

El juego de la cadena alimentaria: una estrategia activa para comprender la dinámica de los ecosistemas

Isaac Corbacho-Cuello 

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas, Facultad de Educación y Psicología, Universidad de Extremadura. Badajoz. España.

icorbacho@unex.es

Míriam A. Hernández-Barco 

Departamento de Física y Matemáticas, Facultad de Educación. Universidad de Alcalá. Guadalajara. España. miriamandrea.hernand@uah.es

Aurora Muñoz-Losa 

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas, Facultad de Educación y Psicología, Universidad de Extremadura. Badajoz. España.

auroraml@unex.es

[Recibido: 27 junio 2023, Revisado: 19 agosto 2024, Aprobado: 29 octubre 2024]

Resumen: En este artículo se ofrece una actividad dinámica basada en el juego y en el contacto con la naturaleza como recurso didáctico para la enseñanza de la ecología, implementada durante la formación inicial de maestros. Se han recogido datos sobre el dominio afectivo y cognitivo y se ha comprobado que, tras la intervención, los docentes en formación reportan mejoras significativas tanto en la comprensión sobre conceptos relacionados con la ecología (cadenas tróficas, población, comunidad) como en su componente emocional ante el aprendizaje de las Ciencias Naturales. Los participantes evaluaron positivamente el uso de la metodología implementada (Aprendizaje Basado en Juegos), resaltando aspectos motivacionales, didácticos y de transferencia para su futura labor docente.

Palabras clave: Aprendizaje Basado en Juegos; Cadena alimentaria; Ecología; Educación científica; Formación docente inicial; Metodologías activas.

The food chain game: an active strategy for understanding the dynamics of ecosystems

Abstract: This article offers as a didactic resource for teaching ecology a dynamic activity based on a game and in contact with nature, implemented during initial teacher training. Data were collected on the affective and cognitive domains and it was found that, after intervention, teachers in training reported significant improvements both in their understanding of concepts related to ecology (food chains, population, community) and in their emotional component in the learning of natural sciences. The participants positively evaluated the use of the implemented methodology (Game-Based Learning), highlighting motivational, didactic and transference aspects for their future teaching work.

Keywords: Active methodologies; Ecology; Food chain; Game-based learning; Initial Teacher Training; Science education.

Para citar este artículo: Corbacho-Cuello I., Hernández-Barco M. A., y Muñoz-Losa A. (2024) El juego de la cadena alimentaria: una estrategia activa para comprender la dinámica de los ecosistemas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 21(3), 3208. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i3.3208

Introducción

El juego y su potencial en la enseñanza de las ciencias naturales

Los juegos pueden ser una excelente herramienta para aprender Ciencias Naturales ya que, si se eligen los juegos adecuados y se utilizan como complemento a otras metodologías, pueden ser una forma efectiva y entretenida de aprender sobre conceptos científicos, experimentando con diferentes situaciones e ideas de una manera práctica (Cornellà et al., 2020). Así mismo, diversos estudios han demostrado que el uso de juegos en el aprendizaje puede incrementar el nivel de participación de los estudiantes, mejorar su motivación y, al mismo tiempo, hacer que disfruten del proceso de aprendizaje. Esto se debe a que los juegos ofrecen una experiencia interactiva y dinámica que fomenta la participación activa, lo que contribuye a un aprendizaje más significativo (Cornellà et al., 2020; Spiegel et al., 2008). Además, la integración de elementos lúdicos en la enseñanza ha demostrado ser efectiva para incrementar el interés por el contenido y promover la curiosidad, la creatividad y el compromiso con la tarea (Huang et al., 2010; Takatalo et al., 2010). Según diversos estudios realizados en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Naturales, se ha comprobado que los juegos son beneficiosos para fomentar el pensamiento crítico, la creatividad, la colaboración entre estudiantes el espíritu investigativo y el interés por descubrir lo desconocido (Sebastián, 2013; Melo y Hernández, 2014; Rodríguez-Oroz et al., 2019; González-Robles y Vázquez-Vilches, 2022). Estos factores son esenciales para estimular la formulación de preguntas y generar un aprendizaje más significativo.

Aprender Ciencias Naturales implica el desarrollo de competencias científicas por parte de los estudiantes con el fin de comprender la realidad y tomar decisiones informadas frente a las acciones humanas, y para lograrlo es necesario adoptar, entre otros, un enfoque activo e investigativo (Rojas, 2017). El pensamiento científico se fomenta convenientemente mediante el uso de entornos creativos, reflexivos e innovadores que ayuden a los estudiantes a comprender la realidad que les rodea (Amat y Martí, 2017, Chamizo y Pérez, 2017). Por otro lado, Galfrascoli et al. (2017) afirman que el trabajo colaborativo es una estrategia didáctica efectiva para enseñar Ciencias Naturales siempre y cuando se seleccione cuidadosamente los contenidos, las actividades y la organización del grupo; por ejemplo, la colaboración en grupos heterogéneos puede generar intercambios enriquecedores para los estudiantes. Un juego didáctico como el que se describe y analiza en este trabajo es una buena forma de aunar todos estos aspectos.

En el caso concreto de los docentes de Primaria en formación, el uso de juegos ha demostrado ser una estrategia efectiva para desarrollar competencias tanto pedagógicas como científicas. Investigaciones previas han señalado que el Aprendizaje Basado en Juegos no solo aumenta la motivación y el interés de los futuros docentes por la enseñanza de las Ciencias Naturales, sino que también mejora su comprensión de conceptos científicos complejos y su capacidad para aplicarlos en contextos educativos reales (Melo y Hernández, 2014; Liévano y Leclercq, 2013). Además, el juego permite a los docentes en formación experimentar de manera activa metodologías que posteriormente podrán transferir a su práctica docente, lo que contribuye a la creación de entornos de aprendizaje dinámicos y participativos (Savi et al., 2010; Spiegel et al., 2008).

El uso de juegos en la formación inicial de maestros fomenta el desarrollo de habilidades como la colaboración, la resolución de problemas y la creatividad, todas esenciales para la enseñanza eficaz de las Ciencias Naturales (Rodríguez-Oroz et al., 2019). Asimismo, se ha observado que la implementación de juegos promueve la integración de competencias

emocionales en los docentes, mejorando su confianza y predisposición hacia la enseñanza de contenidos científicos, lo que es crucial para fomentar un ambiente de aprendizaje positivo en sus futuras aulas (Dávila-Acedo et al., 2015).

Los juegos en las Ciencias Naturales: dimensiones afectiva y cognitiva

En las últimas décadas se han elaborado todo tipo de actividades didácticas basadas en el juego, lo que ha generado un gran número de investigaciones que analizan la influencia del juego como recurso didáctico en el desarrollo cognitivo, afectivo y comunicativo de los estudiantes en diferentes disciplinas y etapas educativas (Melo y Hernández, 2014). Con respecto a la dimensión emocional del estudiante (interés, actitud, emociones o motivación), es importante recordar que está íntimamente unida con los resultados de aprendizaje (Mellado et al., 2014), por lo que el uso de actividades motivadoras puede ayudar a un aprendizaje más efectivo. La implementación de juegos en la enseñanza permite al estudiante convertirse en el protagonista activo de su propio proceso de aprendizaje. A diferencia de los enfoques tradicionales basados en modelos expositivos, el uso de metodologías activas como el Aprendizaje Basado en Juegos fomenta significativamente la creatividad, la curiosidad y el compromiso emocional y cognitivo de los estudiantes. Según investigaciones previas, los juegos didácticos pueden promover la creatividad y la curiosidad al permitir que los estudiantes exploren conceptos científicos de forma activa e interactiva, enfrentándose a desafíos que requieren pensamiento crítico y resolución de problemas (Melo y Hernández, 2014). Adicionalmente, estudios han demostrado que la participación en juegos no solo incrementa el compromiso emocional y cognitivo, sino que también ofrece una sensación de logro a los participantes, lo que a su vez mejora la adquisición de conocimientos y habilidades en el ámbito educativo (Melo, 2017; Liévano y Leclercq, 2013).

