

HERRAMIENTAS HOLOGRÁFICAS PARA LA ENSEÑANZA DE LA DIVISIÓN CELULAR

RESUMEN

La finalidad del presente trabajo es valorar si el uso de una herramienta holográfica mejora el aprendizaje significativo de los contenidos de ciencias relacionados con la división celular. Para ello, se trabajó con una muestra de dos grupos de alumnos de 4º curso de Educación Secundaria Obligatoria de un colegio concertado en la ciudad de Logroño con uno de ellos de forma tradicional y con el otro mediante el empleo de la herramienta holográfica. Se estudió si había diferencias significativas entre los resultados obtenidos por los dos grupos tras la aplicación de un test de conocimientos relacionados con los procesos de división mitótica y meiótica. Mediante la prueba no paramétrica de comparación de medias en grupos independientes, U de Mann-Whitney, se obtuvo que había una diferencia significativa entre las calificaciones de ambos grupos para un nivel de significación de 0,05 de 2,55 puntos.

Palabras Clave: Herramienta holográfica, división celular, aprendizaje significativo, prueba de U de Mann-Whitney.

ABSTRACT

The purpose of the present work is to evaluate if the use of a holographic tool improves the meaningful learning of the contents of sciences related to the cellular division. To do this, we worked with a sample of two groups of students of the 4th year of compulsory secondary education in a privately-owned but stated-funded school in the city of Logroño, with one of them in a traditional way and with the other through the use of the holographic tool. It was studied if there were significant differences between the results obtained by the two groups after the application of a test of knowledge related to the processes of mitotic and meiotic division. Using the parametric mean comparison test in independent groups, Mann-Whitney U, it was found that there was a significant difference between the qualifications obtained by the two groups for a 0,05 significant level of 2,55 points.

Keywords: Holographic tool, cellular division, meaningful learning, U of Mann-Whitney test.

INTRODUCCIÓN

La importancia de la ciencia y la tecnología en la sociedad actual

La importancia que las ciencias tienen en la sociedad requiere que los métodos de enseñanza empleados en las aulas fomenten el aprendizaje significativo en base al logro competencial. Por tal motivo, las ciencias han de ser enseñadas de forma que los alumnos las entiendan y susciten su interés por comprender los fenómenos que se contemplan en el mundo que nos rodea.

Lo cierto es que las ciencias son difíciles de explicar debido a que no son visibles a los ojos, es decir, albergan conceptos abstractos, o a las propias exigencias curriculares, que hacen que en ocasiones no se pueda dedicar más tiempo a abordar otras metodologías alternativas a la tradicional.

Por otro lado, la sociedad del conocimiento en el ámbito educativo, exige una re-alfabetización digital integral. Potenciar las competencias digitales es fundamental para la intervención del acceso a la información y el conocimiento. Los alumnos están acostumbrados a tratar con aparatos tecnológicos, son Nativos Digitales, y las herramientas simples ya no son de interés para ellos.

En base a esto, resulta crucial la metodología pedagógica STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) en las aulas ya que pretende abordar el aprendizaje interdisciplinar en base a la resolución de proyectos. Este tipo de metodología aporta importantes beneficios cuando se lleva a cabo de forma adecuada ya que permite transferir los conocimientos y habilidades del alumno al mundo real en el que vive, confiriendo un aprendizaje significativo en el que la motivación juega un papel muy importante.

El último informe PISA, 2015, se centró principalmente en las ciencias, debido a que, tal y como comenta el secretario General de la OCDE, Ángel Gurría:

La ciencia no es solo un campo para los científicos, En el contexto actual de enormes flujos de información y cambios rápidos, todo el mundo necesita ser capaz de pensar como un científico para sopesar datos o llegar a conclusiones válidas; o de entender que la verdad científica puede ir cambiando con el tiempo, conforme se realizan nuevos descubrimientos y los humanos desarrollamos una mayor comprensión de las leyes naturales y de las posibilidades y los límites de la tecnología. p.2.

Tal y como se puede observar en el informe, en torno a una cuarta parte de los chicos y chicas de los países de la OCDE declararon que pretendían dedicarse a una profesión relacionada con las ciencias, preferentemente en la rama de la salud para las chicas y la informática y la ingeniería para los chicos. La mayor parte de los alumnos reconocieron la importancia del papel de las ciencias en el mundo por ello es crucial despertar su interés desde edades tempranas. En el caso de España, el índice de disfrute con el aprendizaje de las ciencias es superior al de la OCDE.

