

Realidad virtual en el Geoparc Orígens

Redacción



Un museo de puertas abiertas a la Geología del Pirineo catalán

Autores: X. Mir Pellicer^{1*}, G. Rivas², A. Sellés³, P. Santolaria², J.A. Muñiz⁴, X. Costa-Badia,¹ O. Ferrer², O. Gratacós², G. Puras¹, N. Verdeny¹, A. Galobart¹, E. Carola², J.A. Muñoz².

Geoparc Mundial de la UNESCO Orígens, c/ Soldevila 3 baixos, 25620 Tremp, Lleida.

Institut de Recerca GEOMODELS. Departament de Dinàmica de la Terra i de l'Oceà, Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona. c/ Martí i Franquès s/n, 08024 Barcelona

Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafon. c/ de les Columnes s/n, Edifici Z, Campus de la Universitat Autònoma de Barcelona, Cerdanyola del Vallès, Barcelona.

Digivisión. Avenida Once de Septiembre, 1 Edificio Zenit, 4ª Planta, A, 43202 Reus.

*Autor principal: Xavi Mir Pellicer. Coordinador científico del Geoparque Mundial de la UNESCO Orígens.

Introducción

El Geoparque mundial de la UNESCO Orígens, situado en los Pirineos catalanes, alberga paisajes impresionantes y un rico patrimonio geológico, paleontológico y cultural. Sus paisajes cuentan con el reconocimiento internacional de la comunidad científica, que los consideran un laboratorio al aire libre único para el estudio y la comprensión de los procesos geológicos. En consecuencia, geólogos de todo el mundo, ya sean estudiantes, académicos o profesionales, lo visitan todos los años para aprender o investigar temas de diferentes ramas de la Geología.

Este excepcional patrimonio es una pieza clave para comprender parte del inmenso rompecabezas que es la evolución de la Tierra. Una pieza que aporta información sobre cómo han variado los continentes, cómo han evolucionado las especies o cómo ha cambiado el clima. El Geoparque Orígens alberga magníficos enclaves, catalogados como lugares de interés geológico por la excepcionalidad y la diversidad que presentan.

Sin embargo, los procesos geológicos que produjeron las rocas y estructuras geológicas que observamos en estos afloramientos y contribuyeron a construir los paisajes del Geoparque tal y como los observamos hoy son complejos y a menudo difíciles de comprender para el público que lo visita. La difusión de estos conocimientos suele apoyarse en la interpretación sobre el terreno de la orografía actual, los afloramientos de roca y los fósiles que contienen. Aun así, los cambios radicales que ha sufrido el paisaje y los seres que lo han habitado a

lo largo de millones de años de historia geológica son muy difíciles de comprender y de transmitir, incluso para los estudiantes y profesionales de las ciencias de la tierra más apasionados. Ahí es donde entra en juego el proyecto VIGEOCULT (PLEC2021-00793), financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea NextGenerationEU/ PRTR, que tiene como objetivo final la creación de un museo virtual de puertas abiertas que, a través de experiencias de realidad virtual y aumentada (RV/RA), eleve a otro nivel la divulgación de las ciencias de la tierra.

El museo al aire libre que se persigue incluye afloramientos de roca, yacimientos paleontológicos y miradores donde la observación de estructuras geológicas o paisajes con un rico patrimonio geológico permita entender la compleja historia de nuestro planeta. Esta se explicará a través de dos rutas temáticas principales (Figura 1) que permitirán al visitante sumergirse en un viaje apasionante hacia el pasado más remoto. Los puntos escogidos ofrecerán experiencias de RV/RA producidas con tecnologías de vanguardia, lo más realistas e inmersivas posible, en 360 grados y que cubran diferentes periodos geológicos. También se plantea incluir narraciones de audio y funciones interactivas que proporcionen vivencias ricas, atractivas y educativas que contribuyan a reconectar a las personas con la naturaleza y el entorno que las rodea.