Los juegos han demostrado ser una estrategia eficaz para enseñar una amplia variedad de contenidos en disciplinas como la biología (Campos et al., 2003; Spiegel et al., 2008; Melo y Hernández, 2014; Melo, 2017) y la ecología (González-Robles y Vázquez-Vilchez, 2022; González-Meléndez et al., 2022). Además de facilitar la adquisición de conocimientos, los juegos permiten a los estudiantes establecer conexiones con su entorno, lo cual es esencial en la enseñanza de ciencias experimentales como la biología. Establecer vínculos entre los contenidos y la vida diaria de los estudiantes puede ayudar a introducir las interacciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad, resultando altamente motivador. Aunque los juegos no son la única estrategia, y no se ha demostrado que sean la mejor, pueden ser una opción útil para crear sesiones de enseñanza alternativas a los métodos tradicionales (Andreu y García, 2000) y para fomentar un aprendizaje diferente (Melo, 2017). El uso de juegos proporciona una oportunidad para que la comunidad educativa adapte los contenidos curriculares y adopte un enfoque multidisciplinar contextualizado en un ambiente real que mejore las experiencias de aprendizaje (Girón-Gambero y Franco-Mariscal, 2023).

El uso de juegos educativos en la formación inicial de docentes no solo tiene un impacto positivo en el aprendizaje de conceptos científicos, sino que también genera una serie de emociones que influyen en la actitud y el compromiso de los maestros en formación hacia la enseñanza. Diversas investigaciones han mostrado que los juegos provocan emociones positivas como la diversión, el entusiasmo y la curiosidad, lo que mejora la disposición de los futuros docentes a utilizar estas estrategias en sus aulas (Borrachero et al., 2014; Dávila-Acedo et al., 2015). Estas emociones positivas son clave para fortalecer la motivación intrínseca y el compromiso emocional con el proceso de enseñanza-aprendizaje, lo que se traduce en una mayor disposición a innovar y aplicar enfoques

activos en sus prácticas docentes (Crawford et al., 2021; Borrachero et al., 2014). Por otro lado, el uso de juegos también ayuda a reducir emociones negativas, como el nerviosismo o la ansiedad, que a menudo están presentes cuando los maestros en formación se enfrentan a la enseñanza de temas complejos, como los de Ciencias Naturales. Según Dávila-Acedo et al. (2015), las emociones positivas experimentadas durante las actividades lúdicas, como el sentido de logro y la satisfacción, contribuyen a mejorar la confianza y autoeficacia de los futuros docentes. Esto es especialmente importante en la formación de maestros, ya que un ambiente emocionalmente positivo favorece tanto el aprendizaje de los propios futuros docentes como la creación de un entorno de enseñanza favorable para sus futuros alumnos (Borrachero et al., 2014; Zembylas, 2005). Además, los juegos proporcionan oportunidades para que los maestros en formación experimenten emociones relacionadas con la resolución de problemas, la colaboración y la interacción social, todas esenciales para su desarrollo profesional. Las emociones emergen como una parte integral del proceso de aprendizaje y, en el caso de los juegos, están ligadas a la mejora en la percepción de competencia y a una mayor disposición para enfrentar retos educativos (Mellado et al., 2014; Sutton y Wheatley, 2003).

En el caso que se describe en este trabajo, se optó por un juego al aire libre en lugar de un juego de mesa o interior, ya que el movimiento y los sentidos activados en el juego pueden hacer que el aprendizaje sea más profundo, que la experiencia sea más emocionante y, por otro lado, un juego sobre la naturaleza es más realista cuando se desarrolla en el entorno natural (Nynäshamns Natuskola, 2011).

Las cadenas tróficas y su importancia en el aprendizaje sobre ecosistemas

Bravo-Torija y Jiménez (2013) describen algunas de las dificultades a las que se enfrentan los docentes cuando tienen que enseñar ecología, destacando que es un área que engloba numerosos conceptos ambientales y requiere de un abordaje holístico; es preciso un enfoque interdisciplinar que permita a los estudiantes interrelacionar las distintas variables que entran en juego.

Las *cadenas tróficas* son uno de los conceptos fundamentales en ecología, ya que permiten entender cómo fluye la energía y los nutrientes a través de los ecosistemas. En esencia, una cadena trófica es una representación gráfica de las relaciones alimentarias entre los organismos de un ecosistema, desde los productores hasta los consumidores finales (Begon et al., 1999). En Educación Primaria, estas secuencias lineales de transferencia de energía y nutrientes son el primer paso para comprender qué son las *redes tróficas*, representaciones más complejas y completas de las interacciones alimentarias en un ecosistema. Además de ayudar a comprender cómo fluye la energía y los nutrientes a través de los ecosistemas, las cadenas tróficas también permiten entender cómo los cambios en un nivel trófico pueden afectar a todo el ecosistema y particularmente cómo la actividad humana afecta a los ecosistemas (Molles, 2006).

La importancia de conocer las redes tróficas no sólo radica en proporcionar una base sólida para la comprensión de la biología y la ecología, sino también en la comprensión de la interconexión entre los seres vivos y su entorno. Al aprender sobre redes tróficas, el alumnado puede entender cómo los seres vivos dependen unos de otros para sobrevivir y cómo están interconectados con su entorno. Esta comprensión contribuye a formar un sentido de responsabilidad y cuidado hacia el medio ambiente (Sauvé, 2010). Al aprender sobre cadenas y redes tróficas, el alumnado puede desarrollar habilidades de pensamiento crítico al analizar cómo los seres vivos interactúan entre sí y cómo las perturbaciones en una cadena trófica pueden afectar a todo el ecosistema. Así se puede conseguir acercar a

los alumnos a la toma de decisiones informadas sobre cómo proteger y conservar los ecosistemas (Saribas et al., 2017). Aquellos que comprendan estas relaciones estarán mejor preparados para abordar los desafíos ambientales a los que se enfrentarán en el futuro y para tomar medidas para proteger y conservar el medio ambiente (Fernández y Casal, 1995).

El juego que se presenta y analiza en este trabajo gira en torno al concepto de cadena trófica el cual, tal y como ocurre con el resto de conceptos claves de ecología, se presta a ideas previas erróneas entre los estudiantes. Según Fernández y Casal (1995) entre estos conceptos erróneos destacan (a) creer que los componentes forman una unión indisoluble como si de una cadena real se tratara; (b) identificar eslabón de la cadena alimentaria con individuo y no con población y (c) seguir un modelo antropocéntrico en el que, si desaparece un tipo de presa, el depredador puede cambiar de dieta sin problemas.

Lamentablemente, la enseñanza de las relaciones ecológicas como conceptos cerrados y estáticos es habitual en la escuela tradicional, mientras que es necesario incidir en su carácter dinámico y cambiante (García, 2003). Al revisar la bibliografía se puede comprobar que son escasos los ejemplos de juegos que incidan en el concepto de cadena trófica, entre los que destacan las propuestas *Outdoor Biology Instructional Strategies* (Lawrence Hall of Science, 1978) y, más reciente, el caso de *Ecological Outdoor Games* (Nynäshamns Naturskola, 2011). Por ello, partiendo de estas dos propuestas se ha desarrollado, implementado y analizado una metodología activa y participativa en forma de juego para trabajar la dinámica de las cadenas tróficas, con el propósito de que los alumnos mejoren la comprensión e interioricen el dinamismo intrínseco del funcionamiento de las cadenas tróficas en los ecosistemas.

Metodología

Muestra

El presente estudio de investigación se llevó a cabo en la Universidad de Extremadura (Badajoz, España) con 114 estudiantes del Grado de Educación Primaria (82 % mujeres, edad media = 21 años). La muestra se eligió intencionadamente entre estudiantes de cuarto curso matriculados en la asignatura Conocimiento del Medio Natural en Educación Primaria, en los cursos 2019/20 y 2020/21. En cuanto a sus estudios de procedencia, alrededor del 61 % de la muestra había cursado un Bachillerato de Humanidades, Ciencias Sociales, o Artes (HCSA), el 21 % un Bachillerato de Ciencia y Tecnología (CT) y el 8 % restante procedía de otras modalidades. Esta muestra fue elegida por conveniencia, no aleatoria, entre la población de futuros maestros de Educación Primaria que respondieron voluntariamente a un cuestionario sobre sus emociones hacia las ciencias y la actividad, y conocimientos científicos. Se obtuvo el consentimiento informado por escrito de los participantes y el estudio siguió todas las directrices marcadas por la Comisión de Bioética y Bioseguridad de la Universidad de Extremadura. Los investigadores estuvieron siempre presentes durante la aplicación de la encuesta.