Dificultades en el aprendizaje de la biología celular

En torno a los 12 años, cuando los alumnos pasan de la etapa de Educación Primaria a la de Educación Secundaria, es cuando empiezan a verse muy latentes el fracaso escolar, la falta de motivación y el desinterés por las asignaturas en general. En ocasiones, tales aspectos son más significativos en las mujeres, y en especial en el caso de las ciencias, dado que sus propios procesos evolutivos marcan que maduren biológicamente antes que los hombres. Durante la niñez, la inquietud por la ciencia queda más vigente y es la etapa clave en la que se observa si un niño tiene o no buena actitud hacia ella.

En el caso de las ciencias, ha habido muchas investigaciones para conocer las dificultades de aprendizaje en los alumnos (Zeidan 2010, Cimer, 2012; García, 2015) ya que estas afectan negativamente a la adquisición del aprendizaje significativo. En el caso de la biología celular, los conceptos de fotosíntesis, respiración, genética y división celular son los que más dificultades entrañan. Algunos ejemplos relacionados directamente con la división celular quedan recogidos en los estudios de Banet y Ayuso (2000), quienes llegaron a la conclusión de que los alumnos consideran que la información hereditaria tan solo se encuentra en los cromosomas sexuales o que los cromosomas sexuales tan solo se hallan en los gametos (Banet, 2000) o la dificultad de entender la meiosis y relacionarla con el proceso de formación de gametos (Ibáñez y Martínez, 2005).

El estudio de Íñiguez y Puigcerver (2013) basado en una metodología para favorecer el cambio conceptual del alumnado, concluye que es preciso el uso de modelos tridimensionales y de referentes lo más cercanos posible al alumno para potenciar su aprendizaje significativo. En el caso de mitosis y la meiosis, aluden a que su estudio ha de estar relacionado, centrándose más en el significado biológico global que en discernir

qué sucede en cada fase. En el caso de la mitosis, los autores recomiendan partir de un cigoto y explicar el proceso de crecimiento celular mediante reparto de material genético entre las células hijas para llegar a comprender que todas las células obtenidas por este proceso han de ser iguales. En el caso de la meiosis, esta debe centrarse desde el punto de vista de la variabilidad entre individuos para llegar a comprender que los gametos han de ser células haploides.

Fundamentos de la holografía

La holografía consiste en una fotografía tridimensional ejecutada con un rayo láser a través de un objeto de forma que se proyecta un segundo rayo sobre el reflejo de luz del primero, permitiendo obtener imágenes ópticas tridimensionales. Lo cierto es que el ser humano siempre ha mostrado interés por la representación en tres dimensiones, desde las representaciones más primitivas se ve una clara evolución que incorpora diferentes técnicas para producir la sensación de relieve y profundidad. Una de las técnicas para reproducir las tres dimensiones que proporcionan una sensación de realidad similar a la que percibimos con nuestros ojos cuando miramos a la realidad es el holograma.

Actualmente se está trabajando en el campo de la proyección holográfica, aunque esta todavía requiere de muchas mejoras, ya que el procesamiento por pixel de imagen es costoso y la información que se requiere para hacer una imagen es bastante compleja. Hay diversos tipos de hologramas, los interactivos simulan con alto grado de realismo el objeto real, pero intentar lograrlos precisa de un gran avance tecnológico.

Ha habido avances en cuanto a la proyección holográfica en el mejoramiento visual de la técnica “Fantasma Pepper” (Pepper ghost) que fue aplicada a mediados del siglo XIX. Hoy en día se aplica esta técnica con mejoras en la proyección de calidad de la imagen y visión binocular, lo que hace que sea un holograma animado casi real al original.

La técnica “Fantasma Pepper” consiste en que el espectador está en la sala principal pero no puede ver que hay un habitáculo escondido bajo el escenario, en ese sitio es donde está localizado el actor, encima de él hay un vidrio o superficie reflectante que muestra la figura flotante y “fantasmal” del actor. Como resultado de recibir la luz que impacta sobre él y que refleja sobre la superficie ubicada en el escenario, el cuarto donde se encuentra la persona u objeto a proyectar debe ser de color oscuro, preferiblemente el negro para que resalte colores luminosos en la superficie reflectante.

