

PterosaVR MUVHN: una aplicación para la reconstrucción virtual de *Tropeognathus mesembrinus*

Tonny Ruiz-Gijón¹, Marcos Gutiérrez Cubells¹, Borja Holgado¹, Hugo Salais López¹, María Vidal González¹ and Anna García Forner¹

¹MUVHN - Museo de la Universitat de València de Historia Natural

Abstract

*Tanto el paleoarte como las nuevas tecnologías suponen herramientas muy útiles y visualmente atractivas para la representación de la vida extinta. En este proyecto, ambas disciplinas han sido combinadas en el desarrollo de una aplicación móvil que permite, mediante el uso de un casco de realidad virtual, asistir a la reconstrucción del pterosaurio *Tropeognathus mesembrinus*, paseando a través de tres niveles anatómicos: el esqueleto, la musculatura y el aspecto externo. La reconstrucción culmina con una escena de *Tropeognathus* sobrevolando un paisaje del Cretácico Inferior. Además, incluye un visor 3D por el que se puede navegar por la anatomía del pterosaurio, así como una opción de poder mostrarlo en realidad aumentada al encontrar el logo del museo.*

*En conclusión, esta aplicación supone una forma novedosa y atractiva de exponer una pieza paleontológica al público general, que podrá familiarizarse no sólo con *Tropeognathus* y los pterosaurios, sino también con el proceso de reconstrucción de la vida extinta.*

CCS Concepts

• **Applied** → *Virtual Reality, Augmented Reality;*

1. Introducción

El uso de aplicaciones móviles en museos de todo el mundo es, cada vez más, una herramienta importante gracias a las múltiples ventajas que presenta: permite complementar la información de piezas en exhibición con elementos multimedia (audioguías, visitas virtuales, etc.) y, ya que el usuario es quien decide de forma activa conocer más información, ayuda en el proceso de aprendizaje haciendo este más interactivo. Además, permite acercar los contenidos museísticos a los más jóvenes cada vez más dependientes de los smartphones.

En los museos de Historia Natural se suelen exponer piezas reales como fósiles, esqueletos completos o parciales restaurados o ejemplares disecados con su pelaje preservado, pero además, se incluyen reconstrucciones de seres ya extintos realizadas en escayola, silicona, resina u otros materiales. En el Museo de la Universitat de València de Historia Natural (MUVHN) se exhiben gran cantidad de piezas reales y dos reconstrucciones: una a escala 1:1 del esqueleto del pterosaurio *Tropeognathus mesembrinus*, y otra del mismo ejemplar a escala 1:10 de la reconstrucción de su pelaje. Estas maquetas han sido llevadas a cabo por una empresa de paleoescultores, gracias a los estudios llevados a cabo en este trabajo.

El paleoarte se basa en las investigaciones paleontológicas que se han realizado de un espécimen concreto con el fin de, según el nivel de detalle requerido, realizar una serie de bocetos, ilustraciones o

esculturas que describan desde la anatomía hasta el hábitat donde éste vivía. Se trata de un proceso que resulta imprescindible para la reconstrucción completa de estos seres y que sirve de nexo entre los paleontólogos y modeladores y animadores 3D.

2. Reconstrucción paleoartística

Con los estudios de *Tropeognathus mesembrinus* [Wei87] [KCS*13] que describen el holotipo (cráneo, cervicales y cintura pélvica) y el modelo de esqueleto reconstruido en el Museu Nacional de Rio de Janeiro se comienza el proceso de reconstrucción paleoartística.

La reconstrucción paleoartística se basa en una “disección inversa” del organismo, en la que se estudia y representa varios niveles en sentido contrario a lo que representaría una disección anatómica convencional: esqueleto, musculatura y aspecto externo. La reconstrucción comienza a nivel del esqueleto, la parte más importante (determinará los niveles posteriores de la reconstrucción) y compleja (múltiples piezas articuladas – huesos, se establecerán las proporciones del animal, entre otros).