Diseño del instrumento y recogida de datos

Para evaluar el impacto de la intervención didáctica y valorar la actividad propuesta, se utilizaron dos instrumentos diferenciados: un pre-test/post-test y un cuestionario de valoración de la actividad. El pre-test/post-test fue diseñado para analizar el impacto de la intervención didáctica sobre el conocimiento de los estudiantes en formación, así como sobre sus emociones y uso de recursos docentes (ver Anexos I y II). Aparte de la

recopilación de datos sociodemográficos, el pre-test/post-test recogía: (a) Emociones: emociones sentidas antes y durante la actividad, mediante un cuestionario validado previamente por Hernández-Barco et al. (2021) para recoger emociones positivas y negativas relacionadas con la enseñanza de las Ciencias Naturales. (b) Conocimiento: preguntas relacionadas con el contenido de ecología y cadenas tróficas de la actividad, con seis ítems para evaluar conceptos clave. (c) Uso de recursos docentes: se evaluó la disposición de los estudiantes a usar diferentes recursos en la enseñanza de la ecología en el aula. La pregunta de pre-test fue "*Si tuvieras que explicar los ecosistemas, ¿qué recursos docentes utilizarías?*" y en el post-test, esta misma pregunta se repitió para observar cambios.

Por otro lado, el cuestionario de valoración de la actividad constaba de 22 ítems, puntuados mediante una escala Likert de 5 puntos, extraídos y adaptados de cuestionarios validados por Savi et al. (2010) y de Carvalho et al. (2018), para evaluar la implementación de la actividad en tres dimensiones: (a) Motivación: ítems relacionados con el nivel de atención, relevancia y satisfacción experimentados durante la actividad; (b) Experiencia de juego: ítems que evaluaban la inmersión, el reto y la diversión percibidos; y (c) Conocimiento: ítems que medían la percepción de los participantes sobre la capacidad de recordar y aplicar los conceptos trabajados. Además de los 22 ítems de la escala Likert, el cuestionario incluía una pregunta abierta reflexiva sobre el impacto de la actividad en el aprendizaje: "*¿Crees que los alumnos de Educación Primaria podrían aprender mejor utilizando esta actividad? ¿Por qué?*".

Ambos cuestionarios, pre y post-test, fueron validados por cinco expertos en Didáctica de las Ciencias Experimentales, que leyeron, corrigieron y sugirieron mejoras que fueron incorporadas. Tras preparar los cuestionarios y seleccionar la muestra, se entregó el pre-test a todos los participantes en formato electrónico (Google Forms) y se les pidió que lo cumplimentaran voluntariamente antes de la actividad. Al terminar ésta, se les pidió que cumplimentasen el post-test. Una vez recogidos los datos, se procesaron y analizaron estadísticamente.

Descripción de la actividad

El juego presentado en este estudio es una actividad de diseño propio que toma inspiración de dos propuestas educativas anteriores: *Outdoor Biology Instructional Strategies* (Lawrence Hall of Science, 1978) y *Ecological Outdoor Games* (Nynäshamns Naturskola, 2011). La actividad que se describe en el presente trabajo es una adaptación que fusiona y modifica elementos de ambos juegos para ajustarse a los objetivos pedagógicos específicos del contexto docente en que se desarrolla la actividad. Se trata, por lo tanto, de una metodología única que incluye la incorporación de nuevas reglas, roles y dinámicas, enfocada en la enseñanza de las cadenas tróficas en un contexto formativo para futuros docentes. Este es el primer estudio en el que se implementa este juego específico con estudiantes del Grado en Educación Primaria. La actividad fue diseñada, aplicada y evaluada por los autores de este trabajo durante los cursos 2019/20 y 2020/21, y puede considerarse un estudio piloto para analizar su efectividad en la enseñanza de conceptos ecológicos. La intención de esta investigación es ofrecer una metodología didáctica innovadora, ajustada a las necesidades de la formación inicial de maestros y basada en la adaptación de juegos previos con fines educativos.

En base a ello, la actividad propuesta tiene como objetivo principal incidir en la comprensión de la dinámica de las cadenas tróficas y cómo se transfieren los nutrientes y la energía a lo largo de ellas mediante una metodología de aprendizaje basado en el juego.

La actividad tiene una duración de entre una y dos horas, según el número de rondas que se lleven a cabo, que variará dependiendo del tiempo que tarden en comprender los factores que afectan a la dinámica de la cadena alimentaria y tomen las medidas oportunas.

La dinámica de la actividad es muy sencilla:

- Contextualización inicial: se explica a los participantes que van a representar una cadena alimentaria formada por cuatro eslabones: hierba (productores) > saltamontes (consumidores primarios, herbívoros) > ranas (consumidores secundarios, carnívoros) > halcones (consumidores secundarios, carnívoros). Otras alternativas pueden ser maíz > ratón > serpiente > halcón; o incluso plancton > anchoa > salmón > león marino (si se quiere representar un ecosistema acuático).
- Delimitación del espacio: se establece el terreno inicial de juego, delimitándose un espacio que será el *biotopo* del *ecosistema* donde se desarrolla la cadena alimentaria y del cual no pueden salir los participantes. En este estudio se ha usado un espacio al aire libre con vegetación de 30 x 15 m (450 m²), aunque tamaños menores o mayores pueden ser perfectamente válidos.
- Asignación de roles iniciales: se reparten por el suelo las *plantas* de la cadena alimentaria, representadas por palomitas de maíz. Dos bolsas de palomitas de maíz para microondas son suficientes para 450 m². Los demás eslabones, representados por los participantes, se diferencian mediante cintas de colores: los estudiantes que representen a los saltamontes llevan una cinta verde en la cabeza, los que representen a las ranas una cinta amarilla y los que representan a los halcones una cinta roja. En la primera ronda, se reparten los estudiantes por igual entre saltamontes, ranas y halcones. En este trabajo la actividad se llevó a cabo con grupos de 25 participantes de media, aunque puede realizarse con grupos menores siempre que haya al menos unos 15 participantes.
- Establecimiento de las reglas de juego: se explica que las palomitas representan las *plantas* que comen los *saltamontes*. Cuando los saltamontes *comen plantas*, lo que hacen es coger palomitas y guardarlas en sus *estómagos* (bolsas zip de 20 x 20 cm que serán entregadas a cada participante). Cuando se inicie la ronda, los *saltamontes* empezarán a comer *plantas* depositándolas en sus *estómagos*. Al mismo tiempo, los estudiantes que representen las ranas deben comer saltamontes, es decir, deben atrapar a sus compañeros al estilo pilla-pilla. Una vez *comido* un saltamontes, las palomitas de su *estómago* se transfieren al estómago de la *rana*, y el animal *comido* (muerto) debe abandonar la zona de juego. La misma dinámica se sigue con los halcones, esto es, cada vez que se *comen* una rana, las palomitas de su *estómago* se transfieren al *estómago* del halcón, y la rana *comida* debe salir del terreno de juego. Es importante recalcar que, durante el juego, los saltamontes sólo se alimentan de plantas, las ranas sólo se alimentan de saltamontes y que los halcones sólo se alimentan de ranas.
- Jugando las rondas (Figura 1): se explica que el juego se compone de una serie de rondas de 5 minutos máximo en las que los animales deben comer lo suficiente para sobrevivir, al tiempo que deben evitar ser comidos por sus depredadores. En el caso de que todos los animales de una de las especies sean comidos antes de 5 minutos, se dará por terminada anticipadamente la ronda. Se hará hincapié en que el objetivo del juego es que, al finalizar la ronda, la cadena alimentaria esté *equilibrada*, es decir, que siga habiendo animales vivos de cada tipo. Para ello, al final de cada

ronda se contarán todos los animales supervivientes y se anotarán los números (se aconseja tener un soporte físico como una pizarra que facilite la anotación de las variables que se cambian en cada ronda y los resultados que se van obteniendo). Para que un animal sobreviva deben cumplirse dos condiciones: que el animal haya evitado ser comido y que tenga suficiente comida en el estómago para mantenerse con vida. En el caso de los saltamontes será necesario tener al menos 1/3 de la bolsa llena de palomitas. Las ranas deberán tener al menos 2/3 de la bolsa llena y, por último, los halcones deberán tener la bolsa completamente llena. Una vez hecho el recuento se esparcen de nuevo las palomitas por el terreno de juego.

Los participantes deberán analizar lo sucedido durante la ronda y discutir las diferentes variables que podrían modificarse para obtener un resultado diferente. Es importante recordar que el objetivo es que queden animales vivos de todas las especies al final de la ronda. Estos cambios en las variables pueden probarse en rondas sucesivas hasta que la cadena alimentaria esté *equilibrada*. Cuando se consiga que haya animales vivos de las tres especies al final de una ronda, se da por terminado el juego.