Los prismas se basan también en la misma técnica del “Fantasma Pepper”, con la diferencia de que solo se coloca una superficie reflectora encima de un monitor o pantalla de manera que la imagen se ve en la superficie. El video animado debe tener color de fondo negro para que la imagen se proyecte y aparezca flotando.

Holografía con fines educativos

Para considerar el holograma como un medio de enseñanza, es preciso definir previamente lo que se entiende por medio de enseñanza. Cubero (1997) lo define como “componente material del proceso docente educativo con el que los estudiantes realizan con el plan externo las acciones específicas dirigidas a la apropiación de los conocimientos y habilidades”.

Serra et al. (2009) establece una fundamentación pedagógica de cómo el holograma es un medio de enseñanza considerando que los principios de la pedagogía general sustentan al holograma como tal.

El hecho de poder observar una imagen en tres dimensiones resulta motivador en sí mismo. El alumno tiene la sensación de que ese objeto está presente y se siente más predispuesto hacia el aprendizaje.

Hay tres factores que permiten argumentar este hecho:

- La posibilidad de esa observación facilita la representación mental y la formación de conceptos, leyes, etc.
- Permite obtener las representaciones en base a las relaciones entre la forma y el contenido.
- Potencia las relaciones del alumno en tanto que se originan relaciones conceptuales de carácter individual y también las de conjunto en el grupo clase.

Asimismo, su potencial motivacional se proyecta en la posibilidad de generar contextos de aprendizaje entre iguales que insten la creación de un ambiente de trabajo compartido (Pozo, J.I. y Monereo, C., 2009).

La idea de crear un holograma interactivo para la enseñanza de las ciencias u otros temas se inspiró en los siguientes trabajos investigativos donde se usan principios similares de interacción holográfica para temas como la biología. Balogh *et al* (2006) hicieron un proyecto en el que emplearon diferentes módulos ópticos que enviaban luz a

una pantalla holográfica para mostrar un holograma sin la necesidad de uso adicional de lentes. Agócs *et al* (2006), colaborador de los anteriores, utilizaron diversos módulos ópticos además de espejos para conseguir cierta interactividad.

A partir de lo que hicieron Balogh *et al* (2006) en el instituto de tecnologías de la Universidad del Sur de California, Jones *et al* (2006) realizaron un dispositivo compuesto de un visualizador de luz de campo que permite a la vista humana de tipo binocular poder ver una imagen conformada en 360 grados, esto es posible gracias a un proyector de alta velocidad, que transmite imágenes a un espejo con difusor holográfico y circuitería electrónica para decodificar señales digitales de video, esto muestra como resultado una proyección del objeto que se puede observar sin la necesidad de usar lentes especiales y además evita la restricción de verse solo desde un punto de referencia.

Ghuloum (2010) llevó a cabo un estudio en 400 profesores sobre la efectividad del uso de los hologramas en educación. Los resultados mostraron que los profesores consideran esta técnica potencialmente efectiva para lograr el aprendizaje significativo.

Cabe anotar que los trabajos de investigación en donde se menciona el uso de hologramas con fines educativos, derivadas de las recopilaciones de Serra *et al* (2009), así como en el trabajo de tesis de Porras (2014), se basan en hologramas análogos o de transmisión que están en placas estáticas y no están en movimiento. Trata aplicaciones holográficas interactivas a través de proyección posterior o prismas móviles cuyo objetivo es crear contenidos interactivos para las personas de aplicaciones tanto comerciales como institucionales.

Lee (2013) comenta cómo la adecuada implementación de los hologramas en las aulas hace que los alumnos se sientan sumergidos en un ambiente llamativo que hace que estén centrados y que construyan su propio aprendizaje a partir de sus propias experiencias previas.

Hipótesis y objetivos

La hipótesis que se pretende probar con este estudio es si el uso de una herramienta holográfica mejora el aprendizaje significativo de los alumnos de 4º curso de Educación Secundaria sobre los contenidos de biología relacionados con la división celular en el contexto de estudio.