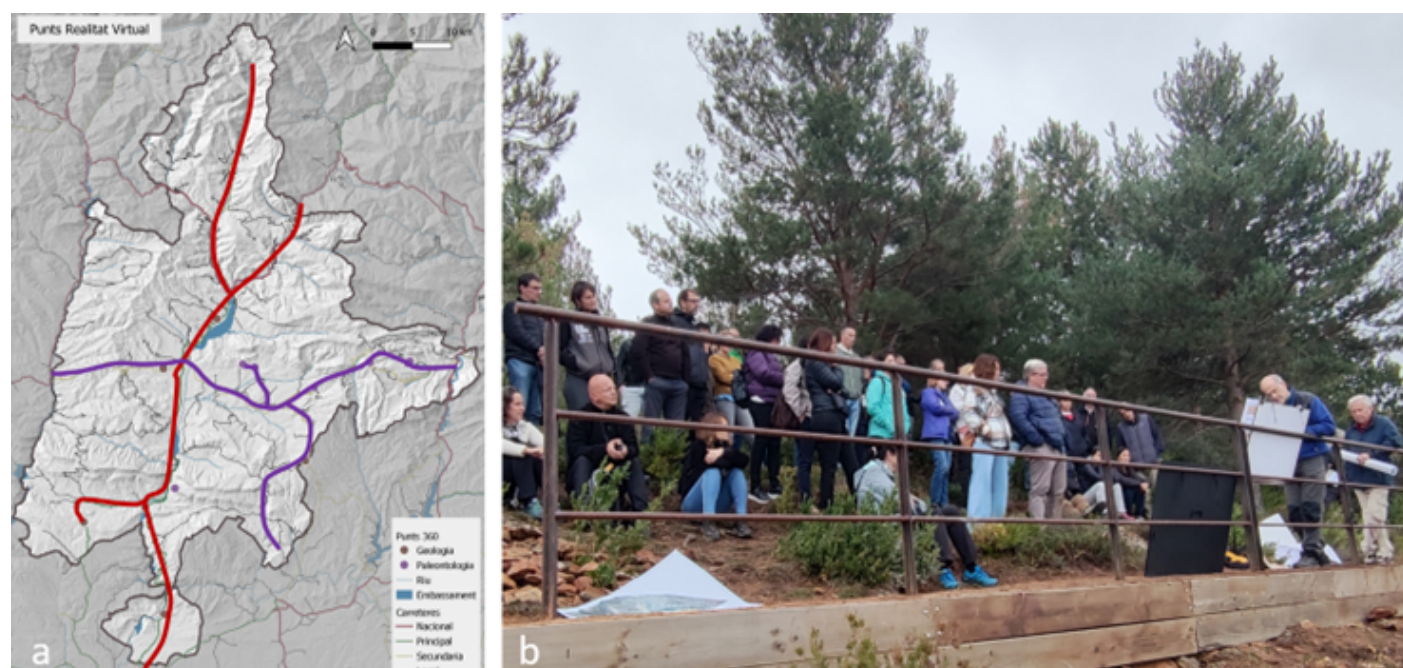


Figura 1. (a) Los puntos de realidad virtual se organizan en dos rutas temáticas principales: una que recorre el territorio de norte a sur y versa sobre la formación de los Pirineos (rojo) y otra, de este a oeste, en la que se destacan los últimos dinosaurios de Europa (violeta). Estos puntos se equipan con las infraestructuras necesarias para que las experiencias se puedan realizar de forma segura y satisfactoria (b).

Los paisajes del pasado ya sean marinos o continentales, albergaron muchas especies de animales y plantas, la mayoría de las cuales están hoy ya extintas, pero cuya memoria se conserva de forma excelente en los afloramientos de roca del Geoparque Orígens y en los fósiles que éstos albergan. El viaje a través de los tiempos geológicos mediante las posibilidades que ofrece la realidad virtual va a permitir visualizar y ayudar a comprender como era el paisaje donde, por ejemplo, vivieron los dinosaurios justo antes de su extinción hace 66 millones de años. Este permite también comprender cómo los pulsos tectónicos, junto con los procesos sedimentarios y erosivos, han provocado que hoy encontremos fósiles de animales y plantas en lo alto de los Pirineos que nos trasladan a hace más de 100 millones de años, momento en el que esos animales vivían en un mar de aguas cálidas y limpias en un clima subtropical.