El punto clave del juego es el análisis de las variables que pueden influir en el resultado de las rondas y el impacto que pueden tener sobre la dinámica de la cadena trófica. Algunas de las variables que pueden evaluarse y que se le deberían ocurrir a los participantes son: cambiar el número de individuos de una o varias especies, poner refugios a disposición de las especies, otorgar ventajas de tiempo para las especies, aumentar la cantidad de alimento disponible, variar el tamaño o la forma de la zona de juego, etc., siendo la primera variable la que más influye en el resultado del juego. A medida que avanzan las rondas, los participantes comprenden que el número de individuos de cada especie debe ser proporcional a su posición en una hipotética pirámide alimentaria, es decir, debe haber más saltamontes, menos ranas y uno o dos halcones al principio de la ronda para que ésta llegue a buen término. El resto de las variables cuando se prueban en el terreno de juego no suelen tener el efecto que ellos esperan.



Figura 1. Diferentes momentos del juego (a, halcones intentando capturar ranas; b, saltamontes comiendo; c, saltamontes huyendo de las ranas; d, saltamontes subidos a un “refugio”; e, ranas esperando que los saltamontes coman; f, halcones capturando una rana).

Por último, una vez que los estudiantes hayan conseguido equilibrar la cadena, se jugará una ronda final especial. Sin dar ninguna explicación a los participantes se extenderá por el terreno de juego una bolsa más de palomitas, pero con un tono de color ligeramente diferente a las anteriores (por ejemplo, palomitas de mantequilla o palomitas un poco quemadas). Se les pedirá que jueguen una última vez para verificar que han comprendido el juego. En esta ocasión, sin que ellos lo sepan, se ha introducido un factor nuevo en la cadena alimentaria. En el momento de recuento de palomitas y animales vivos, se indicará que el terreno había sido fumigado con un pesticida frente a una plaga concreta, y que las palomitas que han cogido, con un tono de color ligeramente diferente, están contaminadas con el pesticida. Por ello, todos los saltamontes supervivientes que tengan palomitas contaminadas morirán a causa del pesticida. De igual modo, las ranas que tengan al menos la mitad de las palomitas contaminadas también morirán. En el caso de los halcones, no morirán, pero sufrirán problemas fisiológicos y reproductivos durante una temporada, mayores cuantas más palomitas contaminadas tengan en su estómago. En este momento se debe establecer un debate sobre qué ha ocurrido y sobre cómo una toxina puede introducirse y propagarse en una cadena trófica.

Análisis de los datos

El análisis de los datos se llevó a cabo utilizando diferentes procedimientos estadísticos para cada uno de los instrumentos de recogida de datos. En el caso del pre-test/post-test, para evaluar el impacto de la intervención didáctica, se aplicaron pruebas no paramétricas debido a que los datos no seguían una distribución normal (Kolmogorov-Smirnov, $p < 0.05$). Se utilizó la prueba U de Mann-Whitney para analizar las diferencias significativas

en las respuestas pre y post intervención en las tres dimensiones evaluadas: (a) emociones sentidas durante la actividad, (b) conocimiento sobre contenidos de ecología y (c) uso de recursos docentes. Además, para variables categóricas, se empleó el test de Chi cuadrado. Con respecto al análisis del cuestionario de valoración de la actividad se utilizaron medidas de consistencia interna. Para ello, se calculó el alfa de Cronbach y el omega de McDonald para asegurar la fiabilidad de las dimensiones evaluadas: motivación (ítems relacionados con la atención, relevancia y satisfacción), experiencia de juego (ítems relacionados con inmersión, reto y diversión), y conocimiento (ítems relacionados con la percepción del aprendizaje y la capacidad de aplicar los conocimientos adquiridos). Los ítems de cada dimensión fueron agrupados y evaluados de manera independiente para garantizar que cada categoría fuera coherente y consistente con las respuestas obtenidas de los participantes. Para su análisis, los valores se agruparon en *valoración baja* (valores 1 y 2), *intermedia* (3) y *alta* (4 y 5) (Tabla 1) (Savi et al., 2010; de Carvallo et al., 2018). Además, se incluyó una pregunta abierta reflexiva sobre el impacto percibido de la actividad en el aprendizaje, cuyas respuestas fueron analizadas de manera cualitativa utilizando un enfoque de análisis de contenido, agrupando las respuestas en temas o categorías recurrentes. Todo el análisis estadístico se llevó a cabo con el programa JASP (JASP Team, 2024).

Resultados y discusión

Dimensión cognitiva

Para conocer la validez del juego en el aprendizaje sobre las cadenas alimentarias, se analizaron las respuestas a una serie de preguntas sobre el conocimiento de los alumnos en relación con conceptos clave abordados con el juego antes y después de participar en el mismo (pre y post-test). Estas cuestiones (ver Anexos I y II) comprenden definiciones de conceptos básicos como cadena alimentaria, población y comunidad, la relación entre sus individuos y los efectos de distintos factores en el equilibrio de las cadenas tróficas. En la Figura 2 se muestran las frecuencias relativas de respuestas correctas. Para cada pregunta, se indica el criterio para considerar las respuestas correctas (Begon et al., 1999; Molles, 2006).

En la pregunta acerca de las cadenas alimentarias (*¿Sabes qué es una cadena alimentaria?*), se consideraron como respuestas correctas aquellas que mencionasen la transferencia de energía y nutrientes que se establece entre las distintas especies de un ecosistema. La frecuencia relativa de respuestas correctas en el pre-test fue del 50,5 %, (la mayoría de las respuestas incorrectas se deben a una falta de explicación) mientras que en el post-test, la frecuencia relativa de respuestas correctas aumentó significativamente hasta el 68,7 % ($p = 0,001$).

En la pregunta sobre poblaciones (*¿Qué es una "población" si hablamos de seres vivos?*), las respuestas correctas fueron aquellas que indicaban que se trata de un conjunto de individuos de la misma especie que conviven en un mismo espacio y tiempo. En el pre-test, tan sólo el 32,7% de los participantes dio una respuesta correcta, mientras que el 67,3% restante generaliza el término población a un conjunto de seres vivos, sin especificar que deben ser de la misma especie. Resultados similares se encontraron en el estudio de Pontes-Pedrajas y Sánchez (2010). Es de destacar que en el post-test las respuestas correctas aumentaron significativamente hasta el 84,8 % ($p < 0,001$).

En la pregunta sobre comunidades (*¿Qué es una "comunidad" si hablamos de seres vivos?*), aquellas respuestas que indicasen que se trata de un conjunto de poblaciones que

conviven un mismo espacio y tiempo fueron dadas por correctas. Igual que en la pregunta anterior, en el pre-test la frecuencia relativa de respuestas correctas fue tan sólo del 27,1 %, mientras que el resto de los alumnos definen comunidad como conjunto de seres vivos que conviven, incluso bajo unas ciertas normas (*pensamiento mágico* por suponer la convivencia en bondad y armonía de los elementos de la naturaleza, como indica Rhode, 1996). Pontes-Pedrajas y Sánchez (2010) también describieron en su estudio que la mitad de los estudiantes confundieron el concepto de comunidad con especie (conjunto de seres vivos de una población). El incremento de respuestas correctas en el post-test hasta el 78,8 % ($p < 0,001$) es significativo.

En la pregunta sobre la desaparición de especies (*¿Qué efecto(s) crees que tiene la desaparición de una especie en un ecosistema?*) se esperaba que contestasen que el efecto sería la alteración de las cadenas/redes tróficas del ecosistema, es decir, que afectaría al número de individuos de las especies que interactúan con ella. Tanto en el pre-test, como en el post-test, las respuestas correctas fueron muy elevadas (81,3 % y 85,9 % respectivamente), sin encontrar una diferencia significativa entre ambas.

Con respecto a la pregunta que versaba sobre efectos externos en las cadenas tróficas (*Cuando usamos un pesticida frente a una plaga, ¿afecta sólo a esa plaga o afecta a otros seres vivos?*), prácticamente todos los participantes respondieron correctamente indicando que el pesticida afectaría a otros seres vivos, con un 98,1 % y 98,0 % respectivamente. Cuando se les preguntó el motivo (P6, *¿Por qué?*), en el pre-test el 22,9 % indicó que por su transferencia y/o efectos sobre las cadenas/redes tróficas, mientras que el 77,1 % dio razones de otros tipos (*ingestión accidental del pesticida, porque son sustancias muy fuertes, porque son sustancias tóxicas que no se eliminan fácilmente, etc.*). En el post-test, las frecuencias relativas se invierten pasando éstas a 68,7 % y 31,3 % respectivamente ($p < 0,001$).

