

MONITOREO DE LA ESTRUCTURA Y CONTENIDO DE MAPAS CONCEPTUALES DE CIENCIA Y MATEMÁTICAS EN SERVIDORES DE ESCUELAS INCORPORADAS AL PROYECTO CONÉCTATE AL CONOCIMIENTO

Norma L. Miller, Universidad Tecnológica de Panamá

Alberto J. Cañas & Joseph D. Novak, Institute for Human & Machine Cognition, Pensacola, Florida

Carmen Collado, Proyecto Conéctate al Conocimiento, Panamá

Email: norma.miller@utp.ac.pa

Resumen. El Proyecto Conéctate al Conocimiento ha capacitado a miles de maestros Panameños en la construcción y uso de mapas conceptuales como medio para fomentar formas más significativas de aprendizaje para sus alumnos. Como resultado, los servidores de mapas de las escuelas que participan en el Proyecto contienen miles de mapas conceptuales producidos por estudiantes. Sin embargo, las características de estos mapas en general son desconocidas. En este estudio hemos monitoreado a lo largo de un año la calidad de los mapas contenidos en los servidores de las escuelas, utilizando herramientas desarrolladas en Conéctate para evaluar su complejidad estructural y semántica. Los resultados sugieren que, en general, los mapas de los estudiantes tienen un nivel topológico aceptable, pero su nivel semántico es bajo. Sospechamos que esto es una consecuencia de que los mapas conceptuales no son re-trabajados en las escuelas, lo que a su vez puede deberse a la falta de retroalimentación de parte de los docentes.

1 Introducción

El estudio que reportamos se llevó a cabo en el contexto del Proyecto Conéctate al Conocimiento de Panamá (Tarté, 2006), un gran esfuerzo del Gobierno Panameño de alejarse del aprendizaje predominantemente memorístico que tiene lugar en las escuelas primarias oficiales del país, moviéndose hacia formas más significativas de aprender. Los mapas conceptuales constituyen el principal instrumento pedagógico utilizado en este Proyecto ya que, bien empleada, esta herramienta facilita la organización y representación del conocimiento, y estimula la creatividad y el pensamiento no lineal (Novak & Gowin, 1984). En las escuelas incorporadas al Proyecto los estudiantes construyen mapas conceptuales utilizando CmapTools (Cañas et al., 2004). Aparte de facilitar su construcción y manipulación, CmapTools permite enriquecer los mapas conceptuales con recursos digitales, y construirlos colaborativamente con otros estudiantes a través de los servidores de mapas instalados en cada una de las escuelas participantes.

No obstante, a tres años de iniciado el Proyecto, estos servidores contenían decenas de miles de mapas conceptuales creados por estudiantes, y nada se sabía de la calidad de estos mapas. El presente estudio se propuso remediar esta situación. Al hacerlo, nos enfocamos exclusivamente en mapas conceptuales de ciencia y matemáticas esencialmente porque la fuente de nuestro financiamiento, la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, estableció este requisito; sin embargo, debido a la estrecha relación que existe entre los mapas conceptuales y el aprendizaje de conceptos de ciencia, esta restricción no le resta al estudio. En la siguiente sección describimos esta relación.

2 Mapas conceptuales y el aprendizaje de conceptos de ciencia

La relación entre los mapas conceptuales y el aprendizaje de conceptos de ciencia se remonta a principios de los años 70, a un estudio longitudinal de 12 años (Novak y Musonda, 1991) que exploró el aprendizaje de conceptos de ciencia por niños pequeños (1 ° y 2 ° grado). En el curso de dicho estudio, Novak y sus colegas desarrollaron los mapas conceptuales como medio para representar y seguir los cambios en la comprensión de sus sujetos de los conceptos de ciencia.

Más allá de esta conexión original, histórica, en las décadas que han transcurrido desde su desarrollo, numerosos estudios han demostrado que los mapas conceptuales pueden desempeñar un papel importante en el aprendizaje de la ciencia. Basados en la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel (1983), los mapas conceptuales permiten "echar un vistazo" a la estructura de conocimientos del alumno, revelando no sólo lo que el estudiante ya sabe sobre un tema determinado, sino cómo lo sabe, es decir, cómo el conocimiento se organiza en su estructura cognitiva. De esta manera, los mapas conceptuales proporcionan algo así como una fotografía por medio de la cual los docentes pueden percatarse de qué conceptos conocen sus estudiantes, qué conexiones efectúan entre ellos, qué jerarquías establecen, y qué errores conceptuales tienen, todo lo cual ayuda a los docentes a trabajar para lograr el aprendizaje significativo en sus estudiantes.

En Panamá, quizá el mayor obstáculo para el aprendizaje de la ciencia sea el estilo de enseñanza memorístico que utilizan la mayoría de los docentes. Un aprendizaje basado exclusivamente en la memorización no involucra la comparación e integración de nueva información con los conocimientos anteriores relevantes, ni la atribución de significados y sentimientos personales a la información recientemente adquirida. El resultado es que la información, memorizada a punta de repetición, se almacena como islas en la estructura cognitiva del alumno, desconectada de otros conocimientos y carente de sentido y relevancia para el aprendiz. Esta situación afecta negativamente el aprendizaje al: 1) impedir la retención de nuevas ideas, 2) inhibir el aprendizaje futuro de información similar (Suppes y Ginsberg, 1963, citado en Novak, 1998), 3) restringir de la aplicación del conocimiento a nuevos contextos, 4) impedir la identificación y aclaración de conceptos erróneos, y 5) interferir con la adquisición de sentimientos positivos y la mejora del autoestima que le ocurre al alumno cuando éste se da cuenta de su propia capacidad de comprensión de un tema (Novak, 1998).

El uso adecuado de los mapas conceptuales para aprender sobre ciencia puede ayudar a poner el énfasis en las relaciones entre conceptos, más que en los conceptos aislados. Por ejemplo, después de generar un primer mapa conceptual "diagnóstico", un alumno puede proceder a mejorar su mapa cualquier número de veces, con base en la retroalimentación y la orientación ofrecida por el profesor o por otros con mayor conocimiento/entendimiento del tema. Así, el mapa conceptual inicial le sirve de andamio para seguir armando su estructura de conocimiento sobre el tema. Este proceso externo a la vez refleja el proceso interno que ocurre en la mente del estudiante cuando a su conocimiento previo, incorpora nueva información, elabora nuevas relaciones, y reacomoda o corrige relaciones previamente establecidas.

3 Métodos y Procedimientos

El trabajo consistió en monitorear mapas conceptuales generados en las escuelas del Proyecto Conéctate durante el año 2008. Se obtuvieron cuatro muestras, una en cada bimestre de los 4 que comprende el año escolar panameño; éstos se designaron M1, M2, M3, y M4. Los mapas se obtuvieron de forma remota, a través de los servidores de mapas de las escuelas participantes.

Dado que no existía un listado completo de todos los mapas conceptuales en los servidores, se utilizó el procedimiento que describimos a continuación para obtener cada una de las muestras. Teniendo en cuenta que en los servidores los mapas se organizan primero por escuela, luego por grado, y finalmente por estudiante, para la obtención de cada muestra se seleccionaron en primer lugar 50 escuelas al azar; seguidamente, se seleccionó (también al azar) un salón de clases entre el total de grupos de 4º, 5º, y 6º en cada una de estas escuelas¹; y finalmente se seleccionó, al azar, un estudiante de entre todos los alumnos del salón seleccionado. Para cada uno de los 50 estudiantes así elegidos, tomamos todos los mapas conceptuales de ciencia y matemáticas contenidos en su carpeta en el servidor²; así se conformó cada muestra. Se desprende de este procedimiento de selección que muestras diferentes, no necesariamente iban a contener el mismo número de mapas, como de hecho fue el caso.

El análisis de los mapas involucró la aplicación de la taxonomía topológica (Cañas et al., 2006), la cual produjo información acerca de la complejidad estructural, y de la rúbrica de evaluación semántica (Miller & Cañas, 2008), que generó información sobre la calidad del contenido. En lo que sigue describimos brevemente cada una de estas herramientas.

La taxonomía topológica clasifica los mapas conceptuales en función de cinco criterios: 1) reconocimiento de conceptos, 2) presencia de frases de enlace, 3) profundidad, 4) ramificación, y 5) presencia de enlaces cruzados³. La taxonomía consiste en 7 niveles topológicos (0 – 6). Mapas con un nivel topológico entre 0 y 2 se consideran "pobres" topológicamente hablando, debido a la presencia de textos largos, la ausencia de palabras de enlace, y esencialmente estructuras lineales. Mapas de nivel 3 se consideran "aceptables", ya que los conceptos individuales son claramente reconocidos, no faltan palabras de enlace, y las estructuras no son lineales; no obstante, estos mapas son superficiales, sólo moderadamente ramificados, y carecen de enlaces cruzados. Los de nivel 4 mapas son básicamente "buenos" mapas; su principal limitación es que no contienen enlaces cruzados. Por último, los mapas de nivel 5 y 6 incluyen enlaces cruzados, y por lo tanto cumplen con todos los requisitos a nivel de topología para ser considerados "muy buenos" mapas conceptuales.

La rúbrica de evaluación semántica considera seis criterios: 1) relevancia y completitud de conceptos, 2) estructura proposicional correcta, 3) proposiciones erróneas, 4) presencia de proposiciones dinámicas, 5) cantidad y calidad de enlaces cruzados, y 6) organización jerárquica de los conceptos (criterio opcional). A diferencia de la taxonomía topológica en la que explícitamente se describe cada uno de los 7 niveles de clasificación, el componente semántico es un sistema de evaluación basado en puntos. Las puntuaciones totales se asocian a seis niveles de calidad de contenido: "no evaluado", "muy pobre", "pobre", "intermedio", "bueno", y "muy bueno". Las descripciones completas de la taxonomía topológica y de la rúbrica de evaluación semántica, junto con los propios instrumentos, y resultados de estudios de confiabilidad realizados con los facilitadores del Proyecto Conéctate, se pueden encontrar en Cañas et al. (2006), y Miller & Cañas (2008)⁴, respectivamente.

Provistos de estas herramientas, nos propusimos caracterizar los mapas conceptuales de ciencia y matemáticas de las muestras en función de la complejidad de su estructura y la calidad de su contenido. Los resultados se presentan en la sección siguiente.

4 Resultados

Como se señaló anteriormente, se obtuvieron cuatro muestras identificadas respectivamente como M1, M2, M3 y M4. El número total de escuelas incluidas en estas muestras corresponde aproximadamente al 20% de las 700⁵ escuelas participantes en el Proyecto Conéctate al momento de recogerse los datos. En esta sección se presentan, en primer lugar, los resultados de las evaluaciones topológica y semántica; después se examinan con más atención algunos aspectos semánticos específicos.

4.1 Evaluación topológica y semántica de los mapas conceptuales muestreados

El número total de mapas, junto con la media y desviación estándar para las evaluaciones topológica y semántica se resumen en la Tabla 1.

Muestra	Nivel topológico		Puntaje semántico		Tamaño de muestra
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	<i>n</i>
M1	2.9	1.08	5.0	2.55	90
M2	2.3	1.38	5.4	2.86	84
M3	3.7	1.44	9.4	3.23	64
M4	2.5	1.15	5.9	2.41	72

Tabla 1. Media de nivel topológico y puntuación semántica de cada una de las cuatro muestras

¹El Proyecto Conéctate dirigió sus esfuerzos a capacitar a los docentes de estos grados, principalmente.

²Si un estudiante tenía más de un mapa sobre el mismo tema, se tomó el más complejo; si no tenía ningún mapa de ciencia o matemáticas, se elegía un nuevo estudiante por el proceso antes descrito.

³Estas son proposiciones que vinculan conceptos de diferentes sub-dominios de un mapa conceptual.

⁴El artículo Miller & Cañas (2008) presenta una versión anterior de la rúbrica que la descrita y aplicada aquí.

⁵Esta cifra es una aproximación ya que el número de escuelas iba aumentando a lo largo del año.

La muestra M1 tuvo un nivel topológico promedio muy cercano a 3, indicativo de mapas conceptuales debidamente estructurados, pero poco profundos, sólo moderadamente ramificados, y sin enlaces cruzados. En lo semántico, la puntuación media de 5 puntos ubica los mapas conceptuales de M1 en la categoría de calidad muy baja. Se obtuvieron resultados muy similares para las muestras M2 y M4, como se aprecia claramente en el cuadro. En principio, todas las muestras iban a ser obtenidas con la misma metodología. Sin embargo, circunstancias especiales que ahora describimos, nos llevaron a decidir proceder de manera diferente con la muestra M3.

Durante el tiempo que debía obtenerse la tercera muestra, Conéctate celebró su primer Encuentro de Niños Innovadores (ENI), un importante evento organizado y dirigido por estudiantes (un centenar de niños de 22 escuelas) para estudiantes (participaron cerca de 500 estudiantes visitantes de más de 100 escuelas). Las escuelas organizadoras trabajaron en pares para producir contenidos para el encuentro; entre estos contenidos se contaban un número plural de mapas conceptuales. Estos mapas fueron co-construidos por las escuelas que colaboraban, a lo largo de múltiples sesiones de trabajo, que se extendieron por un período de varias semanas.

En vista de los resultados similares de las muestras M1 y M2, y de la expectativa de que probablemente M4 saldría muy parecida (como efectivamente ocurrió), decidimos utilizar los mapas conceptuales presentados durante el evento del ENI como tercera muestra. La idea era que estos datos podrían proporcionar un contraste interesante con respecto a las otras muestras. Así, la muestra M3 estuvo constituida por un total de 64 mapas, los cuales abarcaron ocho temas principales, 6 de ellos de contenido científico. Como muestra la Tabla 1, el nivel topológico promedio de esta muestra fue de 3.7 (1.44), aproximadamente un nivel por encima de las otras muestras; del mismo modo, la puntuación semántica media fue de 9.4 (3.23), lo que coloca estos mapas dos niveles semánticos arriba, en la categoría de calidad intermedia. Ambas diferencias son estadísticamente significativas.

Los resultados anteriores sugieren que la muestra M3 podría estar representando una población diferente de las muestras obtenidas al azar de forma remota a través de servidores. Para probar esto se realizó la prueba de diferencia de dos medias entre M3 y cada una de las otras tres muestras. Los resultados para los tres pares fueron estadísticamente significativos al nivel 0.01, tanto en topología como en contenido, lo que confirmó nuestra sospecha.

En vista de estos resultados, y con el fin de comprender mejor e identificar las diferencias entre las dos poblaciones representadas por las muestras, se combinaron las muestras M1, M2 y M4 (las obtenidas de los servidores de mapas) en una sola muestra denominada, MSERV. La muestra M3 simplemente se renombró MENI, enfatizando su procedencia. La muestra combinada MSERV estaba compuesta de 246 mapas, y tenía un nivel topológico promedio de 2.6 (1.20). Niveles topológicos entre 2 y 3 son indicativos de mapas conceptuales en los que: a) todavía están presentes algunos textos largos, b) faltan algunas frases de enlace, c) la ramificación y la profundidad es mínima, y d) no hay enlaces cruzados. En contraste, el nivel topológico entre 3 y 4 para la muestra MENI apunta esencialmente a buenos mapas, estructuralmente hablando, aunque aún carecen de enlaces cruzados. En cuanto al contenido, la puntuación semántica de MSERV fue de 5.4 (2.61), correspondiente a un nivel de calidad bajo. En comparación, el promedio de los mapas del ENI, como se señaló anteriormente, se ubicó en la categoría de nivel intermedio.

Examinamos ahora más de cerca el componente semántico, con el propósito de detectar los aspectos que más contribuyeron al bajo rendimiento semántico observado en MSERV respecto a MENI. Examinando cada uno de los cinco criterios semánticos individualmente, encontramos las mayores deficiencias en tres: la relevancia y completitud de conceptos, la presencia de proposiciones dinámicas, y la cantidad y calidad de los enlaces cruzados. Las figuras 1, 2, y 3 comparan las distribuciones de MSERV y MENI en cada uno de estos criterios, respectivamente.

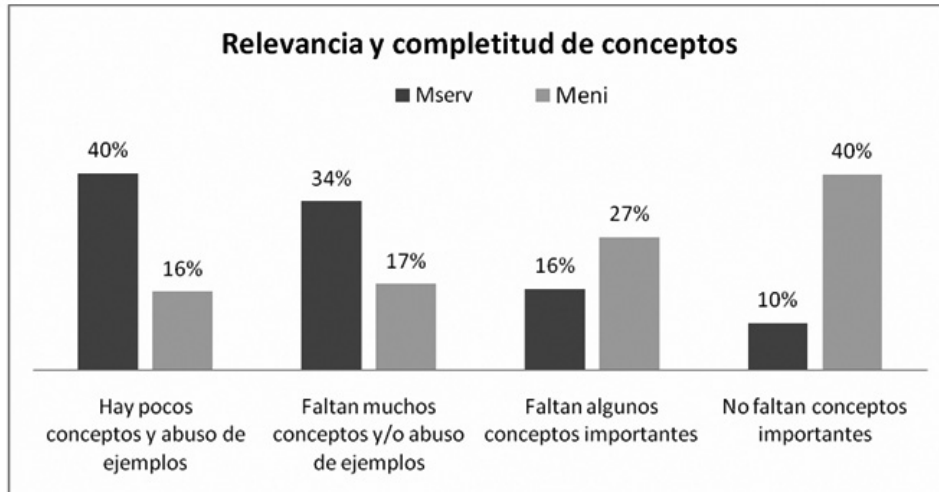


Figura 1. Comparación entre MSERV y MENI respecto al criterio de relevancia y completitud de conceptos

La Figura 1 muestra que para los mapas de los servidores, el 74% de ellos carecían de muchos conceptos pertinentes y/o utilizaban ejemplos en exceso (las dos primeras categorías de izquierda a derecha) en comparación con el 33% de los mapas del ENI. Por otra parte, sólo en el 26% de los mapas de los servidores podía decirse que faltaban pocos o ningún concepto importante en contraste con el 67% de los del ENI (tercera y cuarta categoría).

En cuanto a las proposiciones dinámicas, la Figura 2 muestra que el 51% de los mapas de los servidores contenían sólo proposiciones estáticas, en comparación con el 11% de mapas del ENI; por el contrario, el 17% de los mapas en servidores contenían proposiciones causativas, muy por debajo del 81% de los mapas del ENI.

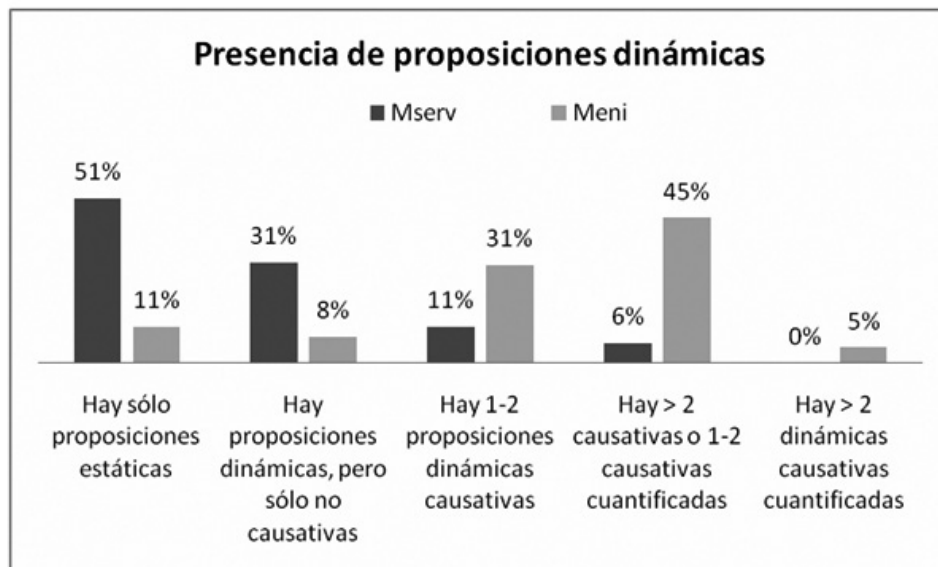


Figura 2. Comparación entre MSERV y MENI respecto al criterio de presencia de proposiciones dinámicas

Finalmente, la Figura 3 muestra la situación con los enlaces cruzados, donde el 91% de mapas de los servidores no contenían enlaces cruzados, y sólo el 7% de los que sí tenían eran enlaces cruzados válidos o correctos; en cambio, el 60% de los mapas del ENI no contenían enlaces cruzados, mientras que para el 40% que sí contenían enlaces cruzados, todos eran válidos.

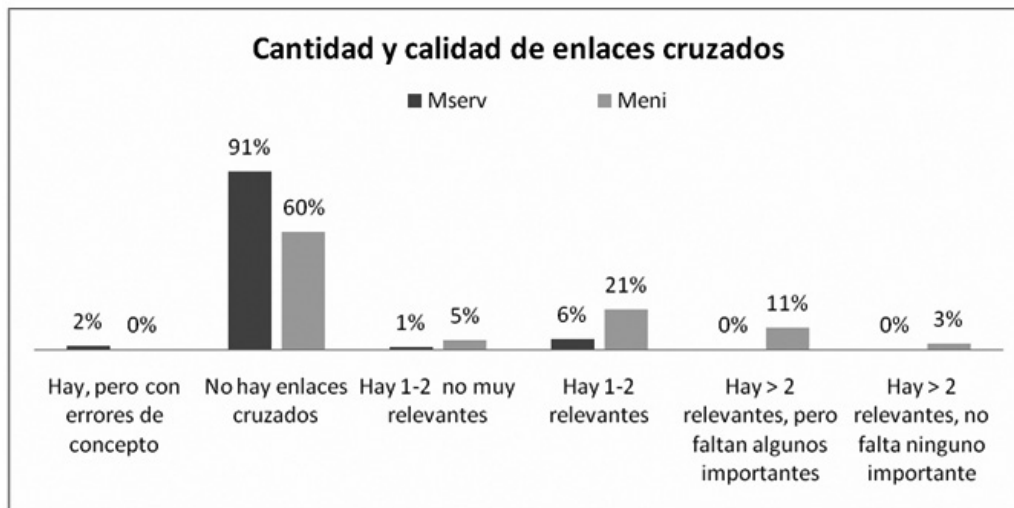


Figura 3. Comparación entre MSERV y MENI respecto al criterio de cantidad y calidad de enlaces cruzados

5 Discusión

Los resultados presentados en la sección anterior revelan pronunciados contrastes entre los mapas conceptuales obtenidos de los servidores de las escuelas y los mapas recabados del evento ENI, quedando los primeros muy rezagados respecto a los segundos, tanto en estructura como en contenido. Un examen detallado de los resultados semánticos reveló que gran parte del déficit de contenido se debió principalmente a la ausencia de proposiciones dinámicas y enlaces cruzados, dos elementos cruciales para la comprensión, organización y representación del conocimiento, particularmente el conocimiento científico y matemático.

Cañas y Novak (2006) asocian las proposiciones dinámicas con un aprendizaje profundo y significativo, mientras que las proposiciones estáticas las asocian a un aprendizaje superficial y memorístico. Esto se debe a que las proposiciones estáticas sirven principalmente para describir cosas; por el contrario, las proposiciones causativas (o implicaciones, en el caso de las matemáticas), proveen causas y explicaciones, la esencia del pensamiento científico y matemático. La escasa presencia de proposiciones causativas en la muestra de servidores (17%) parece indicativa de un enfoque de aprendizaje estático-descriptivo de los temas científicos tratados en esos mapas, mientras que la presencia preponderante de las proposiciones causativas en la muestra del ENI (81%) sugiere un enfoque de aprendizaje más bien dinámico-explicativo.

En cuanto a los enlaces cruzados, encontramos que la inmensa mayoría de los mapas de servidores (91%) no presentan enlaces cruzados. La falta de interconectividad es coherente con un pensamiento lineal, situación común entre los estudiantes acostumbrados al aprendizaje memorístico (Novak y Cañas, 2008). El porcentaje es notablemente inferior para los mapas del ENI (60%); aún así, sigue siendo considerable.

Reflexionando sobre lo anterior, algunos factores que surgen como posibles explicaciones para las diferencias observadas son: a) destreza en la construcción de mapas conceptuales, b) re-trabajo de mapas, c) publicación de mapas, y d) autonomía del alumno en relación a la construcción de sus mapas.

El bajo nivel de los mapas conceptuales en los servidores parece reflejar, por un lado, la falta de habilidad con la herramienta misma; los estudiantes no parecen ser capaces de expresar sus conocimientos sobre un tema determinado en formato de mapa conceptual. Esto no sorprende realmente. En Pankratius, 1990, Novak afirma que le toma a los estudiantes alrededor de 6 meses de práctica poder representar la complejidad de su pensamiento con precisión en forma de mapa conceptual; esto es particularmente cierto para estudiantes acostumbrados a aprender de memoria, como sería el caso de nuestros estudiantes en Panamá.

Por otra parte, Novak y Cañas (2008) han señalado que se necesitan al menos tres revisiones para lograr un mapa conceptual bueno. Tenemos fuertes sospechas de que los mapas de los servidores no han sido re-trabajados. Basamos nuestra sospecha en parte en información anecdótica, observaciones de los facilitadores en sus visitas a las escuelas; pero también en un estudio (Miller et al., 2010) cuyo propósito era precisamente explorar si proporcionar retroalimentación oportuna y pertinente a los estudiantes contribuía a aumentar su motivación para editar y revisar sus mapas conceptuales. Curiosamente, los mapas iniciales (no re-trabajados) producidos por los alumnos de dicho estudio son topológicamente y semánticamente equivalentes a los de la muestra de los servidores; sin embargo, después de que los mapas fueron revisados en respuesta a la retroalimentación proporcionada por el equipo de investigación, aparecieron diferencias significativas tanto en topología como en contenido. Para la presente discusión, estos resultados apuntan a dos escenarios (no necesariamente excluyentes entre sí): 1) los mapas en los servidores de las escuelas no suelen recibir retroalimentación, y por tanto, no son reelaborados; o bien, 2) los mapas reciben retroalimentación y son reelaborados, pero esto no resulta en mejoras significativas. ⁶De los mapas del ENI podemos decir que es casi seguro que estos alumnos recibieron algunos comentarios de sus profesores, coordinadores de aula de innovación, y facilitadores del Proyecto. Este hecho, lejos de invalidar los resultados, destacaría el papel tan importante que desempeña la retroalimentación en la construcción de mapas conceptuales de calidad.

Es precisamente este proceso de visitar un mapa una y otra vez que ayuda a los alumnos a desarrollar la habilidad de expresar la complejidad de su pensamiento en este formato. Pero también ocurre, y quizá éste sea el gran mérito de los mapas conceptuales, que al mismo tiempo este proceso puede aumentar la complejidad del pensamiento que expresa, ampliándolo, refinándolo, e interrelacionándolo. