



HAL
open science

“Geome”, un juego para comprender el Antropoceno durante las visitas escolares a un museo

Catherine Bonnat, Gil Oliveira, Eric Sanchez

► To cite this version:

Catherine Bonnat, Gil Oliveira, Eric Sanchez. “Geome”, un juego para comprender el Antropoceno durante las visitas escolares a un museo. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2020, 28 (1), pp.89-98. hal-02909259

HAL Id: hal-02909259

<https://hal.science/hal-02909259>

Submitted on 28 Jul 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

“Geome”, un juego para comprender el Antropoceno durante las visitas escolares a un museo

Geome, a game to understand the Anthropocene in a school visit context in a museum

CATHERINE BONNAT¹, GIL OLIVEIRA¹ Y ERIC SANCHEZ¹

¹ Université de Fribourg, Avenue de l'Europe 20, 1700 Fribourg, Suisse. catherine.bonnat@unifr.ch ; gil.oliveira@unifr.ch ; eric.sanchez@unifr.ch

Resumen La situación actual de cambio climático, de perturbación de los ciclos geoquímicos y de pérdida de biodiversidad convierten el Antropoceno en un reto educativo importante. En este contexto, los museos científicos pueden desempeñar un papel decisivo ofreciendo experiencias y recursos educativos singulares para abordar la complejidad de los desafíos ambientales a los que nos enfrentamos. Sin embargo, la programación de visitas escolares que permitan una participación activa del alumnado sigue siendo un desafío para los maestros y divulgadores científicos. El juego “Geome” presentado en este artículo intenta responder a este desafío. Su propósito es ofrecer a los estudiantes de Secundaria una experiencia de juego que les impulse a cuestionar su relación con la naturaleza.

Palabras clave: Antropoceno, investigación, juego digital, museo, visita escolar.

Abstract *The current environment of climate change, disruption of geochemical cycles and loss of biodiversity makes the Anthropocene a central educational issue. In this context, science museums can play a key role by offering personal experience and educational resources to explore the complexity of current environmental stakes. Nevertheless, engaging students through school visits is still a challenge for teachers and science educators. Geome, the game presented in this article, attempts to deal with this challenge. Its purpose is to provide a game experience for secondary school students so that they can think about their relationship with nature.*

Keywords: *Anthropocene, game-based learning, museum, inquiry, school visit.*

INTRODUCCIÓN

El Antropoceno es un concepto reciente, basado en el supuesto de que la Tierra ha entrado en una nueva época geológica después del Holoceno. Describe el impacto profundo y duradero de las actividades humanas en el sistema de la Tierra y despierta un interés creciente, mucho más allá de la comunidad científica en la que se originó. La complejidad del concepto de Antropoceno suscita dudas sobre de su accesibilidad y comprensión, que permitan guiar nuestras elecciones individuales para un futuro más sostenible. Con independencia de la controversia que provoca la incorporación del término en la tabla cronoestratigráfica internacional, es evidente que la toma de conciencia del origen antropogénico de numerosas perturbaciones biogeoquímicas actuales constituye un importante desafío educativo.

La reflexión sobre el Antropoceno, como un concepto multidisciplinar emergente, plantea la cuestión de su enseñanza y aprendizaje. Su abordaje pedagógico se encuentra en la encrucijada de la edu-

cación para el desarrollo ambiental y sostenible, la educación científica y la educación ciudadana (Wals *et al.* 2014). En este sentido, se une a la corriente de investigación dedicada a las controversias socio-científicas, que constituye un modo privilegiado para involucrar a los alumnos en las llamadas preguntas vivas, y que invita a repensar las actividades educativas y los objetivos sobre estas preguntas (Sadler, 2011; Albe, 2009). Con este enfoque, la aparición de la tecnología digital abre nuevas perspectivas, especialmente con la introducción de los juegos digitales.

El diseño de un juego se basa en la idea de hacer que una situación de aprendizaje sea divertida, es decir, darle al jugador una experiencia atractiva y emocionalmente rica, de la que obtendrá un cierto placer (Genvo, 2013). Aunque todavía se discuten sus efectos sobre el aprendizaje, el juego ofrece un espacio reflexivo en el que el jugador interactúa, modificando así su relación con el conocimiento.

El uso del juego en un entorno educativo no formal como pueden ser los museos ofrece nuevas oportunidades para diseñar situaciones de aprendizaje

diferentes de las que generalmente prevalecen en el aula. De hecho, el museo, cuya misión es, entre otras cosas, contribuir a la educación de los visitantes, posee sus propios modos de expresión y comunicación (Meunier y Luckerhoff, 2012). La introducción de tecnologías digitales permite repensar y personalizar la experiencia vivida por el visitante. Los nuevos tipos de interacciones que se establecen con la museografía pero también entre los visitantes, parece favorecer la conexión emocional de estos últimos con las exposiciones (Pierroux, Krange y Sem, 2011). Por lo tanto, la experiencia proporcionada por estos nuevos dispositivos puede ser vista como una nueva forma de “museología participativa” (Badulescu y De La Ville, 2019).

El juego “Geome” que presentamos en este artículo trata sobre el Antropoceno en el contexto de un museo. Integrado en un escenario educativo para estudiantes de Secundaria en la Suiza francófona, se desarrolla en el Museo de la Naturaleza de Sion (Valais, Suiza) que ofrece una exposición permanente en torno a una colección regional. El escenario pedagógico, que incluye el juego Geome, es el resultado de un proyecto de investigación en curso que reúne a investigadores, maestros, personal del museo, técnicos informáticos y grafistas (Sánchez y Monod-Ansalí, 2015). Uno de los objetivos es comprender cómo el uso de un juego digital en el contexto de las visitas escolares al museo permite al alumnado involucrarse en problemas complejos y desarrollar su relación con el conocimiento.

COMPRENDER EL ANTROPOCENO COMO PARTE DE UNA VISITA ESCOLAR AL MUSEO

El Antropoceno, un problema complejo, no determinista.