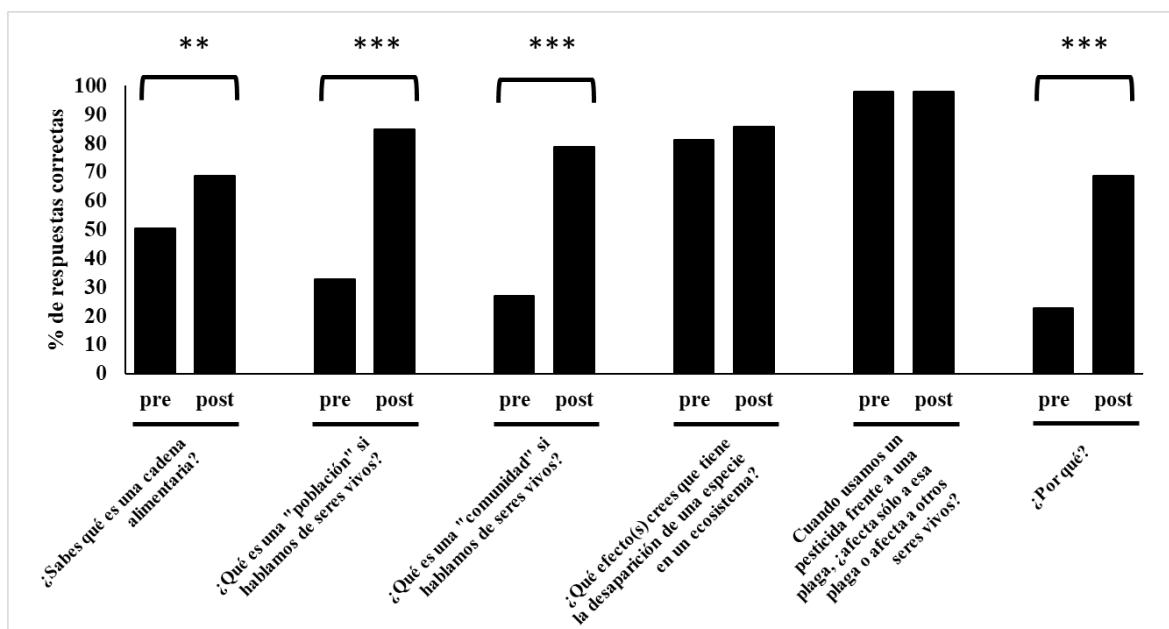


Figura 2. Frecuencias relativas de respuestas correctas en las preguntas de conocimientos. (** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$).

En general, se observa que tras realizar la intervención los docentes en formación son capaces de comprender mejor los conceptos relacionados con las cadenas tróficas. Liévano y Leclercq (2013) hacen alusión a que los estudiantes que participan en juegos donde se trabaja contenido en ciencias, muestran cambios positivos en sus niveles de conocimiento científico.

Aspectos didácticos

Los cuestionarios también incluyeron tres preguntas relacionadas con metodología didáctica y aprendizaje. La pregunta *Si tuvieras que explicar los ecosistemas y las relaciones que hay entre los seres vivos que lo forman, ¿qué recursos docentes utilizarías?* se incluyó tanto en el pre-test como en el post-test. En el análisis de las respuestas emergieron siete categorías de respuesta principales sobre cómo los estudiantes en formación abordarían la enseñanza de los ecosistemas: salidas al medio, juegos/gamificación, actividades de laboratorio, uso de vídeos y TICs, indagación guiada, visitas, y maquetas. Como se aprecia en la Figura 3, en el pre-test, una gran mayoría de los participantes (84 %) indicó en su respuesta que emplearía las salidas al medio natural como metodología principal. Sin embargo, en el post-test esta frecuencia relativa disminuyó de forma estadísticamente significativa hasta el 64,1 % ($p = 0,002$). Por el contrario, el uso de juegos y/o gamificación fueron indicados inicialmente por el 51 % de los participantes, mientras que en el post-test aumentó significativamente hasta el 81,5 % ($p < 0,001$).

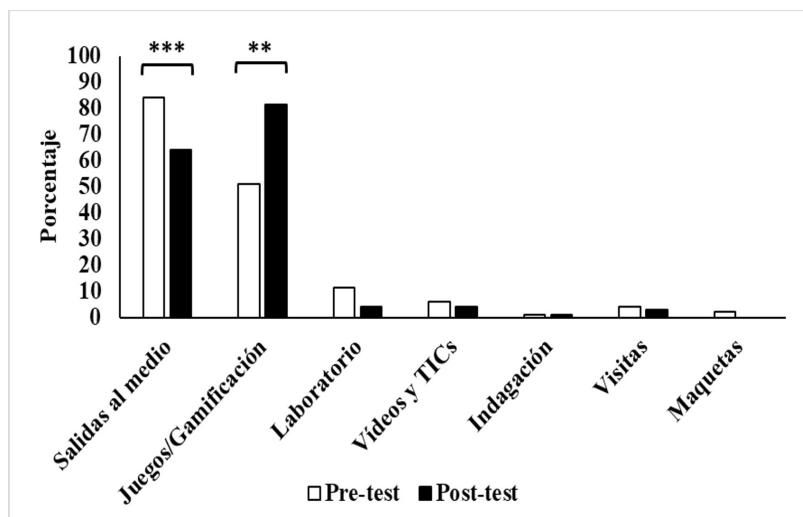


Figura 3. Metodologías indicadas por los participantes en el pre-test y post-test. (** $p < 0,010$; *** $p < 0,001$).

Dimensión afectiva

En este trabajo se han analizado las emociones que los participantes sentían hacia la ciencia en general, así como por las emociones que les despertaba la actividad en sí misma (antes y después de la misma).

Cuando se les preguntó por las emociones que sentían hacia las ciencias en general (*¿Qué emociones suelen despertar en ti las ciencias?*), entre las emociones positivas, la diversión (34,8 %), la sorpresa (32,6 %) y el entusiasmo (28,3 %) fueron las más indicadas por los participantes. En cuanto a las emociones negativas, las más frecuentes fueron la preocupación (39,1 %) y el nerviosismo (37 %) (Figura 4).

Sin embargo, los resultados fueron muy diferentes al preguntar por las emociones que les suscitaba el saber que iban a participar en la actividad (*¿Qué emociones te produce saber que vas a participar en un juego de naturaleza al aire libre en el que podemos aprender sobre ciencias naturales?*, Figura 4). Todas las emociones positivas aumentaron comparando con las ciencias en general, siendo la diversión, la sorpresa y el entusiasmo las puntuaciones más altas (+32,6 %, +23,9 % y +26,1 %, respectivamente), mientras que

todas las emociones negativas disminuyeron, incluidas la preocupación y el nerviosismo (-32,6 % y -13,0 %, respectivamente).

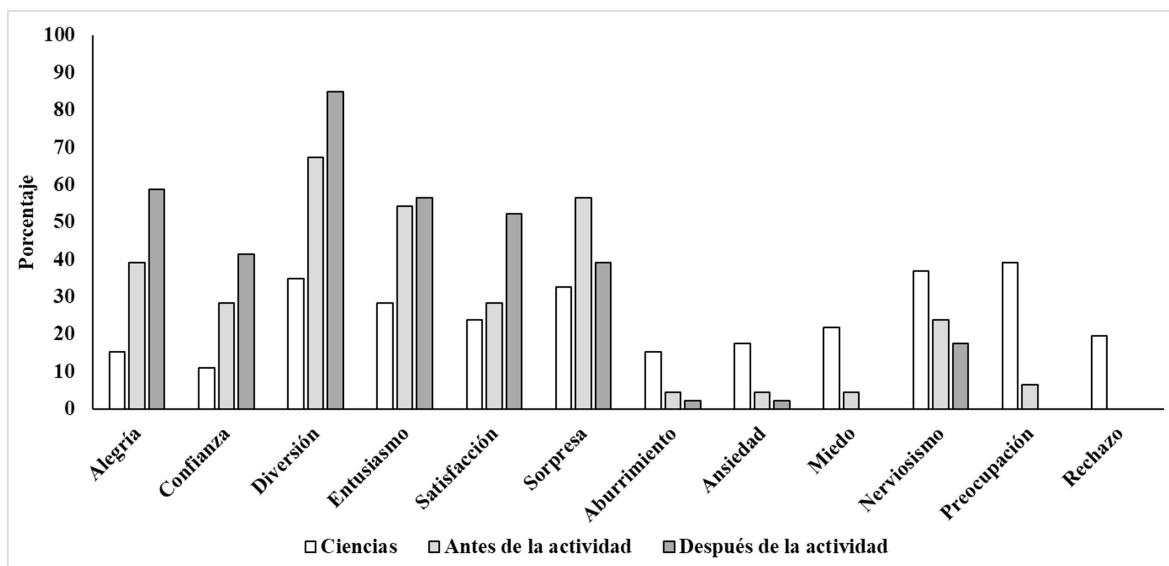


Figura 4. Comparación entre las emociones despertadas por la ciencia en general, el saber que iban a participar en un juego de naturaleza al aire libre y tras haber participado.

