Concept Maps: Making Learning Meaningful
Proc. of Fourth Int. Conference on Concept Mapping
Viña del Mar, Chile, 2010

DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DEL INCREMENTO DE APRENDIZAJE OBTENIDO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE MAPAS CONCEPTUALES Y CMAPTOOLS. COMPARACIÓN DE LA CANTIDAD DE APRENDIZAJE SOBRE LAS FIBRAS ÓPTICAS CONSEGUIDO UTILIZANDO MAPAS CONCEPTUALES Y SIN UTILIZARLOS

Ángel Luis Pérez, Guadalupe Martínez, Mª Isabel Suero, & Pedro J. Pardo, Universidad de Extremadura, España

Email: aluis@unex.es

Abstract. La pregunta de enfoque que ha guiado el trabajo de investigación que se presenta en esta comunicación ha sido la siguiente: ¿Cuánto incremento de aprendizaje de un determinado tema de estudio se consigue debido al hecho de utilizar mapas conceptuales y CmapTools para estudiarlo? El estudio se ha llevado a cabo con 114 alumnos universitarios de diferentes titulaciones de la Universidad de Extremadura (España). Se ha dividido al conjunto de alumnos en dos grupos, uno experimental, que ha utilizado como estrategia de aprendizaje mapas conceptuales realizados con CmapTools, y otro de control que ha estudiado el mismo tema, pero utilizando solamente textos, sin mapas conceptuales. El análisis estadístico comparativo de los datos obtenidos con ambos grupos nos permite afirmar, por ejemplo, que debido a la utilización de los mapas conceptuales y CmapTool, hay un 95% de probabilidad de que el promedio del incremento de aprendizaje de los diferentes ítems sea superior a un 19%.

1 Introducción

Los componentes del Grupo Orión de Investigación llevamos más de veinte años enseñando a nuestros alumnos (muchos de ellos profesores a su vez) a trabajar con los Mapas Conceptuales para ayudar a alcanzar un aprendizaje significativo. (Novak & Gowin,1984; Pérez, Peña & Mahedero, 1979; Pérez, Suero, Montanero & Pardo, 2001; Pérez, Suero, Pardo &Montanero, 2006; Jonassen, 2000). Aunque está ampliamente aceptado que con la utilización de los mapas conceptuales nuestros alumnos aprenden más, (Novak, 1998; Pérez, Suero, Pardo & Montanero, 2006) una pregunta que se nos plantea con mucha frecuencia es la de: "Pero…, ¿cuánto más que si no los utilizaran?". Entendemos que esta pregunta surge para evaluar si merece la pena el esfuerzo de aprender a usar los mapas conceptuales, en función de la cantidad extra de aprendizaje que se puede obtener cuando se utilizan en el estudio de una materia. Partiendo del convencimiento de la mayoría de los profesores y alumnos que utilizan los mapas conceptuales y el programa CmapTools (Cañas et al., 2004; Pérez, Suero, Montanero & Pardo, 2004) de que constituyen unas potentes herramientas de trabajo que aumentan considerablemente el aprendizaje de los alumnos, con el estudio que aquí se presenta se ha pretendido cuantificar con datos experimentales este convencimiento subjetivo.

Esta investigación se ha llevado a cabo con alumnos de la Universidad de Extremadura de diversas titulaciones durante los cursos escolares 2008-09 y 2009-10. La experiencia ha consistido en un estudio comparativo entre los resultados obtenidos por dos grupos de alumnos, uno experimental y otro de control, que estudiaron utilizando una metodología didáctica diferente cada uno. La del grupo experimental basada en el uso de mapas conceptuales y la del grupo de control basada en una enseñanza tradicional sin utilizar mapas conceptuales. Las conclusiones obtenidas en este trabajo nos han permitido dar respuesta a nuestro planteamiento inicial, "SÍ, con la utilización de los Mapas Conceptuales nuestros alumnos aprenden más, pero ¿cuánto más?" Con el análisis estadístico de los datos recogidos en este estudio, podemos afirmar, por ejemplo, con un margen de error inferior al 5%, que la aplicación de una metodología didáctica basada en el uso de mapas conceptuales y CmapTools, produce un incremento comprendido entre el 18,89% y el 24,65% en la cantidad de aprendizaje promedio en un determinado ítem de un grupo de alumnos.

