

CMAP TOOLS COMO ARTEFACTO DE MEDIACIÓN DIGITAL PARA PROMOVER LA CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO Y EL APRENDIZAJE EXPANSIVO

Felipe Tirado & Guillermo Santos, Universidad Nacional Autónoma de México, México
Email: ftirado@unam.mx, http://psicoeducativa.iztacala.unam.mx

Resumen: Se hizo una investigación comparando dos cursos universitarios que utilizaron Cmaps. La variante consistió en la intensidad de exposición (baja y alta) de los mapas conceptuales elaborados por los estudiantes. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la ejecución del grupo de baja intensidad y el de alta, obteniendo indicadores favorables que denotan mayor complejidad en los mapas del grupo de alta intensidad, tal y como se planteó en la hipótesis de trabajo.

Palabras clave: Cmaps, Aprendizaje expansivo, Mediación digital, Construcción conocimiento.

1 Introduction

Uno de los problemas más complejos en la enseñanza es promover la lectura activa, la cual se puede lograr cuando al lector se le requiere que construya un mapa conceptual de lo expresado en el texto. En contraste, en la lectura pasiva donde no hay requerimiento constructivo, la capacidad de reflexión, comprensión y comunicación se limita, en tanto el alumno no tiene elementos para deliberar con sus compañeros a profundidad y construir conocimiento en una ruta de aprendizaje expansivo (ampliando el espectro temático).

Consideramos que una buena alternativa a la lectura pasiva, es promover la lectura activa a partir de la exigencia a cada alumno de entregar un *mapa conceptual* por cada lectura curricular requerida en un curso. Esto hace que cada alumno tenga que *construir* una expresión de su pensamiento a partir de una representación de su lectura, estructurada en un mapa cognitivo, lo que es acorde con las teorías del *constructivismo*.

Los *mapas conceptuales* constituyen un artefacto, de acuerdo con la *teoría de la actividad*, muy apropiado para promover la lectura activa, en tanto exige desde su inicio la reflexión para construir una pregunta de enfoque, reclama un análisis para seleccionar los conceptos centrales y sustantivos, requiere que se haga una síntesis al seleccionar los conceptos más relevantes, promueve un proceso de construcción para organizar y relacionar los conceptos, demanda una planeación de la estructura conceptual del tema, exige la interrelación conceptual bajo la elaboración de vínculos entre las ideas o conceptos a partir de la construcción de frases de enlace que expliciten las relaciones pertinentes que estructuran la coherencia entre los conceptos y la congruencia de un planteamiento global, del tema que se está estudiando.

El propósito de este estudio es presentar los resultados de una investigación que se realizó para mejorar el uso de los *mapas conceptuales* en un curso de psicología educativa, que se llevó a cabo con estudiantes que cursaban el 5 semestre de sus estudios universitarios.

La hipótesis de trabajo fue: Si se exhiben (proyectan) en el salón de clases de manera más intensa los *Cmaps* elaborados por los alumnos, su calidad aumenta. La explicación alternativa es que se pone mayor esmero en su elaboración.

2 Marco teórico

De acuerdo con Novak y Cañas (2008), los mapas conceptuales se entienden como herramientas gráficas que son útiles para construir, organizar y representar estructuras de conocimiento de manera lógica, jerárquica y significativa. Para estos autores, un concepto es “una regularidad percibida en eventos u objetos, o registros de eventos u objetos designados por una categoría” (Novak & Cañas, 2008)

El uso de mapas conceptuales tiene su base epistemológica en el planteamiento constructivista de la psicología, cuyo argumento es que el conocimiento no es una mera copia de la realidad, sino más bien una construcción o reinterpretación de dicho conocimiento en la interacción de los individuos con el mundo circundante, cuando se enfrentan situaciones novedosas (Hernández, 1998, 1998).

El planteamiento educativo de los mapas conceptuales proviene de la psicología cognitiva del aprendizaje significativo propuesta por David Ausubel (Ausubel, Novak, & Hanesian, 1983; Ivie, 1998), en la cual se afirma que el aprendizaje significativo ocurre cuando los nuevos conocimientos que adquieren los alumnos, se asimilan de manera “no arbitraria”, a las estructuras de conocimiento ya presentes en el sistema cognitivo de los estudiantes, lo cual no ocurre con el aprendizaje memorístico por iteración (repetición).

