



**Universitat de les
Illes Balears**

Facultad de Ciències

Memòria del Treball de Fi de Grau

Eficacia comparada entre modelos 3D y modelos físicos en el aprendizaje de estructuras anatómicas en Zoología.

Lluís Albert Sanchis López

Grau de Biologia

Any acadèmic 2014-15

DNI de l'alumne: 43213320T

Treball tutelat per: Dr. Miguel Ángel Miranda Chueca
Departament de Biologia (Zoologia)



S'autoritza la Universitat a incloure el meu treball en el Repositori Institucional per a la seva consulta en accés obert i difusió en línea, amb finalitats exclusivament acadèmiques i d'investigació

Paraules clau del treball:

Realidad virtual, cognición espacial, modelo anatómico físico, modelo anatómico en 3D, anatomía en docencia.

Índice

1. Resumen / Abstract.....	pág. 2
2. Introducción	
2.1 Nuevas tecnologías en el ámbito docente.....	pág. 4
2.2 Capacidad cognitiva espacial entre hombres y mujeres....	pág. 6
3. Objetivos.....	pág. 9
4. Materiales y metodología	
4.1 Hipótesis de partida.....	pág. 9
4.2 Muestra.....	pág. 10
4.3 Preparación de los materiales.....	pág. 10
4.4 Ejecución de la prueba.....	pág. 14
4.5 Tratamiento estadístico.....	pág. 15
5. Resultados y Discusión	
5.1 Resultados.....	pág. 16
5.2 Discusión.....	pág. 19
6. Conclusiones.....	pág. 22
7. Agradecimientos.....	pág. 23
8. Bibliografía.....	pág. 24

1. Resumen / Abstract

La implementación de nuevas tecnologías en el campo de la docencia ha supuesto en la última década un avance y cambio de las técnicas de enseñanza. La utilización de la tecnología en 3D virtual presenta varias ventajas logísticas sobre los modelos tradicionales físicos y en 2D en el estudio de estructuras anatómicas en los campos de Biología y Medicina.

En estudios anteriores, se ha visto que los hombres presentan una mayor capacidad cognitiva espacial que las mujeres. Varios estudios llevados a cabo con este fin, han demostrado que los hombres tienen mayores aptitudes para tareas relacionadas con la navegación sobre un mapa así como en el reconocimiento de objetos.

Este trabajo pretende estudiar por un lado la eficacia de los modelos en 3D de estructuras de anatomía en Zoología comparada con los modelos físicos tradicionales. Por otro lado se observarán las posibles diferencias de la capacidad cognitiva espacial entre ambos sexos.

Para realizar este estudio se ha contado con la ayuda de 50 voluntarios de segundo año de Biología de la Universidad de las Illes Balears (UIB), con el fin de tener una muestra lo más homogénea posible. Se les pidió que memorizaran las partes de un cráneo de *Canis lupus familiaris* (Perro doméstico), unos con el modelo físico y otros con el modelo en 3D virtual mediante un programa informático. Seguidamente se les pidió que llevaran a cabo una prueba sobre papel, rellenado los huecos indicados de las diferentes partes de una imagen en 2D del mismo cráneo.

Se encontraron diferencias significativas a favor del modelo en 3D virtual con mayor puntuación en los resultados de las pruebas en comparación al modelo físico. Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas en la cognición espacial entre ambos sexos.

Visto el claro potencial de los modelos en 3D en cuanto a eficacia, sería posible consolidar su implementación en docencia para estructuras anatómicas en un futuro próximo.

The implementation of new technologies in the teaching field has assumed an advance and a change in the teaching techniques on the last decade. 3D technology presents several advantages over 2D and physic traditional models in the study of anatomical structures in Biology and Medicine.

In earlier studies, it has been observed that men present a better spatial cognitive capacity rather than women. In those studies men have demonstrated more skills in navigation and object recognition than women.

In this study it is intended to view the efficiency of the 3D models over the physic ones. On the other hand, it will be also observed the possible differences in spatial cognition between men and women.

In the realization of this dissertation, 50 volunteers of 2nd degree in Biology made in Illes Balears University (UIB), in an attempt to have a homogenous sample, memorized all the part of a dog skull. Some of them worked with the 3D virtual model and the others worked with the physic model. Immediately after, they were asked to do a test completing the blank parts of a 2D paper skull dog.

Significant differences were found between the 3D virtual model compared with the physic one favoring the 3D. However, no significant differences were found when compared spatial cognition between men and women.

Having seen the great potential of 3D models if talking about efficiency, it would be possible to consolidate its implementation in anatomical teaching on a near future.

2. Introducción

2.1 Nuevas tecnologías en el ámbito docente

Las técnicas de enseñanza en el ámbito de la docencia han evolucionado a lo largo del tiempo. En la última década, la tecnología se ha convertido en una baza indispensable a la hora de transmitir conocimientos, de docente a alumno.

En los estudios de grado de Ciencias de la Salud, las asignaturas que incluyen el estudio de la anatomía como zoología o fisiología en Biología y Veterinaria o anatomía humana y cirugía en Medicina presentan un peso de horas bajo en proporción a las horas totales del grado, por lo que es necesario encontrar nuevas fórmulas para facilitar la integración y aprendizaje de dicha anatomía por parte del alumno.

El aprendizaje y estudio de modelos anatómicos en 3D (virtual) han sido usados por profesionales de la medicina para comprender mejor tanto, las estructuras de nuestro organismo como, para preestablecer un plan de acción en complejas cirugías que pueden generarse en éste. De hecho, según Sakas (2002), se está observando una tendencia general por parte de los profesionales de la medicina a utilizar de cada vez más estos modelos en 3D en detrimento de los tradicionales modelos físicos y en 2D.

De forma inmediata se ha visto que la implementación de la realidad virtual podría tener un gran potencial a la hora de ayudar a comprender modelos anatómicos en docencia. Hasta hace relativamente poco, esta práctica se ha llevado a cabo únicamente con la ayuda de modelos impresos en papel, que consideraríamos en 2D, y modelos físicos de las estructuras estudiadas ya sean reales o replicas confeccionadas en plástico o resina.