Un patrimonio geológico privilegiado

El territorio del Geoparque Orígens está considerado como un laboratorio natural por los cientos de geólogos que lo visitan anualmente para investigar y aprender Geología. El registro geológico casi continuo que abarca más de 500 millones de años de historia se presenta en forma de bellos paisajes que, a su vez, muestran magníficos ejemplos de estructuras geológicas como las láminas cabalgantes del Montsec o Bóixols-Sant Corneli, así como diversos ejemplos de facies sedimentológicas, afloramientos paleontológicos o elementos geomorfológicos que lo han convertido en un referente en la enseñanza de las ciencias de la tierra. Su diversidad e interés geológico han hecho de este un territorio especialmente bien estudiado, tal como atestiguan los cientos de publicaciones científicas existentes.

La formación de los Pirineos es una historia compleja pero apasionante. Desde las zonas desérticas cercanas a la costa, donde se acumularon los niveles de evaporitas de finales del Triásico, hasta la actualidad, este territorio ha sufrido constantes cambios climáticos y ambientales, en parte provocados por los lentos, pero incansables, movimientos tectónicos que han ido generando y destruyendo los ambientes y formas de vida que hoy encontramos parcialmente fosilizados en las rocas de los Pirineos. Estos cambios incluyen entre otros: el paso de los paleoambientes áridos del Triásico a los mares subtropicales del Jurásico; la apertura del océano Atlántico; el paso por grandes extinciones como la de los dinosaurios a finales del Cretácico; el paradójico retorno del mar a inicios del Eoceno en pleno levantamiento de los Pirineos; o la aceleración de los movimientos de compresión que darían lugar a la formación de abanicos aluviales de grandes dimensiones y que colmatarían las cuencas y sierras de los Pirineos, en su vertiente sur, con niveles de conglomerados provenientes del norte. Estos procesos dieron lugar a un cambio de dirección de la red de drenaje de este-oeste a norte-sur y a los procesos erosivos asociados a esta nueva red de drenaje que ha modelado las sierras, los valles glaciales o los desfiladeros que observamos actualmente.

Esta extensa historia se ha ido desgranando a lo largo de años de investigación por parte de centenares de geólogos que han estudiado las formaciones geológicas de los Pirineos. Un buen ejemplo de ello es el perfil sísmico ECORS, la primera sección de sísmica profunda que contribuyó a descubrir la estructura interna de los Pirineos. Este gran logro, junto a los numerosos trabajos sedimentológicos y estructurales de campo, los perfiles sísmicos realizados durante diversas campañas de exploración y los registros de los sondeos petrolíferos perforados en el territorio han permitido construir modelos geológicos 3D de alta resolución. Destacan también las numerosas excavaciones paleontológicas que han hecho emerger la riqueza y diversidad de los yacimientos paleontológicos del territorio, especialmente los que registran ecosistemas continentales como son las icnitas de sinápsidos y arcosauromorfos del Pérmico inferior, el excepcional paleo-ecosistema del

Cretácico inferior de la Pedrera de Meià con más de 114 nuevas especies descritas o los restos de dinosaurios del Cretácico superior en la Conca de Tremp y Coll de Nargó, considerados entre los mejores del mundo. Las experiencias de realidad virtual producidas por el proyecto VIGEOCULT aspiran a acompañar al visitante en un viaje en el tiempo que le permita comprender mejor los complejos cambios que ha experimentado este territorio a lo largo del tiempo geológico y así apreciar mejor la rica geodiversidad de los Pirineos.

Emocionar para conectarse con el planeta Tierra

Este excepcional bagaje científico, atesorado a lo largo de décadas de investigación, es clave para que el proyecto VIGEOCULT pueda crear un museo natural abierto en el territorio del Geoparque Orígens con una sólida base científica y utilizando las nuevas metodologías de RV/RA sobre reconstrucciones geológicas 3D. Esta metodología se aplicará a la evolución geológica de la historia de la Tierra registrada en los Pirineos. Se proyecta brindar una experiencia emocional al público en general basada en la comprensión de los sistemas geológicos y paleoecológicos y su impacto en el paisaje, la actividad humana y la historia. La comprensión de cómo ha evolucionado la Tierra a través de los diferentes ciclos geológicos y climáticos, y sus consecuencias en extinciones biológicas masivas y cambios dramáticos del paisaje, promoverá una conciencia de sostenibilidad que se verá potenciada por la reconstrucción de los posibles escenarios futuros que enfrentamos con la tendencia climática actual.

Se ambiciona, además, fortalecer la conexión humana con el planeta Tierra a través de la interpretación eficiente de su patrimonio geológico y su difusión mediante productos de geoturismo. Para lograr estos objetivos, se combinarán reconstrucciones científicas y de vanguardia con las más modernas tecnologías de producción de RV/RA y cine digital para llevar estas simulaciones a imágenes espectaculares con un poder didáctico de excelencia.

Del conocimiento científico a las experiencias de realidad virtual

El primer e imprescindible paso consiste en documentar los puntos de realidad virtual con el máximo nivel de detalle posible. Los puntos seleccionados requieren que su conocimiento científico sea elevado y que estos proporcionen una experiencia continua de museo natural. También se valora que incluyan un patrimonio histórico que ayude a enriquecer la experiencia de los visitantes. A modo de ejemplo, la recreación del exuberante paleoambiente lacustre del yacimiento del Cretácico inferior de la Pedrera de Meià, incluye también una experiencia que muestra las arduas condiciones de vida de los obreros de finales del siglo XIX que trabajaron en la extracción de piedra litográfica en la cantera y que descubrieron los magníficos fósiles que hoy pueden verse en el Centro Interpretación del Montsec de Meià.

Los puntos donde se proyectan las experiencias inmersivas se digitalizarán mediante el escaneo 3D a partir de datos obtenidos de vuelos de drones i/o estaciones terrestres combinado con la manipulación de fotogrametría de alta resolución existente. Para alcanzar este objetivo, se combinan los Modelos Digitales de Elevación/Terreno (MDE/MDT) disponibles con modelos más detallados generados durante el proyecto para producir un levantamiento virtual de estos puntos.

Por otro lado, los datos obtenidos del trabajo de documentación, combinados con la digitalización del registro fósil (huesos, icnitas o huevos) mediante fotogrametría de alta resolución, ha permitido reconstruir y animar la estructura ósea de los dinosaurios, su modo de desplazamiento y los paleoambientes que habitaron (Figura 2). Asimismo, el rico conocimiento científico vigente en el ámbito de la Geología estructural, sedimentología y estratigrafía, combinado con reconstrucciones geológicas 3D a escala regional y local, ha facilitado la reconstrucción de los paleoambientes del pasado y la producción de paleoMDEs mediante el uso de software de modelación (Figura 3). Para complementar esta información se han realizado modelos

experimentales en el Laboratorio de Modelización Analógica del Instituto de Investigación Geomodels de la Universidad de Barcelona, unos modelos que reproducen a escala la evolución cinemática de estructuras geológicas comparables a los prototipos naturales que se proyecta animar.