2 Objetivos

El objetivo principal de esta investigación ha sido determinar experimentalmente el incremento de aprendizaje que se obtiene al utilizar mapas conceptuales y CmapTools, mediante un análisis comparativo entre los resultados obtenidos por un grupo de alumnos de control y un grupo de alumnos experimental. El estudio estadístico para estimar el incremento de aprendizaje puede llevarse a cabo en relación a la materia de aprendizaje o en relación a los alumnos. Esto a su vez puede hacerse en relación a un ítem individual o a un test completo, y en relación a un alumno individual o a un grupo de alumnos. Además, el incremento de aprendizaje puede ser cuantificado dentro de un cierto rango o determinar si es mayor a un nivel concreto. Teniendo todo esto en cuenta, surgieron ocho preguntas de investigación

que desglosaron el objetivo general en los ocho objetivos específicos que aparecen en el mapa conceptual de la Figura 1. El trabajo realizado para encontrar la respuesta a los cuatro primeros objetivos específicos constituye el contenido de esta comunicación, habiéndose dejado los cuatro últimos objetivos específicos para otra comunicación presentada a este mismo congreso, que lleva por título "Determinación experimental del incremento de aprendizaje obtenido mediante la utilización de mapas conceptuales y CmapTools. Comparación de la cantidad de aprendizaje obtenido por los alumnos utilizando mapas conceptuales y sin utilizarlos".