El principal problema de los modelos anatómicos de estructuras en 2D (manuales o libros de texto) es la clara falta de comprensión con la que el alumno se

puede imaginar dicha estructura como un todo y no como varias imágenes unidas en una sola desde distintos puntos de vista.

Por otro lado los modelos físicos también presentan algunos inconvenientes. Algunas estructuras anatómicas ya sean réplicas o reales, son difíciles de conseguir y almacenar correctamente o presentan un precio muy elevado para la mayoría de centros docentes. Las estructuras físicas más fáciles de conseguir suelen estar presentes en números limitados ralentizando el estudio de todos los alumnos de un aula.

Todos estos inconvenientes han dado como resultado varios estudios como los de Algieri *et al.*, (2012), Ferrer *et al.*, (2014), Petersson *et al.*, (2009) y Preece *et al.*, (2013), en los que se trata de comprobar si la utilización de modelos en 3D de realidad virtual supone una ventaja para el alumnado a la hora de comprender modelos anatómicos en medicina.

Uno de los primeros estudios en este campo fue el llevado a cabo por Petersson *et al.*, (2009) convirtiendo imágenes de resonancia magnética (2D) a imágenes en 3D de realidad virtual mediante el software OsiriX. Todo ello se implementó en un programa educacional de anatomía humana virtual (llamado EVA), donde se testeó la utilidad de este nuevo método.

Estudios similares fueron llevados a cabo como el de Algieri *et al.*, (2012), donde 313 alumnos de la asignatura Anatomía de la Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires, aprendieron varias estructuras del aparato locomotor utilizando un modelo en 3D diseñado en Moodle en contrapartida a otros modelos en 2D.

Preece *et al.*, (2013), evaluaron de forma similar a estudiantes de veterinaria. Estos tuvieron que aprender estructuras anatómicas de *Equus ferus* utilizando modelos físicos, fichas en 2D y modelos en 3D de realidad virtual donde se comprobaría la eficacia comparativa de los todos los modelos.

En España, Ferrer *et al.*, (2014), llevaron a cabo un estudio de anatomía donde estudiantes de 1º de grado de podología de varias universidades españolas estudiaron estructuras de la extremidad inferior utilizando un software llamado AR BOOK de realidad virtual en 3D. 211 estudiantes fueron divididos en dos grupos: un grupo estudió con el AR BOOK y el otro con metodologías estándar (2D).

A la vista de más estudios en este campo, se sentarán las bases necesarias para poder confirmar con mayor certeza si la implementación de estas nuevas tecnologías en la docencia para modelos anatómicos, pueden llegar a ser de mayor ayuda y utilidad que los modelos físicos y en 2D.

2.2 Capacidad cognitiva espacial entre hombres y mujeres

Las diferencias en cognición espacial entre ambos sexos tienen su explicación al inicio de la especie humana. En los grupos o tribus de *Homo sapiens* los hombres eran los encargados de dirigir a la tribu y de asegurar el alimento mediante la caza, mientras las mujeres llevaban a cabo tareas de recolección de frutos silvestres o cuidado de la prole. Además, se cree que aquellos hombres con mayores capacidades de orientación, reconocimiento de diferentes especies de caza y por ende de una mayor cognición espacial, presentaban un mayor éxito reproductivo.

En el estudio de Vashro *et al.*, (2013), evaluaron el hecho descrito anteriormente: En una población parecida a la de nuestros ancestros, la tribu Twe y la tribu Tjimba del noroeste de Namibia (África), se pusieron a prueba las habilidades de navegación y reconocimiento de especies de caza (por lo tanto, se puso a prueba su cognición espacial) a hombres y mujeres de ambas tribus.

Varios estudios como los de Richardson (1991), Kimura *et al.*, (1994), Echavarrí *et al.*, (2007), Coluccia *et al.*, (2004) y Dabbs *et al.*, (1998) contemplaron las diferencias en cognición espacial entre ambos sexos en poblaciones del mundo desarrollado.

Richardson, (1991) y Kimura *et al.*, (1994), sentaron las bases de este campo de estudio. Los primeros estudios de cognición espacial contemplaban principalmente la identificación de objetos en 3D y las habilidades de navegación sobre un mapa.

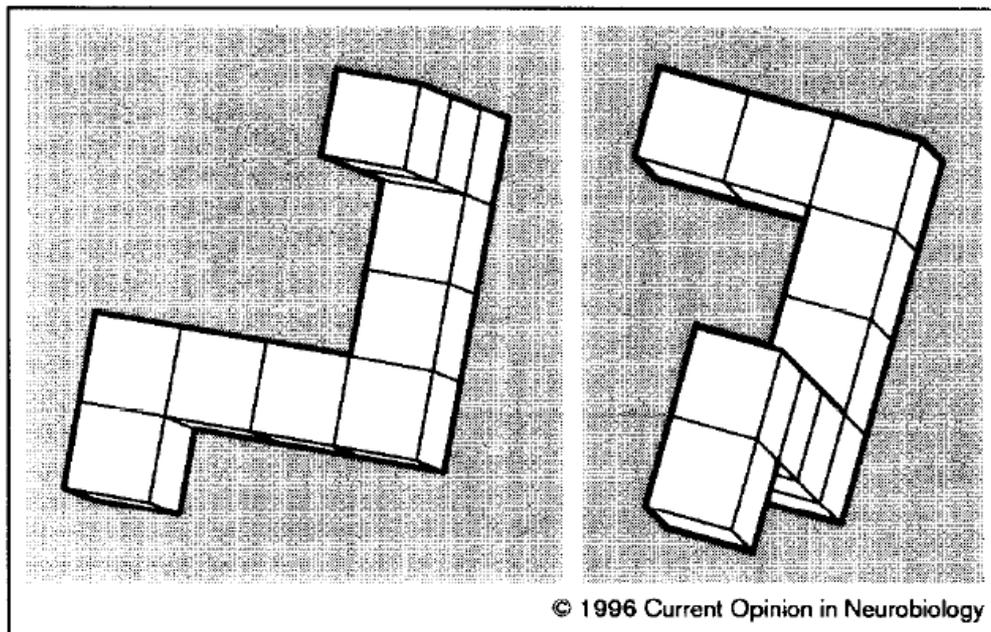


Figura 1: Modelo de prueba de identificación de objetos en 3D propuesto por Kimura, *et al.*, (1994). El sujeto debe decidir si se trata de la misma estructura ambas imágenes. Imagen extraída del artículo: KIMURA, D., HAMPSON, E.. (1994). Cognitive Patron between men and women influenced by sexual hormones. *Current Directions in Psychological Science*, 3. 57-61.

En años posteriores, el estudio de Dabbs *et al.*, (1998), contemplaba a 90 hombres y 104 mujeres que cursaban estudios universitarios. Se midió la cognición especial de los sujetos mediante 24 láminas de objetos rotados en diferentes posiciones. En cada grupo de 4 láminas se debía comparar y confirmar que correspondían a un mismo objeto o eran estructuras diferentes, todo ello en 6 minutos.

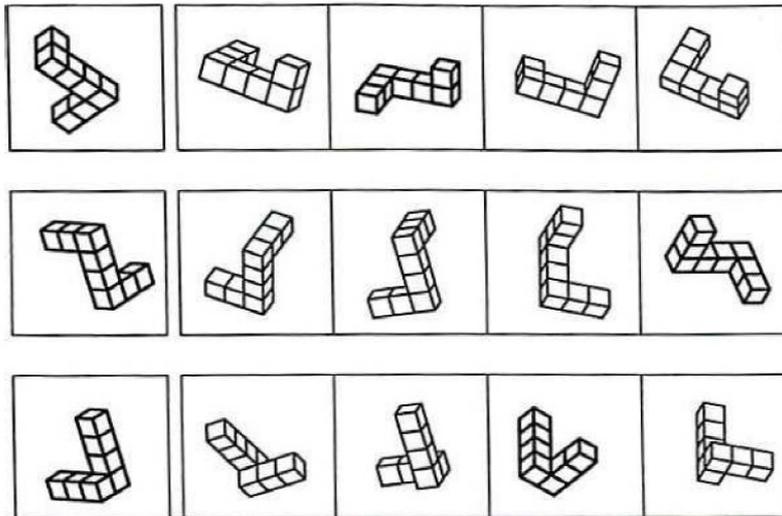


Figura 2: Modelo de ejercicio resuelto de rotación de objetos propuesto por Dabbs, *et al.*, (1998). Imagen extraída del artículo: DABBS, JR. J., CHANG, E., STRONG, A., MILUN, R. (1998). Spatial ability, navigation strategy, and geographic knowledge among men and women. *Evolution and Human Behavior*, 19. 89–98.

Echavarrí *et al.*, (2007), mediante una investigación llevada a cabo con una muestra de 1.529 estudiantes universitarios (713 hombres y 816 mujeres), entre los años 1998 y 2000, evaluaron el rendimiento a través del promedio general acumulado en los tres primeros años del grado. Seleccionaron como instrumento de medición el Test de Aptitudes Diferenciales, en su Forma T, de Bennett *et al.*, (1997) donde se incluyen varias pruebas relacionadas con la cognición espacial.

Finalmente, Coluccia *et al.*, (2004), propusieron una revisión de varios autores que trabajaron el campo de la cognición general y específica en años anteriores. El objetivo fue conseguir una visión general de los resultados de dichos autores en lo que a cognición se refiere. Concretamente, en los estudios especializados en la cognición espacial entre ambos sexos llevados a cabo por Moffat *et al.*, (1998); Lawton *et al.*, (1999); Sandstrom *et al.*, (1998); Waller *et al.*, (2001), O’Laughlin *et al.*, (1998) y Holding *et al.*, (1989). Mencionados autores trabajaron con objetos en 3-D simulados por ordenador, capturas de video y secuencias de diapositivas.

3. Objetivos

Una vez comentado el panorama actual y la situación en la que se encuentra el uso de modelos en 3D para el aprendizaje de estructuras anatómicas, cabe comentar lo que se pretende llevar a cabo con este trabajo:

- Comparar la eficacia de aprendizaje entre un modelo físico y un modelo en 3D virtual de una misma estructura anatómica.
- Observar las posibles diferencias entre sexos a la hora de comprender estructuras anatómicas en 3D virtual y físicas.
- Determinar la posible interacción entre ambos modelos y ambos sexos.
- Comentar la utilidad de los modelos en 3D y ayudar a sentar las bases para su consolidación en un futuro.

4. Materiales y metodología

4.1 Hipótesis de partida

La principal hipótesis de este estudio contempla observar la eficacia comparada de aprendizaje entre un modelo físico y un modelo de realidad virtual en 3D. Consultada la bibliografía se propone:

- Sujetos que estudien la estructura anatómica en 3D virtual sacarán calificaciones más elevadas que aquellos que estudien el modelo físico.

La segunda hipótesis de partida hace referencia a las diferencias entre sexos a la hora de llevar a cabo tareas relacionadas con la cognición espacial. Según los autores consultados:

- Alumnos del sexo masculino presentaran calificaciones más elevadas en la prueba que alumnos del sexo femenino.

Finalmente también se pretende comprobar a modo auxiliar si que existe interacción entre el nivel de modelo (físico y el modelo en 3D virtual) y el nivel de sexo (masculino o femenino).

4.2 Muestra

Según Coluccia, E. *et al.*, (2004), a edades diferentes el ser humano presenta unos niveles de cognición diferentes. Por consiguiente, en estudios relacionados con la cognición espacial, se debe trabajar con una muestra de personas de edad y conocimiento de la materia lo más homogénea posible. Para ello se escogieron a 50 alumnos voluntarios de segundo del grado de Biología de la Universitat de les Illes Balears (24 hombres y 26 mujeres). Estos alumnos comprendían edades muy similares (entre 19 y 21 años) y aún no habían recibido clases sobre anatomía de cordados en la asignatura de Zoología.

4.3 Preparación de los materiales

Hoy en día existen varios programas de visualización de estructuras anatómicas en 3D. Uno de ellos, el proyecto biosphere.org propuesto para fines de medicina y veterinaria, presenta toda una gama de detallados modelos en 3D la mayoría a un coste económico elevado.