El objetivo general del presente trabajo es diseñar una herramienta tecnológica holográfica que contribuya al aprendizaje significativo de los estudiantes de 4º curso de Educación Secundaria Obligatoria y valorar el grado de satisfacción de los mismos tras el uso de la herramienta.

Para lograr este objetivo se han planteado los siguientes objetivos específicos:

- Motivar a los estudiantes a crear prismas holográficos para entender el concepto de holograma y observar cuáles son sus características.
- Valorar si el grado de asimilación de los conocimientos ha mejorado tras el uso de la herramienta mediante la aplicación de un post-test tanto al grupo experimental como al grupo control.
- Recoger aquellas dificultades que siguen quedando vigentes tras la aplicación de la herramienta holográfica.
- Exponer las posibles limitaciones de este estudio y las propuestas de mejora para seguir trabajando con el uso de herramientas holográficas.

MÉTODO

Muestra

Para el desarrollo de este estudio se tomó una muestra de 40 estudiantes de dos clases, 20 alumnos de cada clase, de 4º curso de Educación Secundaria Obligatoria de la asignatura Biología y Geología que se imparte en la lengua inglesa. Con 20 de los alumnos se trabajó de forma tradicional, los cuales constituyeron el grupo control y con los otros 20 se trabajó con el empleo de la herramienta holográfica, siendo ambos grupos homogéneos entre sí.

Cabe destacar que estos alumnos no tenían conocimientos sobre la mitosis ni la meiosis, tan solo las habían estudiado a nivel de ejemplo como procesos de división celular.

Diseño

El estudio llevado a cabo es de tipo exploratorio dada su naturaleza de estudio piloto del que hay pocos trabajos llevados a cabo. La metodología que se emplea en este estudio es cuantitativa ya que se basa en el análisis de datos cuantificables que son las

calificaciones obtenidas en los test tras el desarrollo del experimento. Por tal motivo se trata de un diseño cuasi-experimental en el que se valora si hay diferencias significativas entre dos grupos.

Instrumentos de recogida de información

Para obtener la información requerida para este proyecto se ha empleado un cuestionario. El mismo cuestionario fue pasado a los alumnos del grupo control y del experimental y constaba de 30 preguntas relacionados con el proceso de la división celular. Las preguntas eran de distinta índole, de verdadero falso, de respuesta múltiple y de respuesta corta.

Procedimiento

El trabajo con el grupo control fue de forma tradicional de manera que tras la finalización del temario se respondió al post-test de contenidos. El Test fue realizado con la aplicación Socrative® Teacher® y respondido por los alumnos con la aplicación Socrative® Student® en los iPad® Air®.

Para el trabajo con el grupo experimental, se llevó a cabo el armado de los prismas piramidales holográficos, que pueden mostrar la figura en 360°. Los videos, uno de mitosis y otro de meiosis, fueron tomados de Youtube® y editados con el Editor de Videos Camtasia® para poder usarlos en forma de proyección holográfica.

Para la reproducción de los videos holográficos se trabajó con iPad® Air® y sobre ellos se colocó el prisma piramidal en posición invertida. Los prismas se fabricaron con las cajas de los CD de música y plásticos de polietileno, usando medidas adecuada a las dimensiones del iPad® Air® (2,5 cm de base menor, 13 cm de base mayor y 8,5 cm de altura). En la Figura 1 se muestra el proceso de armado de los prismas piramidales.

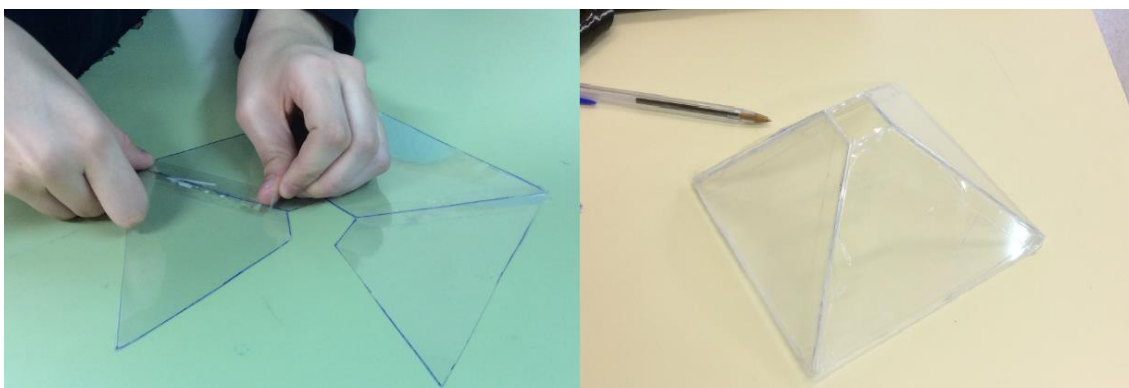


Figura 1. Prisma piramidal para holograma de 360°.