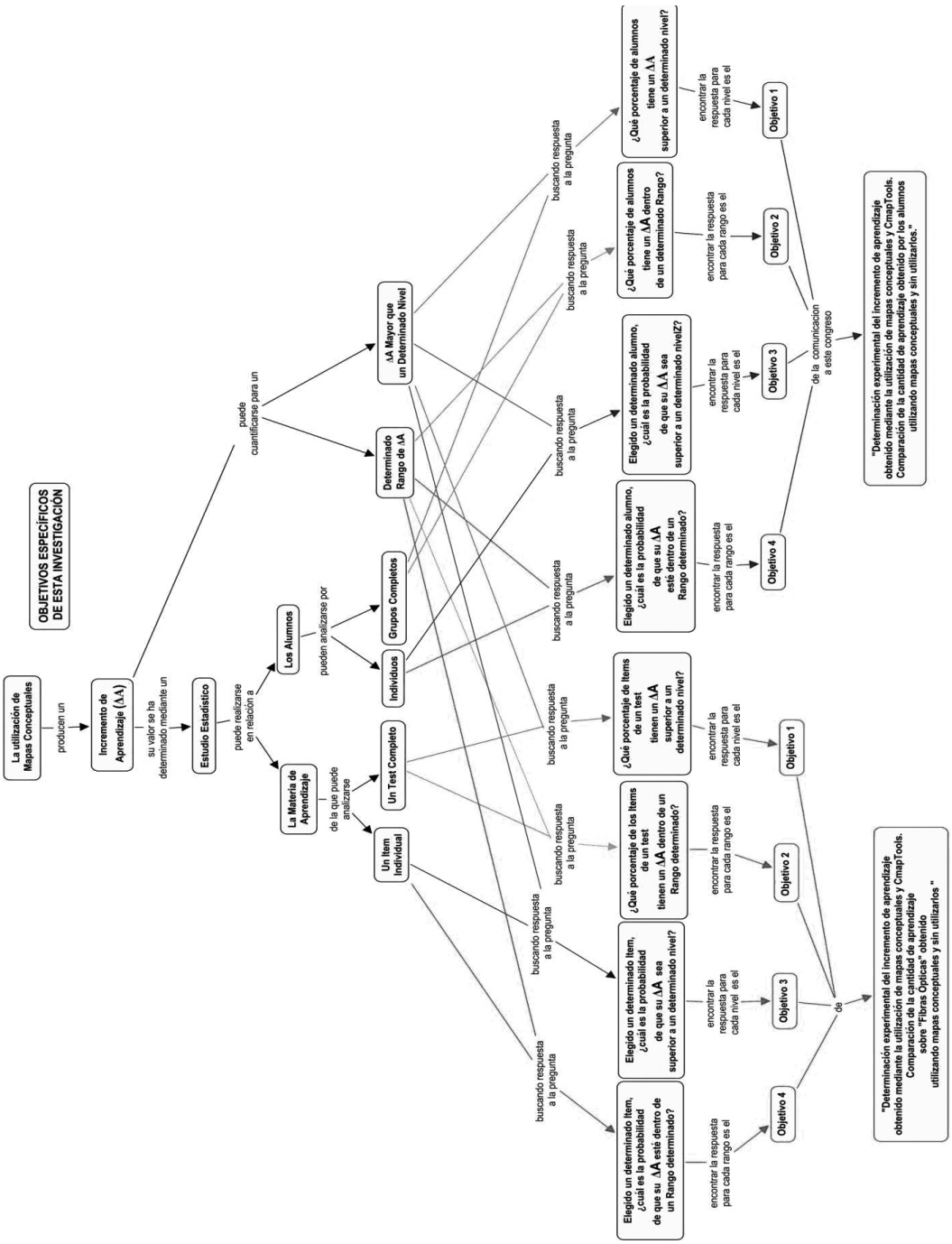

Figura 1. Mapa conceptual sobre los objetivos específicos de esta investigación

3 Métodos

3.1 Diseño de la Investigación

La investigación se ha desarrollado siguiendo un diseño cuasi-experimental con post-test y grupo de control. Las hipótesis iniciales planteadas al comienzo de este trabajo fueron:

- Hipótesis Nula (H0): "No existe un incremento en el aprendizaje promedio conseguido por un grupo de estudiantes que trabaje con mapas conceptuales, frente a un grupo equivalente de alumnos que no utilice mapas conceptuales para el estudio de una misma materia".
- Hipótesis Alternativa (H1): "Existe un incremento en el aprendizaje promedio conseguido por un grupo de estudiantes que trabaje con mapas conceptuales, frente a un grupo equivalente de alumnos que no utilice mapas conceptuales para el estudio de una misma materia".

En la investigación se ha considerado como variable independiente la metodología didáctica (usar mapas conceptuales y CmapTools o no utilizarlos). Para garantizar la validez de nuestro estudio se ha intentado controlar las posibles variables interferentes. Un análisis de las mismas nos llevó a concluir que las que más influencia podrían tener serían: las características del conjunto de alumnos seleccionado, la elección del grupo de control y experimental, el tema de estudio elegido y la capacidad didáctica del profesor.

3.1.1 Población

Las características de los alumnos elegidos para llevar a cabo la experiencia pueden interferir en los resultados, por ejemplo, hay que tener en cuenta factores como la capacidad de concentración o la disciplina. Por esta razón se eligió a alumnos de nivel universitario. Estos alumnos constituyen un grupo más homogéneo que los de enseñanzas medias, cuentan con un grado de concentración mayor, mejor capacidad para asimilar contenidos, son más disciplinados y están más acostumbrados a la realización de pruebas escritas. En concreto, la investigación se ha llevado a cabo durante los cursos académicos 2008-09 y 2009-10, con 114 alumnos de los últimos cursos de la Facultad de Ciencias, de la Escuela de Ingenierías Industriales y de diversos Másteres de postgrado.

Los 114 alumnos se han dividido en dos grupos de trabajo, homogéneos y equivalentes en cuanto a capacidades, titulación y al rendimiento académico mostrado en cursos anteriores.

- El primer grupo se ha denominado "Grupo de Control" (G.C.) y ha estado constituido por 57 alumnos. Este grupo ha estudiado la materia de aprendizaje utilizando un conjunto de textos bibliográficos proporcionados por el profesor, sin la ayuda de mapas conceptuales.
- El segundo grupo se ha denominado "Grupo Experimental" (G.E.) y ha estado formado por 57 alumnos de las mismas titulaciones que los pertenecientes al grupo de control. Este grupo experimental ha estudiado la misma materia que el G.C. utilizando un conjunto de 13 mapas conceptuales, realizados con la herramienta informática CmapTools, enlazados entre sí, formando un modelo de conocimiento avanzado sobre la materia objeto de estudio. Estos mapas conceptuales han sido realizados por los profesores de nuestro grupo de investigación Orión. Para la realización de los mismos, los profesores han utilizado los textos bibliográficos facilitados a los alumnos del G.C. para que los contenidos conceptuales de ambos grupos fuesen comunes.

3.1.2 Elección del tema de estudio

El tema de estudio elegido es una posible variable interferente en la realización de la investigación, es decir, los resultados podrían ser diferentes en función de la materia estudiada. Por ejemplo, la existencia de más o menos conocimientos previos de la materia estudiada influye en el nivel final alcanzado por un determinado alumno. Para homogeneizar lo máximo posible el punto de partida de los alumnos respecto al tema a estudiar, y delimitar mejor la diferencia real en la cantidad de aprendizaje obtenido por ambos grupos, se optó por elegir una materia con contenidos de un nivel elevado. Es decir, que no hubiese sido estudiado con anterioridad en ninguna de las asignaturas de las titulaciones de los alumnos que componían el grupo de control y el grupo experimental. Esta elección nos permitió eliminar la influencia que presenta la variable "Conocimientos iniciales" de los alumnos, no siendo necesario realizar un test de conocimientos previos. Por estos motivos, el tema por el que se ha optado fue el de "Estudio avanzado sobre Fibras Ópticas".

