno, una combinación que puede ser mortal para muchas especies.



Imagen 7. Recorrido de la lava de Cumbre Vieja. Fuente: EMS Copernicus

Todavía es muy pronto para saber cuánto ha afectado la lava de Cumbre Vieja a las especies marinas de las islas Canarias. El buque Ramón Margalef del Instituto Español de Oceanografía monitoreó la situación desde el mar y recolectó 500 litros de agua para analizar este y otros posibles efectos.

Además, existen estudios como el que hicieron el Instituto de Oceanografía y varias universidades españolas sobre las consecuencias de la erupción en octubre de 2011 del volcán submarino de El Hierro. El análisis reveló que el magma perturbó el ecosistema marino, pues redujo inicialmente la biodiversidad e hizo que la composición de algunas especies cambiara.

2. Planteamiento del problema

La Geología es una ciencia indispensable para comprender el mundo que nos rodea y sus transformaciones, así como para desarrollar una actitud responsable hacia los recursos y el medioambiente. Por eso, es necesario encontrar una metodología didáctica que sea capaz de transferir estos conocimientos al alumnado y, por ende, a la sociedad.

La introducción de nuevas tendencias en didáctica, como por ejemplo las basadas en juegos, suponen una herramienta muy potente para lograr un aprendizaje significativo en un, alumnado que, debido a los estímulos tecnológicos externos, ha perdido cierta capacidad de aprender a través de estrategias de enseñanza-aprendizaje convencionales.

Por ello, este Trabajo de Fin de Máster está basado en la integración de la metodología de la gamificación mediante el uso de un juego de mesa, el Hazagora. La implementación de este juego permite que el estudiantado trabaje distintos conceptos relacionados con los riesgos naturales, medidas de prevención y mitigación e influencia antrópica en la magnitud de los desastres, con un enfoque divertido y distendido.

Por otro lado, "Hazagora" es un juego de roles que permite trabajar otros aspectos relacionados con la educación para la vida, practicando el llegar a acuerdos en comunidad y desarrollando sentimientos de solidaridad. La actividad también es útil para mostrar la importancia del método científico y para recalcar que la toma de decisiones siempre debe hacerse basándose en los datos aportados por expertos.

Otra de las razones fundamentales para la realización de este proyecto es la necesidad de cambio en las metodologías tradicionales utilizadas en las aulas actualmente en el sistema educativo. La constante y rápida evolución de la sociedad actual no va acorde con el ritmo de la enseñanza, que en ocasiones se está quedando obsoleta. Este tipo de metodologías puede producir que los/las alumnos/as tengan un "enganche" por el estudio de dicha asignatura, siempre que la aplicación de la metodología se produzca de forma correcta, provocando que el aprendizaje sea significativo en el alumnado.

Además, hay una desmotivación muy elevada en este nivel educativo, 3º ESO, respecto a la Geología, ya que es una materia que no suele llamar mucho la atención y que además se desarrolla al final de curso, cuando el alumnado no tiene motivación por indagar. Asimismo, el gran grueso de esta asignatura lo engloba el bloque de aprendizaje IV: Las personas y la salud. Promoción de la salud, que aúna seis criterios. Tras ellos, y recogido en el bloque de aprendizaje V: El relieve terrestre y su evolución, aparecen los dos últimos criterios de evaluación, propiamente enmarcados en la ciencia de la Geología, los cuales o se dan de manera superficial y rápida o incluso no llegan a darse.

Por otra parte, el temario propio de esta materia suele recoger los riesgos geológico de forma escasa o inexistente, aun siendo un tema de vital importancia en las Islas Canarias como ha quedado demostrado en los últimos años tras la erupción submarina del Hierro y el volcán de La Palma, recordándonos una vez más la falta de información y alfabetización en estos aspectos y que se refleja en frecuentes errores de conceptos, ideas previas erróneas, desconocimiento de cómo actuar ante estos fenómenos geológicos etc. Por este motivo, se ha realizado una readaptación del juego Hazagora, cambiando algunos aspectos del mismo, como ciertos personajes o el propio contexto, que irá enfocado a la erupción volcánica de La Palma. Al ser un hecho reciente, el alumnado se sentirá identificado, por lo que se creará una mayor concienciación y cercanía respecto al tema, potenciando de esta manera el aprendizaje significativo.

Finalmente, al ser optativa la asignatura de Biología y Geología de 4º de la ESO, el momento idóneo para motivar al alumnado a escoger esta rama de la ciencia es 3º de la ESO. Si el alumnado no elige esta asignatura en 4º ESO, será su última oportunidad para abordar este tipo de contenido, tan fundamental en un contexto volcánico como es el archipiélago canario, en el que se despliega este currículum.

3. Objetivos

El presente Trabajo de Fin de Máster tiene como objetivo principal, diseñar una propuesta de intervención mediante la integración de la gamificación como metodología innovadora para una mayor concienciación y motivación del alumnado hacia los aspectos relacionados con riesgos geológico y lograr un del aprendizaje significativo relacionado con estos conceptos.

Objetivos específicos

- Diferenciar entre fenómenos geológicos internos y externos
- Conocer los riesgos geológicos en general, y los volcánicos y sísmicos en particular
- Conocer las medidas preventivas ante los distintos riesgos geológicos
- Fomentar la cohesión del grupo, así como el aprendizaje cooperativo, a través de la participación, colaboración y el respeto entre compañeros/as
- Aumentar la motivación y participación del alumnado
- Generar mayor concienciación sobre los riesgos geológicos
- Fomentar el pensamiento crítico a través del aprendizaje significativo y los debates

4. Propuesta de intervención

4.1 Contextualización del centro

El centro en el que se desarrollaría la propuesta de innovación es en el IES La Laboral de La Laguna, es un centro de referencia en Canarias por sus características y por su historia.

Sus 46 años de experiencia en la docencia, la Residencia Escolar que acoge a alumnos y alumnas de todas las islas y la amplia oferta de enseñanzas (ESO, Bachillerato y Formación Profesional en turnos de mañana, tarde y noche) le hace ser un centro educativo con características muy particulares.

Por otro lado, sus instalaciones y la magnífica ubicación con fácil acceso por transporte público también le confieren características idóneas para muchos de sus estudiantes.

El IES La Laboral se encuentra dentro de la ciudad de San Cristóbal de La Laguna, en Tenerife, Canarias. Ubicado en una ciudad declarada Patrimonio de la Humanidad desde 1999, las múltiples influencias culturales, así como afluencia de público e inversiones, han contribuido al desarrollo de la ciudad e, indirectamente, al de la institución académica. Concretamente, el centro se ubica en C. Lora Tamayo.

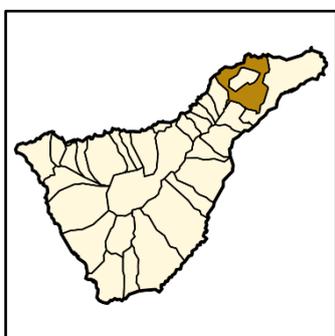
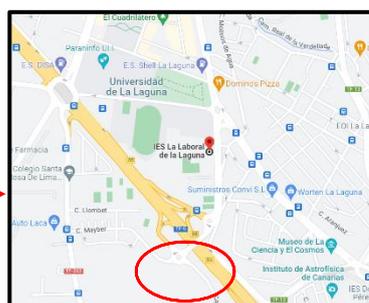


Figura 4. Ubicación del Centro IES La Laboral en el municipio de San Cristóbal de La Laguna. Fuente: Google Maps.



El centro anualmente acoge unos 1750 alumnos/as, de los cuales, casi dos tercios están matriculados en el turno de mañana. Las edades son dispares, ya que incorporan a un alumnado desde los doce años hasta la edad adulta.

En la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) cuenta con una línea dos. Aproximadamente un 60% del alumnado de la ESO ha realizado la Educación Primaria en el CEIP La Aneja de La Laguna, un 20% en otros colegios públicos y un 20% en Centros concertados.

Dependiendo del curso escolar, pero sí como media cada año, el porcentaje de titulación en la ESO es sobre un 80%. El fracaso escolar en el resto del alumnado se suele deber a variadas causas como la de contextos socio-familiares desfavorecidos, falta de hábitos de estudio y trabajo, desmotivación hacia el aprendizaje y absentismo escolar. Para encauzar esta problemática, cuentan con el departamento de Orientación, de la Jefatura de estudios y del equipo de gestión de la convivencia (EGC). Además, tienen programas como PROMECO (Programa de la Mejora de la Convivencia) y PMAR (Programa de Mejora del Aprendizaje y del Rendimiento) y están en contacto con los Servicios Sociales del Ayuntamiento.

4.2 Destinatarios

El nivel educativo elegido para realizar esta propuesta de intervención es 3º ESO debido a varios motivos:

1. Gracias al periodo de prácticas realizadas en este centro pude observar que la parte de Geología o bien la enseñaban de manera superficial o ni siquiera llegaban a darla por falta de tiempo. Por lo que, me pareció interesante desarrollarlo en este nivel educativo para darle más protagonismo y que los/las docentes tuvieran una manera más amena y motivadora de dar este contenido.
2. La Geología, al ser optativa en 4º ESO genera que para gran parte del alumnado sea la última oportunidad para abordar este tipo de contenido tan necesario.
3. El juego de Hazagora, originalmente está diseñado para edades de 15 años en adelante, por lo que este nivel educativo coincide con ese aspecto. Sin embargo, es un juego muy versátil que se podría adaptar a otros cursos.

4.3 Criterio de evaluación

Para desarrollar esta propuesta de intervención nos hemos fijado en los criterios evaluación de 3º ESO, basándonos en la publicación del Real Decreto 1105/2014 de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato (BOE n.º 3, de 3 de enero de 2015), que fija la ordenación general y el currículo básico correspondiente a la ESO y Bachillerato, así como la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato (BOE n.º 25, de 29 de enero) y el correspondiente desarrollo según sus competencias en el BOC n.º 169 donde la Comunidad Autónoma establece la ordenación de la ESO y el Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Canarias (BOC n.º 169, de 31 de agosto 2015).

Tras analizar dichos criterios en la etapa de 3º ESO, se ha comprobado la existencia de contenidos, criterios de evaluación y estándares evaluables, según el caso, relacionados directa o indirectamente con los riesgos derivados de los fenómenos geológicos, los cuales se encuentran resaltados en negrita:

Bloques de aprendizajes

Bloque de aprendizaje I y VII: Habilidades, destrezas y estrategias. Metodología científica. Proyecto de investigación.

“Criterio de evaluación 1. Planificar y realizar de manera individual o colaborativa proyectos de investigación relacionados con la salud o el medio natural aplicando las destrezas y habilidades propias del trabajo científico, a partir del análisis e interpretación de información previamente seleccionada de distintas fuentes así como de la obtenida en el trabajo experimental de laboratorio o de campo, con la finalidad de formarse una opinión propia, argumentarla y comunicarla utilizando el vocabulario científico y mostrando actitudes de participación y de respeto en el trabajo en equipo.”

Bloque de aprendizaje V: El relieve terrestre y su evolución

“Criterio de evaluación 9. Reconocer sobre la superficie terrestre los cambios que genera la energía interna del planeta, diferenciándolos de aquellos originados por agentes externos, analizar la actividad magmática, sísmica y volcánica como manifestación de la dinámica interna de la Tierra, justificando su distribución geográfica con la finalidad de valorar el riesgo sísmico y volcánico en ciertos puntos del planeta y proponer acciones preventivas.”

Contenidos

Contenidos del criterio 1

- **Aplicación de las destrezas y habilidades propias de los métodos de la ciencia.**
- **Uso del vocabulario científico para expresarse con precisión y argumentar sobre problemas relacionados con el medio natural y la salud.**
- Planificación y realización autónoma de trabajo experimental de laboratorio o de campo.
- Desarrollo de actitudes de respeto hacia instrumentos, materiales y normas de seguridad en el laboratorio.
- Obtención de información a partir de la selección y recogida de muestras del medio natural. Manejo de la lupa binocular y el microscopio óptico.
- **Utilización de las tecnologías de la información y la comunicación para la búsqueda, selección e interpretación de información de carácter científico, y la presentación de conclusiones.**
- **Empleo de estrategias para el fomento de la cohesión de grupos cooperativos y la consecución de objetivos (toma de decisiones, asunción de responsabilidades, definición de metas, perseverancia...).**
- **Diseño, realización y defensa de proyectos de investigación, con asunción de la crítica, aceptación de sugerencias y participación en procesos de coevaluación.**

Contenido del criterio 9

- Relación entre la energía interna, los modelos del interior terrestre (geoquímico y geofísico) y los límites de las principales placas tectónicas.
- Discriminación entre las manifestaciones de la energía interna (magmatismo, volcanismo y movimientos sísmicos) y los procesos externos.
- Relación entre la actividad sísmica y su distribución planetaria.

Análisis de la actividad magmática y volcánica.

Descripción de los tipos de volcanes y su actividad en función de los tipos de magma, con especial atención a los de Canarias, y su distribución en el planeta.

Valoración de la importancia de conocer los riesgos volcánicos y sísmicos en general, y en Canarias en particular, así como las medidas preventivas y su posible predicción.

Análisis de la influencia de los volcanes en las Islas Canarias.

- Interpretación, utilización y realización de representaciones gráficas diversas de la estructura interna del planeta y de su dinámica.

Estándares de aprendizaje evaluables

Estándares del criterio 1

- **Identifica los términos más frecuentes del vocabulario científico, expresándose de forma correcta tanto oralmente como por escrito.**
- **Busca, selecciona e interpreta la información de carácter científico a partir de la utilización de diversas fuentes.**
- **Transmite la información seleccionada de manera precisa utilizando diversos soportes.**
- **Utiliza la información de carácter científico para formarse una opinión propia y argumentar sobre problemas relacionados.**
- Conoce y respeta las normas de seguridad en el laboratorio, respetando y cuidando los instrumentos y el material empleado.
- Desarrolla con autonomía la planificación del trabajo experimental, utilizando tanto instrumentos ópticos de reconocimiento, como material básico de laboratorio, argumentando el proceso experimental seguido, describiendo sus observaciones e interpretando sus resultados.
- **Integra y aplica las destrezas propias del método científico.**
- Utiliza argumentos justificando las hipótesis que propone.
- **Utiliza diferentes fuentes de información, apoyándose en las TIC, para la elaboración y presentación de sus investigaciones.**
- **Participa, valora y respeta el trabajo individual y grupal.**
- Diseña pequeños trabajos de investigación sobre animales y/o plantas, los ecosistemas de su entorno o la alimentación y nutrición humana para su presentación y defensa en el aula.
- **Expresa con precisión y coherencia tanto verbalmente como por escrito las conclusiones de sus investigaciones.**

Estándares del criterio 9

- **Diferencia un proceso geológico externo de uno interno e identifica sus efectos en el relieve.**
- **Conoce y describe cómo se originan los seísmos y los efectos que generan.**
- **Relaciona los tipos de erupción volcánica con el magma que los origina y los asocia con su peligrosidad.**

- Justifica la existencia de zonas en las que los terremotos son más frecuentes y de mayor magnitud.
- **Valora el riesgo sísmico y, en su caso, volcánico existente en la zona en que habita y conoce las medidas de prevención que debe adoptar**

4.4 Competencias

Dentro del marco de competencias básicas establecidas por la LOMCE, consideramos que se pueden abordar las siguientes a través del uso de la gamificación

- Competencia digital (CD): a través de la utilización de las tecnologías de la información y la comunicación para: búsqueda, selección, tratamiento y presentación de la información. Se busca que el alumnado sea capaz de desarrollar un espíritu crítico y emplear la creatividad a la hora de acudir a las fuentes.

- Competencia Aprender a Aprender (AA): desarrollando esta competencia que favorece al aprendizaje significativo a través de la construcción del conocimiento científico propio, potenciando el autoconcepto y la autoestima. A través de la ludificación del aprendizaje, se busca fomentar el interés del alumnado a querer aprender para que puedan aprender a aprender por sí mismos.

- Competencia Matemática y Competencias Básicas en Ciencia y Tecnología (CMCT): se incorporan destrezas básicas de carácter funcional de los aprendizajes matemáticos, ya que la naturaleza del conocimiento científico requiere de ella (magnitudes, escalas, coordenadas, etc.). Incorpora también destrezas para la vida como la orientación espacial en cartografía digital o elaboración de hipótesis y contrastación de las mismas, a través de las TIC.

- Competencia Social y Cívica (CSC): se busca generar ambientes de colaboración grupales, donde el alumnado tenga que desarrollar un rol determinado, para beneficio del grupo. Se debe de llevar a cabo una convivencia pacífica, participativa y productiva, en los diferentes grupos, para lograr un objetivo común a través de las habilidades sociales y el aprendizaje cooperativo.

- Competencia Lingüística (CL): elaboración y transmisión de ideas, conceptos y búsqueda de informaciones de los fenómenos naturales, mediante un discurso basado en la explicación, la descripción y la argumentación. Se debe de adquirir y emplear una terminología específica de la Geología, para una mayor eficiencia de la transmisión y asimilación de conocimientos, durante el desarrollo de las actividades propuestas.

- Competencia de Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor (SIEE): se busca despertar el interés del alumnado, promoviendo la iniciativa propia y potenciando la creación de criterios propios, para enfrentar problemáticas que no tienen que tener una solución inmediata. Se espera que el alumnado sea capaz de tomar decisiones de forma autónoma, además de consensuar con el grupo desarrollando el espíritu emprendedor para aportar sus ideas generadas con un criterio personal justificado y generadas de forma individual.

4.5 Sesiones

Introducción a los riesgos geológicos		
Sesión	Tiempo	Competencias
1	50 min	AA, CSC, CL,
Descripción		

En esta primera sesión, la intervención comienza con un cuestionario a modo de evaluación diagnóstica, que pretende determinar los conocimientos del alumnado en materia de fenómenos geológicos peligrosos (Anexo 1). Dado que no se busca calificar, sino evaluar la fijación de conceptos antes y después de la intervención, las respuestas serán anónimas, identificándolas con un número. Esto favorecerá que el alumnado se sienta más libre de contestar sin tener miedo a equivocarse. Por tanto, este cuestionario se volverá a realizar en la última sesión con las preguntas alteradas de orden. Todo ello favorecerá el aprendizaje significativo ya que partiremos de sus ideas previas.

A continuación, se expondrá una presentación con conceptos e ideas claves sobre los riesgos geológicos.

En primer lugar, utilizaremos el programa de Mentimeter, el cual permite que las respuestas del alumnado salgan todas a la misma vez en la pantalla. Les pediremos que entren en el programa y escriban su propia definición de riesgo geológico. De esta manera, construiremos de forma conjunta y más dinámica dicha definición.