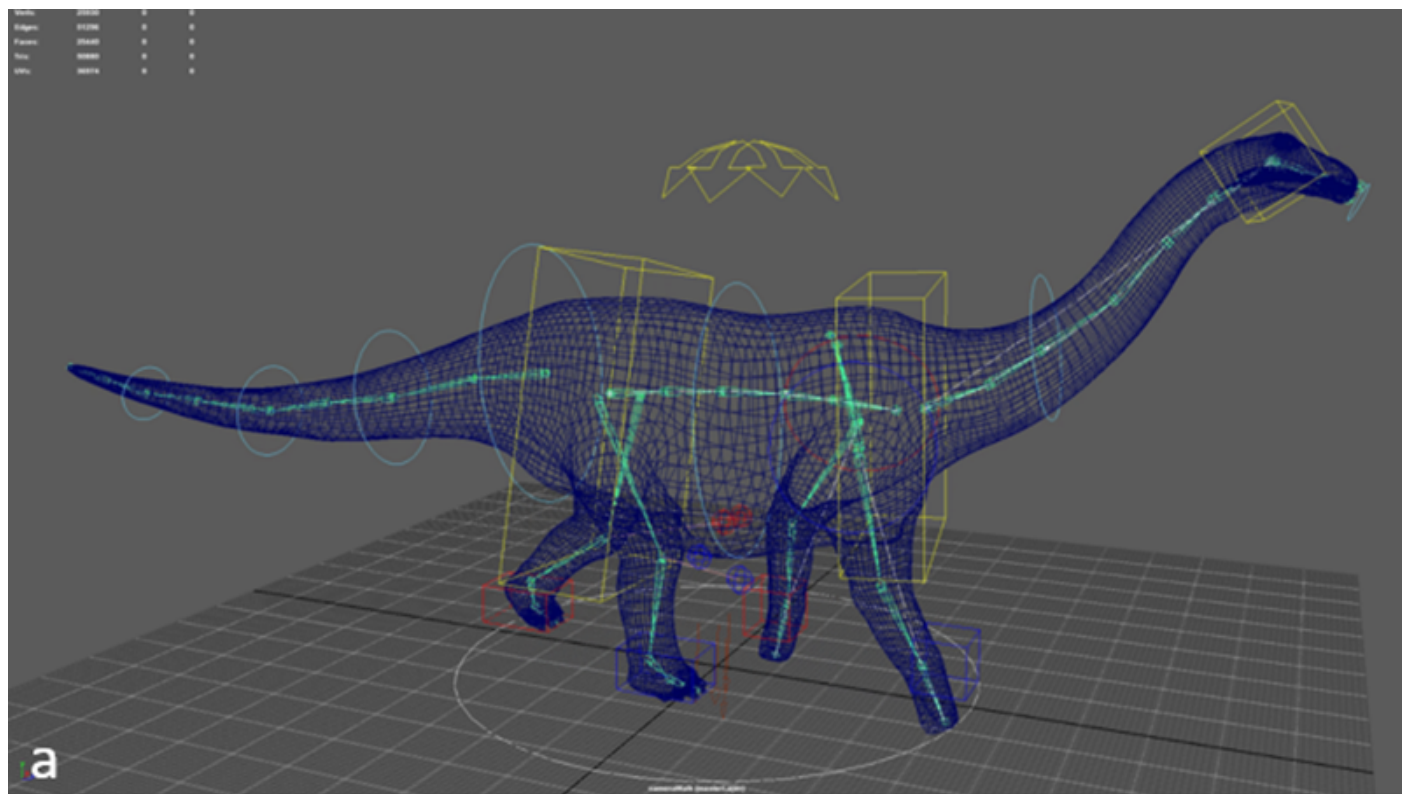


Figura 2. (a) Los modelos digitales permiten reproducir la estructura ósea y muscular de los titanosaurios para que las animaciones (b) reproduzcan de la

forma más fidedigna posible los movimientos de estos animales.