3.1.3 Metodología Didáctica Aplicada por el Profesor

La cantidad de aprendizaje que pueden alcanzar los alumnos en el estudio de una materia puede variar en función de la capacidad didáctica del profesor que realice las explicaciones. Para minimizar la influencia de esta posible variable interferente se decidió que un mismo profesor trabajase con ambos grupos, para poder comparar la cantidad de aprendizaje obtenido por los alumnos utilizando mapas conceptuales y CmapTools y sin utilizarlos. De este modo, los alumnos del G.C. han estudiado sólo con la ayuda de los textos bibliográficos suministrados por el profesor y los alumnos del G.E. han estudiado con la ayuda de los mapas conceptuales estructurados y realizados por el profesor con el programa CmapTools. Para minimizar la influencia del tiempo de dedicación de cada grupo se fijó un tiempo de estudio igual para ambos.

3.2 Modelo de conocimiento utilizado

Los mapas conceptuales realizados sobre fibras ópticas utilizados en esta investigación se han enlazado entre sí formando un modelo de conocimiento utilizando el programa CmapTools. (Cañas et al., 2000; Novak & Cañas, 2007). Estos trece mapas se encuentran alojados en nuestro sitio Cmap "Universidad de Extremadura (España)" dentro de la carpeta "Comunicaciones a Congresos" http://grupoorion.unex.es:8001/servlet/SBReadResourceServlet?viewhtml donde pueden ser utilizados de manera interactiva mediante la aplicación informática CmapTools. La Figura 2 muestra el epítome general de la secuencia de mapas desarrollados.

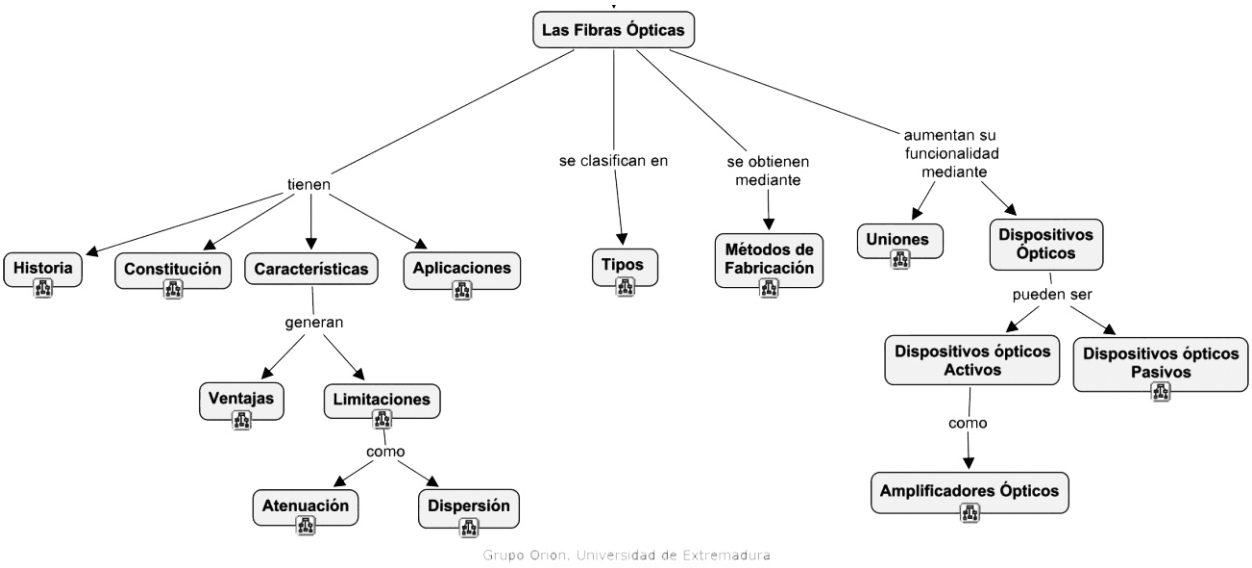

Figura 2. Epítome General del modelo de conocimiento elaborado sobre fibras ópticas