En segundo lugar, a través de una herramienta expositiva como puede ser el Power Point, Canva o Geanilly explicaremos los siguientes contenidos sobre los volcanes, terremotos y tornados de forma participativa y no meramente expositiva:

- Diferenciar entre fenómenos geológicos internos y externos
- ¿Qué son y cómo se forman?
- Ejemplos con imágenes
- Riesgos que conllevan
- Factores de riesgo (peligrosidad, vulnerabilidad y exposición)
- Medidas preventivas
- Medidas de actuación

Metodología	Agrupamiento
Metodología activa, Expositivo (EXPO) y formación de conceptos (FORC)	Gran grupo (GGRU)
Recursos	Espacios
Ordenador con conexión a internet, proyector, presentación y cuestionario.	Aula ordinaria de clase

Simulador "ForcesofNature"		
Sesión	Tiempo	Competencias
2	50 min	CL, CMCT, AA, CSC, CD, SIEE,
Descripción		
<p>En esta segunda sesión, como actividad previa y complementaria al juego de Hazagora, se utilizarán, en la sala de ordenadores, simuladores proporcionados por la web de Nacional Geographic llamados "ForcesofNature", uno de actividad volcánica, otro de actividad sísmica y otro de tornados.</p> <p style="text-align: center;">https://www.nationalgeographic.org/forces-nature/</p> <p>Ambos simuladores, permiten introducir una serie de variables como, por ejemplo:</p>		

1. Contenido en sílice, cantidad de gases acumulados, grado de viscosidad o tipología del volcán en el simulador de actividades volcánicas.
2. Litología del área afectada, magnitud del terremoto o características de las construcciones en el simulador de actividad sísmica.
3. Tipo de tierra, aire, nube y donde empieza el tornado en el simulador de actividad de tornado.

De esta forma, el alumnado podrá probar diferentes situaciones modificando dichas variables y observando los efectos producidos al combinarlas. Así podrán comprender mejor el funcionamiento de estos procesos.

A continuación, se realizará un ejercicio para favorecer el pensamiento crítico, la colaboración y participación entre el alumnado como ensayo previo a la sesión de Hazagora, en la cual, al ser un juego de rol se recurrirá mucho al debate y la reflexión.

Para ello, el alumnado se dividirá en una serie de grupos formales de 4-5 integrantes. En esta actividad tendrán que asignar dentro de cada conjunto, un portavoz, un secretario, un moderador y un controlador de tiempo de trabajo. Luego, se expondrán tres imágenes sobre riesgos geológicos, como una erupción volcánica, una lluvia de cenizas, restos de un terremoto... y los miembros del colectivo deberán reflexionar y acordar qué contestar en cada una de las preguntas que tendrán que rellenar en la ficha de trabajo (Anexo 5) ¿Qué veo, qué pienso y qué me pregunto? Tendrán un tiempo de 4' y 30'' para contestar cada ilustración. Al final, cada portavoz expondrá las respuestas de su grupo según la fotografía que le pida el profesor y se generará un debate a través de las dudas que puedan surgir.

Metodología	Agrupamiento
Simulación (SIM) y aprendizaje basado en el pensamiento	Pequeños grupos (PGRU)
Recursos	Espacios
Ordenadores con conexión a internet, proyector, papel y bolígrafos	Aula de ordenadores

Hazagora		
Sesión	Tiempo	Competencias
3, 4 y 5	50 min por sesión	CL, AA, CEC, SIEE
Descripción		
<p>En esta última sesión jugaremos a Hazagora, un juego de roles cuyo objetivo es crear conciencia sobre los peligros geológicos y trabajar diferentes estrategias encaminadas a la reducción del riesgo de desastre. Las anteriores sesiones habrán servido al alumnado como introducción de conocimientos e ideas previas para este juego.</p> <p>Se dividirá la clase en tres grupos. Cada grupo tendrá su propio tablero de Hazagora. Por ello, deberá haber mínimo dos docentes más para que cada grupo sea supervisado.</p> <p>En las dos primeras sesiones se desarrollará el juego y en la última sesión se generará un debate grupal de los resultados del mismo.</p> <p>El juego se desarrolla en una isla volcánica imaginaria en la que suceden diferentes fenómenos geológicos (terremotos, erupciones volcánicas, etc.) de manera aleatoria. El juego comienza asignando los personajes, cada uno con su salario y características propias de su</p>		

profesión. Los jugadores pueden usar bienes solo para alimentar a sus familias y ahorrar el excedente, o bien para invertirlos en construir infraestructuras o en medidas de protección individuales o comunitarias. Así, existen también cartas de sobrevivencia, preparación y adaptación para protegerse de los eventos catastróficos.

Las principales fases del juego, de forma resumida, se exponen a continuación.:

Mientras los jugadores van tomando posiciones en el tablero, habrá un temporizador, con una periodicidad aleatoria entre 5 y 15 minutos, que avisará de la llegada de un desastre natural. Cuando este ocurra, se deberá utilizar la rueda de peligro para determinar qué tipo de fenómeno ocurre y con qué intensidad. Decidido el tipo de fenómeno que está ocurriendo, su peligrosidad y la zona de la isla a la que afectará, los distintos personajes deben celebrar una reunión en la que determinen sus efectos, haciendo uso de las cartas de impacto.

En este momento, el/la docente, que normalmente actúa como moderador del juego, debe intervenir para dar información acerca del fenómeno en cuestión, que en nuestro caso es el volcán de la Palma. Se emplearán pequeños videos explicativos con los ejemplos reales de los peligros geológicos asociados a la erupción de la Palma, así como simuladores para ver cómo fue su evolución en diferentes aspectos.

Una vez comprendido el fenómeno y sus efectos, los personajes usaran todos los elementos de protección de los que dispongan.

Transcurrido un año en el tiempo del juego (tres rondas) los habitantes de la isla deben reunirse para hacer balance de las dificultades experimentadas y para tomar medidas de mejora en la comunidad, siempre mediante un proceso democrático de diálogo.

Después de tres años en la escala de tiempo del juego, se deben calcular los factores de resiliencia para cada personaje, considerando los puntos de prevención (número de casas con acceso a pozos o mercados, de caminos y de cartas de protección disponibles) y los de desprevisión (número de casas y caminos destruidos y de casas sin acceso a pozos o a mercados). Este cálculo permitirá elaborar un ranking con los indicadores de los distintos jugadores, pero más que señalarlos el ganador del juego, nos revelará si la comunidad puede ser considerada como resiliente. Por tanto, se podrá evaluar si las estrategias individuales y comunitarias implementadas lograron desarrollar una comunidad capaz de afrontar y mitigar los riesgos geológicos. Además, se hablará también aquí de las medidas preventivas de los riesgos geológicos utilizando el semáforo del volcán como ejemplo.

Hay que aclarar que al inicio del juego no se instruye al alumnado en la necesidad de emplear estrategias de prevención y mitigación comunitarias, sólo se les informará de la posibilidad de hacerlo. Sin embargo, se espera que con el desarrollo de los acontecimientos los personajes vayan descubriendo las ventajas de trabajar con los demás y de procurar medidas comunes. Se pretende que valoren que el trabajo en equipo es más fructífero que el individual y que desarrollen sentimientos de colaboración y solidaridad. Además, de fomentar el aprendizaje cooperativo, a través de la participación, colaboración y el respeto entre compañeros.

En el apartado 4.6 de este documento encontraran de forma detallada todos los aspectos del juego y en el apartado 4.7 la adaptación realizada al mismo.

Como actividad final, se les planteará realizar una exposición, para presentarla en la siguiente sesión, en grupos de 3 personas sobre algún ejemplo de riesgo geológico de volcanes,

terremotos o tornados. Dichas presentaciones ayudarán al alumnado a reforzar y afianzar los conocimientos y experiencias adquiridas tras el juego.

La/el docente será la que elija los ejemplos de riesgos geológicos que repartirá a suerte entre los grupos para que no se repitan, lo cuales, en la medida de lo posible, serán de Canarias. Asimismo, si un grupo ha pensado o prefiere otro ejemplo, mientras éste no se repita con el de los compañeros, podrá llevarlo a cabo.

A continuación, se describen los contenidos mínimos que debe tener la presentación de 10 min de duración como máximo:

- Título
- ¿Cómo se forma?
- Imágenes y descripción
- Medidas preventivas
- Medidas de actuación
- Conclusión

Por ejemplo, el título puede ser “El volcán de la Palma”, como se formó este, imágenes del mismo, las medidas preventivas y de actuación que se tomaron y finalmente una conclusión en la que deberán exponer que fue lo que más le sorprendió de ese volcán, si creen correcta la manera en la que se actuó ante ese riesgo volcánico y como actuarían ellos. Además, de si cambiarían la estrategia que se utilizó en la prevención o actuación de ese evento.

Metodología	Agrupamiento
Juego de roles (JROL)	Pequeños grupos (PGRU)
Recursos	Espacios
Juego de mesa Hazagora	Aula ordinaria de clase

Exposiciones		
Sesión	Tiempo	Competencias
6 y 7	50 min por sesión	CL, AA, CSC, CD, SIEE
Descripción		
<p>En esta tercera y cuarta sesión se realizarán las exposiciones sobre los riesgos geológicos elaborados por el alumnado, indicados en la sesión anterior, para comprobar el grado de adquisición de los conocimientos, ideas claves y concienciación respecto a dichos riesgos.</p> <p>Finalmente, se le entregará a cada alumno el mismo cuestionario inicial (Anexo 1) para ver el grado de aprendizaje adquirido durante estas sesiones.</p>		
Metodología	Agrupamiento	
Metodología activa, Expositivo (EXPO)	Pequeños grupos (PGRU)	
Recursos	Espacios	
Proyector y ordenador	Aula ordinaria de clase	

4.6 Instrucciones generales del Juego Hazagora

A continuación, en los siguientes apartados se explicará el funcionamiento y las pautas del juego original de Hazagora, según se describe en el artículo “HAZAGORA: ¿Sobrevivirás al próximo

desastre? Un juego serio para crear conciencia sobre los peligros geológicos y la reducción del riesgo de desastres” (S. Mossoux, 2015).

4.6.1 Introducción

Los desastres que causan estragos aparecen repetidamente en los titulares de los medios. Sin embargo, los medios generalmente se enfocan en el componente natural de los desastres, prestando menos atención a los factores humanos que dan forma a los resultados del evento. Desde el cambio de milenio, la comunidad científica y las instituciones internacionales reconocen que los resultados de los desastres están mayormente controlados por procesos políticos, económicos, sociales, físicos, ambientales y estocásticos más que por la intensidad del evento (Naciones Unidas, 2015; Wisner et al, 2003).

Con esa perspectiva, se creó este juego, con el objetivo general de (1) brindar información científica clave sobre los mecanismos de los riesgos geológicos, su intensidad, extensión espacial e impactos en las infraestructuras, los recursos naturales y los medios de vida; (2) destacar el papel que juegan los medios de vida y el acceso a los recursos naturales de las familias y comunidades en el control de su perfil de vulnerabilidad; (3) desencadenar debates sobre las estrategias que se pueden implementar para desarrollar una sociedad resiliente capaz de resistir y hacer frente a los impactos de los desastres geológicos.

El juego fue diseñado para ser accesible a una gran audiencia de diferentes edades, culturas, antecedentes educativos y experiencia. Los juegos serios están diseñados para apoyar el aprendizaje y crear conciencia sobre temas importantes (Boyle et al., 2014; Pereira et al., 2014). Su objetivo principal no es el entretenimiento, sino utilizar el potencial de los juegos para involucrar y motivar a las personas con el fin de transferir conocimientos (Susi et al., 2007).

Los juegos tienen una contribución positiva al proceso de aprendizaje porque son heurísticos. Los jugadores pueden experimentar situaciones complejas ilustradas visualmente y probar nuevas estrategias sin tener que lidiar con las consecuencias reales de sus decisiones (Castella et al., 2005; Dieleman and Huisingsh, 2006; Lamarque et al., 2013; Souchère et al., 2010). ; Susi et al., 2007). El ambiente divertido inducido por el juego reduce la ansiedad y facilita el debate entre personas que, de otro modo, no siempre estarían reunidas. Pueden compartir conocimientos, tomar decisiones colectivas y explorar nuevas estrategias (Castella et al., 2005; Dieleman y Huisingsh, 2006; Lamarque et al., 2013; Souchère et al., 2010; Susi et al., 2007). Un juego también ayuda a los jugadores a vincular más fácilmente diferentes procesos que el juego quiere ilustrar (Pereira et al., 2014; Souchère et al., 2010). Con respecto a estas características, los juegos, como enfoque de aprendizaje, parecen particularmente relevantes en el contexto de la comprensión de los desafíos y las complejidades que implica hacer frente a los desastres naturales y aumentar la resiliencia.

4.6.2 Objetivo del juego

El objetivo del juego es desarrollar una comunidad resistente frente a los peligros geológicos periódicos. El juego se basa en dos hipótesis:

1. Una comunidad resiliente es aquella que es capaz de resistir, adaptarse y recuperarse de los impactos de un fenómeno geopeligroso, mediante la implementación de estrategias de mitigación individuales o cooperativas (ONU/EIRD, 2007);
2. Los resultados de un desastre resultan de la combinación compleja de factores que incluyen la intensidad y la distribución espacial de los eventos naturales, el perfil de acceso a los recursos de los hogares asociado con su sustento y la ubicación de su

asentamiento y, finalmente, la capacidad de una comunidad para implementar estrategias de preparación, mitigación y adaptación para la reducción del riesgo (ONU/ISDR, sin fecha).

4.6.3 Configuración del juego

La parte central está ocupada por un volcán, rodeada de bosque y tierras agrícolas hasta la zona costera. Pozos y mercados, que proporcionan agua y alimentos, respectivamente. El juego de mesa se divide en diferentes sectores que representan áreas que pueden verse afectadas por un riesgo geológico.

El juego se puede jugar con 5 a 10 jugadores, de al menos 15 años de edad. Está dirigido por un maestro del juego que sigue las instrucciones provistas en el Hazágora pautas.

Durante el juego, los jugadores encarnan uno de los cinco personajes, cada uno representado por un medio de vida y un color específicos (Fig. 5b): el alcalde (rojo), el pescador (azul), el leñador (verde), el agricultor (amarillo), y el guía turístico (negro). El perfil de medios de vida de cada personaje limita la ubicación potencial de sus asentamientos (p. ej., el pescador está obligado a vivir cerca de la costa) y controla sus ingresos. Al principio del juego, los jugadores son informados de la presencia en el tablero de juego de pozos de agua, mercados de alimentos y sectores que dividen la isla, pero no se da información sobre su utilidad, lo deberán ir descubriendo por ellos mismos, en diferentes zonas que pueden verse potencialmente afectadas por fenómenos peligrosos.

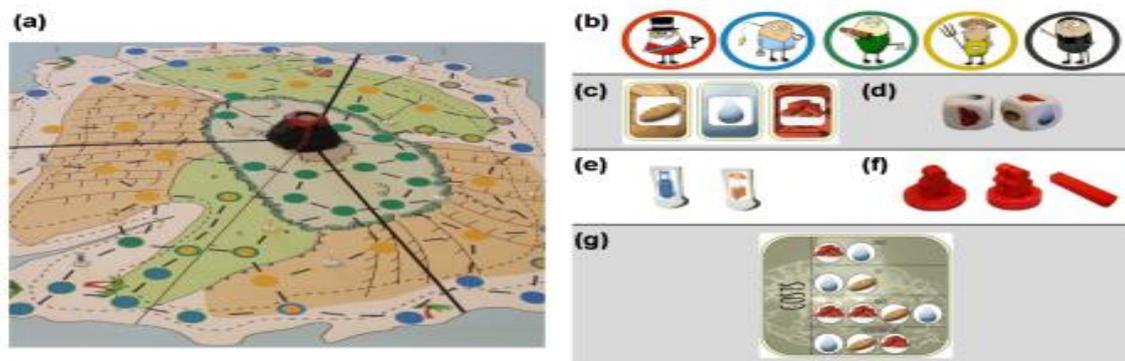


Figura 5. Configuración del juego:(a)juego de mesa;(b)cartas de personajes con de izquierda a derecha: el alcalde, el pescador, el leñador, el agricultor y el guía turístico;(c)tarjetas de recursos: pan, agua y ladrillos;(d)dados de recursos;(e)pozo de agua y mercado de abastos;(f) choza (un chip con una familia), casa (dos chips con dos familias) y camino;(g)tarjeta de información de costos para construir nuevas calles, cabañas y casas y comprar tarjetas de protección.

4.6.4 ¿Cómo se juega?

Inicio

La vida en la isla se desarrolla en años. Un año corresponde a una mesa redonda durante la cual los jugadores reciben un ingreso que puede ser utilizado para (1) apoyar las necesidades básicas de sus familias y (2) realizar inversiones. Cada año de juego, los personajes reciben un ingreso específico relacionado con su sustento y multiplicado por el número de familias vivas. Ese ingreso está representado por diferentes tarjetas de recursos: pan, agua y ladrillos (Fig. 5c). Dos recursos adicionales, que representan la parte variable de la renta, se obtienen cada año tirando los dados (Fig. 5d).

Para sobrevivir un año, cada familia debe albergarse en una choza, una casa o una tienda temporal, y deben satisfacerse sus necesidades básicas de alimentos y agua (es decir, un pan y un agua por familia). El jugador alimenta y da agua a sus familias devolviendo las cartas de recursos correspondientes al maestro del juego. Alternativamente, las familias que están conectadas por un camino a un pozo de agua o un mercado de alimentos (Fig. 5e) se benefician libremente de estos recursos y así conservan sus tarjetas de recursos (Fig. 6). Una vez satisfechas las necesidades básicas (comida, agua y vivienda), el resto de los ingresos se pueden invertir para desarrollar aún más las familias del personaje. Se pueden construir chozas, casas y caminos para expandirse solo desde los dos asentamientos iniciales de cada personaje (Fig. 5f). El desarrollo de estas nuevas infraestructuras está restringido espacialmente para cada jugador a las zonas correspondientes a su perfil de medios de vida. Estos lugares están marcados el juego de mesa utilizando el color asignado a cada uno (Fig. 5a). No se asigna ningún color al alcalde y al guía turístico porque ninguna cobertura terrestre está relacionada con su sustento. Ambos personajes pueden vivir donde quieran en la isla. Cada vez que un jugador establece una nueva choza o una nueva casa, simula el asentamiento de una o dos familias adicionales, respectivamente, en la isla. Los costos de infraestructura están definidos por una cierta cantidad y tipo de recursos (Fig. 5g).



Figura 6. Cabañas (una familia: azul) y una casa (dos familias: roja) con acceso por carretera a un pozo de agua. Tanto las cabañas amarillas como las verdes del fondo acceden a un mercado de alimentos a través de la red de carreteras unidas. Esto permite que estas familias tengan libre acceso a estos recursos.