La reconstrucción del esqueleto comienza con estudios de diversas regiones anatómicamente complejas (cintura escapular o ala). Se tiene en cuenta proporciones, orientación de las piezas óseas y articulación de unas piezas con otras. Se puede observar el nivel de detalle del estudio en la Figura 1.

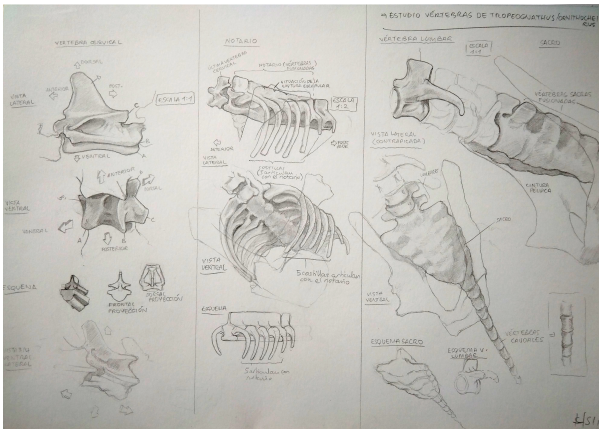


Figure 1: Resultados del estudio de las vértebras. [SLHRG* 18]

Para llevar a cabo el proceso, se requieren las principales vistas en planta del pterosaurio: dorsal, ventral y frontal, y será necesario para las tres etapas anatómicas a representar: esqueleto, musculatura y aspecto exterior. Se diseñan cuidadosamente como se puede observar en las figuras 2 y 3.

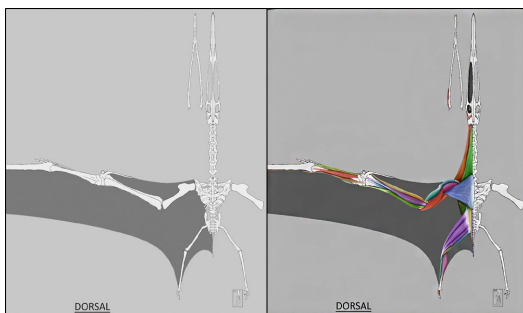


Figure 2: Izquierda: vista dorsal del esqueleto. Derecha: vista dorsal de la musculatura, diferenciados por colores los diferentes grupos musculares.

3. Modelado 3D

Se modela primero el esqueleto, una vez completado, se modela la musculatura sobre el modelo de esqueleto, cuidando los detalles biológicos de inserción de cada músculo en cada hueso y separando los grupos musculares según los estudios previos. Finalmente se modela el aspecto externo.

Una vez modeladas las tres etapas, se riggea el modelo de esqueleto mediante huesos virtuales, bones [Tea18a], creando las diferentes articulaciones (rodillas, hombro, cuello...) y marcando sus límites físicos de apertura [Tea18b]. Después se ajustan los posibles artefactos que aparecen en los modelos de musculatura y aspecto externo, ya que las deformidades musculares y de la piel no tienen en cuenta solo las articulaciones sino también el estiramiento y contracción de estos. Se ha de tener en cuenta que el objetivo

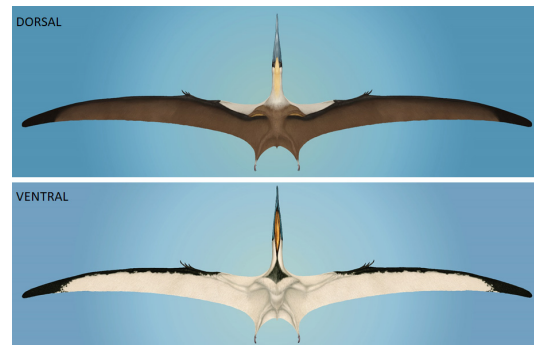


Figure 3: Arriba: vista dorsal del aspecto exterior. Abajo: vista ventral del aspecto exterior

de este modelado 3D es funcionar sobre dispositivos móviles, por lo que se tratará de trabajar con un número moderado de polígonos, añadiendo los finos detalles mediante el uso de mapas de normales. Se pueden observar estos detalles en la representación de la musculatura, en la Figura 4.



Figure 4: De arriba a abajo: modelado 3D del esqueleto, musculatura y aspecto exterior

4. Escenario a reconstruir

La idea inicial del proyecto es poder observar, utilizando un casco de realidad virtual, cómo el esqueleto expuesto en el hall del MUVHN logra reconstruirse por completo, hasta su aspecto exterior, permitiendo ver al espécimen sobrevolar su hábitat original en el Cretácico Inferior. Se han abordado los dos entornos a virtualizar de formas diferentes: el escenario del museo en la actualidad y un escenario costero con flora y fauna de la época en la que vivió el pterosaurio.

4.1. Interior del museo

Ya que el entorno del interior del museo es real y actual, y el punto de vista de los usuarios es fijo durante el vuelo del pterosaurio, se ha optado por reconstruirlo virtualmente utilizando fotografía esférica y proyectando esta imagen sobre un cubo [Zim99, p. 14] (Figura 5). Gracias a esta aproximación, se obtienen resultados visuales satisfactorios para comenzar la inmersión virtual sin requerir sobrecostes de renderizado. Además, pequeños cambios de la sala pueden ser fácilmente actualizados en la aplicación realizando una nueva fotografía 360°. Sin embargo, la iluminación natural de la sala es la que se captó en la fotografía original, por lo que puede ser distinta a las condiciones climáticas en las que se visita el museo.

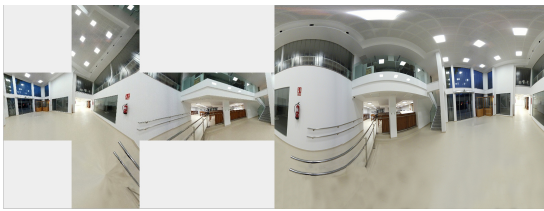


Figure 5: Cubemap y fotografía 360°

4.2. Escenario del Cretácico Inferior

Los criterios biológicos son los que establecen la distribución de la flora y fauna del escenario, así como la morfología del terreno o el aspecto climático. En este caso, surge un conflicto entre las necesidades de la escena y el rendimiento en dispositivos móviles. La escena cuenta con, aproximadamente, 400 árboles y arbustos distribuidos por el terreno. El número de polígonos inicialmente en la escena en dirección a la flora era de alrededor de entre 600-800k triángulos. Con la calidad inicial de los modelos y las texturas se ofrecía unos resultados visuales satisfactorios y la iluminación conseguía un efecto inmersivo suficiente para las necesidades. Sin embargo, al tratarse de una escena de realidad virtual, se ha de renderizar desde dos cámaras, por lo que el rendimiento en dispositivos móviles cae en picado. Por todo esto, se reduce la calidad de los gráficos y se evita el sombreado de los árboles para conseguir mayor rendimiento en la mayoría de gama media/media-alta de dispositivos. La escena renderiza unos 120k triángulos en dirección a la flora, como se puede observar en la Figura 6, los resultados visuales son inferiores.

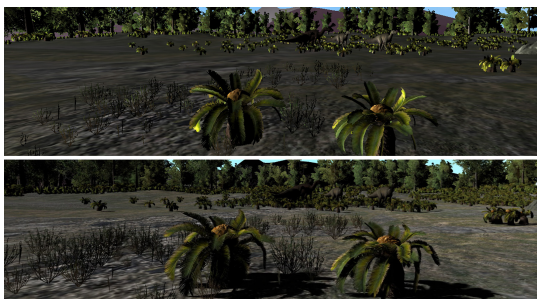


Figure 6: Arriba: calidad reducida. Abajo: calidad deseada

4.3. Interacción

La forma de interactuar utilizando un caso de realidad virtual en un dispositivo móvil ha de ser, necesariamente, mediante la vista. En este proyecto se ha utilizado la proyección de ambos ojos para poder interactuar con la interfaz de la aplicación mientras se tenga el dispositivo *cardboard* puesto.

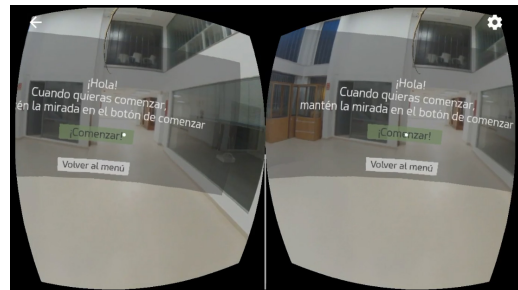


Figure 7: Captura de pantalla de la aplicación corriendo en un dispositivo. Se utiliza el punto blanco central para determinar dónde se está mirando y si se mantiene unos segundos, se activa el botón.

5. Visor 3D

Se ha creado un visor 3D para navegar por la anatomía del pterosaurio, pudiendo hacer rotación, zoom y deslizar de forma intuitiva utilizando la pantalla táctil del dispositivo. Desde este se puede navegar por los distintos niveles anatómicos del pterosaurio: esqueleto, musculatura y aspecto exterior.

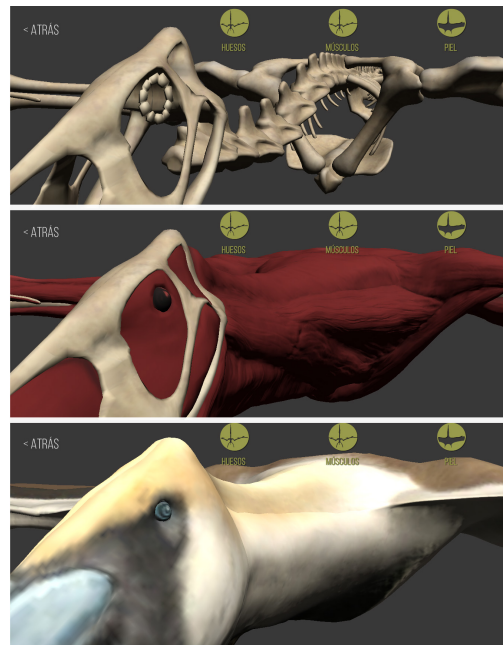


Figure 8: Visor 3D, de arriba a abajo: Captura del esqueleto, musculatura y pelaje.

6. Realidad Aumentada

Con el fin de hacer más cercana la aplicación a los más jóvenes, que es uno de los grandes grupos que visita el MUVHN, y poder promocionar el museo en las redes sociales, se ha preparado una escena con Realidad Aumentada que, al reconocer con la cámara del dispositivo el logo del museo, muestra a *Tropeognathus* volando. Se pueden realizar fotografías y compartirlas en las redes sociales como se observa en la Figura 9



Figure 9: Fotografía tomada desde la aplicación con realidad aumentada de un grupo de estudiantes visitando el museo

7. Tecnología empleada

Para el modelado, rigging y las animaciones de planeo, batida suave, batida completa y giro de *Tropeognathus* se ha utilizado el software open source Blender 2.7.

El diseño del escenario ha sido creado dentro del motor de videojuegos Unity 2017, empleando sus herramientas de creación de terreno. La iluminación y rebotes de la luz están controlados desde la configuración de Unity.

La animación del recorrido del vuelo que realiza el pterosaurio está definida en una línea temporal que activa las diferentes animaciones creadas en blender, visible en la siguiente Figura:

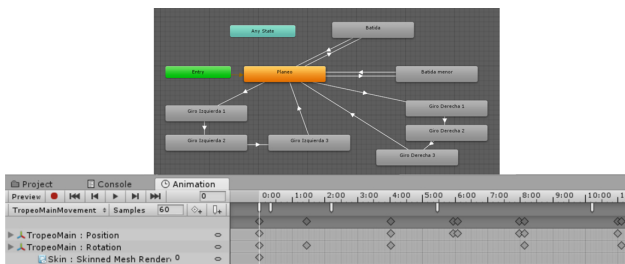


Figure 10: Máquina de estados de las animaciones y línea de tiempo para el vuelo de *Tropeognathus*.

Para la escena de Realidad Aumentada se ha optado por el sdk de Vuforia ya que ofrece soporte multiplataforma, descartando las plataformas ARCore y ARKit, destinadas particularmente a Android y iOS respectivamente.

8. Conclusiones y trabajo futuro

Se establecen tres nuevas líneas de trabajo para continuar con esta aplicación: La primera tiene que ver con el acabado visual de la escena del Cretácico: se trata de mejorar el render manteniendo, al menos, el rendimiento actual. Se ha realizado pruebas de captura del entorno utilizando varias cámaras y solapándolas en un vídeo 360°, con lo que el único coste computacional para el dispositivo será reproducir dicho vídeo y proyectarlo sobre una esfera [Zim99, p. 3] con las normales invertidas para observarlo desde el interior. Se plantea para versiones futuras a corto plazo, lo que ayudará a reducir el tamaño de la aplicación a descargar en los dispositivos. La segunda está en la línea del visor 3D. Al tratarse de una aplicación que pretende divulgar información sobre los pterosaurios, se pretenden crear puntos de interés para que sea más fácil conocer detalles anatómicos de *Tropeognathus*. La tercera línea de investigación está enfocada en la simulación del vuelo del pterosaurio, simulando los impulsos de su musculatura [GvdPvdS13] y las deformidades que se deben producir del modelo 3D.

En conclusión, la combinación de las nuevas tecnologías de Realidad Virtual con la disciplina paleoartística resultan en vías novedosas y visualmente atractivas para la exposición de piezas museológicas como ésta. De este modo, el público general podrá familiarizarse de forma amena y accesible no sólo con *Tropeognathus* y el linaje de los pterosaurios, sino también con el proceso de reconstrucción paleoartística de la vida extinta.

References

- [GvdPvdS13] GEIJTENBEEK T., VAN DE PANNE M., VAN DER STAPPEN A. F.: Flexible muscle-based locomotion for bipedal creatures. *ACM Trans. Graph.* 32, 6 (Nov. 2013), 206:1–206:11. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/2508363.2508399>, doi:10.1145/2508363.2508399. 4
- [KCS*13] KELLNER A., CAMPOS D., SAYAO J., A.F. SARAIVA A., RODRIGUES T., OLIVEIRA G., A CRUZ L., COSTA F., SILVA H., FERREIRA J.: The largest flying reptile from gondwana: A new specimen of *tropeognathus* cf. *t. mesembrinus* wellnhofer, 1987 (pterodactyloidea, anhangeridae) and other large pterosaurs from the romualdo formation, lower cretaceous, brazil. 113–35. 1
- [SLHRG*18] SALAIS LÓPEZ H., HOLGADO B., RUIZ-GIJÓN T., GUTIÉRREZ CUBELLS M., VIDAL GONZÁLEZ M., LÓPEZ R., GARCÍA FORNER A.: PterosaVR, una aplicación para la reconstrucción virtual del pterosaurio *tropeognathus* cf. *t. mesembrinus* wellnhofer, 1987. 2
- [Tea18a] TEAM B.: *Bones Structure in Blender*, 2018. URL: <https://docs.blender.org/manual/en/dev/rigging/armatures/bones/structure.html>. 2
- [Tea18b] TEAM B.: *Limit Rotation Constraint in Blender*, 2018. URL: https://docs.blender.org/manual/en/dev/rigging/constraints/transform/limit_rotation.html. 2
- [Wel87] WELLNHOFFER P.: New crested pterosaurs from the lower cretaceous of brazil. *Mitteilungen der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und Histor. Geologie.* 27 (1987), 175–186. URL: <https://www.biodiversitylibrary.org/part/218099>. 1
- [Zim99] ZIMMONS P.: Spherical, cubic, and parabolic environment mappings. 3, 4