Por último, la percepción positiva de los alumnos incluso aumentó tras la participación en la actividad (*¿Qué emociones sentiste durante la actividad?*) ya que todas las emociones positivas (excepto la sorpresa) obtuvieron valores más altos (Figura 4) y todas las emociones negativas disminuyeron tras participar en la actividad.

Es necesario que durante la formación inicial de maestros se generen emociones positivas hacia la enseñanza de las ciencias, pues existe una enorme responsabilidad en crear habilidades emocionales en sus estudiantes, tanto a través del ejemplo en el trato directo como de la utilización de la inteligencia emocional en las clases de ciencias, contribuyendo así a crear un clima institucional emocionalmente saludable. El desarrollo de actitudes positivas en los estudiantes, a través del fomento de sentimientos y emociones favorables, facilita un cambio en las creencias y expectativas hacia la materia y favorece su acercamiento a las ciencias (Dávila-Acedo et al., 2015). En este estudio se ha demostrado que el juego ha mejorado notablemente la percepción emocional de los estudiantes ante los contenidos científicos.

Evaluación de la actividad

En esta sección, se presentan los resultados del cuestionario de valoración de la actividad, basados en frecuencias relativas para los ítems evaluados. Además, se incluye la discusión de las respuestas abiertas sobre la pregunta "¿Crees que los alumnos de Educación Primaria podrían aprender mejor utilizando esta actividad?".

En el Anexo 2 se muestra el cuestionario post-test que incluye los ítems de evaluación del juego (E1 a E22). Estos ítems se agrupan en 9 categorías, y a su vez en tres dimensiones (*motivación, experiencia de juego y conocimiento*) (Savi et al., 2010). La Tabla 1 muestra los resultados.

Tabla 1. Resultados no derivados del análisis etimológico.

Dimensiones	Categorías	Valoración (frecuencia relativa de participantes)		
		Baja (1-2)	Intermedia (3)	Alta (4-5)
Motivación	Atención	2,5	8,1	89,4
	Relevancia	0,7	6,1	93,3
	Fiabilidad	90,9	4,0	5,1
	Satisfacción	3,5	18,7	77,8
Experiencia de juego	Inmersión	4,5	12,6	82,8
	Reto	2,0	13,5	84,5
	Interacción	0,0	3,5	96,5
	Diversión	3,0	7,6	89,4
Conocimiento	Conocimiento	0,7	7,4	91,9

Con respecto a la *motivación*, la categoría mejor valorada fue la *relevancia* (ítems E3-E5), con un 93,3 % de los participantes otorgando valores de 4 o 5, de donde se deduce que la inmensa mayoría de los participantes disfrutó tanto del juego que sintieron interés por aprender más sobre la temática trabajada, la cual consideran muy relevante. La categoría de *fiabilidad* (E6-E8), con afirmaciones negativas, obtuvo un 90,5 % de valoraciones bajas, por lo que se muestra el alto grado de desacuerdo con las afirmaciones, lo cual es importante ya que es muy necesario crear expectativas positivas en los estudiantes mediante actividades que pongan en práctica sus habilidades y esfuerzo (Keller, 2009; Huang et al. 2010). La *atención* (E1-E2), con un 89,4 % de valoraciones altas, es un elemento motivacional y un requisito para el aprendizaje, y no es fácil para un docente mantener un nivel de atención satisfactorio durante un período largo de aprendizaje (Keller, 2009). La categoría menos valorada, aunque con un 77,8 % de valoraciones altas, fue la *satisfacción* (E9-E10), por lo que buena parte de los participantes se sintieron bien tras la actividad, importante si se tiene en cuenta que es necesario que los alumnos tengan emociones positivas sobre la experiencia de aprendizaje (Keller, 2009; Huang et al., 2010).

En relación a la experiencia de juego, con un 96,5 % de valoraciones altas, se encuentra la categoría de *interacción social* (E16-E17). Si el juego consigue crear oportunidades para que los jugadores cooperen y compartan un ambiente de aprendizaje de forma activa tendrá un efecto muy positivo en ellos (Takatalo et al., 2008). Es interesante el 89,4% de valoraciones altas que tiene la *diversión* (E18-E19) ya que confirma que los participantes consideran que la experiencia fue placentera, volverían a jugar y lo recomendarían a otras personas (Takatalo et al., 2010). El *reto* (E13-E15) es uno de los aspectos más relevantes de un buen juego (Sweetser y Wyeth, 2005), que debe ser suficientemente desafiante, ser adecuado al nivel de habilidad del jugador y mantener un ritmo adecuado. Cuando los desafíos son superados el jugador siente alivio, realización y euforia, con su consecuente efecto positivo (Takatalo et al., 2010; Poels et al., 2007). En el juego presentado en este trabajo, el 84,5 % de los participantes asignó valores altos en esta categoría. Por último la categoría con menor número de valoraciones altas fue la *inmersión* (E11-E12), con un 82,8 % de valoraciones altas. La inmersión es importante si se considera que produce una distorsión de la noción del tiempo (Takatalo, et al, 2010), favoreciendo el desarrollo de una experiencia de aprendizaje más provechosa.

Finalmente, en cuanto al *conocimiento*, el 91,9 % de los participantes otorgó una valoración alta (E20-E22). Esta categoría mide la percepción del participante en relación a su capacidad de recordar, entender y aplicar las cuestiones abordadas en el juego (Savi et al., 2010) por lo que, a la vista de los resultados, el efecto del juego es considerablemente bueno.

Con respecto a la preguntas *¿Crees que los alumnos de Educación Primaria podrían aprender mejor utilizando esta actividad?* y *¿Por qué?*, a la primera pregunta, la totalidad de los participantes contestó que sí. En los argumentos que esgrimían (Figura 5) destacan la mejora de la comprensión, la puesta en práctica de conocimientos, el protagonismo del alumno y el dinamismo, todas ellas señaladas por el 20 % de los participantes. Los argumentos diversión, motivación, entretenimiento y mejora de la atención fueron señalados por aproximadamente un 10 % de los participantes. Por último, con menos del 5 %, se indicaron socialización y trabajo en grupo, facilidad y deporte.

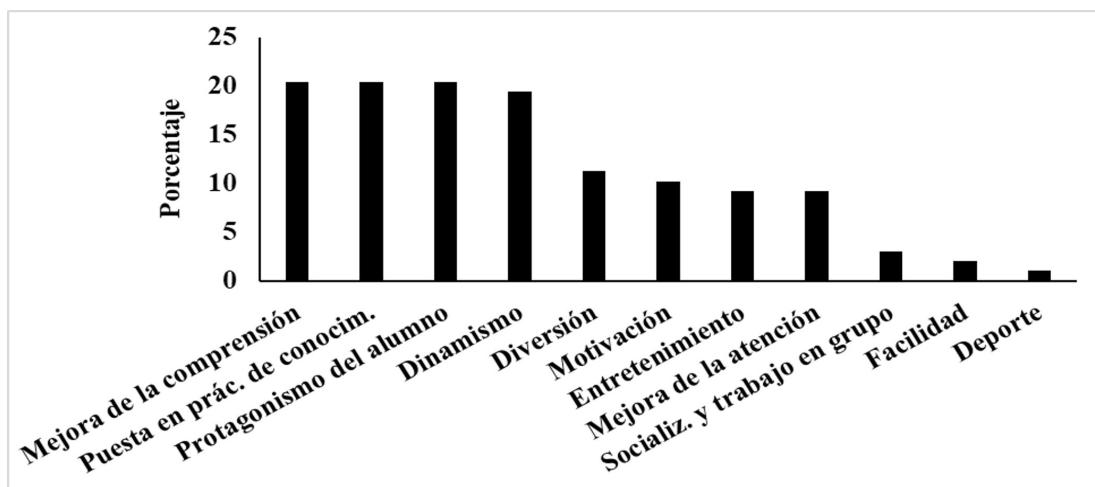


Figura 5. Argumentos a favor de la utilidad didáctica de la actividad propuesta.