Eventos geopeligrosos

Los eventos geológicos peligrosos (es decir, terremotos, tsunamis, flujo de lava, lluvia de cenizas) ocurren en la isla a intervalos de tiempo variables. Cada intervalo de tiempo lo define aleatoriamente el director del juego, pero no se comunica a los jugadores. A través de una alarma, los jugadores son informados de la ocurrencia de un fenómeno peligroso. Son posibles varios eventos geopeligrosos en 1 año. Un árbol probabilístico permite la selección aleatoria del tipo y la intensidad del geoamenaza que ocurrirá (Fig. 7a). La intensidad de los fenómenos peligrosos se define mediante una escala arbitraria de tres niveles para terremotos, tsunamis y lluvia de cenizas, que corresponde a una extensión espacial creciente y/o rango de daños. Este no es el caso de un flujo de lava que tiene solo un nivel de destrucción (destrucción total). Luego, los jugadores ven un videoclip, con comentarios proporcionados por el maestro del juego, que ilustra los impactos de eventos peligrosos basados en desastres recientes. Con base en el videoclip y sus conocimientos, se invita a los jugadores a explicar los mecanismos de los peligros y evaluar, según su intensidad, sus impactos potenciales sobre los elementos presentes en el

juego de mesa, los recursos naturales disponibles y los ingresos de los personajes diferentes Una tabla de impactos les ayuda a representar esquemáticamente esos impactos en función de distintas intensidades (Fig. 8). Como ya se mencionó, también se define la extensión espacial de cada evento peligroso, en función de su naturaleza y su intensidad (Fig. 7b). Por ejemplo, un tsunami de poca intensidad solo impactará en las cabañas ubicadas cerca de la costa. Con mayor intensidad de tsunami, los impactos se producirán a mayor distancia tierra adentro y causarán más daños: las cabañas serán destruidas y las personas que vivan en ellas morirán, los pozos de agua se contaminarán y los pescadores perderán sus ingresos. La lluvia de ceniza de una columna volcánica afectará solo un sector de la isla debido a que la dirección del viento controla su dispersión. Las lluvias de ceniza causarán la contaminación de los pozos de agua y conducirán potencialmente a la pérdida de ingresos del agricultor y los leñadores cuando la caída de cenizas afecte los cultivos y la vegetación. Con una caída de ceniza de alta intensidad, las chozas colapsan debido a la carga de cenizas en el techo y pueden matar a las personas que viven en estas chozas. Después de la discusión, los impactos definidos relacionados con el evento peligroso se implementan en el juego de mesa eliminando los elementos destruidos (es decir, chozas, casas, caminos), las familias muertas, haciendo inaccesibles los recursos contaminados (es decir, pozos de agua, mercados de alimentos) y sin proporcionar ingresos a las familias afectadas en el año siguiente (Fig. 7c). De esta forma, los jugadores experimentan virtualmente los impactos de los eventos peligrosos a través de su personaje y se enfrentan directamente a las implicaciones de las decisiones tomadas durante el juego.

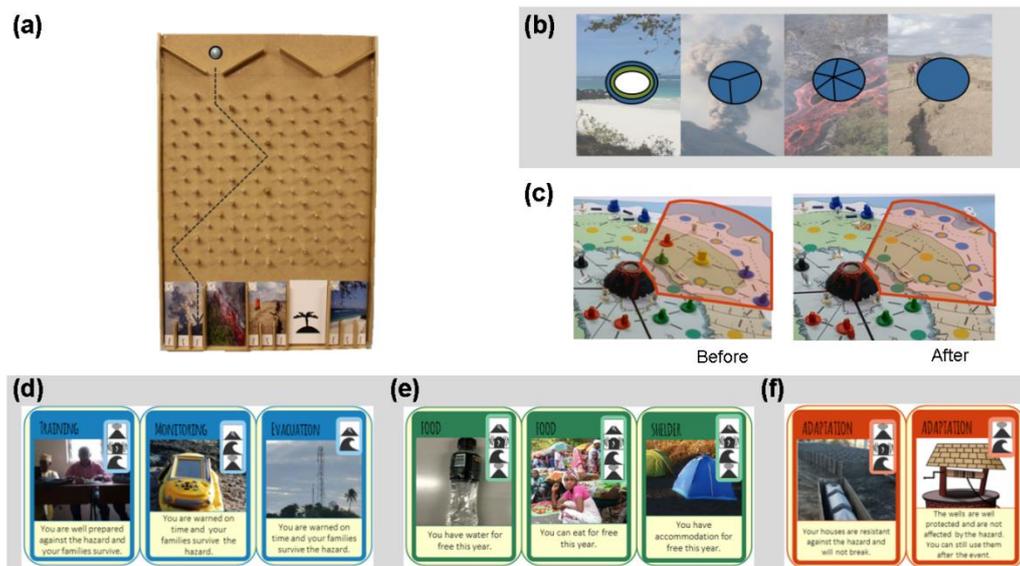


Figura 7. Definición del evento peligroso:(a)árbol de probabilidad;(b)sectores que definen zonas potenciales que pueden verse afectadas de derecha a izquierda por tsunami, caída de ceniza, flujo de lava y terremoto en la isla;(c)impacto de un flujo de lava en el juego de mesa;(d)mitigación.

Acciones de protección y estrategias comunitarias

Para reducir el impacto de los peligros geológicos, cada jugador tiene la oportunidad de adquirir "acciones de protección" que se clasifican como tarjetas de mitigación (Fig. 7d), preparación (Fig. 7e) y adaptación (Fig. 7f). Las tarjetas de mitigación consisten en acciones de alerta, monitoreo y sistemas de alerta que permiten a las personas reconocer el evento peligroso que se avecina y evacuar a tiempo. Los impactos en las infraestructuras aún se producen, pero se

salvan vidas. Esto solo es válido para peligros que de alguna manera pueden pronosticarse con un sistema de monitoreo adecuado. Por lo tanto, se excluyen los terremotos. Las tarjetas de preparación consisten en almacenar recursos esenciales, como agua, alimentos o tiendas de campaña, para satisfacer las necesidades básicas después de sufrir el impacto de un fenómeno peligroso.

Finalmente, las cartas de adaptación permiten a los jugadores reforzar y proteger la infraestructura contra los impactos de un terremoto, tsunami o lluvia de cenizas. Los jugadores pueden adquirir tarjetas de protección de forma individual, pero también pueden decidir realizar acciones en comunidad. Las tarjetas de protección individual requieren pocos recursos, pero para estar preparado para enfrentar los diversos impactos de los diferentes eventos peligrosos, un jugador debe comprar varias de ellas. Además, las tarjetas de protección individual solo pueden ser utilizadas por el propietario de la tarjeta y no pueden compartirse para ayudar a otro jugador que lo necesite. Las tarjetas de protección comunitaria, sin embargo, requieren más recursos, correspondientes al equivalente de tres tarjetas de protección individual, pero el costo puede ser compartido entre los jugadores. La ventaja es que se necesitan menos tarjetas de protección comunitaria porque pueden ser utilizadas de manera eficiente por todos los personajes dentro del sector que enfrentan un evento peligroso. Una vez que se está produciendo un evento peligroso, los jugadores pueden decidir utilizar su tarjeta de protección individual o comunitaria para evitar (parte de) los impactos. Una vez utilizada, la tarjeta ya no está disponible para los jugadores.



Figura 8. Posibles impactos de eventos peligrosos cuando los jugadores no están protegidos. Los impactos serán diferentes para diferentes intensidades de fenómenos peligrosos. Un cruce sobre una infraestructura significa que está destruida dentro de la zona afectada. Una cruz sobre una familia indica que las familias que viven en la zona afectada no sobrevivirán al evento peligroso. Los personajes con una cruz pequeña sufren una pérdida de ingresos durante 1 año.

Final del juego

Al final de cada año, el maestro del juego invita a todos los actores del juego a discutir el desarrollo de la isla y la necesidad de tomar decisiones conjuntas para desarrollar la isla o proteger a toda la comunidad contra los peligros. Las tarjetas de protección comunitaria se pueden adquirir durante esta discusión. Si no se define una nueva estrategia dentro del Hazagora se votan las pautas, el maestro del juego decide el precio para implementarlo en el

juego de mesa. Esto permite a los jugadores probar, experimentar y discutir nuevas ideas de gestión. El juego finaliza después de un mínimo de 5 años, lo que permite a los jugadores experimentar una gran variedad de diferentes eventos peligrosos y explorar y refinar diferentes estrategias de mitigación. También pueden experimentar el mismo tipo de evento peligroso varias veces. Al final del juego, la resiliencia de la comunidad se evalúa utilizando un índice de resiliencia que se calcula para cada personaje individual y a nivel de comunidad (Ec. 1).

El número de familias vivas con vivienda permanente y acceso a los recursos naturales, el número de infraestructuras que todavía están en uso en el juego de mesa y la cantidad de cartas de protección individual o comunitaria permiten a los jugadores ganar puntos de capacidad. Esos puntos luego se dividen por los puntos de vulnerabilidad que un jugador obtiene de la cantidad de personas sin hogar, muertas durante el juego o sin el acceso a las familias de recursos y la cantidad de infraestructuras que se han destruido durante el juego. Además, para evaluar el nivel de resiliencia alcanzado por la comunidad, el índice de resiliencia también se utiliza para clasificar a los jugadores y generar debate después del juego. Luego se revisan las estrategias utilizadas por los jugadores para explicar por qué un jugador tiene un resultado de índice más alto que otro.

$$\text{Índice de resiliencia} = \frac{\text{puntos de capacidad}}{1 + \text{puntos de vulnerabilidad}} .$$

Ecuación 1. Resiliencia de la comunidad

4.7 Adaptación del juego a 3º ESO en el contexto de la erupción volcánica de la Palma.

Los distintos peligros geológicos y personajes involucrados en el juego original pueden ser modificados para contextualizarlos al entorno social y natural que se desee. De este modo, el alumnado podrá percibir el juego como algo más cercano, pudiendo asociar los peligros con aquellos que han ocurrido o pueden ocurrir en su entorno y vivencias. En este apartado vamos a mostrar las modificaciones que se pueden realizar para adaptarlo a la erupción volcánica de la isla de La Palma y como se desarrollará el juego de forma específica adaptándolo a 3º ESO.

La sesión del juego Hazagora durará 3 horas. Las dos primeras horas se utilizarán para desarrollar el juego y la última para realizar un debate y hacer una puesta en común de las estrategias utilizadas, el índice de resiliencia, los riesgos observados, las dificultades encontradas, etc. Según S. Mossoux, “Se puede jugar con 5 a 10 jugadores”. Por lo tanto, la clase se dividirá de forma equitativa en tres grupos de mínimo 5 personas. Además, por personaje se puede jugar solo o con otra persona, esto se decidirá en función de la cantidad de alumnado que haya. Cada grupo tendrá un tablero de Hazagora y será supervisado por un docente.

Se estima que se tardará casi 20 min en preparar el juego y explicar al alumnado como se juega según las experiencias que S. Mossoux ha vivido al poner en práctica el Hazagora. Por lo tanto, la duración de la partida será aproximadamente de hora y media, en la cual habrá la simulación de 4 eventos de riesgos geológicos distintos, asociados a la erupción de La Palma de 2021.

Al comienzo del juego, se les expondrá un breve vídeo del Nacional Geographic sobre un fotógrafo, Arturo Rodríguez, que narra la experiencia cubriendo la erupción en primera línea:

https://www.youtube.com/watch?v=AQz5P4L5OHg&ab_channel=NationalGeographicEspa%C3%B1a

Posteriormente, se le entregará al alumnado una ficha (Anexo 2), en la cual disponen de varios datos interesantes de la erupción acompañado de varias imágenes de la misma. El/la docente puede dejar un breve tiempo para que lo lean o puede realizarlo de forma conjunta en la que cada alumno/a vaya leyendo una parte. Todo ello para intentar generar un contexto basado en la erupción de La Palma, en el que el alumnado, durante el juego, lo asocie con el mismo y entienda mejor las causas y consecuencias que este tuvo. De esta manera, lograremos un aprendizaje significativo gracias a que es un evento real y cercano a ellos, lo cual facilitará la concienciación del alumnado sobre dichos riesgos, pues es el objetivo final de este TFM.

La partida durará tres años que es lo mínimo. Cada año son tres rondas por personaje. En la primera ronda los jugadores recolectan cartas de recursos, en la segunda ronda los jugadores pueden intercambiar cartas entre ellos o con el maestro del juego y en la tercera ronda, los jugadores pueden desarrollar y/o proteger a sus familias contra los peligros. En cada ronda se pueden dar varios riesgos geológicos, esto dependerá del/la docente y como vaya observando que avanza el alumnado.

Al final de cada año, se organiza una reunión del consejo. Los jugadores tienen la oportunidad de discutir las dificultades que conocieron durante el año y proponer soluciones a las mismas. Entonces se pueden organizar estrategias comunitarias o individuales. La alcaldesa toma el liderazgo de esta conversación y trata de encontrar soluciones a sus problemas con toda la comunidad. Todos los jugadores tienen que ponerse de acuerdo sobre cómo participa cada jugador para implementar nuevas estrategias y cómo usarlas. Si la estrategia está asociada a un coste, el "Game Master" (el/la docente) define objetivamente el precio que la comunidad tiene que pagar para implementar la estrategia en la isla. Por ejemplo:

- Tarjetas de protección comunitaria: Los jugadores pueden comprar una tarjeta de protección todos juntos. Esta tarjeta se utilizará una sola vez para todas las familias que viven en el área afectada. El director del juego define el precio (por ejemplo, 3 cartas de recursos "pan", 3 cartas de recursos "agua" y 3 cartas de recursos "ladrillos").
- Los jugadores deberán llegar a un acuerdo entre ellos sobre cómo recolectar las tarjetas de recursos.
- Inversión comunitaria como red viaria, nuevos mercados, nuevos pozos de agua, albergues, ...
- Préstamo de maestros de juego: el jugador tiene que reembolsar el doble del préstamo.
- Crear nuevas tarjetas de protección
- Campamentos humanitarios
- Reubicación de algunas comunidades en la isla.

Asimismo, después del primer año, aparte de la reunión del consejo, el docente les preguntará si saben cómo actuar ante una erupción volcánica y si conocen el semáforo de un volcán. Para ello se le entregará a cada grupo de personaje, ya sea solo o en pareja, la ficha del (Anexo 4) sobre el semáforo de un volcán. En esta ficha encontrarán de forma resumida que hay que hacer desde que se inicia una alerta por riesgo volcánico. Todo ello para crear conciencia y conocimiento respecto a cómo actuar ante este evento que es el más cercano y recurrente en las Islas Canarias y que tras la erupción de La Palma se descubrió el alto desconocimiento sobre este tema que tenía la ciudadanía.

En cuanto a los personajes, se sustituirá al leñador por un agente forestal que vive en un Espacio Natural Protegido, debido a la importante representación que tienen estos espacios en Canarias. A continuación, se nombra a cada personaje en un lugar concreto para mayor cercanía y realidad asociada al contexto de la isla de la Palma:



La agente forestal

Caldera de Taburiente o cualquier otro ENP de la isla de la Palma que el/la docente considere más oportuno.



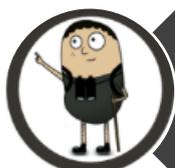
El agricultor

Asociado al cultivo de las plataneras por la gran importancia económica y social que tienen en la isla. Se puede situar en el municipio de Tazacorte por ser de las mejores zonas de platanera de Canarias



La pescadora

Se puede situar también en el municipio de Tazacorte porque cuenta con el puerto pesquero más importante de la Isla, con un amplio muelle para yates y una extensa playa de fina arena negra.



El guía turístico

Se puede situar en el municipio de Santa Cruz de la Palma ya que, además de ser la capital de la isla, ha sido declarada en su totalidad como Bien de Interés Cultural con la categoría de Conjunto Histórico-Artístico.



La alcaldesa

Se puede situar en cualquier municipio de la isla o simular que hay una alcaldesa para toda la Palma.

Además, como en el juego original todos los personajes son masculinos, tres de ellos pasarán a ser femeninos (la alcaldesa, la pescadora y la agente forestal) para trabajar valores relacionados con la igualdad.

Por otra parte, contextualizando el escenario del juego en la realidad energética de las Islas Canarias, se pueden introducir dos cartas de adaptación empleando las nuevas tecnologías: una desaladora portátil y una depuradora natural. La carta de la desaladora portátil servirá para que el jugador que la posea obtenga agua tras una catástrofe que haya dañado los pozos y los sistemas de desalación. Por otro lado, la carta de la depuradora natural proporciona al personaje una carta extra de agua y alimento con su salario.

Respecto a los eventos de riesgos geológicos, que sucederán durante el juego, se han modificado haciendo referencia a los que sucedieron durante la erupción volcánica de la Palma. Los riesgos

geológicos más significativos y por lo tanto los que se establecerán en el juego son: la caída de piroclastos, las coladas de lava, los gases y los terremotos.

En la Tabla 1, se ha realizado un resumen de la intensidad general de cada riesgo geológico, así como el nivel de riesgo específico que ha ocasionado en cuanto a las personas y bienes materiales la erupción. A continuación, unas aclaraciones sobre la tabla:

- Es importante tener claro los siguientes conceptos:
 - **Riesgo geológico:** Cualquier circunstancia, proceso o efecto geológico que resulte dañino para las personas o bienes. Así, el riesgo tendrá siempre un valor numérico (monetario o en número de víctimas) que podrá calcularse a partir de las fórmulas empleadas según la metodología seguida y su cuantificación viene determinada por el cálculo previo de la peligrosidad, vulnerabilidad y exposición, siendo el primero el resultado del producto de los tres finales: $\text{Riesgo} = \text{peligrosidad} \times \text{vulnerabilidad} \times \text{exposición}$. (Gomez, L., & Bardají, T. 2017).
 - **Vulnerabilidad:** Es el porcentaje esperado de daño (pérdida) que van a sufrir los bienes expuestos si ocurre el evento y se expresa en % del valor total del elemento en riesgo. (Llinares, M., Ortiz, R., & Marrero, J. (s.f.))
 - **Exposición:** Representa el valor de los bienes sujetos a posibles pérdidas, siendo su valor cero cuando no hay ningún bien presente en el área afectada por un fenómeno natural. (Llinares, M., Ortiz, R., & Marrero, J. (s.f.))
 - **Peligrosidad:** La probabilidad de que un lugar, en un intervalo de tiempo determinado, sea afectado por un evento peligroso. (Llinares, M., Ortiz, R., & Marrero, J. (s.f.))
- El cálculo del riesgo se ha realizado con la siguiente fórmula: $\text{Riesgo} = (\text{vulnerabilidad} + \text{exposición} + \text{peligrosidad})$. He valorado de forma general la vulnerabilidad, la exposición y la peligrosidad en una escala del 1 al 3, siendo el uno el más bajo y el tres el más alto. Todo ello para determinar el riesgo que tuvo el volcán de la Palma en las personas y bienes materiales de una manera meramente informativa y superficial para que los docentes tengan una idea a la hora de explicárselo al alumnado.
- Por lo tanto, según el resultado de la fórmula, el riesgo será bajo, medio o alto.