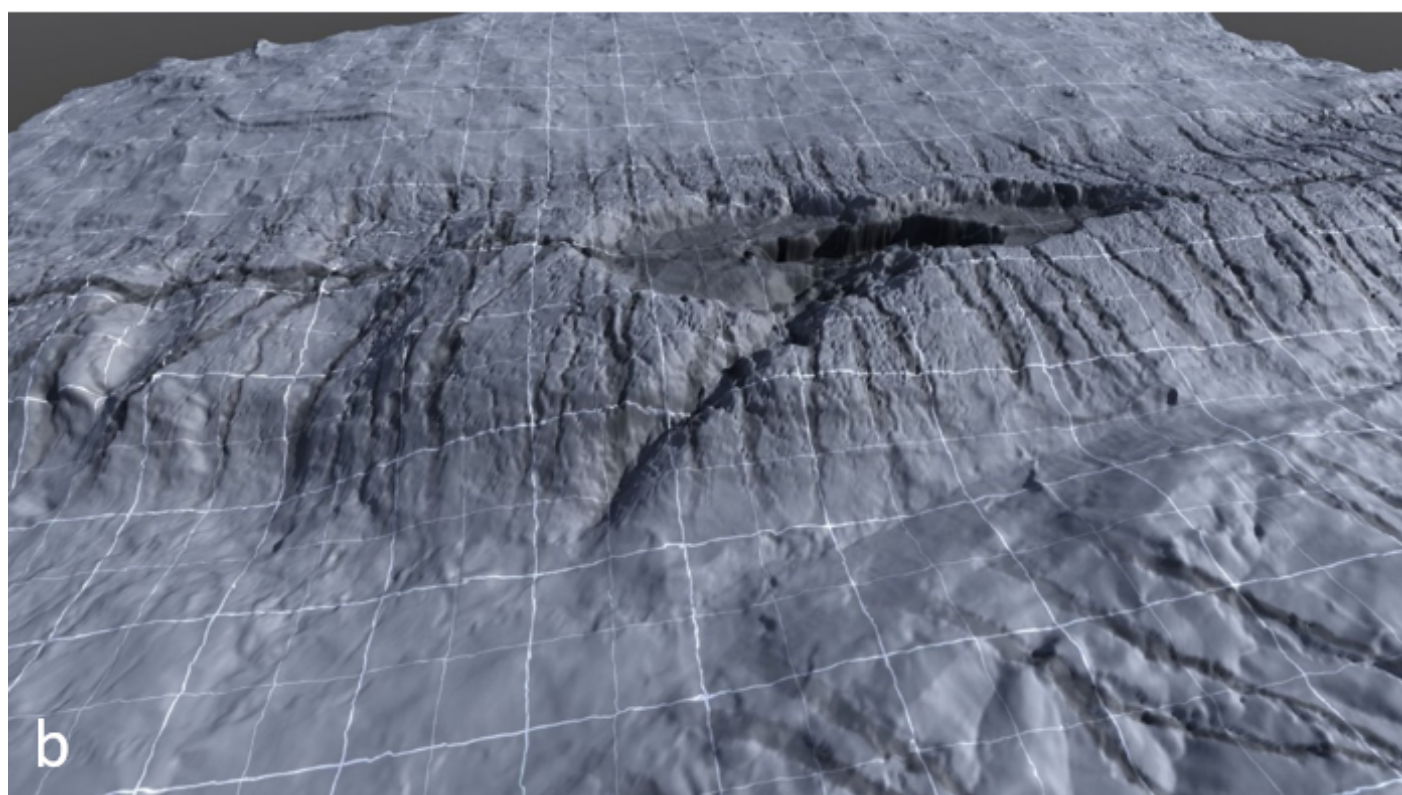


Figura 3. (a) Vista frontal del Anticlinal de Bóixols-Sant Corneli des del mirador donde se proyecta una de las experiencias de realidad virtual; (b) modelo digital que ilustra el paleorelieve asociado al emplazamiento del Anticlinal de Abella durante el Eoceno.

Los modelos digitales obtenidos, junto con las reconstrucciones geológicas,

paleontológicas o de patrimonio cultural, proveen el escenario y los materiales necesarios para crear estas animaciones digitales. La producción de animaciones implica el uso de software visual de alto rendimiento para generar imágenes visualmente potentes y animaciones fotorrealistas que harán que los resultados estén al nivel de la cinematografía digital de alta gama. Estas animaciones alimentan las escenas virtuales proyectadas a través de métodos de RV/RA y a su vez se podrán utilizar como contenidos para la realización de documentales sobre el patrimonio del Geoparque.

Las reconstrucciones y animaciones 3D desarrolladas se implementan a través de tecnología que permite la superposición de imágenes virtuales sobre las reales utilizando dispositivos móviles como teléfonos inteligentes, tabletas y gafas de realidad virtual. Esta tecnología ha de facilitar la comprensión de la evolución del paisaje geológico por parte del público, uno de los hándicaps más comunes en la difusión y transferencia del conocimiento geológico.

La visita por el territorio será guiada por una aplicación móvil que funcionará al estilo de una súper guía de video/RV/RA. Esta aplicación, que tendrá la capacidad de ofrecer diferentes rutas y formas de disfrutar el territorio, guiará a los visitantes a través de un continuo suministro de información a medida que avanza la visita. La información se ofrecerá a través de texto, audio, video y escenas RV/RA.