Por ello, muchos estudios como el de *Prats et al.*, (2012), *Algieri et al.*, (2012) y *Petersson et al.*, (2009) crearon o adaptaron modelos de resonancias magnéticas o laminas en 2D a modelos en 3D.

El estudio se llevó a cabo con dos modelos diferentes de una misma estructura anatómica (físico y 3D virtual). Entre todas las posibilidades barajadas se escogió el cráneo de *Canis lupus familiaris* o perro doméstico dada la inmediata disponibilidad en ambos modelos.

La página web real 3D anatomy del Centro de Anatomía Comparada y Clínica de la Universidad de Bristol (Inglaterra) y de Creative Dimension Software, ofrece de forma gratuita una aplicación flash para los navegadores de internet donde se puede visualizar un esqueleto entero de perro. Este set entero se puede ir separando hasta aislar solamente el cráneo de este. Al pasar el cursor del ratón por encima de las partes del cráneo van surgiendo los diferentes nombres de dichas partes.

En este modelo de realidad virtual en 3D se encuentran marcados un total de 20 partes entre huesos, forámenes y cóndilos diferentes. Así pues, se tomó a este último como base para la preparación de la prueba. Además, la dispar nomenclatura en cuanto a dificultad ortográfica y el atractivo visual de un cráneo frente a otras estructuras fueron características claves para la elección del cráneo como modelo de este estudio.

De entre todas las partes disponibles en la aplicación se escogieron un total de 8 partes que serían preguntadas en la posterior prueba. Estas se escogieron según su dificultad ortográfica y su posición espacial en el cráneo, obteniendo al final un conjunto de términos; unos más fáciles y otros más difíciles.



Hueso maxilar



Arco zigomático



Hueso nasal



Hueso parietal



Vómer



Cóndilo occipital



Bulbo auditorio

Forámen infraorbital

Figura 3: Imágenes extraídas y adaptadas de la aplicación Real 3D anatomy utilizadas en las pruebas:
<http://www.real3danatomy.com/bones.html>

El modelo físico utilizado fue proporcionado por el departamento de Zoología de la UIB. En él se delimitaron las diferentes partes con la ayuda de un marcador permanente y se asignaron números a todas las zonas.



Figura 4: Modelo anatómico físico utilizado.

Posteriormente se creó una hoja auxiliar correlacionando cada número con el nombre de la parte en cuestión así como una traducción al castellano de las partes mostradas en el modelo en 3D de la aplicación Real 3D Anatomy.

4.4 Ejecución de la prueba

La totalidad de las pruebas se llevaron a cabo en 11 sesiones, cada una incluyendo hasta un máximo de 4 voluntarios hasta completar los 50. En las 2 últimas sesiones se dividió al alumnado en 2 turnos diferentes con el fin de no sobrepasar el máximo de 4 alumnos por prueba.

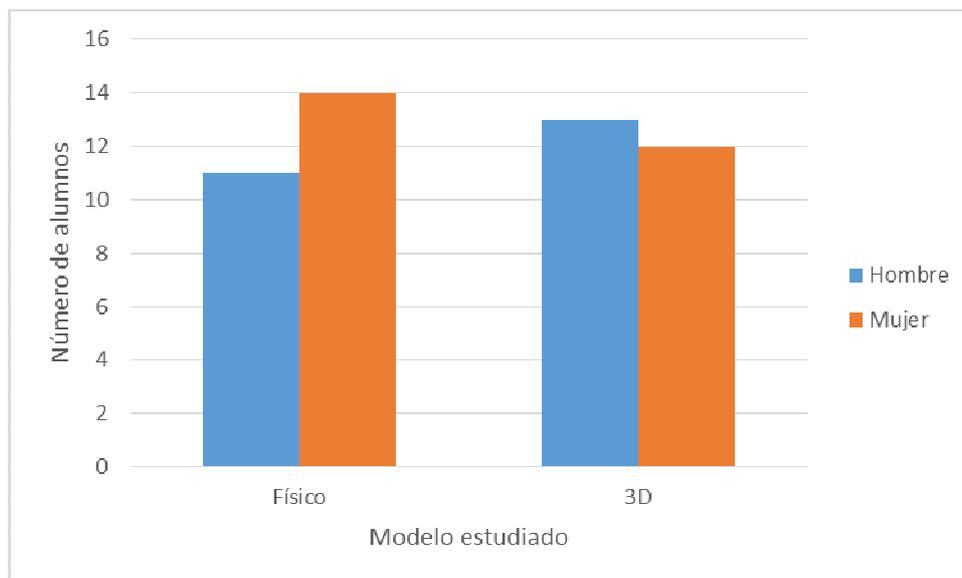


Figura 5: Distribución de los voluntarios en las pruebas

En cada sesión (o turno) se dividió a los alumnos en dos grupos: El primero debería memorizar las diferentes partes del cráneo de perro con el modelo físico y el otro debería hacer lo mismo, pero con el modelo de realidad virtual en 3D.

Esta primera parte de la prueba tuvo una duración máxima de 15 minutos, tiempo suficiente para que los alumnos visualizaran las diferentes partes del cráneo, las memorizaran y crearan una imagen espacial de la estructura.

Posteriormente los voluntarios llevaron a cabo un test durante un máximo de 5 minutos, sobre papel, donde se les presentaba en diferentes vistas, un modelo anatómico que correspondía al que habían estudiado anteriormente, siendo este último ciego.

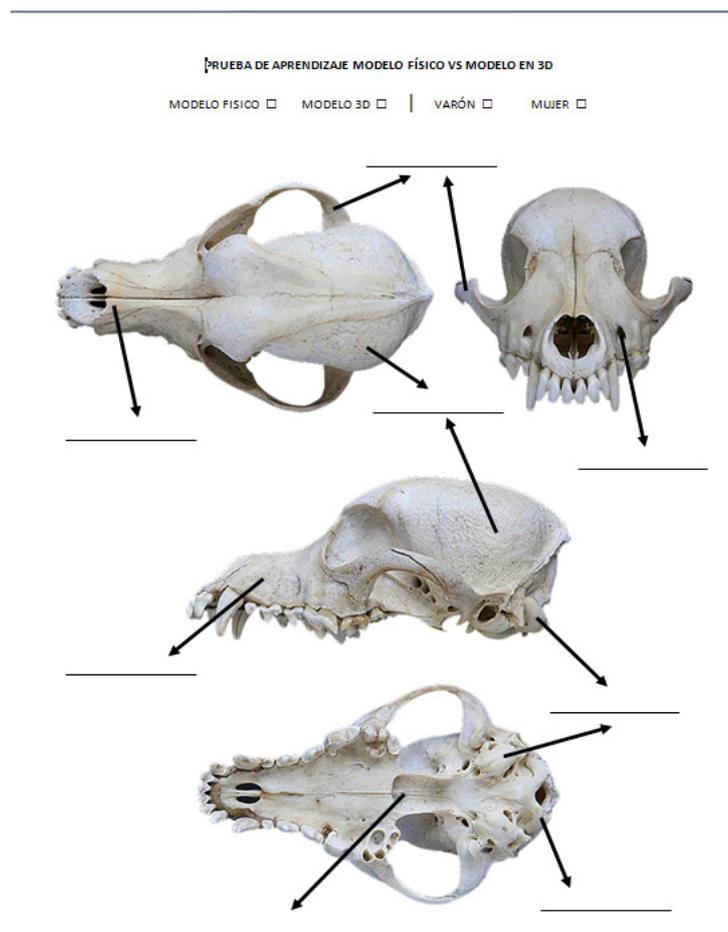


Figura 6: Modelo de prueba utilizado. Imagen adaptada de la página web: <http://craneodelperrodiferentesvistas.blogspot.com.es/2013/02/craneo-perro.html>. Versión del Miércoles, 27 de febrero de 2013.

4.5 Tratamiento estadístico

Una vez recogidos los datos se procedió a realizar el análisis estadístico. Para ello se eligió el software “RStudio Project for Statistical Computing”.

Con el fin de comprobar si se podía realizar un test paramétrico (t-Student, Anova...) se realizaron tests de normalidad (saphiro test) y un test de homogeneidad o igualdad de varianzas (Barlett test). Una vez comprobado esto, se llevaron a cabo dos T-Student (una para sexo y otra para modelo) y finalmente una Anova de dos factores con interacción (que proporciona mayor información estadística).

5. Resultados y Discusión

5.1 Resultados

Response: Calificaciones						
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Sexo	1	0.881	0.8811	0.2975	0.58804	
modelo	1	15.964	15.9640	5.3901	0.02464	
Sexo:modelo	1	0.065	0.0653	0.0221	0.88256	

Figura 7: Resultado de la Anova de dos factores con interacción

El resultado de la eficacia comprada en el aprendizaje del modelo físico o el modelo de realidad virtual en 3D concuerda con la hipótesis de partida planteada. Así pues, con un p-valor=0.02464 se afirma que hay diferencias significativas en los resultados de las pruebas entre el ambos modelos, a favor del 3D virtual.

Por otro lado, el factor sexo no coincide con la hipótesis de partida. Con un p-valor=0.58804 no se observan diferencias significativas entre ambos sexos a la hora de comprender mejor los modelos anatómicos.

En cuanto al factor de interacción entre ambos niveles, con un p-valor=0.88265, se puede concluir que no existe conexión entre ser de un sexo u otro y estudiar el modelo físico o el modelo de realidad virtual.

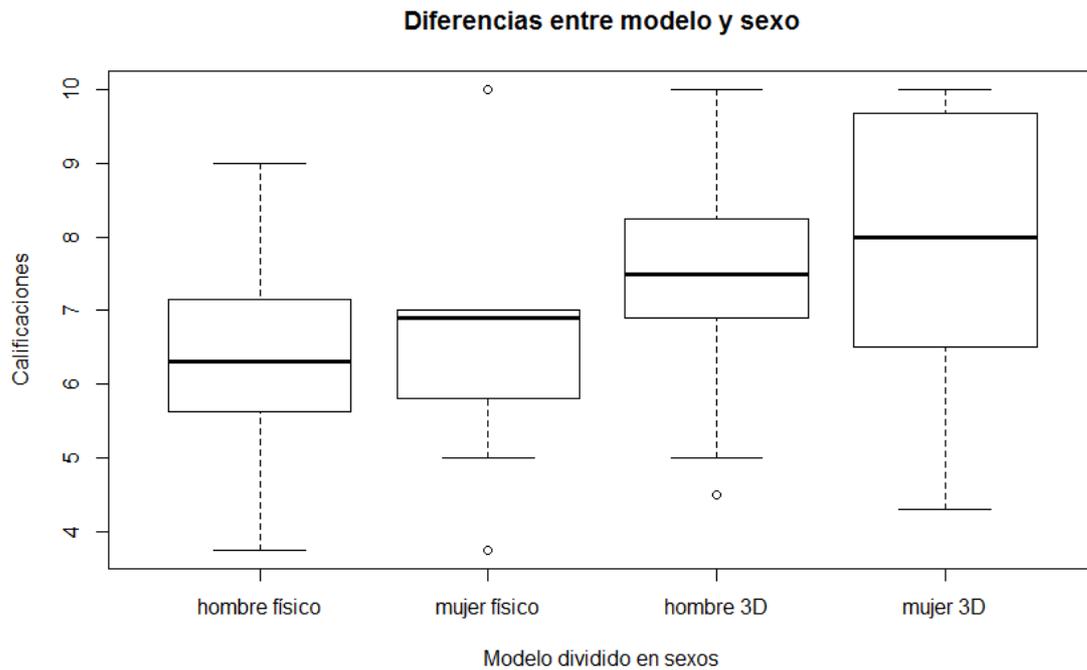


Figura 8: Boxplot resultado de la Anova de dos factores con Interacción. Se observa como el modelo en 3D presenta un rango de calificaciones más elevadas que el modelo físico, tanto para hombres como mujeres (medias de Hombre 3D=7.44, mujer 3D= 7.89, hombre físico=6.39 y mujer físico=6.70). Por otro lado la diferencia de calificaciones entre ambos sexos para un mismo modelo es mínima, siendo incluso superiores las calificaciones para el sexo femenino.

El resultado de las dos T-Student verifican las diferencias significativas para el nivel modelo y la ausencia de diferencias significativas para el nivel sexo. También proporcionan información sobre los niveles por si solos.

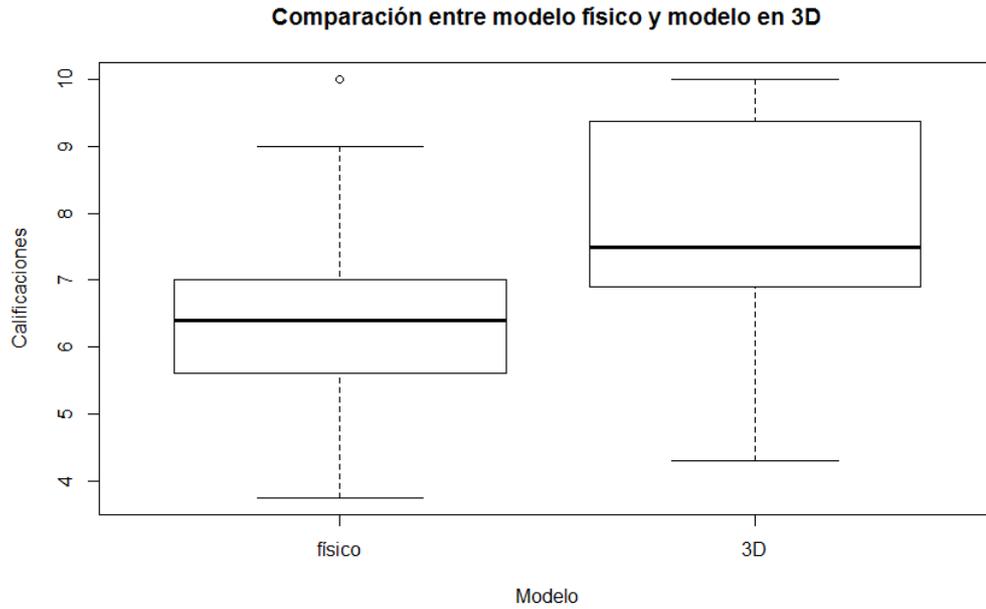


Figura 9: Boxplot resultado de la T-Student para el nivel modelo. Se corroboran las diferencias significativas (p -valor=0.024) a favor del modelo de realidad virtual en 3D (Media modelo 3D=7.66 y modelo físico=6.56).

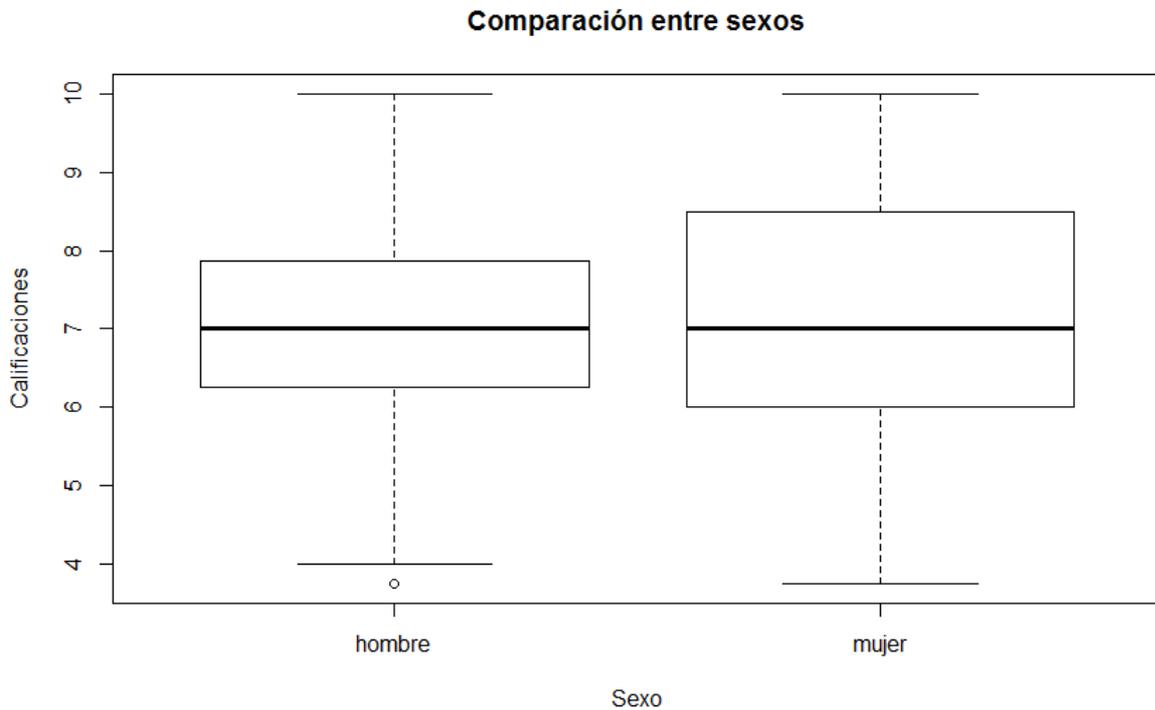


Figura 10: Boxplot resultado de la T-Student para el nivel sexo, donde no se han encontrado diferencias significativas (p -valor=0.59). (Media hombre=6.96 y mujer=7.23).

5.2 Discusión

El aprendizaje con el modelo de realidad virtual ha resultado de mayor utilidad para los alumnos de este estudio a la hora de comprender la anatomía de una estructura animal como el cráneo de *Canis lupus familiaris*.

Varios autores citados en la introducción presentan unos resultados similares:

Algieri *et al.*, (2012), obtuvo diferencias significativas a favor de las reconstrucciones en 3D frente a las imágenes en 2D y estructuras físicas, presentando un mayor número de alumnos aprobados (83.92%) con la estructura de realidad virtual, frente a las láminas en 2D y estructuras físicas (39.51%). Se observa una alta diferencia en el porcentaje de aprobados, lo que muestra el gran potencial de modelos de realidad virtual frente a los modelos tradicionales.

Ferrer *et al.*, (2014) y Peterson *et al.*, (2009), obtuvieron de forma similar diferencias significativas con los modelos de realidad virtual que crearon, frente a modelos tradicionales. Aún con una estructura anatómica distinta (humana), los resultados de Ferrer *et al.*, (2014), fueron parecidos a los de este estudio (1.13 puntos de diferencia en la media de las calificaciones entre ambos modelos). Ambos autores remarcaron finalmente el potencial beneficioso que pueden presentar estos modelos en el campo de la docencia.

Por otro lado, en el estudio de Preece *et al.*, (2013), los modelos físicos de estructuras de *Equus ferus caballus*, presentaron mayor aceptación y superiores calificaciones en los alumnos que el modelo en 2D y en 3D de realidad virtual. El autor atribuye parte de estos resultados a que los modelos en 3D virtual de las estructuras eran incompletos y de baja resolución. Aun así, no descarta el potencial que pueden presentar los modelos de realidad virtual, pero de forma complementaria a modelos físicos, pues cree que guardan algunas ventajas frente a los modelos virtuales, como la sensación del alumno de estar trabajando con una estructura real.

Para los voluntarios de este estudio realizado, ambos modelos presentaron alta aceptación inicial, pues para ellos era prácticamente la primera vez que trabajaban con una estructura anatómica de un animal vertebrado. Una de las posibles explicaciones de la diferencia de resultados obtenidos en ambos modelos está en la propia ejecución de la prueba. Mientras en el modelo de realidad virtual en 3D, al seleccionar la parte escogida se mostraba el nombre de dicha parte de forma inmediata, en el modelo físico, el alumno debía mirar el nombre de la parte en la hoja auxiliar correlacionándolos con los números del cráneo físico. Esto pudo ralentizar al alumno o incluso hacerle más difícil su comprensión de la estructura general como un objeto espacial con 3 dimensiones. Aun así no se puede cuantificar realmente que impacto pudo tener estos hechos en los resultados.

Todos los autores consultados coinciden en que la tecnología de realidad virtual aplicada a la docencia puede resultar de gran utilidad. Desde cualquier punto en la enseñanza del alumno, desde los cursos de infantil hasta estudios superiores, esta tecnología puede sentar las bases de una nueva forma de ejercer la enseñanza, pues los programas informáticos en 3D de carácter educativo deben tener como objetivo la orientación y el aprendizaje de los estudiantes, promoviendo actuaciones de los mismos dirigidos a facilitar la consecución de los objetivos educativos propuestos.

A la hora de comparar las diferencias de cognición espacial entre sexos se ha visto que no existen diferencias significativas en este estudio. Tanto hombres como mujeres presentan calificaciones muy parecidas, siendo incluso algo superiores en media las del sexo femenino. Esto difiere con los resultados de los autores consultados:

En el estudio de Vashro et al., (2015) con poblaciones primitivas de Namibia, en la tribu de los Tjimba, los hombres presentaron de forma acusada unas mejores habilidades de cognición espacial. Sacaron mejores resultados tanto en tareas de navegación como en distinción de especies de caza. Se ha visto que esta mayor capacidad para la cognición espacial está condicionada por la selección natural en este tipo de comunidades. Es una habilidad por la que compiten los hombres de la tribu y por la que, se cree, que compitieron nuestros antepasados en la época

paleolítica. Esto resultaba en una mayor probabilidad de reproducción para aquellos individuos del sexo masculino, que mostrasen habilidades cognitivas superiores a sus congéneres.

Estudios llevados a cabo en sociedades modernas, como los de Kimura *et al.*, (1994), Echavarrri *et al.*, (2007), Coluccia *et al.*, (2004) y Dabbs *et al.*, (1998), mostraron una mayor capacidad del sexo masculino para realizar tareas relacionadas con la cognición espacial. De hecho en los estudios de Dabbs *et al.*, (1998) y Coluccia *et al.*, (2004), fue en tareas relacionadas con la cognición espacial (navegación y rotación mental), donde los hombres realmente superaron con creces a las mujeres. En otras pruebas de cognición de la batería que presentaron, las diferencias fueron escasas o el sexo femenino superó al masculino (memoria, habilidades verbales, cálculo...).

Varios autores intentaron explicar este hecho al parecer tan arraigado en la comunidad científica:

De acuerdo con Annett (1992), un fuerte desarrollo del hemisferio izquierdo, zona dominante para el lenguaje, tiene una influencia negativa en el desarrollo de habilidades cognitivas espaciales. Las mujeres en particular, parecen desarrollar antes el hemisferio izquierdo y por ende habilidades lingüísticas. Así pues, estas prefieren resolver problemas utilizando estrategias verbales lo que las lleva al riesgo de poseer pobres habilidades de cognición espacial.

Desde el punto de vista biológico, varios autores coinciden en que esta diferencia reside en los niveles y tipos de hormonas sexuales en ambos sexos. Williams *et al.*, (1990), afirmó que la manipulación de hormonas en un ser vivo no solo afecta a su estado de ánimo y comportamiento sino también a su habilidad cognitiva espacial.

Es más, Dawson, Cheung, and Lau (1975), comprobaron como la administración de testosterona en ratas hembra, aumentaba el aprendizaje de estas en pruebas con laberintos. Por otro lado la castración al nacimiento de ratas macho

provocaba un descenso en la curva de aprendizaje en comparación a otras ratas del mismo sexo que producían testosterona.

Vistas varias explicaciones, se cree que en el ser humano, las diferencias entre sexos podrían deberse a muchos factores implicados, la mayoría aún por descubrir.

Como se ha comentado anteriormente, este estudio difiere en los resultados de los autores consultados, pues no se han encontrado diferencias significativas entre ambos sexos. La principal explicación de ello reside en el componente de memorización que presentaba la prueba, pues aparte de utilizar la cognición espacial para situar los nombres de la parte de cráneo en el test, también se debía memorizar dichos nombres. En tareas de memorización se ha visto que el sexo femenino predomina sobre el masculino (Dabbs *et al.*, (1998) y Coluccia *et al.*, (2004)), por tanto al tener cierto peso en la prueba, los resultados de las calificaciones fueron equilibrados.

6. Conclusiones

Este estudio confirma la primera hipótesis realizada, afirmando así una mejoría en las calificaciones de los alumnos que utilizan el modelo en 3D sobre los que utilizan modelos tradicionales físicos y en 2D.

Por otro lado, las diferencias de cognición espacial entre sexos no han sido significativas, con resultados muy similares en ambos géneros.

El uso de modelos de realidad virtual en 3D utilizados en la formación de alumnos de anatomía ha demostrado ser una herramienta útil para mejorar el proceso educativo. Aun así, debería ser utilizado como parte de un paquete integrado de formación que incluye otros materiales como videoclips, descripciones en libros de texto y herramientas de autoevaluación entre otros.

En un futuro relativamente cercano, se prevé que estos modelos de realidad virtual, una vez mejorados, desbanquen por completo a los tradicionales modelos físicos y en 2D.

Aunque ya se están empezando a implementar de forma activa en docencia, se cree que el gran potencial que pueden ofrecer estos modelos podría indicar que tan solo se ha conocido la “punta del iceberg” de las aplicaciones y mejoras posibles.

7. Agradecimientos

Me gustaría agradecer la inestimable ayuda de los cincuenta alumnos y alumnas voluntarios de segundo de grado de Biología, que realizaron las pruebas para la ejecución de este estudio e hicieron posible trabajar con una muestra homogénea. Sin su activa colaboración este trabajo habría sido mucho más tedioso.

Finalmente agradecer también al Dr. Miguel Ángel Miranda Chueca, por su guía en la realización de este trabajo de final de grado, así como en todos los años de grado en los que le he tenido a cargo de varias asignaturas de zoología y campo. En ellas he aprendido un poco más a comprender lo que significa ser biólogo.

8. Bibliografía

ALGIERI, R., MAZZOGLIO, M., NABAR, C., GAZZOTTI, A., REY, L., GÓMEZ, A. (2012). Performance in clinical cases with images made through virtual spaces. *Revista Central Hospital Aeronautic*, 7. 111-117.

ANNETT, M. (1992). Spatial ability in subgroups of left- and righthanders. *British Journal of Psychology*, 83(4). 493–515.

BENNETT, G. K., SEASHORE, H. G., WESMAN, A. G. (1997). *Test de Aptitudes Diferenciales DAT Forma T*, Manual. Buenos Aires: Paidós.

COLUCCIA, E., LOUSE, G. (2004). Gender differences in spatial orientation: A review. *Journal of Environmental Psychology*, 24. 329-340.

DABBS, JR. J., CHANG, E., STRONG, A., MILUN, R. (1998). Spatial ability, navigation strategy, and geographic knowledge among men and women. *Evolution and Human Behavior*, 19. 89–98.

DAWSON, J. L., CHEUNG, Y. M., LAU, R. T. (1975). Developmental effects of neonatal sex hormones on spatial and activity skills in the white rat. *Biological Psychology*, 3(3). 213–229.

ECHAVARRI, M., GODOY, J., OLAZ, F. (2007). Gender differences in cognitive skills and academic performance in college students. *Universitas Psychologica* 6.

FERRER, J., JIMÉNEZ, J., BARCIA, M., TORRALBA, J. (2014) La realidad aumentada en la docencia de ciencias de la salud. Nuevos caminos para la comprensión. En: II Congreso Internacional de Innovación Docente, Murcia. Campus Mare Nostrum. 233-242.

HOLDING, C. S., & HOLDING, D. H. (1989). Acquisition of route network knowledge by males and females. *The Journal of General Psychology*, 116(1). 29–41.

KIMURA, D., HAMPSON, E.. (1994). Cognitive Patron between men and women influenced by sexual hormones. *Current Directions in Psychological Science*, 3. 57-61.

LAWTON, C. A., & MORRIN, K. A. (1999). Gender differences in pointing accuracy in computer simulated 3D mazes. *Sex Roles*, 40. 73–92.

MOFFAT, S. D., HAMPSON, E., & HATZIPANTELIS, M. (1998). Navigation in a virtual maze: Sex differences and correlation with psychometric measures of spatial ability in humans. *Evolution and Human Behavior*, 19. 73–87.

O'LAUGHLIN, E. M., & BRUBAKER, B. S. (1998). Use of landmarks in cognitive mapping: gender differences in self report versus performance. *Personality and Individual Differences*, 24. 595–601.

PETERSSON, H., SINKVIST, D., WANG, C., SMEDBY, Ö. (2009). Web-based interactive 3D visualization as a tool for improved anatomy learning. *Anatomical Sciences Education*, 2. 61-68.

PRATS, A., JUANES, J.A. (2012). VIX: Una aplicación informática abierta para la visualización y estudio interactivo de la anatomía en 3d. *Education in the knowledge society (EKS)*, 11. 170-193.

PREECE, D., WILLIAMS, SB., LAM, R., WELLER, R. (2013). "Let's get physical": advantages of a physical model over 3D computer models and textbooks in learning imaging anatomy. *Anatomical Science Education*, 6. 216-224.

RICHARDSON, J. (1998). La capacidad espacial, Estrategia de Navegación, y el conocimiento geográfico entre Hombres y Mujeres. *Evolución y Comportamiento Humano*, 19. 89-98.

SAKAS, G. (2002). Trends in medical imaging: from 2D to 3D. *Computers & Graphics*, 26. 577-587.

SANDSTROM, N. J., KAUFMAN, J., & HUETTEL, S. A. (1998). Males and females use different distal cues in a virtual environment navigation task. *Cognitive Brain Research*, 6. 351–360.

VASHRO, L., CASHDAN, E.. (2015). Spatial cognition, mobility, and reproductive success in northwestern Namibia. *Evolution and Human Behavior* 36. 123–129.

WALLER, D., KNAPP, D., & HUNT, E. (2001). Spatial representations of virtual mazes: the role of visual fidelity and individual differences. *Human Factor*, 43(1). 147–158.

WILLIAMS, C. L., BARNETT, A. M., & MECK, W. H. (1990). Organizational effects of early gonadal secretions on sexual differentiation in spatial memory. *Behavioral Neuroscience*, 104(1). 84–97.

Recursos:

R STUDIO Project for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>.
<https://www.rstudio.com/>