Existen diversas evidencias de investigación en psicología cognitiva que demuestran la forma en que las personas desarrollan comprensión y estructuran conocimiento a través de mapas conceptuales (Novak, 2002a, 2010). Por ejemplo, es posible identificar errores conceptuales en las estructuras de conocimiento de estudiantes universitarios (Novak, 2002). Además, se ha encontrado que el uso de mapas conceptuales tiene poderosos efectos sobre el aprendizaje cuando se utilizan como herramienta cognitiva, ya que permiten la persistencia del conocimiento en la memoria, además de su integración para la comprensión y la solución efectiva de problemas (Novak & Musonda, 1991; Novak, 1990, 2002b; Novak, 1991).

La investigación en mapas conceptuales ha culminado en el desarrollo del software Cmap Tools, que sirve para el diseño, planeación e integración de mapas conceptuales, de una forma análoga a cómo se integra texto en un procesador de palabras (Cañas et al., 2004). Este programa de cómputo incluye características que permiten desarrollar un planteamiento con todos sus elementos estructurales (Novak & Cañas, 2008). Lo anterior lo convierte en una excelente tecnología para crear, modificar, compartir y visualizar modelos de conocimiento, la cual ha mostrado su gran utilidad tanto en escenarios educativos como en la industria (Novak & Cañas, 2006).

En relación a lo anterior es importante destacar que algunas posturas del constructivismo sociocultural, consideran que la incorporación de la tecnología tiene alcances promisorios para poder modificar, y mejorar la experiencia educativa (Kozulin, 2000, 2001). El argumento central de dichas posturas, es que la tecnología media la relación de los seres humanos con su entorno, cambiando la naturaleza de sus procesos cognitivos y también de la relación con otras personas y el entorno (Pea, 1997; Perkins, 1997). De esta manera las personas que aprenden articulan sus procesos cognitivos a artefactos culturales (tecnológicos), que los median para de esta manera poder lograr cosas que no pueden lograrse en ausencia de estos artefactos (Salomon & Perkins, 2005). A este conjunto de concepciones ha sido denominado en la literatura de investigación como “cognición distribuida”.

El uso y la elaboración de mapas conceptuales han demostrado su potencia como andamio para mejorar los procesos de construcción de conocimiento de los alumnos. El ayudarse de mapas estimula la Zona de Desarrollo Próximo de los estudiantes, de tal forma que pueden ir mejorando su elaboración al contrastarlos con mapas bien elaborados (Novak & Cañas, 2008).

Además de poder utilizarse como un andamio para estimular los procesos de construcción de conocimiento, los mapas conceptuales integran formas novedosas para representar modelos de conocimiento que pueden tener efectos importantes sobre el aprendizaje. La investigación de Suthers & Hundhausen (2003), aporta evidencia a este respecto, al demostrar que las formas esquemáticas de representación (en la lógica de mapas conceptuales) tienen mayor ventaja en sus efectos en el aprendizaje de los alumnos que las representaciones en forma de matriz y textuales.

En relación al uso de didácticas mediadas por representaciones, recientemente ha surgido una veta de investigación en el desarrollo de software para el aprendizaje colaborativo en las denominadas “herramientas de percepción de grupo” (Group Awareness Tools, por sus siglas en inglés), que sostiene que es posible mejorar el aprendizaje de los alumnos, si se les ofrece información relevante en forma de representaciones visuales de lo que sus compañeros hacen (comportamental), saben (cognitiva), o sobre cómo se relacionan (social) (Buder, 2011). De tal manera que pueda establecerse un “estándar” de desempeño ideal, que permita que los alumnos orienten sus acciones, interacciones, procesos de pensamiento y productos, para alcanzar niveles de desempeño “aceptables” (Jermann & Dillenbourg, 2008).

Lo anterior nos lleva a pensar, que los mapas conceptuales son una forma potente de representar el conocimiento cognitivo (lo que saben o aprendieron) de los alumnos en sus sesiones de clase, orientando de forma directa los procesos cognitivos (el desarrollo y las discusiones de la clase), y de manera indirecta la elaboración de sus productos de aprendizaje, al generarles la expectativa por mantener cierto estándar de profundidad, riqueza y complejidad en la elaboración de sus mapas conceptuales. De esta manera pensamos que pueden proyectarse sistemáticamente en cada seminario los mapas, y valorar si disminuye o aumenta la calidad

de los mismos en distintos puntos en el tiempo al variar la intensidad de su exposición, considerando distintas métricas, por lo que nos planteamos la siguiente hipótesis:

Si se exhiben (proyectan) los *Cmaps* elaborados por los alumnos en el salón de clases, su calidad aumenta porque se pone mayor esmero en su elaboración.