Propuesto a principios de la década de 2000 por el Premio Nobel de Química Paul Crutzen, el término Antropoceno designa una nueva época geológica

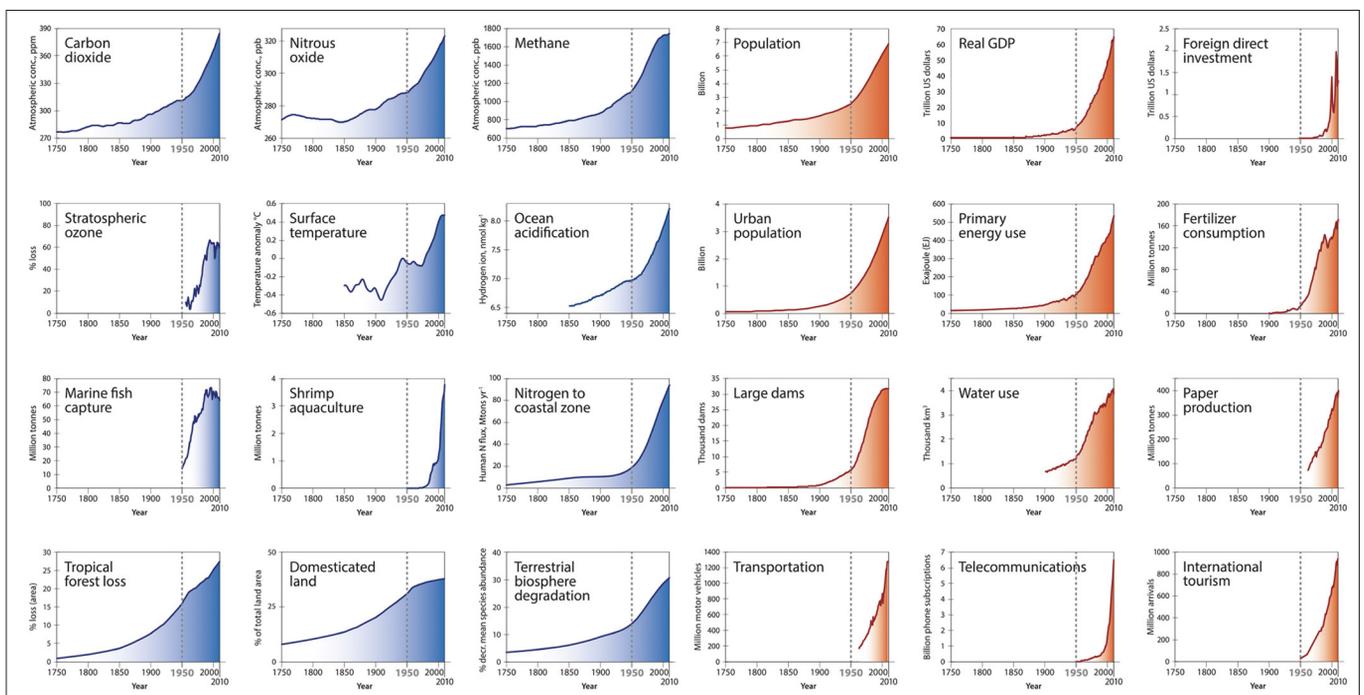
caracterizada por el impacto masivo y duradero de las actividades humanas en el planeta (Crutzen y Stoermer, 2000; Crutzen, 2002). Habríamos dejado el Holoceno –un período interglacial relativamente estable que comenzó hace casi 12,000 años– para entrar en un nuevo período en el que la humanidad se ha convertido en la principal fuerza Geológica a escala planetaria. El uso de la palabra Antropoceno se ha extendido ampliamente pero, por el momento, sigue siendo informal, ya que aún no se ha validado oficialmente en el campo disciplinario de la geología.

La transición de un período geológico a otro sigue un procedimiento riguroso. Desde 2009, un grupo de trabajo (Grupo de Trabajo sobre el Antropoceno) ha estado tratando de definir formalmente esta nueva etapa, como una nueva subdivisión de la escala de tiempo geológico. Esto implica, entre otras cosas, determinar cuándo comienza este nuevo período, cuál es el criterio estratigráfico más adecuado para caracterizarlo y, por lo tanto, distinguirlo del Holoceno (Zalasiewicz *et al.*, 2019). Para responder a estas preguntas, este grupo examina varios parámetros, como el cambio en la composición química de la atmósfera, los cambios en la flora y la fauna, las consecuencias de la urbanización y la producción industrial y agrícola, como evidencias de una transición geológica.

Los parámetros del sistema de la Tierra han sufrido cambios sin precedentes desde 1950, durante un período llamado “Gran Aceleración” (McNeill y Engelke, 2016). Este período está ilustrado por una serie de curvas que muestran tendencias históricas de los parámetros socioeconómicos y ambientales (Fig. 1). La similitud entre las curvas, que siguen un crecimiento exponencial, muestra su correlación y atestigua la aceleración de las actividades humanas y sus impactos.

El grupo de trabajo sobre el Antropoceno llegó a un consenso sobre un marcador estratigráfico crítico con el uso de isótopos radiactivos relacionados

Fig. 1. La Gran Aceleración. Indicadores de tendencias socioeconómicas y ambientales. (Según Steffen *et al.*, 2015, p. 84-87)



con las pruebas nucleares. Según este criterio, el Antropoceno comenzaría a mediados del siglo XX, durante la “Gran Aceleración”. Esta propuesta se presentará oficialmente a la Comisión Internacional de Estratigrafía en 2021 (Subramanian, 2019). Si bien el Antropoceno sigue siendo objeto de debate y aún no se ha introducido desde un punto de vista estratigráfico, existe un consenso entre la comunidad científica sobre la realidad de los impactos antropogénicos a escala planetaria durante esta etapa.

La descripción del Antropoceno basada únicamente en las Ciencias naturales es insuficiente ya que las actividades humanas juegan un papel importante en el funcionamiento del sistema de la Tierra. Por lo tanto, una visión global requiere el uso de las Ciencias humanas, como la Historia, la Geografía y la Antropología, para comprender mejor las interacciones de las sociedades con el medio ambiente. El Antropoceno proporciona un marco para la discusión interdisciplinaria para pensar sobre los cambios ambientales actuales. Reunir diferentes disciplinas, resulta esencial para comprender los problemas globales y representa un gran desafío educativo. Sin embargo, en la educación escolar, el enfoque analítico ha imperado durante mucho tiempo sobre el enfoque sistémico aunque ambos enfoques son necesarios para examinar una cuestión de esta complejidad (Narbonne, 2005).

Estos problemas epistémicos van de la mano de preguntas ontológicas. El objetivo del Antropoceno es describir el estado y enfoque contemporáneo de las relaciones socioecológicas (Arias-Maldonado, 2015). Para comprender las causas que subyacen a la actual situación, es importante considerar los fundamentos antropológicos de las relaciones de las sociedades con su entorno. Estas relaciones no son universales sino histórica y culturalmente ubicadas. En Occidente, la forma de entender el medio ambiente, y el mundo en general, experimentó una profunda transformación desde el Renacimiento, a través de una forma de distanciamiento progresivo de la naturaleza. Este proceso dio como resultado la idea de la naturaleza como una realidad externa al ser humano (Descola, 2005). En esta concepción moderna, la naturaleza, reducida a sus propiedades físicas, se hace inteligible gracias a las leyes científicas y puede controlarse gracias a la Técnica. Los humanos, por el contrario, pueden emanciparse de la naturaleza mediante su espíritu y su libertad (Federau, 2017). El marco dualista del pensamiento moderno se vuelve ineficaz en el contexto actual donde la frontera entre la naturaleza y la sociedad parece estar difuminada. El Antropoceno, por lo tanto, nos invita a repensar esta oposición clásica entre lo que es natural y lo que es cultural.

Un desafío educativo importante: la relación con el conocimiento

En un museo, los visitantes pueden tener que abordar problemas complejos, calificados como problemas mal estructurados en la literatura anglosajona (Jonassen, 2000). Estos problemas se caracterizan por el hecho de que no pueden resolverse con un alto grado de certeza y de que son posibles varias soluciones, ninguna de las cuales es verificable o segura.

La capacidad de un individuo para lidiar con tales problemas está vinculada en parte a su cultura científica. La enseñanza y el aprendizaje de la naturaleza del conocimiento científico ha sido objeto de numerosos estudios (Lederman y Lederman, 2019). En general, se acepta que si los estudiantes comprenden la fuente y los límites del conocimiento científico, estarán mejor preparados para tomar decisiones informadas sobre problemas personales y sociales con una base científica (Lederman *et al.* 2013). Además, los museos deben ser conscientes de este problema, porque la postura intelectual de un individuo influye en el significado que le dará a su experiencia en el museo (Felton y Kuhn, 2007; Falk y Dierking, 2000). En nuestro proyecto, la cuestión del aprendizaje se aborda desde el ángulo del análisis del desarrollo epistémico.

La epistemología personal es un campo de investigación compuesto por varios paradigmas teóricos (Crahay y Fagnant, 2007). Nuestro proyecto se basa en el modelo propuesto por Hofer y Pintrich (1997) en el que la epistemología personal se considera como un sistema de creencias, llamadas “dimensiones”. El sistema tiene cuatro dimensiones, articuladas en torno a dos ejes: la naturaleza del conocimiento y la naturaleza del acto de conocer (Tabla I). Las dimensiones se coordinan entre sí de manera coherente y presentan el potencial para desarrollarse a lo largo de un continuo de representaciones que van de menor a mayor sofisticación. Se ha demostrado que la epistemología personal es capaz de moldear la percepción de una tarea determinada y, por lo tanto, la forma en que un individuo la abordará (Hofer y Sinatra, 2010).

TEMAS	NATURALEZA DEL CONOCIMIENTO		NATURALEZA DEL ACTO DE CONOCER	
Dimensiones	Certeza	Simplicidad	Fuente	Justificación

- La dimensión “certeza” indica el grado en que el conocimiento se concibe como cierto. Es parte de un continuo que trascurre desde la idea de que la verdad absoluta existe con certeza hasta posiciones donde el conocimiento se considera provisional y cambiante.
- La dimensión “simplicidad” describe la naturaleza aislada o integrada del conocimiento, pasando de la idea de que el conocimiento es un hecho que uno puede conocer de manera discreta, sin relación con los demás, a aquel donde el conocimiento es relativo, contingente y contextual.
- La dimensión “fuente” es relativa al lugar de producción del conocimiento: ya sea externo (fuera del individuo) o interno (por el individuo). Se refiere a un continuo de representaciones que van desde la idea de que el conocimiento reside y proviene de autoridades externas, hasta la toma de conciencia (progresiva) de que el individuo es un actor activo en la construcción del conocimiento..
- La dimensión de “justificación” se refiere a las representaciones individuales de cómo la ciencia justifica sus resultados, o a la justificación del conocimiento o las ideas a las que nos sumamos. Esta dimensión está representada

Tabla I. Las cuatro dimensiones de la epistemología personal según el modelo de teorías epistemológicas propuesto por Hofer y Pintrich (1997).

por un continuo de representaciones que van desde la adhesión a ideas basadas únicamente en argumentos de observación y autoridad, incluso a veces opiniones personales, hasta una justificación razonada de un punto de vista, tomando en base a diversas opiniones y conocimientos científicos.

El diseño del juego *Geome* se basa en tres de las cuatro dimensiones de la epistemología personal: la dimensión de “simplicidad”, al proponer un problema complejo que requiere reunir el conocimiento de diferentes disciplinas; las dimensiones de “fuente” y “justificación” al proponer en el juego situaciones en las que los alumnos deben cuestionar el origen de la información que reciben y justificar su propia posición. Con este fin, los jugadores tendrán que lidiar con rumores, “noticias falsas” (o intoxicación) y polémicas o controversias. Aunque existen similitudes entre estas situaciones, sin embargo, tienen ciertas diferencias. Los rumores y las noticias falsas se distinguen por la veracidad del régimen de información. Un rumor puede ser cierto ya que es información que aún no se ha validado oficialmente. Es la existencia de una duda lo que permite que la información fluya rápidamente. Ésto puede ser el resultado de un evento ambiguo, un conflicto de interpretaciones o incluso simplemente una mentira. Las *fake news*, por otro lado, son informaciones falsas a sabiendas. Tiene una intencionalidad clara con el propósito de manipular la opinión. Finalmente, las polémicas y las controversias ponen en juego opiniones más o menos conflictivas. Estas diferentes situaciones proporcionan condiciones favorables para movilizar las dos últimas dimensiones de la epistemología personal.

APRENDER JUGANDO, APRENDER DE LA PROPIA EXPERIENCIA DE JUEGO

De la gamificación a la ludificación de la experiencia museística

La idea de usar el juego para enriquecer la experiencia de una visita a un museo no es nueva, pero en las últimas décadas se ha visto el despliegue de varias aplicaciones que permiten al visitante participar en la búsqueda del tesoro o en la resolución de enigmas (Cabrera *et al.*, 2005; Dini, Paternò y Santoro, 2007). El proceso de hacer que la visita sea divertida se articula a través de la gamificación (Deterding, Khaled, Nacke y Dixon, 2011; Kapp, 2012). Esto da como resultado el uso de métodos de diseño del juego, como la asignación de puntos o recompensas cuando el jugador tiene éxito en las misiones que se le encomiendan. Sin embargo, preferimos utilizar el término ludificación que, con su sufijo que marca una transformación, permite subrayar que la apuesta radica no solo en crear un juego si no transformar la experiencia del visitante para que sea vivida como un momento de diversión (Genvo, 2013; Sacher, Young y Jouneau-Sion, 2015). El juego se centra en la situación vivida y no el dispositivo con el que juega el visitante. La ludificación prioriza el diseño de la experiencia, un campo que consiste en concebir las interacciones de un usuario con un dispositivo.

En el caso de la educación informal como se puede contemplar en un museo, la ludificación consiste en diseñar interacciones que permitan al visitante aprender.

Aprender del juego vs aprender reflexionando sobre la propia experiencia de juego

El juego puede ser considerado como una situación, una experiencia que puede tener algún valor desde el punto de vista del aprendizaje. Esta situación no es necesariamente una reproducción auténtica de la situación de referencia que es el objeto del aprendizaje. Puede tomar la forma de una metáfora que permite al jugador concentrarse en los elementos más destacados de la situación. El jugador puede entonces, en el contexto de misiones de exploración o resolución de acertijos, tomar decisiones y, a cambio, recibir una retroalimentación en forma de puntos o niveles de juego ganados o perdidos. Por ello, deberá juzgar la relevancia de su forma de pensar y actuar. Y, en consecuencia, a veces, tendrá que revisar sus conocimientos. Sin embargo, el trabajo en esta área muestra que la experiencia del juego no es suficiente para que el aprendizaje realizado se transforme en un conocimiento transferible a otras situaciones que no sean el juego. Desde este punto de vista, una discusión reflexiva (*débriefing*) es importante.

La etapa de *débriefing* tiene como objetivo permitir que el jugador que se ha convertido nuevamente en aprendiz analice reflexivamente su experiencia de juego, para transformar el conocimiento subjetivo desarrollado en el contexto del juego en conocimiento que pueda movilizarse a otro contexto (Garris, R., Ahlers, R., y Driskell, 2002). Esta fase implica la toma de conciencia de lo que se ha aprendido. Se trata de lograr que el alumno identifique, en las tareas que se han llevado a cabo en el marco del juego, los desafíos en términos de aprendizaje. El *débriefing* también consiste en una validación de este conocimiento por parte de la persona que modera esta discusión. Este experto también es responsable de ayudar al alumno a planificar el uso futuro de este conocimiento. Desde un punto de vista práctico, el *débriefing* a menudo implica un juego de preguntas y respuestas entre los alumnos y el experto, pero también se pueden utilizar métodos más complejos: el uso de cuestionarios o paneles de juego. El *débriefing* se lleva a cabo en el lugar donde tuvo lugar el juego o en una sala diferente para marcar el final del juego. Aprender del juego implica tener que abandonar el juego: aprendes reflexionando sobre tu propia experiencia de juego en lugar de la experiencia misma.

GEOME: UNA METÁFORA DEL CAMBIO EN LA RELACIÓN DEL HOMBRE CON LA NATURALEZA

Geome es un juego en equipo dividido en dos partes que se juega con tabletas digitales en el Museo de la Naturaleza de Sion. La experiencia educativa dura aproximadamente 90 minutos. Incluye varias fases, incluida una fase de juego dividida en dos partes distintas, y una fase de información que sigue a cada etapa del juego. Fue desarrollada para estudiantes del ciclo de orientación (12-15 años) e

incorpora objetivos de conocimientos y competencias relacionadas con el Antropoceno (según el Plan de estudios Romand, CIIP, 2010)¹.

Aunque nunca se menciona explícitamente en el programa escolar, el Antropoceno se estudia a través del tratamiento de varios problemas (por ejemplo, huella ecológica, calentamiento global), mostrando la interdependencia social, política y ambiental de los factores implicados. Este enfoque multidisciplinario tiene como objetivo presentar a los estudiantes la complejidad del mundo y preguntarse sobre las relaciones entre las personas y el medio ambiente.

Más allá del marco institucional, hemos tenido en cuenta las limitaciones de las tecnologías informáticas utilizadas para el desarrollo del juego. El juego se desarrolla con motor de juego *Unity* en lenguaje de programación *C#*. *Unity* ofrece una licencia gratuita y permite crear juegos que se pueden implementar en una o más plataformas (teléfono inteligente, computadora, web) para que podamos desarrollar el juego más allá de las tabletas que estamos utilizando actualmente en el proyecto. De hecho, *Geome* se juega en tabletas Android de 10.5 pulgadas con suficiente resolución (2560 x 1600 píxeles), compatible con el uso de realidad aumentada. Estas características técnicas también se tuvieron en cuenta al diseñar los elementos gráficos del juego.

Así, la concepción de la experiencia y, más en concreto, la del juego *Geome* tuvo en cuenta la mu-

piente con petróleo. El discurso expositivo se centra en la evolución histórica de la relación entre los humanos y el medio ambiente. Su dominio progresivo sobre el territorio se ilustra con distintas escenografías. Por ejemplo, la primera sala, dedicada al paleolítico, ofrece una escenografía inmersiva para que las personas entiendan y sientan una relación muy cercana a la naturaleza (Fig. 2a). La siguiente sala, dedicada al neolítico, presenta la domesticación de plantas y animales. Éstos se colocan dentro de un cercado (Fig. 2b). En el resto de la exposición, las barreras están cada vez más presentes y apretadas, evocando la distancia (física y simbólica) que separa progresivamente a los humanos del entorno natural. El museo invita a los visitantes a preguntarse sobre su propia relación con la naturaleza.

El diseño y la articulación de las dos partes del juego *Geome* descansan en una metáfora que se traduce en un cambio de la relación del Hombre con la Naturaleza. Esta articulación se ve reforzada por la elección de un universo común que es introducido por una narración. Los jugadores son llevados a encarnar un único personaje, que representa a un profesional de la naturaleza. Esta figura vive y trabaja en una casa relativamente aislada en un valle (Fig. 3). En la primera parte del juego, se encontrará bloqueado debido a las condiciones climatológicas muy desfavorables. En consecuencia, aprovecha para explotar su entorno para sobrevivir. En la segunda parte del juego, liberado de las restricciones

Fig. 2. Salas dedicadas al Paleolítico (a) y al Neolítico (b) del Museo de la Naturaleza.



seografía para favorecer las interacciones entre los jugadores y los elementos tangibles del museo y proponer un universo de juego coherente.

La exposición permanente del Museo de la Naturaleza ofrece colecciones representativas de la fauna, flora y geología del cantón, distribuidas en varias salas, situadas en dos plantas. También incorpora elementos transformados o fabricados por humanos, como bombillas, botellas de plástico o una muestra de tierra contaminada con mercurio. Además, el museo exhibe objetos que ilustran el Antropoceno, como una pieza de trinitita² o un reci-

¹ Conférence Intercantonale de l'Instruction Publique de la Suisse romande et du Tessin. <https://www.plandetudes.ch>

² La trinitita, es un material vítreo creado como consecuencia del ensayo nuclear Trinity, en julio de 1945, en las arenas del desierto de Álamo Gordo (Nuevo México, EEUU).



Fig. 3. Bosquejo del universo del juego *Géome* parte 1: chalet aislado (Créditos: Whitecross)

que pesaban sobre él, el personaje puede reanudar su trabajo. En este contexto, es llamado como experto para investigar situaciones problemáticas o resolver enigmas relacionados con el entorno natural. El personaje adopta dos posturas sucesivas: la del cazador y, más tarde, la del investigador.

Juego 1: explotar la naturaleza para sobrevivir

Los jugadores comienzan registrando y definiendo su personaje eligiendo un nombre y personificándolo (Fig. 4).

De este modo, están directamente inmersos en el mundo del juego, la narración se desencadena y presenta la situación problemática a la que se enfrentará el personaje. Atrapado en su casa, tendrá que explotar su entorno para sobrevivir.

Para hacer esto, los jugadores deberán obtener una cierta cantidad de recursos en un tiempo determinado (alrededor de 20 minutos). Deben caminar por las salas del museo e interactuar con los objetos, esencialmente los especímenes naturalizados, escaneándolos con su tableta (Fig. 5). Cuando se escanea un animal, aparece en la tableta y los jugadores tienen cuatro opciones: cazar, capturar, proteger o huir.

- La acción "cazar" consiste en sacrificar al animal para obtener ciertos recursos (por ejemplo, carne, pelaje).

- La acción "capturar" le permite capturar al animal vivo y usarlo con fines domésticos para obtener otros tipos de recursos (por ejemplo, huevos, lana).
- La acción "proteger" le permite brindar asistencia o cuidado especial al animal. No proporciona ningún recurso en particular.
- La acción "huir" evita cualquier interacción con el animal.

Todos los recursos, cosechados o producidos, así como los animales capturados, constituyen el inventario del jugador. En cualquier momento, puede decidir intercambiar sus recursos con otros jugadores. Depende de los jugadores acordar el contenido del intercambio, a fin de completar su inventario para alcanzar la cantidad de recursos necesarios para ganar el primer juego.

A medida que cada jugador interactúa con el entorno y recoge recursos, una barra de puntos individual aumenta mientras que una barra de puntos colectiva disminuye. Este último indicador corresponde al estado de salud del medio ambiente natural. En el juego, se representa en forma de un pequeño árbol que crece o se contrae: "el árbol de la vida". Las acciones de "caza" y "captura" tienen un impacto negativo significativo. La acción "proteger" tiene un ligero impacto positivo, mientras que la acción "huir" tiene un impacto neutro. Por lo tanto, las consecuencias de las acciones de "cazar" y "capturar" de todos los jugadores tienen un impacto directo en el árbol de la vida. La primera parte del juego está diseñada de tal manera que los jugadores pierden el juego, colectivamente.

Juego 2: investiga la naturaleza para entenderla

En la segunda parte del juego, el personaje, que ya no está sujeto al aislamiento, recupera su condición de experto y se le pide que investigue situaciones problemáticas en un entorno natural (Fig. 6).

El juego ofrece tres tipos de investigación basados en un rumor, una noticia falsa o una polémica. El jugador puede tener que resolver una o más investigaciones según el momento del juego. Todos



Fig. 4. Bosquejo del universo del juego Geome parte 1: personaje aislado en el valle (Créditos: Whitecross)



Fig. 5. Uso del juego en el Museo de la Naturaleza.

están contruidos alrededor de la misma estructura genérico en tres etapas que se han sintetizado en la Tabla II.

- La primera etapa define un nuevo escenario. Después de asumir el nuevo rol del personaje (investigador), los jugadores toman conciencia de la problemática de la investigación. El suceso es introducido a través de distintos medios (un informe, una entrevista de audio, un video, etc.). Por ejemplo, en el informe de un siniestro, los jugadores leyeron el testimonio de un criador que acababa de perder 50 ovejas encontradas muertas en los pastos. Según el ganadero, las marcas encontradas en los cuerpos son el signo de un ataque de buitres que han sido vistos en los acantilados circundantes.

Los jugadores deben investigar este asunto. Se les ofrece una lista de preguntas abiertas u opcionales para posicionarse sobre la naturaleza y el contenido de la información. Dependiendo del tipo de pregunta, los jugadores pueden verificar, escribir un texto o dejar una grabación de audio.

- La siguiente etapa constituye el núcleo de la investigación. Los jugadores comienzan yendo a un lugar indicado en un mapa del museo para recopilar pistas o testimonios dependiendo de la naturaleza de la investigación. Para hacer esto, escanean la escena con su tableta y en ella aparece una lista finita de pistas. La identificación de estas pistas (huellas, cabello, mandíbulas, plantas, rocas, etc.) es objeto de un mini-juego de reconocimiento para continuar la investigación. Cada pista dirige al jugador a al menos dos elementos del museo en los que tendrá que investigar. Por ejemplo, si la pista es una huella digital, entonces el jugador tendrá que encontrar a los posibles perpetradores sobre los cuales tendrá que investigar. Tendrá que ir, a través del mapa del museo, al lugar donde se encuentra. Al escanearlo, verá aparecer en su tableta una "hoja técnica" con información científica so-



bre el elemento. El jugador tendrá que responder preguntas y posicionarse sobre el papel de este elemento en la investigación. Cada vez que el jugador escanea un elemento del museo, este último aparece en un "mapa sistémico" que se construye durante la investigación y que puede modificar en cualquier momento. Los jugadores determinan la naturaleza de la relación entre los elementos (por ejemplo, hábitat, convivencia, amenaza, protección,...). Según los jugadores y el tipo de investigación, los mapas sistémicos obtenidos serán variados y complementarios.

- El último paso es el final de la investigación. Comienza cuando todas las pistas han sido exploradas. Se ofrece a los jugadores una lista de preguntas posteriores a la encuesta, similar al primer paso.

Resolver los acertijos no necesariamente conduce a una respuesta única, sino que tiene como objetivo provocar la reflexión y la argumentación en torno y más allá de las situaciones propuestas.

De la misma manera que en la primera parte del juego, a lo largo de la investigación, los jugadores del mismo equipo ganan puntos, de acuerdo con el tipo de acción efectuada, y por cada acción realizada a nivel del ecosistema, se salvan todos los jugadores, haciendo crecer el árbol de la vida.

Fig. 6. Bosquejo del universo del juego Geome, parte 2: resolución de investigación (Créditos: Whitecross)

ETAPAS	SUB-ETAPAS	ACCIONES
Puesta en situación	Contexto narrativo Cuestionario previo a la investigación	Leer / escuchar / ver las noticias falsas / controversias / polémicas Responder el cuestionario
Investigación	Pistas	Buscar en el museo los lugares de la investigación Buscar y escanear pistas Realizar el mini-juego
	Elementos de la investigación	Buscar en el museo los elementos de la investigación Escanear elementos Leer fichas técnicas
	Mapa sistémico	Completar el mapa sistémico con los elementos de la investigación Indicar la naturaleza de las relaciones
Fin de la investigación	Cuestionario post-investigación	Responder el cuestionario

Tabla II. Esquema general de las investigaciones.



Fig. 7. Fase de debate dirigida por un monitor del Museo de la Naturaleza.

Los enigmas integran cuestiones regionales para interactuar con los elementos (vivos y no vivos) del Museo de la Naturaleza de Valais. Los retos pueden llevar a los jugadores a lidiar con varios problemas en los que se entrelazan diferentes disciplinas. Por ejemplo, uno de los acertijos se basa en una controversia en torno a un proyecto iniciado por una estación de esquí, que prevé la construcción de un embalse de agua para abastecer su creciente número de cañones de nieve. El objetivo es comparar diferentes puntos de vista, dependiendo de los tipos de testimonios recopilados por los jugadores, e identificar sus respectivos impactos en todo el ecosistema. El mapa sistémico así construido alrededor de esta controversia se basa en elementos del biotopo y la biocenosis, pero también integra elementos producidos o transformados por humanos. Las relaciones entre estos elementos son de naturaleza diferente y nos permiten considerar el ecosistema como un todo.

Sin embargo, el tratamiento de estos diversos problemas, a través de la resolución de investigaciones específicas, se basa en una estructura genérica de creación de retos, que se puede transponer a otros museos y a otros temas.

En relación con el Museo de la Naturaleza y al proyecto de investigación, el hecho de desarrollar un banco de enigmas de la naturaleza (rumores, noticias falsas, polémicas) y de diferentes niveles (complejidad del juego sistémico) tiene como objeti-

vo enriquecer una reflexión común sobre problemas ambientales que se discuten durante la segunda parte del debate.

El *debriefing* y la transformación de los conocimientos en saberes

La programación de la experiencia incluye una fase de discusión reflexiva (*debriefing*) después de cada parte del juego. Este momento, dirigido por el mediador o monitor del museo, tiene lugar en una sala específica de sus instalaciones (Fig. 7).

La discusión se organiza en torno a la experiencia vivida por los jugadores durante la fase del juego. Permite expresar los sentimientos y sensaciones de los participantes, pero también incluye un debate sobre los conceptos, y su transformación en nuevos aprendizajes. Esta fase transforma el conocimiento subjetivo desarrollado en el juego en conocimiento institucionalizado transferible para su uso en otros contextos (Plumettaz-Sieber, Bonnat y Sanchez, 2019).

La sesión de discusión reflexiva también tiene como objetivo deconstruir la metáfora del juego, que transforma una situación concreta en una reflexión abstracta (Soto-Andrade, 2006). Geome ofrece una metáfora del cambio en la relación entre el Hombre y la Naturaleza, al llevar al personaje a vivir en una situación en la que adopta la postura de un cazador, luego un investigador, sin entrar en un pensamiento estrictamente categórico (bueno - malo). El juego se plantea como una metáfora del cambio necesario en la relación con la naturaleza. La experiencia así vivida por los jugadores traduce una forma simplificada de una situación en una reflexión mucho más compleja (Soto-Andrade, 2006).

El debate que sigue a la primera parte de *Geome* dura unos quince minutos. Su desarrollo se basa en la experiencia vivida durante el juego para cuestionar su relación con la naturaleza, sus elecciones individuales o colectivas y sus consecuencias en diferentes escalas.

Se produce un primer elemento de discusión porque los jugadores han perdido el juego. De hecho, durante el primer juego, los jugadores se ven obligados a perder, porque sus elecciones individuales inevitablemente conducen a una reducción en los puntos colectivos. Esta pérdida colectiva de puntos a pesar de la ganancia personal tiene como objetivo interrogar a los estudiantes sobre las consecuencias negativas de un conjunto de elecciones individuales a escala global.

Esta reflexión es parte de un objetivo central del desarrollo personal en los programas suizos, en los que la formación se basa en la relación con uno mismo, con los demás y con el mundo (Bonnat, Sanchez y Paukovics, comunicación aceptada). Las personas deben tomar conciencia del impacto de sus acciones individuales, pero también del lugar del individuo en diferentes escalas. Esta conciencia requiere un conocimiento, que ya no debe considerarse de manera aislada sino en una relación de interdependencia, para comprender estos problemas complejos y desarrollar una mente crítica.

La discusión también puede llevar a los estudiantes a preguntarse sobre los tipos de acciones propuestas al jugador en el juego 1, que se basan

esencialmente en sus acciones de depredación. Este aspecto no representativo de un entorno ecosistémico cuestiona a los estudiantes sobre los otros tipos de relaciones que existen dentro de un ecosistema. Los diversos elementos discutidos durante este primer debate permiten introducir la segunda parte del juego.

El coloquio que sigue a la segunda parte del juego dura unos treinta minutos y varía según el número de investigaciones propuestas a los jugadores. La resolución de las investigaciones coloca al jugador en un enfoque reflexivo y lo confronta con la complejidad de un problema que no siempre se puede resolver, o de lo contrario se enfrenta a una pluralidad de posibles soluciones. Este aspecto se hace eco de la naturaleza compleja y no determinista del Antropoceno.

Un primer punto de discusión se refiere a la complejidad del mundo a través de la identificación de varias interacciones (además de la depredación) a nivel de la biocenosis, pero también del biotopo. El objetivo del juego no es hacer que los estudiantes construyan un sistema “experto” y exhaustivo para cada una de las investigaciones, sino que, a través de la diversidad de las pesquisas, muestren la variedad de ecosistemas y sus interrelaciones. La construcción de estos sistemas cuestiona la naturaleza del conocimiento porque, para comprender este tipo de problemas complejos, es preciso reunir el conocimiento de diferentes disciplinas (Hofer y Pintrich, 1997).

Otro punto de discusión gira en torno al modo de resolver los retos que promueve la aparición de diferentes puntos de vista y la confrontación de ideas entre los estudiantes. La argumentación es una habilidad central en los currículos escolares y requiere la articulación de la explicación (teoría) y la justificación (evidencia, hechos). Los estudiantes tendrán que defender su posición, fortalecer su argumento, apoyándose en hechos basados en las fuentes de información con las que interactúan durante el juego: rumores/noticias falsas/controversias, e informaciones del museo. Se plantea la cuestión de la naturaleza de la información para llevar a los estudiantes a cuestionar la relevancia y veracidad de la información que consideran científica o no, y que respalda su argumento (Hofer y Pintrich, 1997). La dificultad radica tanto en darse cuenta de puntos de vista conflictivos y válidos, como también en aceptar la incertidumbre.

CONCLUSIONES

El trabajo que hemos realizado para desarrollar y experimentar el juego *Geome* se basa en la idea de que aprender mediante el juego no solo se apoya en la motivación de los alumnos. Jugar en el museo, permite, ante todo, vivir una experiencia rica desde un punto de vista cognitivo y emocional. La actividad moviliza el conocimiento del jugador que, dependiendo de la experiencia vivida, puede tener que revisarlo y desarrollar otros. Sin embargo, es la retroalimentación reflexiva sobre esta experiencia, que fue posible gracias al debate, lo que permite tomar conciencia del aprendizaje realizado. Este

discernimiento es necesario para la transferencia de conocimiento a otros contextos.

Desde el punto de vista de la enseñanza de las Ciencias de la Tierra, el juego *Geome* permite al jugador vivir una experiencia de cambio de relación con la naturaleza. Esto es posible gracias al trabajo de transposición didáctica y diseño de juegos que consistió en el desarrollo de una metáfora. Esta metáfora se traduce en una narrativa (el cazador se convierte en investigador) y en la resolución de retos dentro del museo. El juego que explota los recursos del museo también permite al visitante dar sentido a las interacciones con la museografía.

El enfoque general utilizado para el diseño de *Geome*, basado en la experiencia y la metáfora, permite a los estudiantes abordar una situación de aprendizaje compleja al proponer en el juego una situación cribada y simplificada. El carácter genérico de este enfoque se encuentra en la concepción de un escenario que integra un juego en un museo sin convertirlo en una pantalla entre el visitante y el museo. Además, proponemos un modelo de investigación gamificada para responder a una controversia, que está destinado a ser adaptado en otros contextos, otros museos. Este modelo puede transponerse a otras situaciones relacionadas con problemas complejos.

En efecto, un punto que consideramos importante es que un juego como *Geome* permite a los estudiantes participar en la resolución de problemas complejos y no deterministas. Se espera que esta experiencia permita al jugador comprender la complejidad de las relaciones que se forman dentro de un ecosistema y comprender los efectos de las actividades humanas en estas relaciones. Comprender que las relaciones que los humanos tienen con la naturaleza nos parece un problema educativo importante. La experimentación didáctica que estamos llevando a cabo con *Geome* debería permitirnos saber si el juego puede ser un enfoque relevante para lograr este objetivo.

BIBLIOGRAFÍA

Albe, V. (2009). L'enseignement de controverses socioscientifiques. *Éducation et didactique*, 3.1, 45-76.

Arias-Maldonado, M. (2015). *Environment and Society. Siconatural Relations in the Anthropocene*. Cham: Springer.

Badulescu, C. y De la Ville V.-I. (2019). La médiation muséale au prisme du numérique. *Revue française des sciences de l'information et de la communication*.16. [En ligne] consulté le 08 juin 2020. URL : <http://journals.openedition.org/rfsic/5581>.

Bonnat, C., Sanchez, E. y Paukovics, E. (comunicación aceptada). Transposition didactique en contexte de jeu. Étude d'un jeu numérique pour une visite scolaire de muse. 11èmes rencontres scientifiques de l'ARDIST, Bruxelles, Belgique. Encuentro previsto para la primavera de 2021.

Cabrera, J., Mu, H., Frutos, H., Stoica, A., Avouris, N. y Liveri, K. (2005). Mystery in the museum: collaborative learning activities using handheld devices. *Proceedings of the 7th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices & Services*, Salzburg, Austria.

- Crahay, M. y Fagnant, A. (2007). À propos de l'épistémologie personnelle : un état des recherches anglo-saxonnes. *Revue française de pédagogie*, 161, 79-117.
- Crutzen, P. (2002). Geology of mankind. *Nature*, 415, 6867, 23.
- Crutzen, P. y Stoermer, E. (2000). The "Anthropocene". *Global Change Newsletter*, 41, 17-18.
- Descola, P. (2015). *Par-delà nature et culture*. Paris : Gallimard.
- Deterding S, Khaled R, Nacke L y Dixon D. (2011). Gamification: Toward a definition. In: CHI 2011 Gamification Workshop Proceedings. Vancouver, BC.
- Dini, R., Paternò, F. y Santoro, C. (2007). An environment to support multi-user interaction and cooperation for improving museum visits through games. Paper presented at the Proceedings of the 9th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services, Singapore.
- Falk, J. y Dierking, L. (2000). *Learning from Museums: Visitor Experiences and the Making of Meaning*, Walnut Creek, CA: AltaMira Press.
- Federau, A. (2017). *Pour une philosophie de l'Anthropocène*. Paris : Presse Universitaire de France.
- Felton, M. y Kuhn, D. (2007). "How Do I Know?" The Epistemological Roots of Critical Thinking. *The Journal of Museum Education*, 32.2, 101-110.
- Garris, R., Ahlers, R., y Driskell, J.E. (2002). Games, motivation, and learning: A research and practice model. *Simulation & Gaming*, 33, 441-467.
- Genvo, S. (2013). Penser les phénomènes de ludicisation à partir de Jacques Henriot. *Sciences du jeu*, 1. DOI : 10.4000/sdj.251
- Hofer, B. y Pintrich, P. (1997). The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of Educational Research*, 67.1, 88-140. DOI: 10.3102/00346543067001088
- Hofer, B. et Sinatra, G. (2010). Epistemology, metacognition, and self-regulation: musings on an emerging field. *Metacognition Learning*, 5, 113-120.
- Jonassen, D. (2000). Toward a design theory of problem solving. *Educational Technology Research and Development*, 48.4, 63-85.
- Kapp K. (2012). *The gamification of learning and instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education*. San Francisco: John Wiley & Sons, 1-18.
- Meunier, A. y Luckerhoff, J. (2012). *La muséologie, champ de théories et de pratiques*. Québec : Presse de l'Université du Québec.
- McNeill, J. y Engelke, P. (2016). *The Great Acceleration. An Environmental History of the Anthropocene since 1945*. Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University.
- Lederman, N. y Lederman, J. (2019). Teaching and learning nature of scientific knowledge: Is it Déjà vu all over again?. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1.6, 1-9.
- Lederman, N., Lederman, J. y Antink, A. (2013). Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1.3, 138-147.
- Narbone, Y. (2005). *Complexité et systémique*. Paris : Hermès Science publications.
- Pierroux, P., Krange, I. y Sem, I. (2011). Bridging Contexts and Interpretations: Mobile Blogging on Art Museum Field Trips. *Journal of Media and Communication Research*, 50, 25-44.
- Plumettaz-Sieber, M., Bonnat, C. y Sanchez, E. (2019). Debriefing and Knowledge Processing. An Empirical Study about Game-Based learning for Computer Education. In A. Liapis, G. Yannakakis, M. Gentile, & N. Ninaus (Eds.), *GALA 2019* (Vol. 11899, pp. 32-41). Athens: Springer International Publishing.
- Sadler, T. (2011). *Socioscientific issues in science classrooms: Teaching, learning and research*. New York: Springer.
- Sanchez, E. y Monod-Ansaldi, R. (2015). Recherche collaborative orientée par la conception. Un paradigme méthodologique pour prendre en compte la complexité des situations d'enseignement-apprentissage. *Éducation & Didactique*, 9.2, 73-94.
- Sanchez, E., Young, S. y Jouneau-Sion, C. (2015). Classcraft : de la gamification à la ludicisation. Actes de la conférence sur les environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH), 360-371.
- Soto-Andrade, G. (2006). Un monde dans un grain de sable : métaphores et analogies dans l'apprentissage des mathématiques. *Annales de didactique et de sciences cognitives*, 11, 123-147.
- Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O. y Ludwig, C. (2015). The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, 2.1, 81-98. <https://doi.org/10.1177/2053019614564785>
- Subramanian, M. (2019). Anthropocene now: influential panel votes to recognize Earth's new epoch. *Nature*.
- Wals, A., Brody, M., Dillon, J., Stevenson R. (2014). *Convergence Between Science and Environmental Education*, Science Education, 344, 583-584.
- Zalasiewicz, J., Waters, C. N., Williams, M. y Summerhayes, C. P. (2019). The Anthropocene as a Geological Time Unit. In *The Anthropocene as a Geological Time Unit: A Guide to the Scientific Evidence and Current Debate*. Cambridge: Cambridge University Press. ■

Este artículo fue recibido el día 26 de marzo de 2020 y aceptado definitivamente para su publicación el 15 de junio de 2020.