En la Figura 2 se muestra el resultado de la proyección con un prisma de tipo piramidal hecho por los estudiantes usando los videos de mitosis y meiosis.

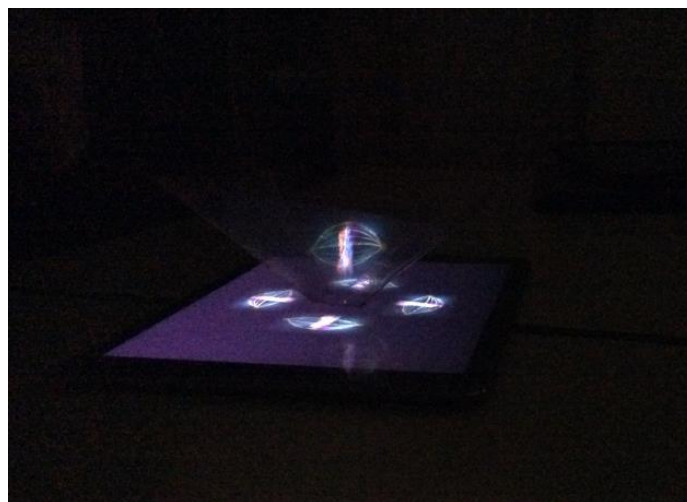


Figura 2. Proyección holográfica de la metafase de la mitosis celular.

Tras la finalización de la actividad con los prismas holográficos se contestó al post-test de contenidos.

Análisis de datos

Para el análisis de los resultados de los post-test, debido a que no se trabajó bajo los supuestos paramétricos y la muestra fue menor de 30 casos para cada grupo, control y experimental, la prueba de hipótesis realizada para la comparación de medias en grupos independientes fue la U de Mann-Whitney. La hipótesis nula, H_0 , establecida fue que no había diferencias significativas entre los grupos y la hipótesis alternativa, H_1 , que si las había. En el caso de que el valor obtenido fuera menor que el p-valor, para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$, se rechazaba la hipótesis nula. Para cada una de las 30 preguntas del post-test, se ha comparado el porcentaje de aciertos entre el grupo control y el experimental. Además se ha hecho una valoración de los conceptos que no han quedado del todo asimilados tras el uso de la herramienta y en base a los cuales será preciso plantear su mejora.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a) Resultados del post-test tradicional y el post-test tras el empleo del holograma

La prueba de comparación de medias de dos grupos independientes bajo los supuestos no paramétricos, U de Mann Whitney, fue llevada a cabo con el programa estadístico SPSS y reportó los resultados recogidos en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de la prueba U de Mann Whitney para el contraste de medias en grupos independientes.

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de calificación es la misma entre las categorías de grupo.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,000 ¹	Rechaza la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

¹Se muestra la significación exacta para esta prueba.

Tal y como se puede observar, el nivel de significación obtenido es menor del 0,05 por lo que se rechaza la hipótesis nula concluyendo que hay diferencias significativas entre ambos grupos, control y experimental. En la Tabla 2 se recogen los estadísticos descriptivos de los dos grupos, control y experimental.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos del grupo control, grupo 1 y del grupo experimental, grupo 2.

grupo = 1

Estadísticos descriptivos^a

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Suma	Media	Desviación estándar	Varianza
calificación	20	4,83334	2,91666	7,75000	115,83858	5,7919290	1,46394172	2,143
N válido (por lista)	20							

a. grupo = 1

grupo = 2

Estadísticos descriptivos^a

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Suma	Media	Desviación estándar	Varianza
calificación	20	4,22000	5,78000	10,00000	166,84000	8,3420000	1,19146350	1,420
N válido (por lista)	20							

a. grupo = 2

La deferencia de medias de las calificaciones entre ambos grupos obtenida es de 2,55 puntos por lo que se concluye que el empleo de la herramienta holográfica ha mejorado el aprendizaje significativo de los conceptos de división celular en la muestra de estudio.