3.3 Instrumentos de evaluación aplicados

Para cuantificar el aprendizaje de tipo conceptual alcanzado se optó por la realización de una prueba escrita diseñándose un test como instrumento de evaluación. Inicialmente se elaboraron 120 ítems que fueron pasados a un grupo piloto de veinte alumnos que no iba a ser objeto del experimento, y se aplicó el programa informático LXR-TEST para eliminar las posibles preguntas que no tuvieran un índice de discriminación suficiente. Este análisis de los ítems se hizo a dos niveles, un nivel cualitativo para verificar la concordancia del contenido que se quiere evaluar con la formulación de los ítems, y un nivel cuantitativo para calcular el índice de discriminación de cada uno de ellos. Tras este análisis, se reconstruyó un test final de tipo dicotómico compuesto de 100 ítems (que también se encuentra disponible en nuestro sitio Cmap) que fue el que se pasó como post-test a cada grupo una vez finalizado el estudio del tema.

3.4 Análisis estadístico

Con el fin de contrastar las hipótesis planteadas al inicio de esta investigación, se ha realizado un análisis estadístico-descriptivo de los resultados obtenidos en los test de evaluación, buscando las medidas de tendencia central y de variabilidad mediante la prueba de normalidad de la distribución de puntuaciones. Este análisis nos ha permitido valorar los incrementos de aprendizaje obtenidos por los alumnos de cada grupo.

4 Resultados y Discusión

Los datos obtenidos en los test de evaluación han sido analizados con el paquete estadístico PASW Statistics 18.
Los test de evaluación que se han utilizado en esta investigación han sido iguales para los dos grupos de alumnos. Se muestra a continuación los resultados de las medias obtenidas en los 100 ítems para los alumnos de cada grupo de trabajo y la diferencia de puntuación entre ambos grupos. La Tabla 1 incluye el tamaño muestral, la media, la desviación típica, el error estándar de la media y los percentiles.

		Grupo Experimental	Grupo Control	△ Aprendizaje
N	**Items**	100	100	100
Media		**83,51**	**61,74**	**21,77**
Desviación típica		**7,94**	**12,25**	**10,45**
Percentil	25	78,94	54,39	14,03
	50	82,46	63,16	21,05
	75	89,47	70,17	29,82

Tabla 1. Análisis estadístico descriptivo de las respuestas del G.C. y del G.E.

Podemos apreciar que existe una diferencia entre las medias obtenida por el grupo de alumnos del G.E. y los alumnos del G.C. en el test de conocimientos conceptuales realizado. Para conocer si esta diferencia entre los grupos es significativa, se formula una hipótesis nula que plantea: "No existe un incremento en el aprendizaje promedio conseguido por un grupo de estudiantes que trabaje con mapas conceptuales, frente a un grupo equivalente de alumnos que no utilice mapas conceptuales para el estudio de una misma materia". Para aceptar o rechazar esta hipótesis, se ha realizado una prueba de Levene de igualdad de varianzas y una prueba t para la igualdad de medias cuyos resultados se muestran en la Tabla 2.

Incremento de Aprendizaje (△A)			Se han asumido varianzas iguales en ambos grupos	No se han asumido varianzas iguales en ambos grupos
Prueba de Levene para la igualdad de varianzas	F		15,24	
	Sig. (significación)		0,00	
Prueba t para la igualdad de medias ($\alpha = 0.05$)	t		14,91	14,91
	g.l. (grados de libertad)		198	169,77
	Sig. (Significación bilateral)		0,00	0,00
	Diferencia de medias		**21,77**	**21,77**
	Error típico de la diferencia		**1,45**	**1,45**
	95% Intervalo de confianza	Inferior	18,89	18,89
		Superior	24,65	24,65

Tabla 2. Prueba t para muestras independientes para un p-valor $p < 0.05$

La diferencia de medias encontrada ha sido de 21.77 con un error típico de la diferencia de 1.45. Para analizar si esa diferencia es significativa como para poder rechazar o no la hipótesis nula nos fijamos en el valor t obtenido (t = 14.91). Para saber si este valor de t es lo suficientemente grande para rechazar la hipótesis nula a un nivel de significación de 0.05 calculamos la significación bilateral. El valor obtenido para la misma es 0.00, lo que nos permite afirmar que la probabilidad estimada de que la hipótesis nula sea verdadera es menor que el 5% ($p<0.05$). Esto nos permite rechazar la hipótesis nula (Ho) y aceptar la hipótesis alternativa planteada (H1). Los datos son lo suficientemente significativos para llegar a la conclusión de que la diferencia encontrada entre ambos grupos no depende sólo del azar. Esto nos permite afirmar con un intervalo de confianza del 95% que el incremento de aprendizaje medio obtenido en cada ítem por los alumnos que usan los mapas conceptuales para el estudio de las fibras ópticas está entre el 18,89% y el 24,65%.