Como ya indicaron Bravo-Torija y Jiménez (2013), la ecología es una disciplina holística que integra y aborda diversas áreas requiriendo una mayor implicación cognitiva por parte del alumnado, lo que dificulta el estudio de estos contenidos. Abordarlos mediante juegos, como defienden Legerén y Rada (2014), permite el aprendizaje a través de la diversión y el placer, aunque no sea un fin en sí mismo, sino sólo un medio para alcanzar una meta final. Los estudiantes apreciaron trabajar en grupo y poder ser ayudados, al mismo tiempo que discuten y comparten información con sus compañeros y disfrutan de la actividad (Tran y Lewis, 2012).

Conclusiones

En este estudio se ha presentado una actividad dinámica, sencilla y efectiva inspirada en las bases de la metodología de Aprendizaje Basado en Juegos, integrando aspectos emocionales y didácticos que las nuevas tendencias en didáctica de las ciencias experimentales y neuroeducación requieren. La experiencia que se propone se puede llevar a cabo en el entorno natural más cercano a los alumnos, permitiéndoles conocer, sensibilizarse y sentirse parte de él.

Durante el transcurso del juego los alumnos son los únicos protagonistas ya que la consecución del objetivo de alcanzar el equilibrio en la cadena trófica depende de las

estrategias que decidan de forma colaborativa para cada ronda. Según los resultados de este estudio, tras la realización del juego mejoraron significativamente los conocimientos sobre las redes tróficas, ya que lograron comprender los distintos componentes de las cadenas tróficas, sus relaciones dinámicas y factores que influyen en el equilibrio de las mismas. El juego potencia además la colaboración y resulta motivador para los participantes. Según la experiencia descrita en este trabajo se demuestra que metodologías como el Aprendizaje Basado en Juegos deberían incluirse en la dinámica docente ya que aumenta la motivación y el interés de los estudiantes por los contenidos que se pretenden enseñar.

No se debe olvidar la componente emocional en el aprendizaje, particularmente en los contenidos de Ciencias Naturales que, lamentablemente, suelen generar nerviosismo y preocupación a nuestros estudiantes. Actividades dinámicas como la descrita en este juego mejoran notablemente la confianza y la satisfacción del alumnado, desapareciendo emociones negativas como la preocupación.

Los resultados demuestran que los estudiantes perciben una gran mejoría en su conocimiento sobre las cadenas tróficas tras la actividad. Y es de destacar que, después de la actividad, los futuros docentes evalúan muy positivamente la metodología de Aprendizaje Basado en el Juego al aire libre como una estrategia válida en la enseñanza de las Ciencias Naturales a la que recurrir cuando ejerzan su profesión.

Aunque la propuesta inicial del juego se centró en conceptos básicos de las cadenas tróficas, como el flujo de materia y la estructura de las cadenas alimentarias, dirigidos principalmente a docentes en formación, seguimos trabajando en mejoras que permitan ampliar su alcance. En futuras versiones del juego, estamos considerando la inclusión de elementos que aborden conceptos más complejos, como la organización en redes tróficas y el flujo de energía entre los niveles tróficos. Esto incluiría la regla del 10%, que explica la eficiencia de la transmisión de energía en los ecosistemas. Además, otra posible ampliación sería la introducción de escenarios que simulen el efecto de las especies invasoras, mostrando cómo la introducción de una nueva especie puede alterar el equilibrio de las cadenas tróficas y afectar de manera significativa a los ecosistemas. Estas mejoras harían que el juego sea adaptable a diferentes niveles educativos y ayude a profundizar en la comprensión de temas ecológicos clave.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación MCIN/AEI/10.13039/501100011033 mediante el proyecto PID2020-115214RB-I00; la Junta de Extremadura y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional “Una manera de hacer Europa” mediante la Ayuda GR21047; y la Universidad de Extremadura mediante el Proyecto de Innovación Docente 2023/2024-LP3-nº59.

Referencias

- Amat, A., y Martí, J. (2017). La comunicación científica en la educación. *Aula 260*, 1(1), 12- 16.
- Andreu, M.A. y García, M. (2000). Actividades lúdicas en la enseñanza de LFE: el juego didáctico en M. Bordoy, A. Van Hooft y V. A. Sequeiros (Eds.), *Actas del I congreso internacional de español para fines específicos* (pp. 121-125). Instituto Cervantes.
- Begon, M., Harper, J. L. y Townsend, C. R. (1999). *Ecology: individuals, populations, and communities*. Blackwell Science Ltd.

- Borrachero, A. B., Dávila-Acedo, M. A. y Mellado, V. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias: un estudio en la formación inicial de maestros. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(2), 11-27.
- Bravo-Torija B. y Jiménez M. P. (2013). ¿Criaríamos leones en granjas? Uso de pruebas y conocimiento conceptual en un problema de acuicultura. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(2), 145-158.
- Campos, L. M. L., Felício, A. K. C. y Bortoloto, T. M. (2003). A produção de jogos didáticos para o ensino de ciências e biologia: uma proposta para favorecer a aprendizagem. *Cadernos dos Núcleos de Ensino*, 2003, 35-48.
- Chamizo, J. y Pérez, Y. (2017). Sobre la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Iberoamericana de Educación*, 74(1), 23-40.
- Cornellà, P., Estebanell, M. y Brusi, 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*, 28(1), 5-19.
- Crawford, K. M., McBrayer, J. S. y Fallon, K. (2021). Emotional Dimensions of Teaching in Elementary Education Preparation. *The Qualitative Report*, 26(1), 52-68.
- Dávila-Acedo, M. A., Borrachero, A. B., Cañada-Cañada, F., Martínez-Borreguero, G. y Sánchez-Martín, J. (2015). Evolución de las emociones que experimentan los estudiantes del grado de maestro en educación primaria, en didáctica de la materia y la energía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(3), 550-564.
- de Carvalho, C., Coutinho, R., de Araujo, I., de Leon, C., Ribeiro, L., Vieira, G., Del Alamo, L., Paula, R. y dos Santos, S. (2018). Evaluation of Board Game about Immunopreventable Diseases for Higher Education in Health Course. *Creative Education*, 9, 646-657.
- Fernández, R. y Casal, M. (1995). La enseñanza de la ecología: Un objetivo de la educación ambiental. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(3), 295-311.
- Galfrascoli, A., Lederbos, M. y Veglia, S. (2017). Prácticas Educativas en Educación rural: Enseñanza de las Ciencias Naturales. *Revista internacional de investigación e innovación educativa*, 93, 43-57.
- García, J. E. (2003). Investigando el ecosistema. *Revista Investigación en la Escuela*, 51, 83-100.
- Girón-Gamero, J. R. y Franco-Mariscal, A. J. (2023). “Atomizados”: An Educational Game for Learning Atomic Structure. A Case Study with Grade-9 Students with Difficulties Learning Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 100(8), 3114-3123.
- González-Meléndez, A., Costillo-Borrego, E., Hernández-Barco, M. A., Marcos-Merino, J. M. y Regodón-Mateos, J. A. (2022). Enseñanza de Ecología en la ESO: análisis cualitativo del discurso de docentes en activo tras la implementación del videojuego 2342. *Revista Bio-grafía Escritos sobre la biología y su enseñanza*, 15(29), 94-106.
- González-Robles, A. y Vázquez-Vilchez, M. (2022). Propuesta educativa para promover compromisos ambientales a través de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en