En cuanto al porcentaje de aciertos de cada pregunta para ambos test, los resultados se presentan en la Figura 3.

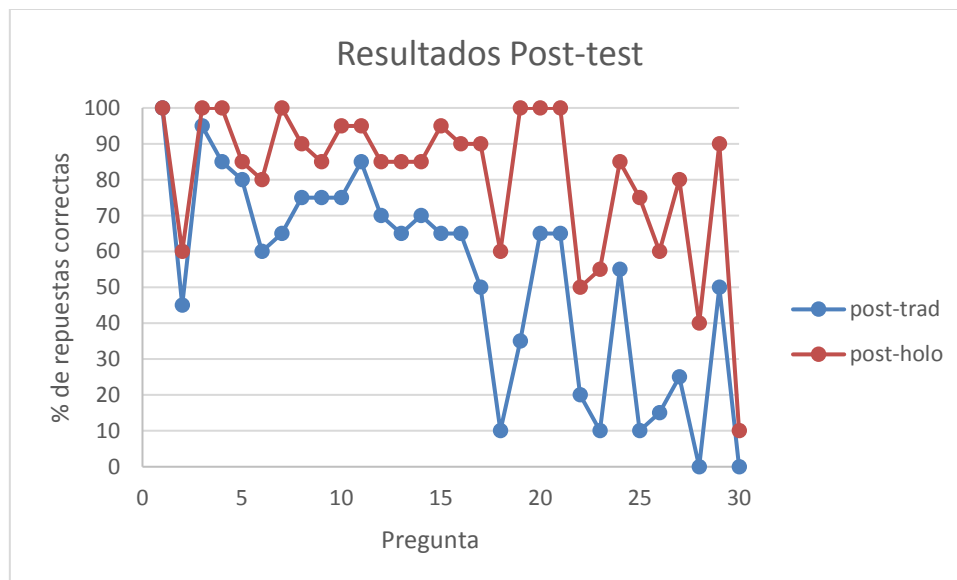


Figura 3. Gráfico de comparación del porcentaje de respuestas correctas de ambos post-test.

b) Principales dificultades vigentes tras el uso de la herramienta holográfica

Una de las dificultades observadas tras la aplicación de la herramienta tiene que ver con el hecho de que cómo está el material genético cuando la célula se va a dividir ya que tan solo un 60% de los alumnos han asimilado el concepto de que cuando la célula está en estado normal éste está en forma de cromatina.

En relación a cómo son las células que se forman tras los procesos de división mitótica y meiótica, el 85% y el 90% de los alumnos respectivamente han respondido adecuadamente, sin embargo ha habido un 15% de alumnos que han contestado que las células mitóticas hijas son distintas entre ellas y distintas a la madre y el 10% que las células hijas meióticas son iguales entre ellas y diferentes a la madre, por lo que se entiende que no han afianzado el concepto de variabilidad genética que pretende la meiosis.

En relación al número de cromosomas, un 20% de alumnos no han asimilado el concepto de que todas las células autosómicas son diploides y un 15% no ha comprendido que el fin de que los gametos sean haploides es debido a que al fecundarse tienen que originar un cigoto diploide. Al preguntar a los alumnos cuántos cromosomas tendrán las células hijas obtenidas por mitosis en un ser humano, un 15% ha respondido erróneamente que tendrán 23 y lo mismo ha pasado al preguntar por la meiosis, un 15% ha respondido que 46 cromosomas.

Los mayores fallos se han observado al diferenciar los sucesos que acontecen en cada fase de la división celular y al comparar ambos tipos de divisiones en relación a las tales fases. Un 40% de los alumnos no han asimilado que antes de la división celular la célula tiene que crecer en tamaño, duplicar el ADN y el centrosoma e incrementar el número de nutrientes. Todos han marcado la opción de que el ADN se tiene que duplicar antes de comenzar la división pero se han dejado los procesos de crecimiento y duplicación de nutrientes, probablemente por no estar relacionados con el material genético.