En la Figura 3, se representa gráficamente el histograma y la curva gaussiana de distribución normal de la distribución de frecuencias para la variable "Incremento de Aprendizaje" (ΔA). Como se aprecia en la figura, la campana de Gauss obtenida es prácticamente simétrica respecto al eje vertical que pasa por el valor de la media obtenida, correspondiente a un incremento de aprendizaje del 21,77% y una desviación típica de 10,4.

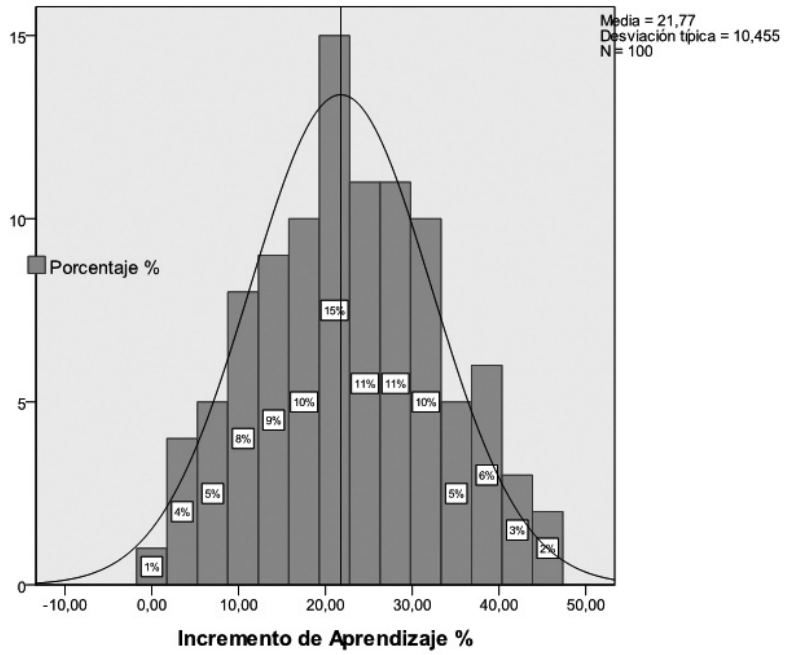

Figura 3. Histograma de la variable ΔA y curva normal de distribución superpuesta. Análisis por Ítems

Con los resultados anteriores podemos dar respuesta a las preguntas referentes a los objetivos específicos marcados al comienzo de esta investigación:

Resultados respecto a los objetivos específicos 1 y 2: ¿Qué porcentaje de los ítems de un test tienen un ΔA superior a un determinado nivel? ¿Qué porcentaje de los ítems de un test tienen un ΔA dentro de un Rango determinado? En las figuras 4 y 5 se muestran los resultados a estos objetivos.

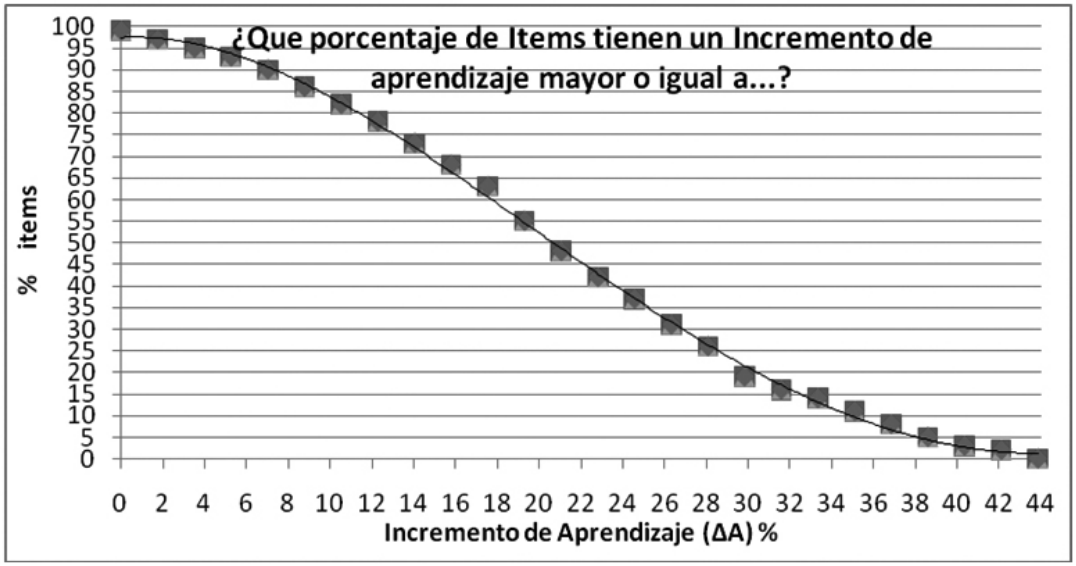

Figura 4. Porcentaje de ítems cuyo ΔA es superior a un cierto nivel representado en el eje horizontal