<i>Riesgo</i>	
1-3	Bajo
4-6	Medio
7-9	Alto

Riesgo geológico	Intensidad 1 = baja 2 = media 3 = alta	Riesgo a personas	Riesgo a bienes materiales	Comentarios
Caída de piroclastos	2	Vulnerabilidad: 1 Exposición: 0 Peligrosidad: 2 Riesgo = 2 = bajo	Vulnerabilidad: 3 Exposición: 3 Peligrosidad: 3 Riesgo = 9 = alto	Este riesgo no afectó mucho a las personas debido a que las evacuaron a tiempo y establecieron una zona de exclusión bastante amplia. Sin embargo, afectó bastante a los bienes materiales ya que, debido al depósito de los piroclastos en los tejados y azoteas de las casas, se produjeron hundimientos de los techos de las mismas.
Coladas de lava	3	Vulnerabilidad: 1 Exposición: 0 Peligrosidad: 3 Riesgo = 4 = medio	Vulnerabilidad: 3 Exposición: 3 Peligrosidad: 3 Riesgo = 9 = alto	Este riesgo no afectó a las personas por la misma razón que con la caída de piroclastos. Sin embargo, afectó totalmente a los bienes pues el alcance de la lava fue muy alto y arrasó con carreteras, casas, terrenos etc.
Gases	2	Vulnerabilidad: 2 Exposición: 1 Peligrosidad: 3 Riesgo = 6 = medio	Vulnerabilidad: 0 Exposición: 0 Peligrosidad: 0 Riesgo = 0 = nulo	Este riesgo afectó de manera baja pero no nula, puesto que los gases desprendidos a lo largo de la erupción y los remanentes hidrotermales que afectan a La Bombilla y Puerto Naos pueden afectar gravemente a la salud de las personas.
Terremotos	1	Vulnerabilidad: 2 Exposición: 3 Peligrosidad: 1 Riesgo = 6 = medio	Vulnerabilidad: 2 Exposición: 3 Peligrosidad: 1 Riesgo = 6 = medio	Este riesgo tenía una peligrosidad baja ya que los terremotos que se dieron eran de poca magnitud. Sin embargo, la exposición y vulnerabilidad eran medias, tanto en personas como en bienes, ya que había gran cantidad de casas y personas expuestas en el momento de los pequeños sismos.

Tabla 1. Intensidad de los riesgos geológicos y las afecciones a las personas y bienes asociados a la erupción del volcán de La Palma 2021.

Por otro lado, cada vez que salga un riesgo geológico nuevo en el juego, el/la docente deberá preguntar a los jugadores que mecanismo tiene y que impactos asociados a él imaginan que se puedan dar. Asimismo, se les mostrará un vídeo por cada riesgo geológico diferente que salga durante la partida. En los vídeos se mostrarán imágenes reales de la erupción volcánica de La Palma. Todo ello, lo encontrarán disponible en el anexo 3 de este Trabajo de Fin de Máster. Otra opción es entregar las fichas al alumnado para que tengan la información en mano, depende de

lo que crea más oportuno el/la docente. Asimismo, en la siguiente página web los/las docentes podrán encontrar visores y animaciones en 2D y 3D sobre la erupción volcánica de La Palma que podrán utilizar de refuerzo visual a las fichas nombradas anteriormente.

<https://info.igme.es/eventos/Erupcion-volcanica-la-palma/visores-mapas>

Además, en estas fichas también se mostrará las intensidades de cada riesgo geológico y como influirían en el juego. Hay que tener en cuenta que se ha establecido varias intensidades para cada riesgo geológico. Sin embargo, el/la docente debe aclarar al alumnado, con la información de la tabla anterior (Tabla 1), cual ha sido la intensidad real respecto a la erupción volcánica de La Palma.

Para determinar qué riesgo geológico ocurrirá en el juego se utilizará la rueda de peligro (imagen 8), la cual ya viene incluida en el Hazagora, pero con las siguientes modificaciones:

- Caída de tefra será caída de piroclastos
- Temblores será terremotos
- Tsunamis será gases tóxicos
- Flujos de lava será coladas de lava



Imagen 8. Rueda de peligro. Cuando suena el cronómetro, un jugador tiene que girar la rueda de peligro para determinar qué sucederá y con qué intensidad. Si la flecha apunta hacia la isla, no pasa nada. En caso contrario, el peligro representado se produce con la intensidad indicada por el número.

A continuación, se muestran las tarjetas de peligro con sus respectivas intensidades extraídas de las fichas nombradas anteriormente. Estas son similares a las originales, pero se ha cambiado ciertos impactos en algunos riesgos, podrán observar que significa cada uno en la imagen 13. Los cambios han sido los siguientes:

- La tarjeta de peligro de las coladas de lava se dejó igual. (imagen 9)
- La tarjeta de peligro de gases tóxicos es completamente nueva. (imagen 10)
- En la tarjeta de peligro de los terremotos se ha añadido a la intensidad 2 y 3 el pescador. También se añadió a la intensidad 3 las familias. (imagen 11)

- En la tarjeta de peligro de la caída de piroclastos se añadió que en la intensidad 2 las cabañas fueran destruidas. (imagen 12)



Imagen 9. Tarjeta de peligro de las coladas de lava

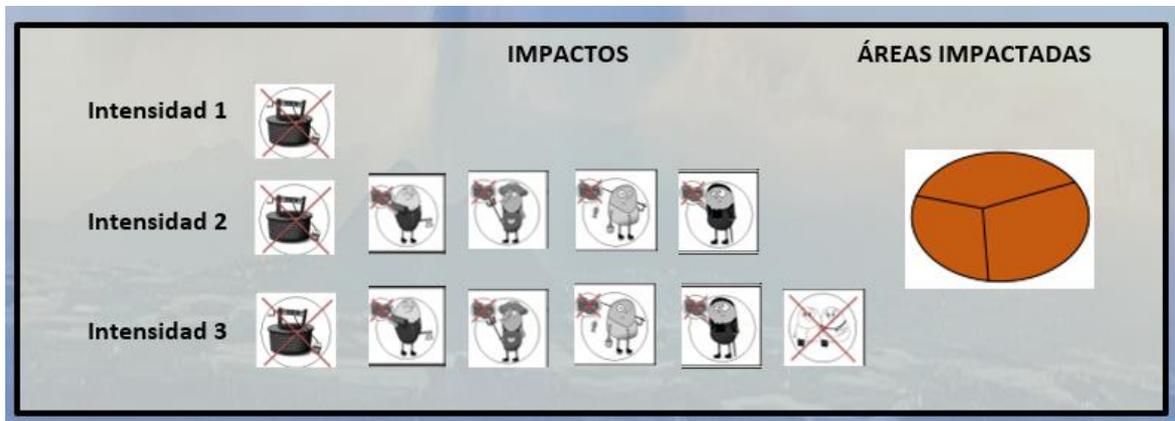


Imagen 10. Tarjeta de peligro de los gases tóxicos

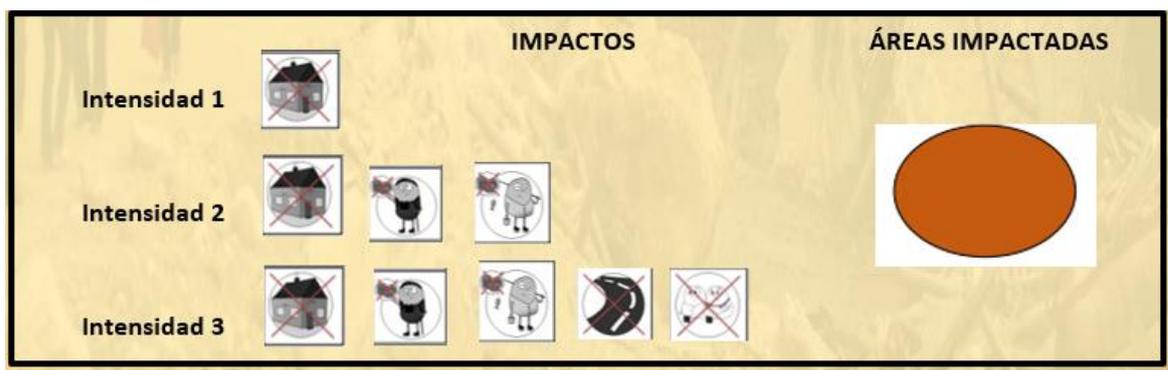


Imagen 11. Tarjeta de peligro de los terremotos

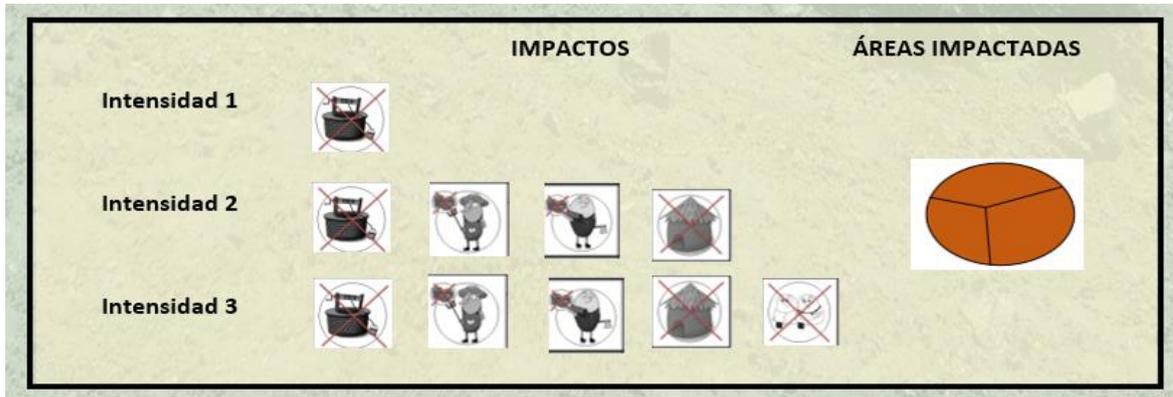


Imagen 12. Tarjeta de peligro de la caída de piroclastos

IMPACTO TARJETAS	EXPLICACIONES
	Las familias mueren. IMPACTO EN EL JUEGO DE MESA Las familias afectadas por el peligro son eliminadas del juego de mesa.
	Las cabañas están destruidas. IMPACTO EN EL JUEGO DE MESA Las cabañas afectadas por el peligro se eliminan del juego de mesa. Las familias sin hogar tendrán que encontrar un albergue o alojamiento para el próximo año.
	Las casas están destruidas. IMPACTO EN EL JUEGO DE MESA Las casas afectadas por el peligro se eliminan del juego de mesa. Las familias sin hogar tendrán que encontrar un albergue o alojamiento para el próximo año.
	El leñador no percibe su salario en el año siguiente al siniestro.
	El agricultor no percibe su salario en el año siguiente al siniestro.
	El pescador no percibe su salario en el año siguiente al siniestro.
	El guía turístico no percibe su salario en el año siguiente al siniestro.
	Los caminos están destruidos. IMPACTO EN EL JUEGO DE MESA Las carreteras afectadas por el peligro se eliminan del juego de mesa.
	Los pozos de agua ya no se pueden usar. IMPACTO EN EL JUEGO DE MESA Los pozos de agua afectados por el peligro no se pueden usar hasta el próximo peligro. Para representar esto, los jugadores deben colocarlos en el juego de mesa.
	Los mercados de la región afectada se están alejando hacia otra área. IMPACTO EN EL JUEGO DE MESA Los mercados afectados por el peligro se están moviendo a un nuevo lugar en el juego de mesa. Para definir la nueva región, un jugador gira la rueda de la isla y el maestro del juego pone el mercado en el mercado más cercano disponible.

Imagen 13. Significado de las tarjetas de impacto extraídas del manual de Hazagora

Asimismo, en la imagen 14 podemos observar las áreas impactadas. Estas no se pueden alterar ya que están representadas tal cual en el tablero. La única modificación ha sido eliminar la del Tsunami, ya que no tenía sentido en este contexto. Las demás, las he adaptado a los riesgos geológicos nuevos.



Imagen 14. Un peligro generalmente afecta o se propaga hacia direcciones específicas. La extensión de la zona afectada depende del tipo de peligro. La extensión del peligro está representada por líneas negras gruesas y finas en el tablero.

Respecto a las tarjetas de protección, sirven para proteger a las familias y/o la infraestructura que tenga un/una jugador/a contra los peligros. Estas tarjetas les permiten:

1. Almacenar reservas de alimentos u obtener tiendas de campaña (SOBREVIVENCIA)
2. Recibir capacitación sobre peligros naturales (PREPARACIÓN)
3. Adaptarse a la situación (ADAPTACIÓN).

El efecto de la carta se explica en la parte inferior de la misma (imagen 15). Estas cartas solo se pueden jugar una vez y solo si la carta se adapta al peligro específico en curso. Los símbolos en la parte superior derecha informan al jugador en qué casos se puede jugar la carta.

Se han realizado las siguientes modificaciones respecto a las tarjetas de protección para adaptarlas al contexto del volcán de La Palma:

- Tanto los terremotos, como las coladas de lava y la caída de piroclasto se quedan igual ya que son muy parecidos a los riesgos originales del juego.
- El símbolo del tsunami se sustituiría por uno de gases tóxicos (imagen 16) en todas las tarjetas, menos en la de adaptación respecto a la resistencia de las casas que no se establecería pues no afecta a las infraestructuras.



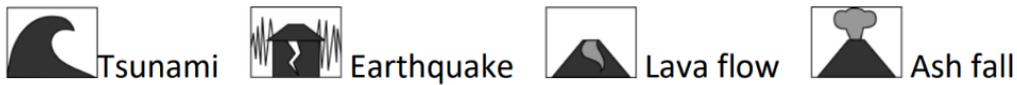


Imagen 15. Cartas de protección original



Imagen 16. Símbolo de gases tóxicos

Asimismo, he creado nuevas tarjetas de infraestructuras/recursos de protección que serán bastantes costosas y se podrán aplicar en un solo lugar:

Infraestructura/ recurso	Peligro	Costo			Protección
		Pan	Agua	Ladrillo	
-----	-----	Pan	Agua	Ladrillo	-----
Mascarillas antigás tóxico	Gas tóxico	2	2	2	Una familia
Desvío de flujo de lavas	Coladas de lava	3	3	4	Dos carreteras y un pozo
Reforzamiento de tejado	Caída de piroclastos	2	2	3	Dos chozas
Casas sismorresistentes	Terremotos	2	2	3	Dos casas
Ayudas a la ciudadanía	Todos	4	4	4	Todos perciben su salario, aunque lo hayan perdido durante un riesgo.

Finalmente, recordar que el/la maestro/a del juego debe asegurarse de que las discusiones aborden todos los elementos que influyen en el desastre y que se asigne suficiente tiempo para resumir el mensaje principal del juego. Por ello, al finalizarlo se creará un debate acerca de las estrategias utilizadas, el índice de resiliencia obtenido, los riesgos observados, las dificultades

encontradas, las posibles soluciones, medidas preventivas etc. Asimismo, al final se le entregará un cuestionario de autoevaluación a cada estudiante sobre la experiencia del juego (Anexo 8).

5. Plan de seguimiento

Para la evaluación de esta propuesta de intervención se establecerán dos tipos de evaluaciones, una heteroevaluación (que se dividirá en una evaluación diagnóstica inicial, una evaluación formativa y una evaluación sumativa) y una autoevaluación. De las cuales, se tendrán en cuenta aspectos tanto cuantitativos como cualitativos sin la necesidad de realizar un examen final, sino utilizando otro tipo de herramientas como será el debate durante el juego Hazagora o la presentación final sobre un riesgo geológico que deberán exponer. Finalmente, el mayor peso lo tendrá la sesión del juego Hazagora seguido de la presentación final.

5.1 Heteroevaluación

Evaluación diagnóstica

Se parte de una evaluación diagnóstica inicial, en formato de encuesta sobre los conocimientos previos (anónima) realizada antes de iniciar la propuesta de intervención (Anexo 1), pero no con el objetivo de calificar, sino de valorar los conocimientos y competencias previas con los que cuenta el alumnado. Asimismo, la misma encuesta se realizará en la última sesión para comprobar el grado de adquisición de esos conocimientos e incidir posteriormente en aquellos en los que se detecte más carencia.

Evaluación formativa

Esta evaluación se produce dentro del proceso de enseñanza y permite medir el rendimiento del alumnado en tiempo real, pudiendo contrastar si los alumnos están asimilando la información o, por el contrario, están teniendo un rendimiento menor de lo adecuado.

Esta evaluación parte de la base de la evaluación diagnóstica y con ella se puede comprobar si se está avanzando en los conocimientos que se imparten y si las estrategias de enseñanza son las más adecuadas para conseguir el objetivo planteado en un principio o hay que cambiar, frenar o aumentar el ritmo de enseñanza.

Este tipo de evaluación es el que se va a aplicar durante el juego de Hazagora, utilizando una rúbrica (Anexo 6).

Evaluación sumativa

Finalmente, se realizará una evaluación sumativa, la cual se encarga de medir el resultado del alumnado después de un proceso de aprendizaje. A pesar de que, el objetivo de estas pruebas sumativas es dar una nota cuantitativa también se tendrán en cuentas aspectos cualitativos como los que se expondrán en la rúbrica de la evaluación formativa.

Por tanto, la evaluación final de esta propuesta de intervención será la siguiente:

Evaluación final	Herramienta	Sesiones	Porcentaje	Tipo de evaluación
Asistencia y participación en las sesiones iniciales.	Observaciones generales	1 y 2	10%	Heteroevaluación
Juego Hazagora (Anexo 6)	Rúbrica	3,4,5	60%	
Exposiciones (Anexo 7)	Rúbrica	6,7	30%	

5.2 Autoevaluación

La autoevaluación es la estrategia para educar en la responsabilidad, para aprender a valorar, criticar y a reflexionar sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje individual realizado por el/la alumna/o. Además, facilita al docente comprender cual es el proceso de enseñanza y aprendizaje realizado por el/la alumna, en relación con las dificultades acontecidas, los objetivos conseguidos, etc.

Para ello, se ha realizado un cuestionario de autoevaluación al final del juego Hazagora con el fin de que ellos mismos evalúen su participación en él y tomen conciencia de su progreso individual desde que comenzó la propuesta de intervención. (Anexo 8)

6. Resultados y propuestas de mejora

6.1 Propuestas de mejora

6.1.1 Adaptación a los niveles de la ESO y Bachillerato

Esta propuesta de intervención se podría llevar a cabo en cualquier nivel educativo, desde 1º de la ESO hasta 2º Bachillerato, adaptando las sesiones y el juego a los mismos. A continuación, se presentan ciertas modificaciones que se podrían realizar para adaptarlo a dichos niveles, excepto en 4º ESO que se podría emplear con esta misma propuesta sin modificaciones.

Adaptación para 1º y 2º ESO.

En la primera sesión, el/la docente adaptaría la presentación al nivel de estos cursos. Además, se podría utilizar la ficha de datos interesantes sobre la erupción de La Palma (Anexo 2) para despertar el interés y la motivación del alumnado, situándolos desde un principio en el contexto en el cual se desarrollará el juego. De esta manera, lograremos que en la sesión de Hazagora el alumnado no tenga que adquirir tanta información de golpe, ya que simplemente con las reglas tendrá bastante información que asimilar, por lo que es preferible ir dándole ciertos datos poco a poco antes de la sesión del juego.