Tan solo el 50% de los alumnos han contestado que durante la profase se forman los cromosomas, lo que lleva a pensar que no han asimilado el concepto de que en estado natural la célula tiene su material genético en forma de cromatina, tal y como se ha mencionado en el primer párrafo de este apartado.

En la prometáfase, un 45% de los alumnos no han marcado alguno de los procesos que se llevan a cabo considerando el 40% de ellos que es en esta fase cuando el material

genético se duplica. Sin embargo, tal y como se recoge en el estudio de Íñiguez y Puigcerver (2013) los fallos relacionados con el discernimiento de las fases no son tan importantes como la comprensión del propio proceso en sí mismo. En el caso concreto de la prometafase, son muchos los libros de texto que la omiten y dividen los procesos nucleares y la unión al huso acromático entre la profase y la metafase respectivamente.

Un 40% de los alumnos se han dejado alguno de los procesos que acontecen en la telofase, pero todos han respondido que las células que se obtienen son iguales a la madre y el 75% que ocurre a la vez que la citocinesis.

Para saber si los alumnos habían afianzado las diferencias entre la mitosis y la meiosis se hicieron dos tipos de preguntas, las que relacionan las fases clave en las que se presentan diferencias, profase y profase I y anafase y anafase I y las que se basan en el resultado final. Todos los alumnos saben que la diferencia principal entre la profase de la mitosis y la profase I de la meiosis es la recombinación genética pero el 20% no señala la formación de tétradas en la profase I meiótica. En la anafase es donde se ha visto que los alumnos han tenido más dificultades para comparar ambos procesos ya que el 45% de los alumnos ha señalado que durante la mitosis los cromosomas se van a los polos y en la anafase I son las cromátidas.

Por último, en relación a la comprensión del resultado final de la mitosis y la meiosis en su conjunto poniendo un ejemplo concreto de una célula $2n$ con n igual a 4 cromosomas tan solo el 10% de los alumnos han señalado todas las opciones correctas. El 90% restante se ha dejado respuestas correctas de contestar. Los resultados de la Tabla 3 muestran que se ha producido un incremento del número de respuestas correctas tras la aplicación de la herramienta y las repuestas incorrectas han disminuido.

Tabla 3. Comparación del porcentaje de respuestas correctas e incorrectas en la pregunta 30.

Respuesta	Total respuestas post-test tradicional	% de alumnos	Total respuestas post-test hologramas	% de alumnos
A	7	35	3	15
B (Correcta)	10	50	16	80
C (Correcta)	8	40	9	45
D	12	60	11	55
E	11	55	10	50
F (Correcta)	6	30	8	40
G (Correcta)	6	30	8	40
H	6	30	8	40

La respuesta correcta que mayor porcentaje de aciertos ha tenido es en relación al número de cromosomas y cromátidas que tiene cada célula hija en la mitosis (respuesta B), el 80% de los alumnos han marcado que tendrán 8 cromosomas de dos cromátidas cada uno. En el caso de la meiosis ha sido menor el porcentaje de acierto, el 45% de los alumnos han marcado que tras la meiosis I cada célula hija tendrá la mitad de cromosomas, es decir 4 cromosomas cada uno con dos cromátidas (respuesta C) y en relación a la meiosis II, tan solo el 40% ha marcado que cada célula hija tendrá 4 cromosomas de solo una cromátida cada uno (respuesta F).

CONCLUSIONES

Los objetivos que se han planteado en esta investigación han sido alcanzados mediante el uso de la herramienta holográfica. La prueba de comparación de medias demuestra que hay diferencias significativas entre los resultados obtenidos en ambos grupos, el control que ha trabajado con una metodología tradicional y el experimental que lo ha hecho mediante el uso del prisma holográfico.

Los motivos por lo que se cree que esta herramienta es mejor para el aprendizaje de las ciencias que los típicos vídeos y animaciones es porque aumenta el grado de motivación de los alumnos al trabajar con ella debido a su impacto por el efecto de la reflexión de la luz y por lo tanto su aprendizaje es más significativo ya que la atención mostrada incrementa.

Se ha podido comprobar que aun así ha habido alguna dificultad al asimilar determinados conceptos relacionados con la división celular por ello se plantean una serie de mejoras. Por un lado, mejorar la herramienta, lograr hacer prismas más grandes para proyectar en pantallas más grandes y dar más sensación de realidad aumentada y por el otro, plantear hacer un video conjunto en que se vean simultáneamente las fases de ambos procesos de división celular para favorecer la comparativa entre ambos.