3 Método

3.1 Sujetos:

De los cursos habituales que se dan a estudiantes del quinto semestre de la carrera de psicología, se seleccionaron a 10 alumnos al azar de dos cursos, uno que llamaremos de *baja intensidad* porque se exhibían sólo un *mapa conceptual*, y otro de *alta intensidad* porque se exhibían dos *mapas conceptuales*. En total participaron 20 alumnos en el estudio, 10 por cada grupo.

3.2 Procedimiento:

La *variable independiente* es definida por la *intensidad* (baja o alta) de exhibición de los *mapas conceptuales* elaborados por los estudiantes en el salón de clases, durante las sesiones presenciales del curso de *Desarrollo o Educación* que llevan como parte de sus cursos curriculares de la licenciatura en *Psicología*.

Los estudiantes de ambos grupos tienen a su disposición un aula virtual en plataforma *Moodle*, donde son requeridos a entregar vía electrónica su *mapa conceptual* elaborado para cada sesión, a partir de la lectura correspondiente al curso.

Se seleccionó a dos grupos, uno con baja intensidad (sólo una exposición) y otro con alta (dos exposiciones), de los cuales se eligieron dos sesiones del curso, una correspondiente a la entrega del primer *cmap* en el curso y la otra al último *cmap* enviado (hubo 21 sesiones), de manera que se tenga el elemento de comparación al igualar tanto el contenido temático como el niveles de experiencia (poca – mucha) elaborando *Cmaps*, es decir, la diferencia entre el primer *cmap* y el último después de haber tenido 21 sesiones de ejercitar la elaboración de mapas conceptuales, lo que es representativo del *valor agregado* o ganancia. En ambos grupos, los 20 estudiantes fueron seleccionados de forma aleatoria, 10 para integrar el grupo de *baja intensidad* y otros 10 para el grupo de *alta intensidad*.

Como la *variable independiente* se consideró la calidad del *mapa conceptual*. La calidad se definió por la intensidad de trabajo empleada en su elaboración, tomando como indicadores el número de conceptos (Num_Conceptos), de enlaces de entrada (EntConceptos), de salida (SalConceptos), de frases de enlace (Num_Frases), de entradas (Ent_Frases) y de salidas (Sal_Frases), que son los indicadores que *Cmaps tool* incluye dentro de sus utilerías.

4 Resultados

Los indicadores se obtuvieron de la base de datos de *Cmaps tool*, y se procesaron en *SPSS (Statistics vs 21)*. Las estadísticas descriptivas para ambos grupos se presentan en las siguientes tablas, el grupo de *baja intensidad* en la tabla 1 y en la tabla 2 el grupo de *alta intensidad*.

Estadísticos descriptivos						
Grupo 1		N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. tip.
Primer Cmap	PM_Num_Conceptos	10	6	48	24.40	13.00
	PM_EntConceptos	10	5	47	24.00	14.00
	PM_SalConceptos	10	6	43	23.40	12.00
	PMNum_Frases	10	5	42	21.00	12.00
	PMEnt_Frases	10	5	44	23.50	12.00
	PMSal_Frases	10	5	47	24.80	14.00
Promedios =		10	5.3	45.2	23.5	12.8
Último Cmap	SM_Num_Conceptos	10	24	48	35.40	7.00
	SM_EntConceptos	10	10	45	31.00	10.00
	SM_SalConceptos	10	9	43	26.90	12.00
	SMNum_Frases	10	9	41	22.00	10.00
	SMEnt_Frases	10	9	43	27.00	13.00
	SMSal_Frases	10	10	48	32.10	10.00
Promedios =		10	11.8	44.7	29.1	10.3

Tabla 1

Estadísticos descriptivos						
Grupo 2		N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. tip.
Primer Cmap	PM_Num_Conceptos	10	19	29	25.00	3.00
	PM_EntConceptos	10	21	41	29.20	6.00
	PM_SalConceptos	10	10	36	26.70	7.00
	PMNum_Frases	10	11	28	23.40	5.00
	PMEnt_Frases	10	11	32	24.70	6.00
	PMSal_Frases	10	21	40	29.20	5.00
Promedios =		10	15.5	34.3	26.4	5.3
Último Cmap	SM_Num_Conceptos	10	19	118	68.00	26.00
	SM_EntConceptos	10	18	127	69.80	28.00
	SM_SalConceptos	10	18	83	43.00	17.00
	SMNum_Frases	10	18	73	38.10	16.00
	SMEnt_Frases	10	18	83	42.30	18.00
	SMSal_Frases	10	18	127	69.30	28.00
Promedios =		10	18.2	101.8	55.1	22.2