En la Figura 4 podemos leer qué porcentaje de items tienen un incremento de aprendizaje superior a un cierto valor respresentado en el eje de las X. Por ejemplo, podemos apreciar cómo, cuando el test es contestado por los alumnos del grupo experimental, el 60% de los items tiene un incremento de aprendizaje superior al 18%. En la Figura 5 se representa en un histograma el porcentaje de ítems que tienen un incremento de aprendizaje dentro de cada rango. Por ejemplo, resaltamos que los mayores valores de los porcentajes obtenidos se encuentran en el intervalo del 20 % al 30 %.

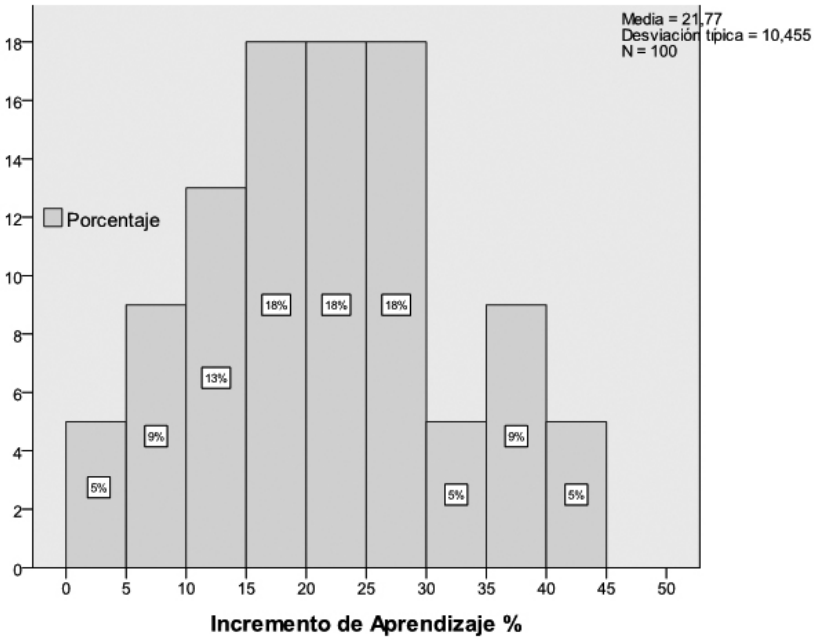

Figura 5. Porcentaje de ítems frente al ΔA para un rango determinado

Resultados respecto a los objetivos específicos 3 y 4: Elegido un determinado Ítem, de un test de conocimientos realizado a un grupo de alumnos que utilice mapas conceptuales, ¿Cuál es la probabilidad de que su ΔA sea superior a un determinado nivel? ¿Cuál es la probabilidad de que su Incremento de Aprendizaje (ΔA) esté dentro de un Rango

determinado? En la Tabla 3 se muestran los resultados a estos objetivos.

Ejemplo de cálculo de la Probabilidad de que el ΔA de un determinado ítem esté:			
Dentro de un cierto rango		Sea superior a un cierto nivel	
ΔA en el Rango…	Probabilidad %	ΔA > a …	Probabilidad %
[0%,5%]	3%	5%	98%
[5%,10%]	8%	10%	95%
[10%,15%]	13%	15%	87%
[15%,20%]	17%	20%	74%
[20%,25%]	19%	25%	57%
[25%,30%]	16%	30%	38%
[30%,35%]	12%	35%	22%
[35%,40%]	6%	40%	10%
[40%,45%]	3%	45%	4%
[45%,50%]	1%	50%	1%

Tabla 3. Cálculo de la probabilidad de encontrar un determinado Ítem cuyo ΔA este dentro de un rango (columnas 1 y 2) o sea superior a un determinado nivel (columnas 3 y 4)

Estos resultados nos indican, por ejemplo, que existe un 74% de probabilidad de que el incremento de aprendizaje de un determinado ítem sea superior al 20% o que el rango cuyo incremento de aprendizaje tiene mayor probabilidad es el comprendido entre el 20% y el 25%.

5 Conclusiones

Los resultados de esta investigación confirman la hipótesis general planteada al comienzo de este estudio, ya que se han encontrado diferencias significativas entre las medias de las calificaciones de los grupos experimental y de control. Estos resultados nos indican que dicha diferencia en el aprendizaje obtenido por los alumnos es consecuencia de la metodología didáctica que se ha llevado a cabo en el grupo experimental mediante la utilización de los mapas conceptuales y de CmapTools. Por ejemplo, podemos afirmar con un intervalo del confianza del 95%, es decir, con un margen de error inferior al 5%, que el incremento de aprendizaje medio obtenido en cada ítem por los alumnos que utilizan como metodología de aprendizaje los mapas conceptuales para el estudio de las fibras ópticas, frente al obtenido por los alumnos que no usan mapas conceptuales está comprendido entre el 18,89% y el 24,65%. Los resultados obtenidos nos permiten afirmar que la aplicación de una metodología de enseñanza basada en la utilización de los mapas conceptuales y de la herramienta CmapTools ayuda a incrementar un promedio de un 21,77% los resultados obtenidos para el estudio de las fibras ópticas.

Para reforzar esta investigación y aumentar el nivel de confiabilidad, se ha realizado un análisis similar al aquí expuesto pero en relación a cuanto más aprenden los alumnos en lugar de a cuanto más se aprende del tema estudiado, resultados que se muestran en otra de las contribuciones a este congreso: “Determinación experimental del incremento de aprendizaje obtenido mediante la utilización de mapas conceptuales y CmapTools. Comparación de la cantidad aprendizaje obtenido por los alumnos utilizando mapas conceptuales y sin utilizarlos”.

Referencias

Cañas, A. J., Ford, K. M., Coffey, J., Reichherzer, T., Carff, R., Shamma, D., & Breedy, M. (2000). Herramientas para Construir y Compartir Modelos de Conocimiento basados en Mapas Conceptuales. Revista de Informática Educativa, 13(2), 145-158.

Cañas, A. J., Hill, G., Carff, R., Suri, N., Lott, J., Eskridge, T., et al. (2004). CmapTools: A Knowledge Modeling and Sharing Environment. En A. J. Cañas, J. D. Novak & F. M. González (Eds.), Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping (Vol. I, pp. 125-133). Pamplona, España: Universidad Pública de Navarra.

Jonassen, D.H. (2000) Computers as mindtools for schools: Engaging critical thinking. Upper Saddle River, Prentice Hall.

Pérez, A.L, Peña, J.J. y Mahedero, B. (1979). Electronic device of didactic and electrometric interest for the study of RLC circuits. American Journal of. Physics: 47 (2), pág. 178-181 U.S.A.

Pérez, A.L., Suero, M.I., Montanero, M. y Pardo, P.J. (2001). Three-dimensional conceptual maps: an illustration for the logical structure of the content of optics. International Conference Physics Teacher Education Beyond 2000. Selected Contributions. R. Pinto & S Suriñach. ISBN 2-84299-312-8; pág 603-604. Editorial Elsevier Francia.

Pérez, A.L., Suero, M.I., Montanero M. y Pardo, P.J. (2004). Aplicaciones de la teoría de la elaboración de Reigeluth y Stein a la enseñanza de la Física. Una propuesta basada en la utilización del programa informático CmapTools. En A. J. Cañas, J. D. Novak & F. M. González (Eds.), Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proceedings of the First Conference on Concept Mapping, Pamplona, España.

Pérez, A.L.; Suero, M.I.; Pardo, P.J. y Montanero, M. (2006).Utilización de los mapas conceptuales para mejorar los conocimientos relativos a la corriente eléctrica mediante su reconstrucción colaborativa. En Concept Maps: Theory, Methodology, Technology Proc. of the Second Int. Conference on Concept Mapping San José, Costa Rica.

Pérez, A.L.; Suero, M.I.; Pardo, P.J. y Montanero, M. (2006) Utilización de Cmaps para mejorar los conocimientos relativos a la luz mediante su reconstrucción colaborativa. Concept Maps: Theory, Methodology, Technology Proc. of the Second Int. Conference on Concept Mapping. San José, Costa Rica.

Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). Learning How to Learn. New York: Cambridge University Press.

Novak, J. D. (1998). Learning, creating, and using knowledge: Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations. Mahweh, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2007). La teoría subyacente de los mapas conceptuales y cómo construirlos. Florida. Institute for Human and Machine Cognition (IHMC).