A nivel de perspectiva de futuro se está desarrollando un sistema para trabajar con hologramas interactivos mediante los fenómenos “Fantasma Pepper” y “Proyección Trasera”. Además se pretende aplicar este tipo de metodología en más centros no solo con los contenidos trabajados en este estudio, si no con otros temas de ciencias y matemáticas.

REFERENCIAS

- Agocs, T., Balogh, T., Forgacs, T., Bettio, F., Gobbetti, E., Zanetti, G., and Bouvier, E. 2006. A large scale interactive holographic display. In VR '06: Proceedings of the IEEE Virtual Reality Conference (VR 2006), IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 57.
- Balogh, T., Dobranyi, Z., Forgacs, T., Molnar, A., Szlobod A, L., Gobbetti, E., Marton, F., Bettio, F., Pintore, G., Zanetti, G., Bouvier, E., and Klein, R. 2006. An interactive multi-user holographic environment. In SIGGRAPH '06: ACM SIGGRAPH 2006 Emerging technologies, ACM Press, New York, NY, USA, 18.
- Banet, E. (2000). Didáctica de las ciencias experimentales: teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias / coord. por Francisco Javier Perales Palacios, Pedro Cañal de León, 2000, ISBN 84-268-1051-9, págs. 449-478
- Banet, E., y Ayuso, E. (2000). Teaching Genetics at Secondary School: A Strategy for Teaching about the Location of Inheritance Information. *Science Education*, 84, 313-351.
- Cimer, A. (2012) What makes biology learning difficult and effective; student's view. *Educational Research and Reviews*, 7 (3), 61-71.
- Cubero, J. (1997), *Psicopedagogía de los Medios de Enseñanza*. (Material inédito, pág. 27.
- García M., Segovia Y, Gómez, M.J, Sempere, J. m. Peinado, P., Romero, A. (2015) Dificultades en el aprendizaje de la Biología Celular según la opinión del alumnado. XIII Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria [Recurso electrónico]: Nuevas estrategias organizativas y metodológicas en la formación universitaria para responder a la necesidad de adaptación y cambio. Universidad de Alicante, 2015. ISBN 978-84-606-8636-1, pp. 2585-2596
- Ghuloum, H. (2010). 3D Hologram Technology in Learning Environment. *Informing Science & IT Education Conference* (pp. 693–704). Italy.
- Ibañez, T., y Martínez Aznar, M. (2005). Solving problems in Genetic II: Conceptual restructuring. *International Journal of Science Education*, 27 (12), 1495-1519.

- Íñiguez, F.J., Puigcerver, M., (2013). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la educación secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 10(3), 307-327
- Jones, A., MacDowall, I., Yamada, H., Bolas, M., Debevec, P. (2007). Rendering for an Interactive 360° Light Field Display. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, vol 26.
- Lee, H. (2013) 3D Holographic Technology and Its Educational Potential. *TeachTrends* Vol.57 N. 4. Págs. 34-39.
- Ministerio de Educación y Ciencia. Instituto de Evaluación. (2015). PISA 2015 Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos de la OCDE. Informe Español. Madrid
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos . (2015). PISA 2015 Resultados Clave. Madrid.
- Porras, M.Y. (2014). La holografía digital como una aplicación de los fenómenos de interferencia y difracción, para estudiantes de secundaria y primeros semestres de universidad. Universidad Nacional de Colombia.
- Pozo, J.I. y Monereo, C. (2009). Introducción: la nueva cultura del aprendizaje universitario o por qué cambiar nuestras formas de enseñar y aprender. En J.I. Pozo y M.P. Pérez Echeverría (coord.), *Psicología del aprendizaje universitario: la formación en competencias*. Madrid: Morata: 9-28.
- Serra, R., Vega, G. Ferrat, Á., Lunazzi, J.J., y Daniel S.F. Magalhães (2009) El holograma y su utilización como un medio de enseñanza de la física en Ingeniería. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 31, n. 1, 1401.
- Zeidan, A. (2010). The Relationship between grade 11 Palestian attitudes toward biologya and their perceptions of the biology learning environment. *Int. Sci. Maths. Educ*, 8:783-800.