En la segunda sesión, se utilizaría también el Simulador “ForcesofNature” para despertarles la curiosidad y a modo de introducción para las siguientes sesiones. Posteriormente, para que resulte más sencillo, en vez de hacer grupos de 4-5 personas y que haya un portavoz, un secretario..., simplemente se proyectaran las imágenes de diferentes riesgos geológicos, generando con ellas un debate grupal sobre lo que están observando. Luego, se haría entrega al alumnado de las fichas didácticas sobre los cuatro riesgos geológicos implicados en el juego (Anexo 3), adaptando previamente los contenidos con un lenguaje más sencillo. Estas fichas deberán leerlas antes de la siguiente sesión, ya que tienen que usar esos conocimientos para el juego Hazagora.

En la tercera sesión, se comenzará el juego con el mismo vídeo introductorio del National Geographic. Los datos de La Palma ya habían sido dados en la primera sesión. Durante el desarrollo del juego, el/la docente debe utilizar un lenguaje más sencillo, así como guiar de manera más continua al alumnado. Todo ello, debido a que Hazagora no está adaptado a estas edades, por lo que es necesario un mayor apoyo por parte del/la docente. Asimismo, se pueden realizar algunos cambios que dinamicen más la partida haciéndolo más sencillo y atractivo para estas edades. Por ejemplo, se pueden reducir los turnos en un año para ir más rápido y que no se haga tan pesado. Al acabar el juego, dentro del debate final sobre cómo se ha desarrollado el mismo, se les comentará si sabrían cómo actuar ante una erupción volcánica y si conocen el

semáforo de un volcán. De esta manera, nos aseguraremos de que adquieren los conocimientos necesarios ante este tipo de riesgos. Además, se le entregará a modo de refuerzo la ficha del semáforo del volcán (Anexo 4) previamente modificada a un lenguaje más sencillo.

Finalmente, el trabajo final en vez de ser una presentación puede ser un breve informe en el que ellos expresen lo que han aprendido durante el desarrollo del juego. Acompañado, de otras preguntas más específicas para ver si han entendido los conceptos básicos. Asimismo, el test inicial/final y el test de valoración de autoevaluación también se adaptarían a estas edades.

Adaptación para 1º Bachillerato y 2º Bachillerato

En la primera sesión, el/la docente adaptaría la presentación al nivel de estos cursos utilizando un lenguaje más técnico y profundizando más en algunos aspectos. Una vez finalizada la presentación el/la docente comunicará al alumnado que por parejas se les asignara un riesgo geológico, los cuales serán los establecidos en el juego. Todo ello, con la intención de poner en común lo aprendido entre los/as compañeros/as. Se trabaja por tanto con una metodología de aprendizaje entre iguales en el que cada estudiante se convierte en experto/a en un riesgo geológico concreto, organizando la información que luego debe transmitir al resto del alumnado durante la partida. Así, cuando ocurra ese desastre, en lugar del/la docente, será la pareja de estudiantes que ha trabajado ese peligro los encargados de explicarles a sus compañeros cómo funciona y que riesgos tiene, aconsejándoles que decisiones son mejores para afrontarlo.

Hay que tener en cuenta que en una partida habrá dos personas por personajes. Como hay 5 personajes y solo cuatro riesgos geológicos, para que no se repitan, el/la docente encargará a una de las parejas el buscar información acerca de la erupción volcánica de La Palma que deberán explicar al comienzo de la partida para poner en contexto a los compañeros.

En la segunda sesión, se estudiarán varias noticias acerca de catástrofes ocasionadas por riesgos geológicos. Para ello, se dividirá la clase en grupos de 5 personas que deberán contestar a las siguientes preguntas acerca de la noticia, para posteriormente comentarla con el resto de compañeros/as:

1. Localización y toponimia:
2. Fecha del suceso o de la observación:
3. Fecha de la noticia:
4. Fenómeno descrito (detalles del suceso):
5. ¿La superficie afectada es: ¿grande (km²), mediana (hectáreas) o pequeña (m²)?
6. ¿Cómo afectó a las personas y a los bienes materiales este riesgo?
7. ¿Era posible predecir y prever este riesgo?
8. A partir de la información proporcionada y los conocimientos sobre el tema... ¿Qué probabilidad de ocurrencia podríamos atribuir a un suceso de este tipo? Inferior a 1 año, entre 1 y 10 años, entre 10 y 25 años, entre 25 y 100 años, entre 100 y 500 años, entre 500 y 1.000 años, entre 1.000 y 1.000.000 años, superior a 1.000.000 años.
9. ¿Existen medidas de autoprotección frente a este fenómeno? ¿Cuáles?
10. ¿Cuál puede ser el coste de las medidas compensatorias o de restauración? ¿Alto, moderado o bajo?
11. ¿Cómo debe actuar la ciudadanía ante este riesgo?

En la tercera sesión, se comenzará el juego con el mismo vídeo introductorio del Nacional Geographic. Los datos de La Palma los comentará la pareja que les haya tocado. Durante el desarrollo del juego, el/la docente debe intentar intervenir lo menos posible para ver el grado

de conocimiento, debate y resolución que tiene el alumnado. Sin embargo, ante un nuevo riesgo geológico, el/la docente debe recordarle a la pareja que le haya tocado ese riesgo, que deben explicárselo a sus compañeros/as. Al acabar el juego, dentro del debate final, sobre cómo se ha desarrollado el mismo, se les comentará si sabrían cómo actuar ante una erupción volcánica y si conocen el semáforo de un volcán. De esta manera, nos aseguramos de que adquieren los conocimientos necesarios ante este tipo de riesgos. Además, se le entregará a modo de refuerzo la ficha del semáforo del volcán (Anexo 4) previamente modificada a un lenguaje más técnico pero simple a la vez.

Finalmente, el trabajo final consistirá en un informe sobre el desarrollo de la partida en el que incluirán varios aspectos como los riesgos ocurridos, las estrategias que han empleado y el cálculo de la resiliencia evaluada por el índice de resiliencia que se calcula para cada personaje individual y a nivel de comunidad, entre otros. Asimismo, el test inicial/final y el test de autovaloración también se adaptarían a estas edades, con un nivel superior a los anteriores.

6.1.2 Aspectos internos del juego

Hay algunos aspectos internos del juego que se podrían mejorar o incluso añadir algunas variantes o reglas nuevas. Por ejemplo, la extensión espacial del evento peligroso se simplifica, descuidando el control topográfico sobre el flujo de lava y la distribución de tsunamis, así como la variación de la precipitación de cenizas o la intensidad del terremoto con la distancia desde la fuente. Aunque se diferencian las intensidades de los fenómenos peligrosos, el juego no representa una distribución realista de frecuencias de magnitud ni considera la variación espacial de la probabilidad de ocurrencia de un evento peligroso.

Los impactos de los fenómenos peligrosos en la isla también se limitan a los elementos presentes en el juego de mesa. Por lo tanto, solo se tienen en cuenta las pérdidas de infraestructura, financieras y humanas. No se representan los factores culturales, económicos, ambientales y políticos que influyen en las estrategias de subsistencia, el acceso a los recursos y el proceso de decisión. Por ejemplo, se podría tener en cuenta la pérdida de flora y fauna, los daños provocados en el suelo, la contaminación del aire o se podría incorporar más diversidad de medios de vida. Los perfiles de subsistencia de los personajes también se imponen y no evolucionan durante el juego.

Además, el juego también es muy genérico en términos de entorno geográfico y perfiles de personajes como se ha comentado anteriormente. Esto tiene la ventaja de que se puede jugar con participantes de diferentes edades, culturas y conocimientos sobre los riesgos naturales y la gestión de riesgos. Sin embargo, podría evitar que algunos jugadores se relacionen directamente con el juego, ya que no se representan las condiciones específicas de peligro y riesgo de su entorno con el que están familiarizados. Estos problemas de simplificación y generalización pueden ser abordados parcialmente por el/la docente del juego proporcionando información y ejemplos relevantes para los jugadores e invitándolos a discutir y posiblemente adaptar las reglas del juego. Esto último, es lo que se ha realizado de forma más específica en esta propuesta de intervención.

6.1.3 Diversidad funcional

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), el término discapacidad abarca deficiencias, limitaciones y restricciones que puede sufrir una persona.

Sin embargo, en los últimos años ha ido ganando más uso el término diversidad funcional, siendo considerado sinónimo de discapacidad, aunque se percibe como políticamente más correcto.

Así pues, en relación con la definición dada por la OMS, se entiende que la diversidad funcional implica problemas que afectan a la estructura corporal, limitaciones para llevar a cabo acciones cotidianas y dificultades para mantener relaciones sociales con los iguales.

Es importante saber qué tipos de limitaciones existen para poder adaptar los juegos de manera inclusiva. Según el inciso 2º del Artículo 1º, del protocolo facultativo de la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (2006):

“Las personas con discapacidad incluyen a aquellas que tengan deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales a largo plazo que, al interactuar con diversas barreras, puedan impedir su participación plena y efectiva en la sociedad en igualdad de condiciones con las demás.”

Según el "Real Decreto 1971/1999, de 23 de diciembre, de procedimiento para el reconocimiento, declaración y calificación del grado de discapacidad" (BOE-A-2000-1546) existen 3 tipos de limitaciones: físicas, sensoriales y psíquicas. Las primeras son aquellas causadas por anomalías en el aparato motor (miembros u órganos), las sensoriales son deficiencias relacionadas con los cinco sentidos (los más comunes son de vista y oído) y las psíquicas se refieren a carencias mentales o problemas de expresión y comprensión, directamente relacionadas con el comportamiento del individuo.

Un paso importante en la accesibilidad de los juegos de mesa modernos fue la aparición de las versiones accesibles del famoso juego "UNO", comercializado por Mattel. Este juego basa su mecánica en juegos de cartas comunes como el "ocho", "crazy eights" o "switch", cuyo objetivo es quedarse sin cartas. Este sencillo juego, que ya ha superado los cien millones de ventas, empezó en 1971 con 5.000 ejemplares vendidos en la barbería de su inventor Merle Robbins (Comas i Coma, 2005). "UNO ColorADD" (Plunkett, 2017) es el primer juego de cartas en incluir la identificación ColorADD para que los daltónicos pudiesen distinguir los colores de las cartas, mientras que el "UNO Braille" (jamug, s. f.) incluye indicaciones del color, del número o de las acciones de las cartas en escritura Braille para que las personas invidentes puedan disfrutar del juego.

Para valorar la accesibilidad de algunos juegos, se emplea la herramienta europea TUET. "TUET (Toys & games Usability Evaluation Tool) es un método de análisis para evaluar las características físicas de los materiales de juego en función de las necesidades de las personas con algún tipo de discapacidad auditiva, visual o motora (miembros superiores)." (TUET Toys & Games, s. f.). Dicha herramienta podría ser utilizada para adaptar Hazagora a las diferentes diversidades funcionales.

Hay que tener en cuenta que las personas con limitaciones visuales pueden tener más dificultades con aquellos juegos en los que predomina la temática (el diseño del tablero, de las cartas...) o en los que la orientación de las piezas en el tablero tiene un significado. Por otro lado, se debe tener en cuenta la cantidad de texto y la tipografía que se escoge; además de proporcionar soluciones para poder diferenciar los elementos que se usan en el juego.

Según Junco, L. (2021), en cuanto a la limitación cognitiva, para que un juego sea accesible las reglas no han de ser muy complicadas y las mecánicas no pueden tener muchos condicionantes o estados diferentes. Para este tipo de jugadores puede ser frustrante llevar a cabo acciones complejas o desarrollar una estrategia elaborada, sobre todo en los juegos que admiten el fracaso o eliminan a jugadores durante la partida. Muchos juegos de mesa utilizan símbolos,

orientaciones y colocaciones con significados concretos, lo que dificulta no solo la comprensión del estado del juego, sino de los mecanismos que usa.

Aunque en menor medida, las personas con limitaciones auditivas pueden verse también discriminadas cuando el juego es acompañado por señales sonoras (música, pitidos...) o requiere de indicaciones en voz alta.

Algunas adaptaciones que se pueden aplicar en el juego de Hazagora son las siguientes:

Contraste de colores y medidas frente al daltonismo

En la guía “Accesibilidad para personas con ceguera y deficiencia visual” de la ONCE (2003) es tratado el tema de la adecuación del color y del contraste. Las personas con restos visuales, aunque quizá no puedan diferenciar los colores, sí que pueden distinguir los tonos. La ONCE recomienda que los pictogramas e indicadores tengan contraste para poder diferenciarla del fondo, como por ejemplo: blanco – azul oscuro, negro – amarillo, verde – blanco, rojo – blanco, negro – blanco, etc.

Es importante tener en cuenta que a mayores niveles de ceguera y de discapacidad visual, la percepción del color puede variar por algunas patologías como el Daltonismo que puede ser monocromático, dicromático o tricromático (Daltonismo, s. f.)

Por otro lado, a partir de la representación de los colores primarios (cian, amarillo y rojo) a través de símbolos gráficos, el diseñador portugués Miguel Neiva ha diseñado el sistema universal de identificación de colores ColorADD para personas con daltonismo (Escorial, 2015). Este sistema

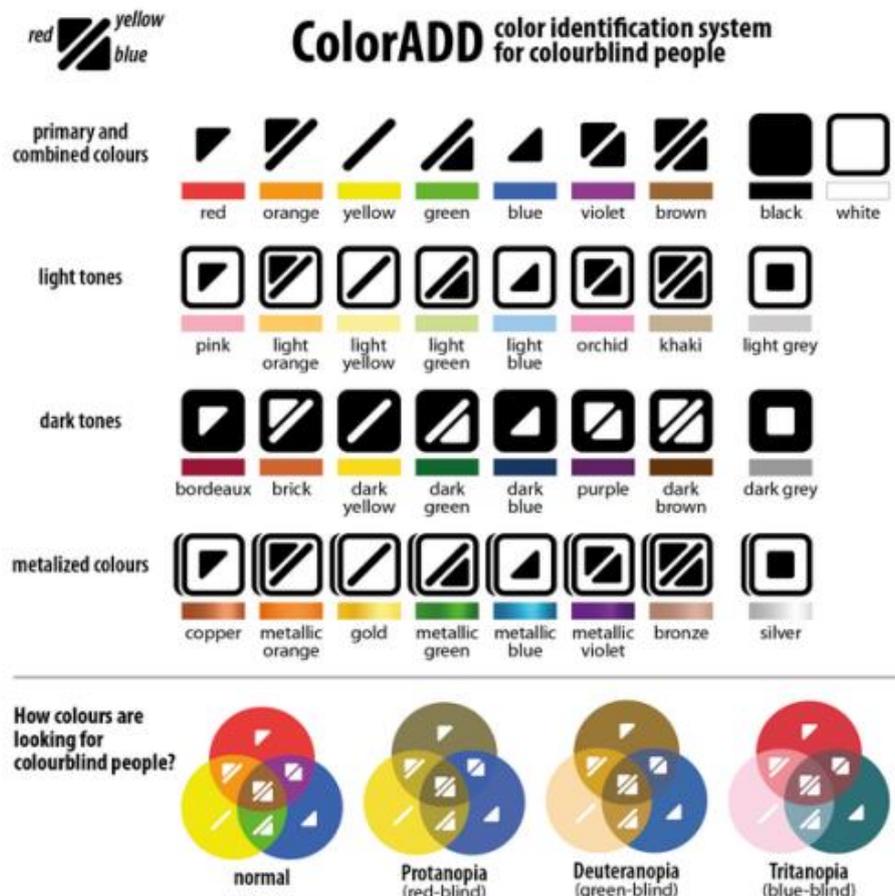


Imagen 17. El sistema de identificación de color ColorAdd para daltónicos (Maximiliano Dörrbecker). Fuente: Wikimedia.

se basa en la “Teoría de la Adición del Color”, representando los colores según cómo se originan a partir de los colores primarios.

Para saber si los colores que se están empleando en el diseño o la ilustración del producto son accesibles para personas con daltonismo, se pueden utilizar los filtros de Deuteranopía o Protanopía de Adobe Photoshop²¹, para ver cómo se percibiría según los diferentes tipos de daltonismo, al igual que en la imagen superior.

Teniendo en cuenta todas estas herramientas, el juego de Hazagora se podría rediseñar para personas con daltonismo cambiando los colores del tablero y de las tarjetas.

Sistema braille

El sistema Braille es un alfabeto escrito en relieve para permitir la lectura mediante el tacto con las yemas de los dedos, moviendo la mano de izquierda a derecha por el texto marcado por puntos y guiones en relieve.

Según la ONCE (Braille en español, alfabeto, signos, aprendizaje - Web ONCE, s. f.) el sistema Braille o cecografía, “aporta a las personas ciegas una herramienta válida y eficaz para leer, escribir, acceder a la educación, a la cultura y a la información sin necesidad de ver, guiándose solo por el tacto”. Al ser un alfabeto y no un idioma, se pueden reproducir letras, signos de puntuación, números, la grafía científica, los símbolos matemáticos, la música, etc. en todos los idiomas. Por ello, supone un acceso real a la cultura.

Para facilitar la labor de diseño y producción de productos con sistema Braille, en la página web de la ONCE existe un [archivo descargable](#) para poder utilizar el alfabeto Braille como tipografía en medios digitales.

Por lo tanto, se podría incluir el braille en todas las cartas de Hazagora para que las personas ciegas puedan entenderlas por sí mismas. También se podría aplicar el braille en los documentos de refuerzos establecidos en este proyecto.

Relieve

Para diferenciar elementos o zonas, otros recursos empleados, por ejemplo, para las personas con discapacidad visual, son la inclusión de formas o texturas en relieve que puedan ser distinguibles con el tacto. Por ejemplo, el proyecto “Shaphereader” («Cómics Táctiles», 2019) del artista Ilan Manouach, ha desarrollado un sistema de formas en relieve para crear cómics táctiles. Se puede adaptar la historia y las viñetas a través de imágenes tangibles que representan acciones, emociones o lugares “Shaphereader tiene su propio vocabulario, su propio lenguaje táctil, sus propios tactigramas y sus propios diseños de dibujos en relieve con significado incorporado. ¿Qué quiere decir todo esto? Que cada forma significa una cosa, por tanto, cada vez que la toquemos / la usemos, sabremos su mensaje / lo que quiere transmitir.” («Cómics Táctiles», 2019)



Imagen 18. Formas en relieve del Proyecto "Shaphereader" creadas por el artista Ilan Manouach. («Cómics Táctiles», 2019)

Según esto, en los elementos que incorpora Hazagora se podrían crear relieves o texturas, como, por ejemplo, en:

- Los lugares de asentamiento que están representados por círculos de colores en el tablero.
- Las extensiones de peligro que están representada por líneas negras gruesas y finas en el tablero.
- Los dados de recursos, incorporando un relieve diferente por recurso.
- Las fichas de mercado y pozo que son iguales en cuanto a forma y no se diferenciarían.
- La rueda del peligro, estableciendo diferentes relieves para cada riesgo.
- Las tarjetas de personajes para diferenciarlos, pudiendo ser el símbolo en relieve de un plátano para el agricultor, el de un pez para la pescadora, el de una maleta para el guía turístico, el de un sombrero para la alcaldesa y el de un árbol para la agente forestal.