Tabla 2

Al analizar los datos a partir de las medias obtenidas por el Grupo 1 (baja intensidad) y las del Grupo 2 (alta intensidad) en los 6 parámetros ((Num_Conceptos, EntConceptos, SalConceptos, Num_Frases, Ent_Frases y Sal_Frases) que son utilizados como indicativos de la calidad de los *Cmaps*, se observa que todas las medias en la primer entrega (primer *cmpa*) son más o menos similares en ambos grupos (23.5 Grupo 1 en promedio, 26.4 Grupo 2), en cambio, en la última entrega (último *cmpa*), después de ya haber elaborado 21 *Cmaps* a lo largo del curso, en ambos grupos se aprecia que en todas las medias mejoraron (29.1 en promedio para el Grupo 1, 55.1 Grupo 2).

Ciertamente, por la dispersión de los datos, se observa que en el Grupo 1 hay mayor varianza que en el Grupo 2 en la primera entrega (Desviación estándar 12.8 vs. 5.3 respectivamente), de aquí se puede asumir que el Grupo 1 era más heterogéneo al iniciar el curso, la distancia entre “buenos” y “malos” estudiantes era mayor que en el Grupo 2. Sin embargo, al concluir el curso esto cambia y se aprecia en la última entrega (Desviación estándar 10.3 en el Grupo 1 y 22.2 en el 2), el Grupo 1 conservó relativamente la misma varianza (10.3 vs 12.8), en cambio el Grupo 2 aumento su dispersión (5.3 vs 22.2) (Ver tabla 1 y 2).

Para evaluar las diferencias de las medias considerando la distribución de la varianza, se hicieron análisis de varianza (ANOVA). Al comparar la ejecución que realizaron ambos grupos en el primer *cmpa*, se observa que no había diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos, se puede afirmar que eran grupos equivalentes (ver Tabla 3). En cambio, al comparar la ejecución de ambos grupos considerando el último *cmpa* que entregaron, se observa que el Grupo 2 obtuvo mejores puntajes en los 6 parámetros, con diferencias que resultan estadísticamente significativa en 3 de casos a un nivel de $p < 0.001$, en dos de $p < 0.050$ y sólo en uno ellos p es igual a 0.051 (Ver Tabla 4).

ANOVA de un factor (comparación Grupo 1 vs Grupo 2 al inicio)						
Entre grupos al inicio (primer Cmap)	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
PM_Num_Conceptos	Inter-grupos	1.800	1	1.800	0.019	.891
	Intra-grupos	1686.400	18	93.689		
	Total	1688.200	19			
PM_EntConceptos	Inter-grupos	92.450	1	92.450	0.731	.404
	Intra-grupos	2278.500	18	126.472		
	Total	2368.950	19			
PM_SalConceptos	Inter-grupos	54.450	1	54.450	0.534	.474
	Intra-grupos	1834.500	18	101.917		
	Total	1888.950	19			
PMNum_Frases	Inter-grupos	28.800	1	28.800	0.317	.586
	Intra-grupos	1636.400	18	90.911		
	Total	1665.200	19			
PMEnt_Frases	Inter-grupos	7.200	1	7.200	0.072	.792
	Intra-grupos	1806.600	18	100.357		
	Total	1813.800	19			
PMSal_Frases	Inter-grupos	96.800	1	96.800	0.775	.398
	Intra-grupos	2249.200	18	124.956		
	Total	2346.000	19			

Tabla 3

ANOVA de un factor (comparación Grupo 1 vs Grupo 2 al final)						
Entre grupos al final (último Cmap)	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
PM_Num_Conceptos	Inter-grupos	5313.800	1	5313.800	14.296	.001
	Intra-grupos	6690.400	18	371.689		
	Total	12004.200	19			
PM_EntConceptos	Inter-grupos	7220.000	1	7220.000	16.078	.001
	Intra-grupos	8083.200	18	449.067		
	Total	15303.200	19			
PM_SalConceptos	Inter-grupos	1296.050	1	1296.050	5.306	.033
	Intra-grupos	4396.900	18	244.272		
	Total	5692.950	19			
PMNum_Frases	Inter-grupos	1155.200	1	1155.200	5.861	.026
	Intra-grupos	1547.800	18	197.100		
	Total	4703.000	19			
PMEnt_Frases	Inter-grupos	1140.050	1	1140.050	4.176	.051
	Intra-grupos	4689.700	18	260.539		
	Total	5829.750	19			
PMSal_Frases	Inter-grupos	6919.200	1	6919.200	15.113	.001
	Intra-grupos	8241.000	18	457.833		
	Total	15160.200	19			