Esta aplicación móvil dirigirá al visitante a lo largo de las rutas temáticas con el objetivo de difundir los contenidos en la secuencia más adecuada para que estos disfruten de la experiencia a la vez que aprenden Geología. Aunque se premia acercar el visitante al territorio para vivir las experiencias *insitu*, también se prevé ofrecerlas en modo *off-site*, por lo que el contenido también estará disponible desde los museos del territorio o desde cualquier punto del planeta a través de la página web del proyecto. De esta manera, el contenido en sí se convertirá en una poderosa herramienta de promoción turística con el potencial de alcanzar audiencias internacionales. Además, las experiencias *off-site* van a permitir visitar sitios restringidos o inaccesibles y contribuir a poner

todo el territorio a disposición de personas con movilidad reducida o limitaciones sensoriales.

En el ámbito de la educación, el proyecto pretende ofrecer a las escuelas del territorio la participación en la evaluación y desarrollo de contenidos. En este sentido, los resultados de la versión beta (versión de prueba) de las experiencias generadas serán ofrecidos a museos y escuelas locales para su evaluación a nivel de usuario. En este mismo sentido, se ofrecerá a los centros educativos del territorio el desarrollo de contenidos adicionales simples en formato vídeo/RV/RA bajo la supervisión del equipo VIGEOCULT. Se trata, sin duda, de una forma novedosa de introducir a las nuevas generaciones al mundo de la Geología y las nuevas tecnologías como herramienta de creación y transmisión de conocimiento.

Un proyecto transformador de largo recorrido

En este momento, a nivel paleontológico, se han empezado a generar los primeros contenidos digitales. Entre estos se encuentran reconstrucciones y animaciones preliminares de tres especies de dinosaurios de finales del Cretácico, el titanosaurio *Abditosaurus kuehnei*, el hadrosauro *Pararhabdodon isonensis* (Figura 4) y el terópodo *Tamarro insperatus*, así como de los paleoambientes en los que estos interactuaban. En el campo de la geomorfología se ha producido una primera animación sobre la evolución de la red de drenaje en la Conca de Tremp durante el Cuaternario (Figura 5), mientras que los amplios conocimientos previos en estratigrafía, sedimentología y Geología estructural de esta zona han permitido reconstruir los movimientos tectónicos que dieron lugar a la formación del Anticlinal de Bóixols-Sant Corneli, así como su evolución paleoambiental desde el Triásico hasta la actualidad. En el campo del patrimonio cultural, se está priorizando la documentación del patrimonio tangible e intangible que puede contribuir a enriquecer las experiencias de contenido geológico y paleontológico.

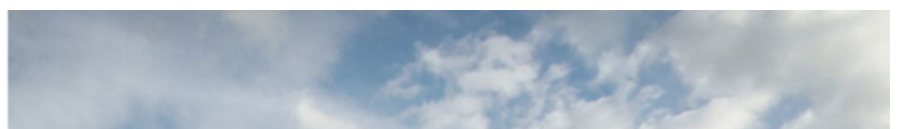
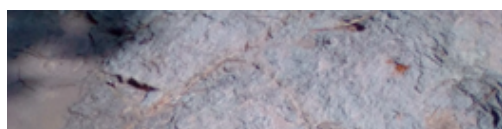




Figura 4. Los hadrosáuridos que dejaron sus huellas en el yacimiento de Basturs (a) vivían en ambientes fluviales de clima subtropical (b). La erosión fluvial por parte de los ríos y barrancos de la Conca de Tremp durante el Cuaternario ha devuelto estas huellas a la superficie.