Complementos

Dentro de un juego se pueden adicionar o modificar ciertos elementos para adaptarlos a personas con diversidad funcional, como, por ejemplo:

- Pulsadores: Los pulsadores son interruptores que se pueden instalar de manera que puedan ser accionados de manera sencilla con cualquier parte del cuerpo, es decir, serviría para aquellas personas con movilidad reducida. Por ejemplo, si se conserva movimiento en el cuello, con un simple toque de la cabeza accionaríamos el pulsador. En Hazagora se podría crear un dado digital, el de los recursos, mediante ordenador y que este se activara con un pulsador conectado al mismo o utilizar un dado electrónico que también estuviera conectado a un pulsador.
- Leds luminosos: Se podrían colocar encima de los lugares de asentamiento y en las carreteras del tablero, activándolos a través de pulsadores. Asimismo, también se podrían colocar leds en la rueda de peligro y que mediante un pulsador se encendiera la luz en uno de los riesgos de forma aleatoria. Todo ello serviría para personas con discapacidad visual o movilidad reducida.
- Cartas: Se podrían aumentar el tamaño de las cartas para facilitar su visualización a aquellas personas con alguna discapacidad visual. Asimismo, las cartas se pueden

colocar en diferentes estructuras de soporte para aquellas personas que no puedan sujetarlas con las manos.

- Tecnología. Lo escasos estudios que desarrollan mejoras en la accesibilidad de los juegos de mesa, sobre todo incluyen tecnologías digitales (software y hardware) en sus propuestas. Por ejemplo, Noble y Crabb (2016) plantean el uso de un proyector para delimitar las áreas del juego y mostrar de forma visual dónde se ha de colocar cada elemento; y Johnson y Kane (2020) para mejorar la accesibilidad visual de los juegos proponen un sistema, "Game Changer", con audios y descripciones táctiles adicionales que están monitorizados a través de un ordenador. Teniendo en cuenta lo anterior, en el juego Hazagora se podría aplicar la tecnología para ayudar a ciertas limitaciones. Por ejemplo, con personas ciegas se podría sustituir el dado de recurso en formato físico por uno digital que se activase por la voz y diese el resultado en voz alta.

6.2 Resultados

Este trabajo de fin de máster es completamente teórico por lo que no se puede establecer unos resultados reales. La implementación del mismo no se pudo llevar a cabo debido a que mi tutor de prácticas ya había dado el tema de la geología y riesgos geológicos, con lo cual prefirió que expusiera un tema nuevo que el alumnado no hubiese visto. Sin embargo, tal y cómo se acaba de exponer en el apartado anterior, sí que se ha reflexionado sobre una gran variedad de posibles mejoras en la utilización del juego Hazagora, que podrían redundar en una mayor cobertura de posibles destinatarios finales y por ende, ampliar su aplicación didáctica.

7. Referencias bibliográficas

Acosta-Medina, J.K., Torres-Barreto, M. L., Álvarez-Melgarejo, M., & Paba-Medina, M. C. (2020). Gamification in the educational field: a bibliometric analysis. *I+D Revista de Investigaciones*, 15, 28-36.

Alda, F.L., (1997). Tratamiento de residuos: un juego de simulación. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 5, (1), 49-53.

APA. (1997). Learner - Centered Psychological Principles: A Framework for School Reform and Redesign. *American Psychological Association*.

Ballester, A (2002). El aprendizaje significativo en la práctica. Cómo hacer el aprendizaje significativo en el aula. Las Palmas. Ed Pirámide.

Barros, M. (2016). La gamificación en el aula de lengua extranjera. En: Secretaria General Técnica. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (ed), El español como lengua extranjera en Portugal II: retos de la enseñanza de lenguas cercanas, 14-25. Madrid: *Centro de Publicaciones Ministerio de Educación, Cultura y Deporte*.

Blog de Juegos de mesa para adolescentes. Euroinnova international online education. (s.f.) [en línea]. <<https://www.euroinnova.edu.es/blog/juegos-de-mesa-para-adolescentes>> [6-6-2022].

Buckley, P., & Doyle, E. (2016). Gamification and student motivation. *Interactive Learning Environments*, 24 (6), 1162-1175.

Calle, M. (2021). Los efectos ambientales que deja el volcán Cumbre Vieja en la isla de La Palma. *France 24*. [en línea] <<https://www.france24.com/es/programas/medio-ambiente/20211010-medio-ambiente-efectos-volcan-cumbre-vieja-palma>> [15-6-2022].

Carrillo, L., Luzón, M^a A., Mayayo, M^a J., Soria, A.R., Yuste, A. & Gil, A. (2018). Resolviendo un asesinato: una experiencia con la Geología Forense como estrategia de enseñanza-aprendizaje en la Educación Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 26, (2), 163-175.

Carrión-Salinas, G.A. (2017). Gamificación en educación primaria. Un estudio piloto desde la perspectiva de sus protagonistas. *Trabajo Fin de Máster*. Loja: Universidad Técnica Particular de Loja.

Carrión-Salinas, G.A. (2017). Gamificación en educación primaria. Un estudio piloto desde la perspectiva de sus protagonistas. Trabajo Fin de Máster. Loja: Universidad Técnica Particular de Loja.

Collazos, C.A., Guerrero, L., & Vergara, A. (2001). Aprendizaje Colaborativo: un cambio en el rol del profesor. *Proceedings of the 3rd Workshop on Education on Computing*, Punta Arenas. Chile

Comas i Coma, O. (2005), El mundo en juegos. *Barcelona: RBA Libros SA*.

Cómic Táctil: Una Realidad para Invidentes. (2019). Letras A Ciegas. [en línea] <<https://letrasaciegas.com/comics-accesibles-tactiles-para-ciegos/>> [14-6-2022].

Cornellà, P., Estebanell, M., & Brusí D. (2020) Gamificación y aprendizaje basado en juegos. Consideraciones generales y algunos ejemplos para la Enseñanza de la Geología. Enseñanza de las ciencias de la tierra: *Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 28 (1), 5-19.

Crespo, C. (2021). ¿Qué consecuencias ecológicas tendrá la erupción del volcán de La Palma?. *National Geography*. [en línea] <<https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2021/09/consecuencias-ecologicas-erupcion-del-volcan-la-palma>> [16-6-2022].

Csikszentmihalyi, M. (1990). Flow: The psychology of optimal experience. New York, *Harper & Row*.

Daltonismo. (s.f) . [en línea] < <https://enfamilia.aeped.es/temas-salud/daltonismo> > [14-6-2022].

DECRETO 89/2014, de 1 de agosto, por el que se establece la ordenación y el currículo de la Educación Primaria en la Comunidad Autónoma de Canarias. Boletín Oficial de Canarias. Canarias, Miércoles 13 de agosto de 2014, núm. 156.

Díaz-Cruzado, J., & Troyano-Rodríguez, Y. (2013). El potencial de la gamificación aplicado al ámbito educativo. *III Jornadas de Innovación Docente. Innovación Educativa: respuesta en tiempos de incertidumbre*. Universidad de Sevilla.

Efectos y consecuencias del coronavirus (I). (2020). CIS. [en línea] < http://www.cis.es/cis/opencm/ES/1_encuestas/estudios/ver.jsp?estudio=14530> [6-6-2022].

Escorial, M. L. (2015). El código 'Braille' para daltónicos se inventa en el siglo XXI. *El País*. [en línea] <https://elpais.com/elpais/2015/07/24/planeta_futuro/1437744306_549219.html> [14-6-2022].

García, F., & Doménech, F. (1997). Motivación, aprendizaje y rendimiento escolar. *Revista Española de Motivación y Emoción*, 1, 55-65.

García, F., & Doménech, F. (1997). Motivación, aprendizaje y rendimiento escolar. *Revista Española de Motivación y Emoción*, 1, 55-65.

- García-Casaus, F., Cara-Muñoz, J.F., Martínez-Sánchez, J.A., & Cara-Muñoz, M.M. (2020). La gamificación en el proceso de enseñanza-aprendizaje: una aproximación teórica. *Logía, educación física y deporte*, 1(1), 16-24.
- García-Casaus, F., Cara-Muñoz, J.F., Martínez-Sánchez, J.A., & Cara-Muñoz, M.M. (2021). La gamificación en el aula como herramienta motivadora en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Logía, educación física y deporte*, 1(2), 43-52
- García-Casaus, F., Cara-Muñoz, J.F., Martínez-Sánchez, J.A., & Cara-Muñoz, M.M. (2020). La gamificación en el proceso de enseñanza-aprendizaje: una aproximación teórica. *Logía, educación física y deporte*, 1(1), 16-24.
- Gomez, L., & Bardají, T (2017). Introducción a los riesgos geológicos. *Editorial UNED*.
- Gonzales, C & Valdivia, S. (2017). Juego de roles. *Instituto de docencia universitaria*, 4, 6-7.
- González, M. & Juan, X. (2008). Aula virtual: herramienta de comunicación. La gestión de los riesgos naturales: recursos en la red. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 6, (1), 99-106.
- González-Alonso, D. (2017). La gamificación como elemento motivador en la enseñanza de una segunda lengua en educación primaria. *Universidad de Burgos*.
- González-Tardón, C. (2014). Videojuegos para la transformación social. Aportaciones conceptuales y metodológicas. *Tesis doctoral*. Universidad de Deusto. Madrid, España.
- Herrero, C. La erupción del volcán cumbre vieja en la isla de la Palma (2021). El enfoque educativo de un volcán urbano. *Departamento de Didácticas Específicas Universidad Autónoma de Madrid*, (25), 7-31
- IES La Laboral (s.f). [en línea] <<http://www.lalaboral.org/>> [3-6-2022].
- Jaramillo-De Certain, L. (2007). Planta física a nivel interno y externo. Disposición del ambiente en el aula. *Instituto de Estudios Superiores en Educación*, Universidad del Norte Barranquilla, Colombia.
- Johnson, G. M. & Shaun K. Kane (2020). Game Changer: Accessible Audio and Tactile Guidance for Board and Card Games. *ACM*. [en línea] <<https://doi.org/10.1145/3371300.3383347>> [14-6-2022].
- Juegos de mesa, propuestas de ocio para personas con discapacidad física (2014) .Blog sobre terapia ocupacional y fisioterapia y noticias relacionadas. [en línea] <<http://terapiayfisioparati.blogspot.com/2014/03/juegos-de-mesa-propuestas-de-ocio-para.html>> [14-6-2022].
- Junco, L. (2021). Estudios previos sobre diseño inclusivo y accesibilidad en los juegos de mesa. Trabajo Fin de Máster. *Universitat Politècnica de València*.
- Landers, R., & Bauer, K. (2015). Quantitative methods and analyses for the study of players and their behaviour. *Research Methods in Game Studies*, 151-173
- Llinares, M., Ortiz, R., & Marrero, J. (s.f.) Riesgo volcánico. Guía didáctica para profesores. *Dirección general de protección civil y emergencia*.

- Llorens-Largo, F., Gallego-Duran, F. J., Villagra-Arnedo, C. J., Compan-Rosique, P., SatorreCuerda, R., & Molina-Carmona, R. (2016). Gamification of the Learning Process: Lessons Learned. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías Del Aprendizaje*, 11(4), 227–234.
- Marín-Santiago, I. & Hierro, E. (2013). Gamificación. El poder del juego en la gestión empresarial y la conexión con los clientes. *Empresa Activa*. Barcelona, España.
- Martín, X. (1992). El role-playing, una técnica para facilitar la empatía y la perspectiva social. Comunicación y educación. DialnetElRoleplayingUnaTecnicaParaFacilitarLaEmpatiaYLaPe-126264.pdf
- Martínez, A. (2013): Hidrogeología y videojuegos: Genaro el Geólogo y el misterio del arsénico. Experiencias e ideas para el aula. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21, (1), 73-83.
- Millstone, J. (2012). National survey and video case studies: Teacher attitudes about digital games in the classroom.
- Mossoux, S., Delcamp, A., Poppe, S., Michellier, C., Canters, F. & Kervyn, M. (2015): Hazagora: ¿sobrevivirás al próximo desastre? – Un juego serio para crear conciencia sobre los peligros geológicos y la reducción del riesgo de desastres, *Nat. Peligros Earth Syst. Sci.*, 16, 135–147.
- Muñoz, J. (1994). Ludolitos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2,(1), 282-284.
- Muñoz, J. (1994). Ludolitos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2,(1), 282-284.
- Noble, K. & Crabb, M. (2016). Projection Mapping as a Method to Improve Board Game Accessibility. *SIGACCESS newsletter*. [en línea] < <https://doi.org/10.1145/3023851.3023852>> [14-6-2022].
- Noriega-Cano, D. (2013). ¿De qué manera podemos emplear mecánicas y dinámicas del juego para alcanzar objetivos en un sistema de aprendizaje centrado en el estudiante? *Instituto Superior de Educación Abierta*.
- Oda-Domínguez, H. (2020). La gamificación: una revisión sistemática y proyecto innovador con relación a la motivación y percepción subjetiva del esfuerzo. *Trabajo Fin de Máster*. Universidad de la Laguna. Tenerife, España.
- ONCE. (2003), Accesibilidad para personas con ceguera y deficiencia visual, Madrid.
- ONCE. (s. f.). Braille en español, alfabeto, signos, aprendizaje - Web ONCE . [en línea] <<https://www.once.es/servicios-sociales/Braille>> [14-6-2022].
- Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato. BOE 25, de 29 de enero de 2015, núm 25.
- Organización Mundial de la Salud. Definición de discapacidad. Aprobada el 22 de Mayo del 2001.
- Ortiz-Colón, A.M., Jordán, J., & Agredal, M. (2018). Gamificación en educación: una panorámica sobre el estado de la cuestión. *Educação e Pesquisa*, 44.
- Pascual, R., Villa, A., & Auzmendi, E. (1993). El liderazgo transformacional en los centros docentes. Editorial Mensajero. Bilbao, España.
- Piaget, J. (1956). Motricité, perception et intelligence. *Enfance*, 9(2), 9-14.

Plunkett, L. (2017). Uno Releases New Card Design For Color Blind Players. Kotaku. [en línea] <<https://kotaku.com/uno-releases-new-card-design-for-color-blind-players-1802266210>> [14-6-2022].

Protocolo facultativo de la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (2006). Naciones Unidas [en línea] <<https://www.un.org/esa/socdev/enable/documents/tccconvs.pdf>> [14-6-2022].

Pujals, J., Corominas, O., & Frederic, M. (2022). Volcán de La Palma: ¿la erupción más vigilada de la historia?. Ecoavant. [en línea] <https://www.ecoavant.com/naturaleza/el-volcan-de-la-palma-la-erupcion-mas-vigilada-de-la-historia_7911_102.html> [15-6-2022].

Ramírez-Cogollor, J. L. (2014). Gamificación. Mecánicas de juegos en tu vida personal y profesional. *Editorial SCLibro*. Madrid, España.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española, 23.ª ed., [versión 23.5 en línea]. <<https://dle.rae.es>> [10-6-2022].

Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato. BOE, de 3 de enero de 2015, núm 3.

Real Decreto 1971/1999, de 23 de diciembre, de procedimiento para el reconocimiento, declaración y calificación del grado de minusvalía. (BOE-A-2000-1546)

Rosel Bolívar Ruano, M. (2019). Temas para la educación: ¿Cómo fomentar el aprendizaje significativo en el aula?. *Revista digital para profesionales de la enseñanza* 3, 1-6.

Ruiz, L. (1992). Pasatiempos y Geología: posibilidades didácticas. Actas de VII Simposio sobre Enseñanza de la Geología. Instituto de Ciencias de la Educación. *Universidad de Santiago de Compostela*, 313-351.

Ruth, S., & Eguía, J. (2016): Gamificación en aulas universitarias. Bellaterra : Institut de la Comunicació, *Universitat Autònoma de Barcelona*. 18-20.

Sóñora, F. (2009). Climantica.org y sus materiales didácticos sobre el cambio climático. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 17, (2), 207-216.

Statista (2020). Evolución del tiempo medio dedicado semanalmente por la población a jugar a videojuegos en España entre 2013 y 2019 [en línea]. <<https://es.statista.com/estadisticas/697848/tiempo-semanal-dedicado-a-jugar-a-videojuegos-espana/>> [5-6-2022].

Teixes-Argilés, F. (2014). Gamificación: motivar jugando. *Editorial UOC*. Barcelona, España.

Teixes-Argilés, F. (2014). Gamificación: motivar jugando. *Editorial UOC*. Barcelona, España

The NPD Group (2016). Los juegos de mesa “resucitan” en el mercado español. [en línea]. <<https://www.npdgroup.es/wps/portal/npd/es/noticias/comunicados-de-prensa/los-juegos-de-mesa-resucitan-en-el-mercado-espanol/>> [5-6-2022].

TUET Toys & Games. (s. f.). [en línea] <<https://www.tuet.eu/>> [14-6-2022].

Vygotsky, L. (1972). El problema de la periodización por etapas del desarrollo del niño. *Problemas de Psicología*, 2, 114-123

Zumaquero, L. Los juegos de rol como estrategia de enseñanza-aprendizaje para fomentar la adquisición de competencias: Una experiencia en la titulación de grado en turismo. *Universidad de Málaga*.

8. Anexos

Anexo 1

Evaluación diagnóstica. *En verde están marcadas las respuestas correctas

1.) Coloca en la tabla de forma correcta los fenómenos geológicos externos y los fenómenos geológicos internos.

Volcanes, lluvia, terremotos, viento, magnetismo, erosión, sedimentación, metamorfismo, deslizamientos, inundación.

Fenómenos geológicos externos	Fenómenos geológicos internos

2.) Las escalas de intensidad sísmica:

- a) Establecen grados de medida en base al desplazamiento del salto de falla
- b) Suministran información cualitativa sobre la energía liberada por el terremoto
- c) Se basan en los daños producidos sobre las edificaciones y terreno
- d) Consideran únicamente daños estructurales

3.) La mejor protección frente a un volcán es:

- a) Realizar una correcta planificación territorial previa territorial
- b) Construir viviendas resistentes a la lava
- c) Construir una vía de escape a otro lugar para que puedan pasar las personas
- d) No se puede hacer nada

4.) Las medidas preventivas en la gestión de un riesgo deben estar basadas en:

- a) Todas son correctas
- b) Actuaciones para mitigar la peligrosidad mediante medidas estructurales y no estructurales
- c) Informes de autoridades estatales y consulta de técnicos
- d) Toma de datos, análisis, predicción e información a la población

5.) Las medidas más eficaces para evitar daños producidos por flujos piroclásticos son:

- a) Construcción de viviendas con materiales adecuados
- b) Protección con pantallas estructurales
- c) Construcción de diques y presas
- d) Detección temprana y establecimiento de planes de evacuación

6.) ¿Qué tipo de volcán fue la erupción de La Palma de 2021?