Tabla 4

De aquí que se puede señalar que se confirma la hipótesis de trabajo del estudio, donde se afirma que si se exhiben (proyectan) los *Cmaps* elaborados por los alumnos en el salón de clases su calidad aumenta. Esto se considera que es así, porque los alumnos ponen mayor esmero en su elaboración, sabiendo que serán exhibidos.

Al comparar las medias obtenidas en los 6 parámetros al inicio (primer *cmap* vs último *cmap*) de ambos grupos, se observa que en los dos hubo mejoras, en el Grupo 1 fue una ligera mejoría (23.5 vs 29.1 promedio), pero éstas sólo en un caso (Num_Conceptos) es estadísticamente significativa la diferencia ($p < 0.05$) (ver Tabla 5). En cambio en el Grupo 2 en los 6 parámetros se observan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.050$) (ver Tabla 6), datos que permiten reitera que aumentar la intensidad de exposición de los *Cmaps* promueve la calidad de la elaboración de los mismos.

ANOVA de un factor (comparación pre - post Grupo 1)						ANOVA de un factor (comparación pre - post) Grupo 2						
Intra-grupo	Suma de	gl	Media	F	Sig.	Intra-grupo	Suma de	gl	Media	F	Sig.	
Grupo 1 - baja intensidad	cuadrados		cuadrática			Grupo 2 - alta intensidad	cuadrados		cuadrática			
Num_Conceptos	Inter-grupos	605.000	1	605.000	5.082	.037	Inter-grupos	9245.000	1	9245.000	26.694	.000
	Intra-grupos	2142.800	18	119.044			Intra-grupos	6234.000	18	346.333		
	Total	2747.800	19				Total	15479.000	19			
EntConceptos	Inter-grupos	238.050	1	238.050	1.512	.235	Inter-grupos	8241.800	1	8241.800	19.714	.000
	Intra-grupos	2834.500	18	157.472			Intra-grupos	7525.200	18	418.067		
	Total	3072.550	19				Total	15767.000	19			
SalConceptos	Inter-grupos	61.250	1	61.250	0.386	.542	Inter-grupos	1328.450	1	1328.450	7.079	.016
	Intra-grupos	2853.300	18	158.517			Intra-grupos	3378.100	18	187.672		
	Total	2914.550	19				Total	4706.550	19			
Num_Frases	Inter-grupos	18.050	1	18.050	0.142	.711	Inter-grupos	1080.450	1	1080.450	6.712	.018
	Intra-grupos	2286.900	18	127.050			Intra-grupos	2897.300	18	160.961		
	Total	2304.950	19				Total	3977.750	19			
Ent_Frases	Inter-grupos	68.450	1	68.450	0.404	.533	Inter-grupos	1548.800	1	1548.800	8.094	.011
	Intra-grupos	3052.100	18	169.561			Intra-grupos	3444.200	18	191.344		
	Total	3120.550	19				Total	4993.000	19			
Sal_Frases	Inter-grupos	266.450	1	266.450	1.624	.219	Inter-grupos	8040.050	1	8040.050	19.200	.000
	Intra-grupos	2952.500	18	164.028			Intra-grupos	7537.700	18	418.761		
	Total	3218.950	19				Total	15577.750	19			

Tabla 5

Tabla 6

5 Conclusión

La elaboración de *mapas conceptuales* es un artefacto (herramienta) que favorece la reflexión de los estudiantes, la necesidad de organizar conceptualmente el conocimiento que están aprendiendo, el tener que construir una propuesta evita el plagio en tanto no admite el copia y pega, y ofrece la posibilidad de ser exhibidos por medio de una proyección y de este modo invitar a todo el grupo a revisar y enriquecer al *mapa* que está siendo expuesto, haciendo los ajustes que se consideren pertinentes por consenso.