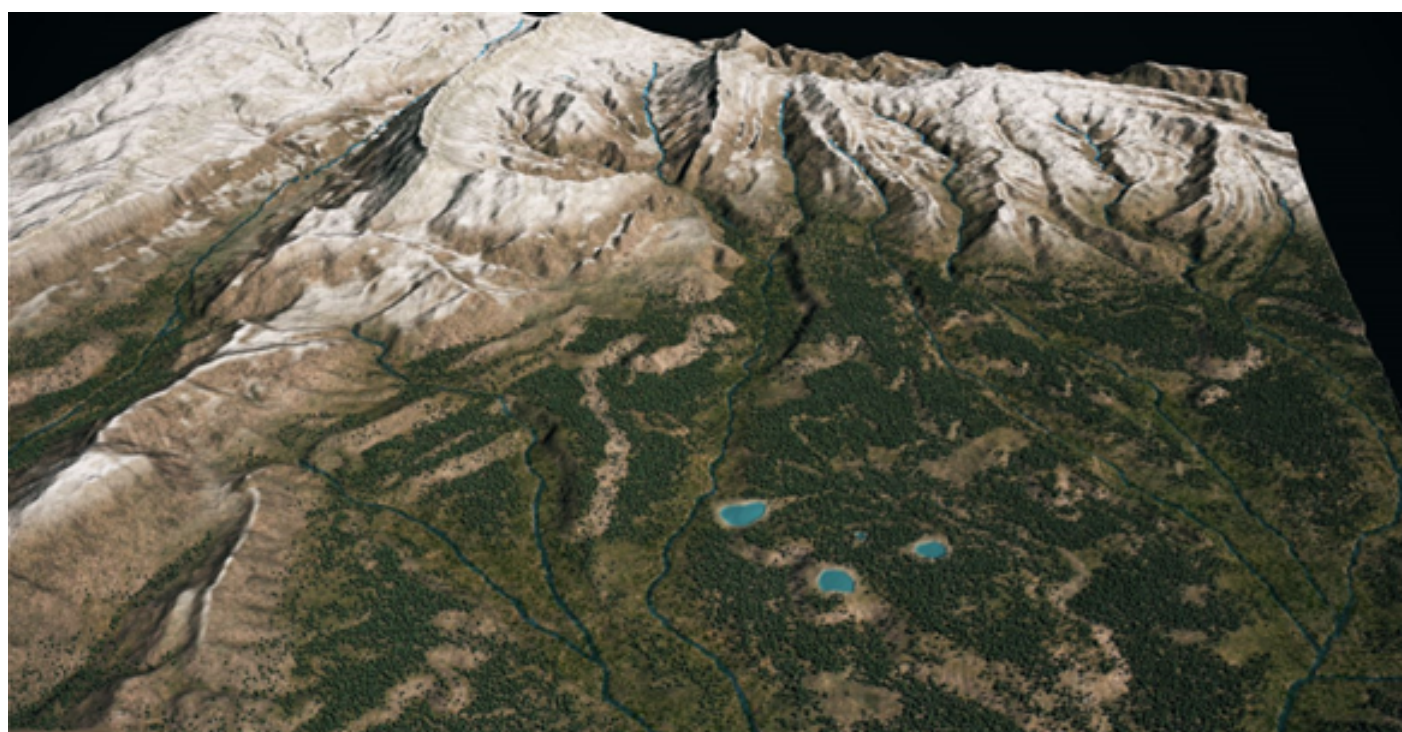


Figura 5. Fotograma que ilustra un momento durante la última glaciación (Pleistoceno superior) dentro de la animación que muestra el modelo evolutivo de la Conca de Tremp de los últimos 500.000 años.

La elaboración de materiales visuales ayudará a la sociedad a conocer la Geología de la zona y sus impactos en la historia y cultura de los pueblos y sus habitantes. El conocimiento generado atraerá a diferentes sectores de la sociedad como universidades, escuelas o el público en general a un territorio

rural poco poblado y alejado de los centros económicos e industriales. De esta forma, el proyecto cumplirá con la exigencia del territorio de identificar, organizar y utilizar los valores del patrimonio geológico existente como motor de desarrollo rural sostenible y contribuirá a fijar en el territorio las generaciones jóvenes a través de nuevas oportunidades laborales.

El uso y explotación de las nuevas tecnologías permitirá a los visitantes lograr una experiencia de alta carga didáctica y emocional. Basado en la conciencia holística de la conservación, la ciencia, la educación y el desarrollo sostenible, como marca la Agenda 2030 de las Naciones Unidas y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible, el proyecto se propone crear productos que brinden una experiencia vital y fundamental a las personas y las ayuden a comprender y tomar conciencia de la grandeza de la naturaleza y los logros de nuestros antepasados. Asimismo, esta novedosa forma de transmisión de conocimiento anhela que el visitante al Geoparque se enamore del territorio, así como de nuestro planeta y su historia, de la naturaleza y del cosmos.