- Educación Secundaria y Bachillerato: el juego SOS Civilizaciones. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 19(1), 1103-1103.
- Hernández-Barco, M., Cañada-Cañada, F., Corbacho-Cuello, I. y Sánchez-Martín, J. (2021). An Exploratory Study Interrelating Emotion, Self-Efficacy and Multiple Intelligence of Prospective Science Teachers. *Frontiers in Education* 6:604791.
- Huang, W-H, Huang, W-Y y Tschopp J. (2010). Sustaining iterative game playing processes in DGBL: The relationship between motivational processing and outcome processing. *Computers & Education*, 55(2) 789-797.
- JASP Team (2024). JASP (Version 0.19.0) [Software].
- Keller, J.M. (2009). *Motivational Design for Learning and Performance. The ARCS Model Approach*. Springer.
- Lawrence Hall of Science, University of California (1978). *Outdoor biology instructional strategies*. The Regents of the University of California.
- Legerén, B. y Rada, F. (2014). Las reglas del juego en A. Costa, C. Freire, C. Ferreira, H. Marques, M. J. Faceira, M. Varzim, N. Antunes, N. Fragata, R. Capucho y S. Reis (Eds.) *Avanca Cinema - Conferencia Internacional de Cine - Arte, Tecnología, Comunicación* (pp. 94). Edições Cine-Clube de Avanca.
- Liévano, M. C. y Leclercq, M. H. (2013). Efectividad de seis juegos de mesa en enseñanza de conceptos básicos de nutrición. *Revista chilena de nutrición*, 40(2), 135-140.
- Mellado, V., Blanco, J. L., Borrachero, A. B. y Cárdenas, J. A. (2014). *Las emociones en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y las matemáticas*. Grupo de Investigación DEPROFE.
- Melo, M. P. (2017). Juguemos a respirar. Cómo entender el concepto de respiración desde el juego de ponchados en la clase de educación física. *Revista Bio-grafía Escritos sobre la biología y su enseñanza*, 10(19), 926-932.
- Melo, M.P. y Hernández, R. (2014). El juego y sus posibilidades en la enseñanza de las ciencias naturales. *Innovación educativa*, 14(66), 41-63.
- Molles, M. C. (2006). *Ecología: Conceptos y aplicaciones*. Ed. Mac Graw-Hill.
- Nynäshamns Natuskola (2011). *Ecological Outdoor games*. Nynäshamn municipality Nature School.
- Poels, K., de Kort, Y.A. W. y Ijsselsteijn, W.A. (2007). *Game Experience Questionnaire: development of a self-report measure to assess the psychological impact of digital games*. Technische Universiteit Eindhoven.
- Pontes-Pedrajas, A. y Sánchez Sánchez-Cañete, F. J. (2010). La comprensión de conceptos de ecología y sus implicaciones para la educación ambiental. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7, 270-285.
- Rodríguez-Oroz, D., Gómez-Espina, R., Bravo Pérez, M. J. y Truyol M. E. (2019). Aprendizaje basado en un proyecto de gamificación: vinculando la educación universitaria con la divulgación de la geomorfología de Chile. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(2), 2202.
- Rojas, M. (2017). Los recursos tecnológicos como soporte para la enseñanza de las ciencias naturales. *Hamutáy*, 4(1), 85-95.

- Saribas, D., Kucuk, Z. D. y Ertepinar, H. (2017). Implementation of an environmental education course to improve pre-service elementary teachers' environmental literacy and self-efficacy beliefs. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 26(4), 311-326.
- Sauvé, L. (2010). Educación científica y educación ambiental: un cruce fecundo. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 28(1), 5-18.
- Savi, R., Von Wangenheim, C. G., Ulbricht, V. y Vanzin, T. (2010). Proposta de um modelo de avaliação de jogos educacionais. *Renote*, 8(3).
- Sebastián, A. P. (2013). *Desenvolvimento de attitude investigativa em um ambiente interativo de aprendizagem para o ensino informal de ciências*. [Tesis de posgrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul] Repositorio Digital Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Spiegel, C. N., Alves, G. G., Cardona, T. D. S., Melim, L. M., Luz, M. R., Araújo-Jorge, T. C. y Henriques-Pons, A. (2008). Discovering the cell: an educational game about cell and molecular biology. *Journal of Biological Education*, 43(1), 27-36.
- Sweetser, P. y Wyeth, P. (2005). GameFlow: A Model for Evaluating Player Enjoyment in Games. *Computers in Entertainment*, 3, 1-24.
- Takatalo, J., Hakkinen, J., Kaistinen, J. y Nyman, G. (2010). Presence, Involvement, and Flow in Digital Games en R. Bernhaupt (Ed.), *Evaluating User Experience in Games: Concepts and Methods* (pp. 23-46). Springer.
- Tran, D. y Lewis, R. (2012). The Effects of Jigsaw Learning on Students' Attitudes in a Vietnamese Higher Education Classroom. *International Journal of Higher Education*, 1(2), 9-20.
- Zembylas, M. (2005). *Teaching with Emotion: A Postmodern Enactment*. Information Age Publishing.

Anexo 1**Cuestionario pre-test**

¿Qué emociones suelen despertar en ti las ciencias? (marca todas las que quieras)

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Alegria | <input type="checkbox"/> Aburrimiento |
| <input type="checkbox"/> Confianza | <input type="checkbox"/> Ansiedad |
| <input type="checkbox"/> Diversión | <input type="checkbox"/> Miedo |
| <input type="checkbox"/> Entusiasmo | <input type="checkbox"/> Nerviosismo |
| <input type="checkbox"/> Satisfacción | <input type="checkbox"/> Preocupación |
| <input type="checkbox"/> Sorpresa | <input type="checkbox"/> Rechazo |

¿Qué emociones te produce saber que vas a participar en un juego de naturaleza al aire libre en el que podemos aprender sobre ciencias naturales?

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Alegria | <input type="checkbox"/> Aburrimiento |
| <input type="checkbox"/> Confianza | <input type="checkbox"/> Ansiedad |
| <input type="checkbox"/> Diversión | <input type="checkbox"/> Miedo |
| <input type="checkbox"/> Entusiasmo | <input type="checkbox"/> Nerviosismo |
| <input type="checkbox"/> Satisfacción | <input type="checkbox"/> Preocupación |
| <input type="checkbox"/> Sorpresa | <input type="checkbox"/> Rechazo |

¿Sabes qué es una cadena alimentaria?

¿Qué es una "población" si hablamos de seres vivos?

¿Qué es una "comunidad" si hablamos de seres vivos?

¿Qué efecto(s) crees que tiene la desaparición de una especie en un ecosistema?

Cuando usamos un pesticida frente a una plaga, ¿afecta sólo a esa plaga o afecta a otros seres vivos?

¿Por qué?

Si tuvieras que explicar los ecosistemas y las relaciones que hay entre los seres vivos que lo forman, ¿qué recursos docentes utilizarías?

Anexo 2**Cuestionario post-test**

¿Qué emociones has sentido durante el juego de naturaleza al aire libre en el que acabas de participar?

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Alegría | <input type="checkbox"/> Aburrimiento |
| <input type="checkbox"/> Confianza | <input type="checkbox"/> Ansiedad |
| <input type="checkbox"/> Diversión | <input type="checkbox"/> Miedo |
| <input type="checkbox"/> Entusiasmo | <input type="checkbox"/> Nerviosismo |
| <input type="checkbox"/> Satisfacción | <input type="checkbox"/> Preocupación |
| <input type="checkbox"/> Sorpresa | <input type="checkbox"/> Rechazo |

¿Sabes qué es una cadena alimentaria?

¿Qué es una "población" si hablamos de seres vivos?

¿Qué es una "comunidad" si hablamos de seres vivos?

¿Qué efecto(s) crees que tiene la desaparición de una especie en un ecosistema?

Cuando usamos un pesticida frente a una plaga, ¿afecta sólo a esa plaga o afecta a otros seres vivos?

¿Por qué?

Si tuvieras que explicar los ecosistemas y las relaciones que hay entre los seres vivos que lo forman, ¿qué recursos docentes utilizarías?

¿Crees que los alumnos de Educación Primaria podrían aprender mejor utilizando esta actividad?

¿Por qué?

Valora entre 1 (mínimo) y 5 (máximo) cada una de las siguientes afirmaciones:

Ítem	Afirmación	Valoración (1 a 5)
E1	La actividad captó mi atención desde el principio	
E2	El diseño es atractivo	
E3	La actividad estaba relacionada con contenidos que hemos aprendido en las asignaturas de Ciencias Naturales	
E4	He disfrutado tanto que me gustaría aprender más sobre la temática que hemos trabajado	
E5	El contenido de la actividad será útil para mí	
E6	La actividad fue difícil de entender	
E7	Había tanta información que era difícil identificar y recordar los aspectos importantes	
E8	Las preguntas que teníamos que responder fueron muy difíciles	
E9	He aprendido cosas con esta experiencia que han sido sorprendentes o inesperadas.	
E10	Me sentí bien después de completar la experiencia.	
E11	No me di cuenta de cómo pasaba el tiempo mientras participaba.	
E12	Me esforcé en hacer bien la actividad.	
E13	Me gustó la actividad	
E14	La actividad me mantuvo motivado	
E15	Esta actividad es adecuada para mí, no es ni demasiado fácil ni demasiado difícil.	
E16	La colaboración entre los alumnos durante la actividad ayuda al aprendizaje	

E17	La actividad fomenta la interacción social entre los participantes.	
E18	Volvería a participar de nuevo	
E19	Estuve deseando que la actividad acabase pronto.	
E20	Después de la haber participado puedo recordar más información relacionada con el tema trabajado en la actividad.	
E21	Después de haber participado puedo entender mejor los temas abordados en la actividad.	
E22	Después de haber participado siento que puedo aplicar mejor los temas relacionados con la actividad.	