La dinámica de discurrir en torno a la presentación de un *mapa conceptual* permite el desarrollo del *aprendizaje expansivo*. El grupo no queda restringido a los contenidos de la lectura realizada y que están expresados en el *mapa*, sino se abre la exploración de las ideas que afloran en las reflexiones de los alumnos, dando lugar a rutas de deliberación no trazadas, se trata de que a partir del *mapa conceptual* expuesto se planten argumentos para mejorarlo, dando lugar a que el estudiante que elaboró el *mapa* exponga su contra-argumentación en defensa de su propuesta si tiene los elementos, y quedar abiertos a refutación de ideas si es que hay más argumentos. Este proceso promueve la construcción expansiva de aprendizaje, que es uno de los propósitos del diseño educativo del curso.

Para concluir se puede señalar que sería conveniente dotar de herramientas de comunicación a *Cmap Tool* para poder mediar la construcción colectiva del conocimiento expresado en un *mapa conceptual*. Vendría bien dar visibilidad a las acciones de los colaboradores, en tanto concepción epistemológica como la que implica una dinámica de *aprendizaje expansivo*, el conocimiento y el aprendizaje está distribuido y mediado por los otros, el diálogo es una vía que debe ser promovida.

Referencias

- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. Trillas.
- Buder, J. (2011). Group awareness tools for learning: Current and future directions. *Computers in Human Behavior*, 27(3), 1114-1117. doi:10.1016/j.chb.2010.07.012
- Cañas, A. J., Hill, G., Carff, R., Suri, N., Lott, J., Eskridge, T., Carvajal, R. (2004). CmapTools: A knowledge modeling and sharing environment (Vol. 1, pp. 125-133). Presentado en Concept maps: Theory, methodology, technology. Proceedings of the first international conference on concept mapping.
- Hernández, G. (1998). Paradigmas en psicología de la educación. *Edit. Paidós Mexicana, SA. 1998, pág, 67*.
- Ivie, S. (1998). Ausubel's learning theory: An approach to teaching higher order thinking skills. *The High School Journal*, 82(1), 35-42.
- Jermann, P., & Dillenbourg, P. (2008). Group mirrors to support interaction regulation in collaborative problem solving. *Computers & Education*, 51(1), 279-296. doi:10.1016/j.compedu.2007.05.012
- Kozulin, A. (2000). *Instrumentos psicológicos: La educación desde una perspectiva sociocultural*. Paidós.
- Kozulin, A. (2001). *Psychological tools: a sociocultural approach to education*. Harvard University Press.
- Novak, J. (1991). Clarify with Concept Maps. *Science Teacher*, 58(7), 44-49.
- Novak, J. A., & Cañas, A. J. (2008). *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them*. Florida Institute for Human and Machine Cognition.
- Novak, J. D. (1990). Concept maps and Vee diagrams: Two metacognitive tools to facilitate meaningful learning. *Instructional science*, 19(1), 29-52.
- Novak, J. D. (2002a). Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. *Science education*, 86(4), 548-571.
- Novak, J. D. (2002b). Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. *Science education*, 86(4), 548-571.
- Novak, J. D. (2010). *Learning, creating, and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations*. Routledge.
- Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2006). The Origins of the Concept Mapping Tool and the Continuing Evolution of the Tool. *Information Visualization*, 5(3), 175-184. doi:10.1057/palgrave.ivs.9500126
- Novak, J. D., & Musonda, D. (1991). A twelve-year longitudinal study of science concept learning. *American Educational Research Journal*, 28(1), 117-153.
- Pea, R. (1997). Practices of distributed intelligence and designs for education. En *Distributed Cognitions: Psychological and Educational Considerations* (pp. 47-87). Cambridge University Press. Recuperado a partir de <http://www.amazon.fr/exec/obidos/ASIN/0521574234/citeulike04-21>
- Perkins. (1997). Person-plus: a distributed view of thinking and learning. En *Distributed Cognitions: Psychological and Educational Considerations* (pp. 88-110). Cambridge University Press. Recuperado a partir de <http://www.amazon.fr/exec/obidos/ASIN/0521574234/citeulike04-21>
- Salomon, G., & Perkins, D. (2005). Do technologies make us smarter? Intellectual amplification with, of and through technology. En R. Sternberg & D. D. Preiss (Eds.), *Intelligence and technology* (pp. 71-86). Mahwah, NJ. US.: Routledge.
- Suthers, D. D., & Hundhausen, C. D. (2003). An Experimental Study of the Effects of Representational Guidance on Collaborative Learning. *Journal of the Learning Sciences*, 12, 183-219.