- a) Hawaiano
- b) Estromboliano
- c) Explosivo
- d) Poligenético

7.) La magnitud de un evento catastrófico mide:

- a) Los daños causados en las propiedades
- b) Las muertes producidas
- c) La cantidad de energía liberada**
- d) Todas las anteriores

8.) La peligrosidad de una erupción volcánica se mide:

- a) Por la composición de lava
- b) Por el mecanismo eruptivo y el volumen de magma que se arroja a la superficie**
- c) Por la vibración media del terreno al producirse pequeños terremotos
- d) Por las distancias a las que llegan las coladas de lava

9.) ¿Hay un Plan de Emergencias Volcánicas de Canarias?

- a) No existe
- b) Si, se llama PEVOLCA**
- c) Si, pero lo tramitan desde Madrid
- d) Ninguna de las anteriores es correcta

10.) ¿Es posible utilizar precursores, es decir, el análisis del conjunto de anomalías geofísicas o geoquímicas que provoca el ascenso y erupción de los magmas para pronosticar la ocurrencia de las erupciones?

- a) Si, pero solo cuando se detecta tremor volcánico que indica el ascenso del magma
- b) No, al igual que los terremotos son impredecibles
- c) Si, pero a corto plazo (días-meses)**
- d) Si, pero a escala geológica

11.) Cual de las siguientes afirmaciones es falsa en la definición de riesgo geológico:

- a) Cualquier fenómeno natural o antrópico que genere graves daños al medio ambiente, al hombre o a sus infraestructuras.**
- b) Generan amenazas o peligros para los recursos y actividades humanas
- c) Han de emplearse criterios geológicos para la predicción, prevención y corrección
- d) Los riesgos se expresan en términos de valor económico y número de víctimas esperables por unidad de tiempo.

12.) El riesgo geológico es el producto de tres factores...

- a) Exposición, explosión y alcance
- b) Peligrosidad, vulnerabilidad y exposición**
- c) Explosión, peligrosidad y magnitud
- d) Vulnerabilidad, explosividad e intensidad

13.) ¿Cuál de los siguientes fenómenos geológicos NO se puede predecir?

- a) Tsunamis
- b) Vulcanismos
- c) Terremotos**
- d) Inundaciones

14.) El camino más efectivo para la predicción o alerta de riesgos, debe ajustarse al siguiente orden de actuaciones:

- a) Informes de autoridades estatales, consulta a técnicos y científicos, información a la población.
- b) Toma de datos, análisis por las autoridades regionales, predicción, información a la población.
- c) Toma de datos, análisis científico, informar a las autoridades, alerta y plan de actuación.**
- d) Información a la población, toma de datos, análisis por las autoridades regionales y predicción.

15.) Selecciona la opción correcta

- a) El semáforo del volcán permite definir en cada momento como deben actuar los equipos técnicos que intervienen en la gestión de la crisis volcánica, así como las comunicaciones que deben establecerse con los estamentos de la Protección Civil.**
- b) El semáforo del volcán permite definir en cada momento como deben actuar los equipos técnicos que intervienen en la gestión de la crisis volcánica pero NO las comunicaciones que deben establecerse con los estamentos de la Protección Civil.
- c) El semáforo del volcán solamente permite avisar a la ciudadanía sobre el peligro que corren.
- d) Ninguna es correcta

16.) Si el semáforo del volcán está en amarillo significa:

- a) No pueden salir de casa
- b) Evacuación inmediata
- c) Pueden continuar con sus actividades cotidianas, pero siempre deben estar informados.**
- d) No hay que preocuparse

17.) Selecciona la opción correcta. La caída de ceniza puede afectar a zonas muy alejadas...

- a) Aun así, estas zonas pueden seguir desarrollando su vida normal, con el semáforo en verde.**
- b) Por lo que deben realizar una evacuación inmediata.
- c) Pero no hace falta tomar medidas al respecto.
- d) Pero como no es abrasivo no es peligroso.

18.) Une con flechas los siguientes términos con sus correspondientes definiciones respecto a los factores que influyen en los riesgos geológicos:

Peligrosidad

Vulnerabilidad

Exposición

- Las características y circunstancias de una comunidad, sistema o bienes materiales que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza.
- Es el valor económico de los bienes que pueden ser dañados por la acción de un peligro.
- La probabilidad de que un determinado fenómeno natural ocurra en un determinado lugar causando graves daños.

Anexo 2

Ficha de datos de la erupción volcánica de La Palma 2021

Datos de la Erupción volcánica de la Palma

Corrían las 14:11 horas del pasado **19 de septiembre** cuando el reloj se paró para los habitantes de La Palma. La tierra se resquebrajó en la zona de Cumbre Vieja y **la lava emergió** a través de una de las fisuras provocadas por la sucesión de terremotos que habían sacudido la isla canaria durante aquella semana. Aquel enjambre sísmico era el precursor de uno de los episodios que **cambiarían la historia de la isla para siempre**.



La **toma de muestras de lava** y su estudio fue una de las labores cotidianas de monitorización durante la erupción del –aún sin nombre oficial– volcán de La Palma. Ha sido **una de las más destructivas** en territorio de un estado europeo en los últimos 100 años. Aunque, si la comparamos con otras en el mundo, se puede considerar de dimensiones modestas.

En una escala de 0 a 8 del Índice de Explosividad Volcánica (IEV) llegó hasta el nivel 3. **La emisión de gases**, en cambio, fue desmesurada y **sorprendió a los expertos**, ya que llegó a unas dos gigatoneladas de dióxido de azufre (SO₂).



Las coladas emanadas desde Cumbre Vieja, que **arrasaron 1.218 hectáreas de terreno**, llegaron hasta el mar, creando espectaculares deltas lávicos, de 48 hectáreas de superficie, además de arrasar 21 hectáreas de fondos submarinos. Se llevaron por delante **1.676 edificaciones**, entre las que se encontraban viviendas, construcciones industriales, agrícolas o de uso público, además de cubrir 370 de cultivos –en su mayoría de plátanos, principal producto de la isla– y 74 kilómetros de carreteras, según los datos del PEVOLCA. El programa de satélites Copernicus, de la Unión Europea, incrementa la cifra hasta las 2.988 hectáreas.

Las coladas llegaron a tener una media de 12 metros de altura, aunque en algunos puntos se acumularon hasta 70 y **los ríos de lava borraron de los mapas un pueblo entero como Todoque**, que contaba con 1.310 habitantes



Una actividad sísmica intensa a poca profundidad, la **deformación del terreno** y la **emisión de gases** como el radón desde el suelo **son tres de los principales indicadores que avisan de una próxima erupción**. Durante las semanas previas a la que nos ocupa, los equipos de investigación habían detectado un enjambre sísmico – una elevada concentración de temblores superficiales– y un abombamiento del suelo en la zona del futuro volcán, que en la estación GPS (Sistema de Posicionamiento Global) más cercana al punto exacto donde surgiría llegó a superar los 20 centímetros.

En la erupción del volcán submarino Tagoro de la isla de El Hierro de 2011 pasó largo tiempo entre los terremotos y la emanación del magma desde el fondo marino. Por eso, en el caso de La Palma no se pensó que la erupción se fuera a producir tan rápido.



Pero esta vez fue diferente, entre el 10 y el 19 de septiembre se **registraron hasta 25.000 terremotos**, la mayoría imperceptibles para la población palmera. La sismicidad en enjambre venía provocada por la presión del magma sobre la corteza terrestre. Poco antes del mediodía del 19 de septiembre, **un temblor de magnitud 4,2** sacudió la isla. Y, esta vez sí, un primer surtidor de magma disparado sobre una ladera boscosa sorprendía a un equipo del INVOLCAN que trabajaba en la zona.

Durante las distintas fases de la erupción tuvieron que ser **evacuadas con lo puesto hasta 7.000 personas**, de las que se estima que unas 2.000 (unas 500 familias) han perdido sus viviendas y todas sus pertenencias



Algunos, los más mayores, ya han visto tres erupciones en la isla, las del San Juan (1949), el Teneguía (1971) y la de este fatídico 2021. Las dos primeras no causaron daños (el Teneguía no tocó ni una casa) y todo el mundo esperaba que esta vez

Los más de **200 millones de metros cúbicos de materiales** emitidos por la erupción han modificado de forma radical el aspecto de la isla, tanto su orografía como su extensión y la forma del litoral. Buena parte de ellos (34 millones) formaron el imponente nuevo cono de 200 metros que se alza en Cumbre Vieja



La **mayor parte del material emitido por el volcán fue lava** y “menos de un 12% fueron piroclastos”, tal como calcula el geólogo y vulcanólogo chileno de la Universidad de Manchester (Reino Unido), Jorge Romero.



La erupción del volcán de La Palma puede haber sido la erupción más monitorizada de la historia. Cada día se controlaron, entre otros parámetros: la altura, temperatura y composición de la columna volcánica; las emisiones de gases; la sismicidad; etc.

Actualmente, la situación entorno a lo que se ha denominado como zona cero del volcán –todas aquellas áreas devastadas por sus efectos–, sigue siendo muy peligrosa ya que las elevadas **temperaturas de más de 1000°C** producen unas cantidades ingentes de gases tóxicos para la salud humana y de otros seres vivos, entre los que destaca como principal amenaza el SO₂. Es por eso que se **multa hasta con 600 euros a aquellos curiosos o turistas** que se salten las zonas perimetrales de seguridad.

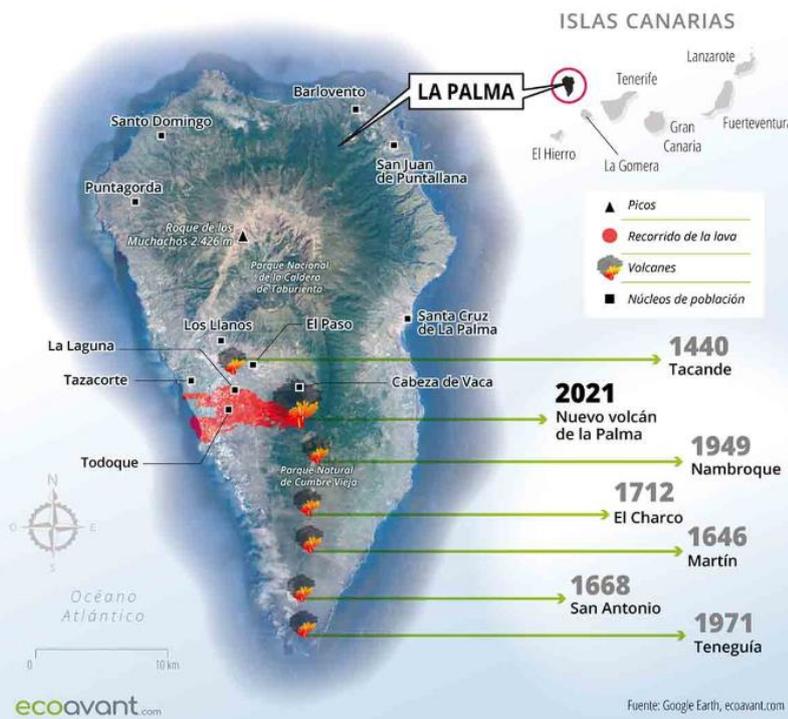


85 días y 8 horas después de aquel momento, el Instituto Geográfico Español corroboró el **fin de la erupción**, finalmente **descrita como "fisural estromboliana con pulsos freatomagmáticos"** según el propio organismo.

De esta manera, se daban por finalizados los planes de evacuación establecidos en el **Plan de Emergencias Volcánicas de Canarias (PEVOLCA)** (1) y desde mediados de enero casi un millar de personas ya han podido regresar a sus hogares en algunos núcleos –llamados localmente barrios– de los términos de El Paso, Los Llanos de Aridane y Tazacorte.



La erupción volcánica de **La Palma**



Cronología interactiva del día a día de la erupción.



Anexo 3

Fichas de los riesgos geológicos de la erupción de La Palma 2021

Coladas de lavas



Mecanismo

Los volcanes son aperturas de ventilación por los que escapa la roca fundida a la superficie de la tierra. Cuando la presión de los gases atrapados en la roca fundida se vuelve demasiado alta, ocurre una erupción. Las erupciones pueden ser efusivas o explosivas. En el caso efusivo se producirán coladas de lava.

Las propiedades físicas de la lava (especialmente la viscosidad), la variación de temperatura durante su recorrido, el volumen de material emitido y las características del terreno por el que discurre, influyen sobre la morfología final que adquieren. Las lavas muy fluidas (1200°C) se extienden cubriendo grandes extensiones con un pequeño espesor. Las lavas viscosas (800°C) poseen mayor altura, pero recorren distancias menores y el caso extremo son las lavas muy viscosas que se quedan sobre el propio centro de emisión, formando un domo.

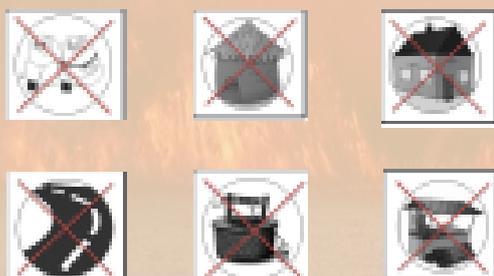
Los flujos de lava pueden ocurrir en cualquier momento, sin embargo, los próximos flujos de lava pueden detectarse si existe un sistema de monitoreo relevante.

Impactos

- Las coladas de lava destruyen todo a su paso.
- Las muertes causadas directamente por los flujos de lava son poco comunes porque no alcanzan una gran distancia y, por lo general, se mueven lo suficientemente lento como para que la gente pueda huir. Si se dan lesiones o muertes puede resultar cuando los espectadores se acercan demasiado a un flujo de lava que avanza o su retirada es cortada por otros flujos, por explosiones cuando la lava interactúa con el agua.
- El contacto del magma con el agua salada causa una reacción química que provoca la aparición de nubes de vapor ácido y gases que resultan nocivos. Esta lluvia ácida puede causar irritación de la piel y los ojos, así como problemas respiratorios.
- Debido a su intenso calor, los flujos de lava están asociados con importantes riesgos de incendio y contaminación de aguas subterráneas.

*Recordar que la intensidad real de las coladas de lavas en la erupción de La Palma concretamente fue de intensidad 3 (alta). Así como, que el riesgo hacia las personas fue medio y hacia los bienes fue alto.

IMPACTOS



ÁREAS IMPACTADAS



Gases volcánicos



Mecanismo

Los gases, contenidos en el magma, se emiten a elevada temperatura y ascienden en forma de una columna convectiva, hasta llegar a la altura en la que columna y atmósfera tienen la misma temperatura, cesando entonces el ascenso. Esta columna tiene capacidad para arrastrar gran cantidad de piroclastos y materiales sólidos arrancados del conducto. El gas es el causante del mayor o menor grado de explosividad de la erupción. Además de la salida violenta por el cráter durante la erupción, el gas puede escapar por pequeñas fracturas del edificio volcánico y zonas próximas, dando lugar a fumarolas. También puede salir disuelto en el agua de los acuíferos existentes en el área, originando aguas termales y medicinales. Finalmente, algunos gases como el dióxido de carbono (CO₂) pueden escapar por difusión a través del suelo, incluso en áreas muy alejadas del volcán.

Impactos

- Los gases volcánicos que imponen los peligros potenciales más importantes son el dióxido de azufre, el dióxido de carbono y el fluoruro de hidrógeno.
- A nivel local, el CO₂ puede provocar lluvia ácida y contaminación del aire desde un volcán en la dirección del viento.
- Algunos síntomas al inhalar dichos gases pueden ser: tos, flema, rinorrea, dolor y sequedad de garganta, congestión sinusal, sibilancias, y bronquitis. Lógicamente, el efecto es más grave en personas con enfermedades como el asma o la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC).
- Además, según señalan desde la IVHHN "en las zonas cercanas a los volcanes también pueden aumentar los casos de enfermedades cardiovasculares, enfermedades cerebrovasculares y patologías oculares".
- Cuando el magma entra en contacto con el agua salada, provoca una reacción química causada por la diferencia de temperatura que aviva el humo intenso que produce el río de lava y, además, lanza a la atmósfera partículas muy finas de ácido clorhídrico. Éstas, a su vez, pueden irritar la piel o los ojos y causar problemas respiratorios.

*Recordar que la intensidad real de los gases tóxicos en la erupción de La Palma concretamente fue de intensidad 2 (media). Así como, que el riesgo hacia las personas fue medio y hacia los bienes fue nulo.

	IMPACTOS					ÁREAS IMPACTADAS
Intensidad 1						
Intensidad 2						
Intensidad 3						

Terremotos



Mecanismo

Un terremoto es la vibración de la Tierra producida por una rápida liberación de energía. Los más pequeños liberan una energía similar a la de un relámpago, pero los más poderosos podrían igualar al consumo anual de electricidad en Estados Unidos y superan con mucho a las explosiones atómicas más potentes. Los temblores aparecen porque, a medida que se van deformando y doblando algunas partes de esta capa superficial (litosfera), se va almacenando energía elástica, al igual que una goma que se estira cada vez más. Pero cuando estas rocas alcanzan su límite de deformación, se fracturan y liberan esa energía acumulada en forma de vibraciones sísmicas. Así, de forma similar a lo que ocurre cuando se lanza una piedra a un estanque tranquilo y se producen ondas concéntricas, desde el origen se libera energía en todas direcciones. A este origen se le llama foco o hipocentro y desde él se proyecta una línea vertical hacia la superficie para designar el llamado epicentro.

Al año se producen más de 300.000 terremotos, pero por suerte la mayoría son temblores pequeños y que producen pocos daños.

Aunque hay varias medidas para representar la potencia de los terremotos en todo el mundo, una de las más habituales es la magnitud de Richter. Para hacerse una idea del poder de estos movimientos, un terremoto de magnitud 4 libera una energía comparable a la de una explosión de 500 kilogramos de dinamita mientras que la prueba atómica de 1946 en el atolón Bikini liberó una energía comparable a un terremoto de magnitud 6 en la escala de Richter.

Es imposible predecir cuándo ocurrirá un terremoto, por lo que es importante que la población en áreas propensas a terremotos esté siempre lista.

Impactos

- Cuando los terremotos se producen cerca de poblaciones importantes las vibraciones pueden romper las tuberías de gas y provocar incendios muy destructivos, a la vez que las tuberías del agua quedan inservibles.
- Dependiendo de la magnitud del terremoto pueden causar muchos muertos y heridos y extensos daños a los bienes.

*Recordar que la intensidad real de los gases tóxicos en la erupción de La Palma concretamente fue de intensidad 1 (baja). Así como, que el riesgo hacia las personas y los bienes fue medio.

	IMPACTOS	ÁREAS IMPACTADAS
Intensidad 1		
Intensidad 2		
Intensidad 3		

Caída de piroclastos



Mecanismo

Los piroclastos de caída son fragmentos expulsados al aire por un centro eruptivo y que, o bien se depositan siguiendo trayectorias balísticas, o bien son transportados por las columnas eruptivas y el viento, hasta depositarse como una lluvia de material volcánico. Se clasifican en función de su tamaño en: cenizas, lapilli y bombas o bloques.

Donde alcanzan su máxima potencia, los depósitos de piroclastos pueden enterrar completamente la vegetación. Además, la caída de piroclasto puede ir acompañada de flujos piroclásticos y más tarde de lahares. Asimismo, puede ocurrir en cualquier momento, sin embargo, la próxima caída de piroclastos puede detectarse si existe un sistema de monitoreo relevante.

Impactos

- Las partículas de ceniza recién caídas pueden tener capas de ácido que pueden causar irritación de la piel y los ojos
- La exposición prolongada a las cenizas causa problemas respiratorios y daños a los pulmones.
- Esta capa ácida se elimina rápidamente con la lluvia, que luego puede contaminar los suministros de agua locales.
- La ceniza ácida también puede dañar la vegetación, lo que lleva a la mala cosecha.
- La ceniza volcánica también puede dañar maquinaria, incluidos motores y equipos eléctricos.
- El tráfico aéreo se verá afectado.
- La luz del día puede convertirse en oscuridad.
- A largo plazo: los grandes depósitos de ceniza pueden incorporarse a los suelos existentes y convertirse en la futura capa superior del suelo de una región volcánica.
- La lluvia hace que las cenizas sean pesadas y pueden hacer que se derrumben los techos.

*Recordar que la intensidad real de la caída de piroclastos en la erupción de La Palma concretamente fue de intensidad 2 (medio). Así como, que el riesgo hacia las personas fue bajo y hacia los bienes fue alto.

	IMPACTOS					ÁREAS IMPACTADAS
Intensidad 1						
Intensidad 2						
Intensidad 3						

Anexo 4

Ficha del semáforo del volcán

El semáforo de un volcán

El semáforo del volcán permite definir en cada momento como deben actuar los equipos técnicos que intervienen en la gestión de la crisis volcánica, así como las comunicaciones que deben establecerse con los estamentos de la Protección Civil.



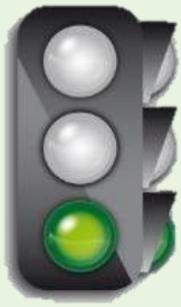
N	Semáforo	Definición	Actuación	Comunicaciones
0	Verde	Estado normal de la actividad	Rutina	Reuniones periódicas de los grupos científicos para análisis de datos y elaboración de boletines/informes anuales
1	Verde	Señales anómalas	Revisión de los instrumentos. Comprobación de los eventos	Consultas entre especialistas implicados
2	Verde	Continúan las señales anómalas	Despliegue instrumentación suplementaria ----- Declaración, si procede, del paso a semáforo amarillo para su comunicación a las autoridades de Protección Civil. Designación de un Portavoz científico único	Reuniones de especialistas y responsables de los grupos científicos para el seguimiento y evaluación de las anomalías
3	Amarillo	Incremento de la anomalía o aparición de otros indicadores	Despliegue instrumentación de crisis. Delimitación geográfica del espacio potencialmente afectado ----- Solicitar la Convocatoria del "Comité de Evaluación y Seguimiento de los fenómenos volcánicos" para declarar, si procediera, el paso a semáforo rojo	Comunicación permanente del Portavoz Científico con la autoridad responsable de Protección Civil Reunión de especialistas y responsables de los grupos científicos para el seguimiento y evaluación de las anomalías
4	Rojo	Aceleración de la actividad y/o evidencia de presencia de magma	Se espera el inicio de una erupción	Comunicaciones en el marco del "Comité de Evaluación y Seguimiento..." ampliado en su caso con otros especialistas
5	Rojo	Erupción	Seguimiento del proceso eruptivo	Ruedas de Prensa diarias del Portavoz Científico y los especialistas que se designen

NOTA: Los niveles 0, 1 y 2 pertenecen únicamente al ámbito científico. Aunque la comunicación oficial a Protección Civil se produce al pasar del nivel 2 al 3, conviene realizar una comunicación personal al equipo técnico de Protección Civil cuando se alcanza el nivel 2.

Diagrama ilustrativo de los estudios y procesos que deben llevarse a cabo tanto en periodos pre-eruptivos, como durante una crisis volcánica para una correcta mitigación de sus efectos (modificado de Tilling, 1993)

En la actualidad, la vigilancia de volcanes se hace midiendo instrumentalmente la actividad sísmica, deformación, emisión de gases y temperaturas anómalas, complementado con la información obtenida a través de la observación directa por el hombre.





Semáforo verde

Normalidad

Una persona puede disminuir los riesgos a que están expuestos ella y su familia, aprendiendo qué hacer en caso de erupción volcánica. Esta preparación hay que hacerla mientras el volcán está en reposo e implica dos aspectos:

- Preparación psicológica (saber qué hacer y cómo afrontar psicológicamente).
- Preparación material (planes, equipos y provisiones)

¿Cómo actuar?

Conocer el territorio en donde se vive

Las erupciones pueden producir caída de piroclastos; los de mayor tamaño caen relativamente cerca del centro emisor (bombas volcánicas), los más pequeños pueden caer a varios kilómetros y producir daños en las personas, techos y cristales de las viviendas.

Debemos asegurar todos aquellos muebles y enseres susceptibles de caer ya que los sismos en un área volcánica pueden producir caída de objetos y pequeños daños en las viviendas



La caída de ceniza puede afectar a zonas muy alejadas. Aun así, estas zonas pueden seguir desarrollando su vida normal, con el semáforo en verde.



Se recomienda no salir de casa innecesariamente y lavar con agua potable todos los alimentos. Si necesita conducir debe tener en cuenta que la ceniza puede disminuir la visibilidad y hacer que la carretera esté extremadamente resbaladiza.

La ceniza es muy abrasiva, por lo que debe cambiar frecuentemente los filtros de los motores de los vehículos y proteger la vivienda sellando ranuras de puertas y ventanas. También pesa mucho pudiendo provocar hundimiento de los techos u obstruyendo desagües por ello, debe retirarla frecuentemente.



Es conveniente el uso de mascarillas ya que las cenizas pueden llevar gases peligrosos como el flúor.

Debe asistir a las reuniones informativas que organicen las Autoridades de su localidad.

Conocer los peligros volcánicos a los que se está expuestos.



Debe conocer la red de comunicaciones del entorno en el que reside, y los tiempos de recorrido hasta el punto de reunión para una evacuación, que le hayan asignado en el Plan de Emergencia de su localidad.

Debe saber si existen instituciones de emergencia (cruz roja, bomberos, centros médicos, etc.) y donde están localizadas.



Debe tener identificados aquellos elementos que, combinados con la actividad del volcán, puedan convertirse en peligrosos (depósitos de combustible, de gas, líneas de alta tensión, etc.).

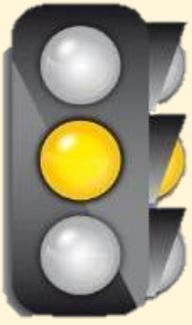


Si observa cualquier cambio (ruido, gases, cenizas, cambio en el nivel de agua de los pozos, pequeños temblores del suelo, etc.), debe comunicarlo a las autoridades.



Debe conocer el plan de emergencia establecido por las autoridades.





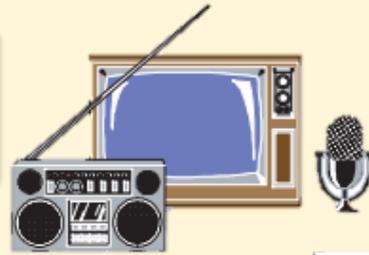
Semáforo amarillo

Alerta

El semáforo en amarillo indica la posibilidad de que el volcán pueda afectarnos y significa que debemos estar alerta y pendientes de lo que digan las Autoridades a través de los conductos establecidos y, sobre todo, seguir las indicaciones que den.

¿Cómo actuar?

Continuar con las actividades normales, manteniéndose permanentemente informado.



No se deje llevar por falsos rumores de personas no autorizadas.

No debe olvidarse que el comportamiento de los animales de compañía se puede volver agresivo o defensivo. Si por motivos de la catástrofe hay que evacuar y alojarse en un albergue, no está permitido, como norma general, la entrada de animales por lo que hay que dejarles una ración de reserva de comida y agua para varios días.

Si en la familia hay ancianos, enfermos, minusválidos, embarazadas o con cualquier otro problema de movilidad o de salud, debe comunicarlo inmediatamente a las autoridades que gestionen el Plan de Emergencia Local.



Si posee ganado o cualquier tipo de animales, debe consultar con las Autoridades o Protección Civil que hacer con ellos en caso de evacuación.



Si el Plan de Emergencia Local contempla la evacuación del área en la que vive y usted puede alojarse con algún familiar o en una segunda residencia, debe informar a las autoridades.



Renovar la serie de artículos básicos que servirán en el caso de que la situación de emergencia altere sus condiciones normales de vida: botiquín de primeros auxilios junto a las medicinas que de forma habitual tome algún miembro de la familia, comida y agua de reserva, receptor de radio, linterna, velas, pilas de recambio, mechero y cerillas, abrelatas, artículos de higiene, agenda con los teléfonos de contacto y servicios de emergencias.





Semáforo rojo

Alarma

Es la evacuación inmediata y urgente porque se considera indispensable para proteger su vida y la de su familia. Siga entonces sus instrucciones y mantenga la calma. Recuerde la norma fundamental: no corra, no grite, no empuje.

¿Cómo actuar?

Conservar la calma, reunir a la familia, ponerles la identificación a los más pequeños.



Si de acuerdo con el Plan de Emergencia Local debe evacuar por sus propios medios, no dude en hacerlo y diríjase al refugio temporal que le hayan asignado.

Al evacuar, debe cuidar que puertas y ventanas queden cerradas y señalar que se trata de un domicilio evacuado (cuando no queda nadie en su interior), siguiendo las indicaciones del Plan de Emergencia Local.



No se deje llevar por falsos rumores de personas no autorizadas.

Si requiere atención médica, contacte el personal sanitario que actúa integrado con los equipos de emergencia.



Ir inmediatamente a los centros de reunión, llevando sólo lo indispensable. Si no puede localizar el centro de reunión o no se presenta el medio de transporte para evacuar, aléjese del volcán, evitando circular por barrancos y vaguadas hasta un lugar seguro.

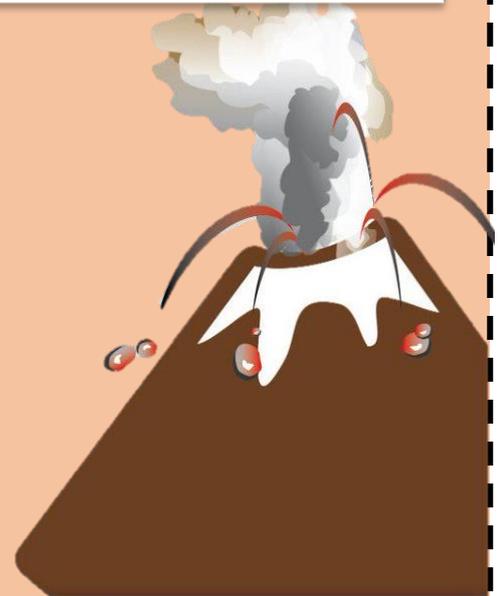


Hay que tener en cuenta que una erupción volcánica no es un espectáculo exento de riesgos, incluso las erupciones más tranquilas pueden desencadenar fenómenos capaces de ocasionar muertes a kilómetros de distancia.



Recuerde que las líneas telefónicas pueden estar saturadas o fuera de servicio y en cualquier caso conviene dejarlas libres para las llamadas de emergencia. No utilice el teléfono si no es estrictamente necesario y no confíe en la telefonía móvil porque es muy vulnerable a los peligros volcánicos.

Si ha sido evacuado, no trate de volver a su residencia habitual antes de que las autoridades lo permitan. Recuerde que la actividad volcánica puede durar mucho tiempo y presentar diferentes fases eruptivas de manera inesperada, por lo que las evacuaciones pueden repetirse o prolongarse durante cierto tiempo.



Anexo 5

Ficha de trabajo para la sesión 2. Ejemplo teórico de lo que podría responder el alumnado.

VEO ¿Qué es lo que observas?	PIENSO ¿Qué es lo que piensas?	ME PREGUNTO ¿Qué te preguntas?
Una columna de humo	Que ha habido una erupción volcánica	Si es algo que se hubiese podido prevenir
El Teide	Que es muy impresionante	Si entrará en erupción alguna vez
Una casa enterrada en ceniza	Que debió ser una gran erupción por la cantidad de cenizas	Si habrá muerto alguien

Anexo 6

Rubrica para evaluar la intervención en Hazagora

	10-8,5	8,5-6,5	5-6,5	4-0
Participación	Participa más de 3 veces	Participa 2 o 3 veces	Participa 1 vez	No participa
Argumentación	Un 75% de las intervenciones se basan en conocimientos científicos, hechos históricos o experiencias personales	La mitad de las intervenciones se basan en conocimientos científicos, hechos históricos o experiencias personales etc.	Las intervenciones se basan en conocimientos incorrectos o falacia	Las intervenciones no tienen sentido y se utilizan argumentos del estilo: "porque yo lo digo", "es así porque lo dice X", etc.
Calidad de las intervenciones	Las intervenciones son claras, precisas y no excesivamente largas.	Las intervenciones son claras, cortas, pero algunas no entendibles.	Las intervenciones son claras, pero demasiado largas y poco entendible.	Las intervenciones son poco claras y no están relacionadas con el tema del debate.
Respeto	No interrumpe a sus compañeros, los escucha y respeta sus opiniones.	En alguna de sus intervenciones ha interrumpido a sus compañeros. Respeta las opiniones de los demás, pero no escucha del todo.	En muchas ocasiones interrumpe a sus compañeros y pocas veces respeta sus opiniones o escucha.	No escucha, ni respeta a sus compañeros. No deja acabar ninguna intervención.
Valoración de los riesgos geológicos	Reconoce la importancia de conocer los distintos riesgos geológicos y los explican con detalle.	Reconoce la importancia de conocer los distintos riesgos geológicos. Pero los explican de forma superficial.	Sólo reconoce la importancia de conocer el riesgo de algunos riesgos geológicos. Dan explicaciones escuetas y poco claras.	No reconoce la importancia de conocer los distintos riesgos geológicos. No saben explicarlos.
	Valora la importancia de	Valora la importancia de	Valora la importancia de	No valora la importancia de

Valoración de las medidas de prevención de riesgo	conocer las medidas preventivas ante los distintos riesgos geológicos y las describen con fluidez.	conocer las medidas preventivas ante los distintos riesgos geológicos, pero conocen solo alguna de las medidas.	conocer las medidas preventivas ante los distintos riesgos geológicos, pero no las conocen	conocer las medidas preventivas ante los distintos riesgos geológicos ni las conocen.
Comunidad resiliente	Comprendió la importancia de crear una comunidad resiliente y conoce varias estrategias para ello de forma detallada.	Comprendió la importancia de crear una comunidad resiliente y conoce algunas estrategias para ello, pero de forma superficial.	Comprendió la importancia de crear una comunidad resiliente pero no sabe cómo.	No entendió la importancia de crear una comunidad resiliente.

Anexo 7

Rúbrica para evaluar las presentaciones

	10-8,5	8,5-6,5	6,5-5	0-4
Contenido	Se nota un buen dominio del tema, no comete errores, no duda.	Demuestra un buen entendimiento de partes del tema. Exposición fluida, comete pocos errores.	Tiene que hacer algunas rectificaciones, y en ocasiones duda.	Rectifica continuamente. El contenido es mínimo, no muestra un conocimiento del tema.
Organización de la información	La información está bien organizada, de forma clara y lógica.	La mayor parte de la información se organiza de forma clara y lógica, aunque de vez en cuando alguna diapositiva está fuera de lugar.	No existe un plan claro para organizar la información, cierta dispersión.	La información aparece dispersa y poco organizada.
Exposición	Atrae la atención del público y mantiene el interés durante toda la exposición.	Interesa bastante en principio, pero se hace un poco monótono.	Le cuesta conseguir o mantener el interés del público.	Apenas usa recursos para mantener la atención del público.
Expresión oral	Habla claramente durante toda la presentación. Su pronunciación es correcta. Su tono de voz es adecuado.	Habla claramente durante la mayor parte de la presentación. Su pronunciación es aceptable, pero en ocasiones realiza pausas innecesarias. Su tono de voz es adecuado.	Algunas veces habla claramente durante la presentación. Su pronunciación es correcta, pero recurre frecuentemente al uso de pausas innecesarias. Su tono de voz no es	Durante la mayor parte de la presentación no habla claramente. Su pronunciación es pobre, hace muchas pausas y usa muletillas. Su tono de voz

			el adecuado.	no es adecuado para mantener el interés de la audiencia.
Tiempo	Tiempo ajustado al previsto, con un final que retoma las ideas principales y redondea la exposición.	Tiempo ajustado al previsto, pero con un final precipitado o alargado por falta de control del tiempo.	Tiempo no ajustado. Exposición excesivamente corta.	Excesivamente largo o insuficiente para desarrollar correctamente el tema
Soporte	La exposición se acompaña de soportes visuales especialmente atractivos y de mucha calidad (imágenes, videos...)	Soportes visuales adecuados e interesantes (imágenes, videos...)	Soportes visuales adecuados, pero poco interesantes (imágenes, videos...)	Soportes visuales inadecuados.
Trabajo en equipo	La exposición muestra planificación y trabajo de equipo en el que todos han colaborado. Todos exponen y participan activamente.	Todos los miembros demuestran conocer la presentación global. Todos exponen, aunque hay alguna variación en la participación de los diferentes alumnos.	La exposición muestra cierta planificación entre los miembros. Todos participan, pero no al mismo nivel	Demasiado individualista. No se ve colaboración. No todos los miembros del equipo exponen

Anexo 8

Cuestionario final de Autoevaluación

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACIÓN				
1; Nada 2; Un poco 3; Bastante 4; Mucho	1	2	3	4
He trabajado en equipo y de manera cooperativa				
He participado durante el juego				
He participado en el debate final				
He estado motivado				
He aprendido cosas nuevas y útiles				
He respetado a mis compañeros				
Me he forzado lo suficiente				
Me he dado cuenta la importancia de conocer los riesgos geológicos				
Sabría cómo actuar ante una erupción volcánica				
Preguntas de respuestas libres				
1. ¿Qué es lo que más te ha gustado?				

2. ¿Qué es lo que menos te ha gustado?

3. ¿Qué mejorarías de esta actividad?

4. ¿Qué es lo más importante que has aprendido hoy?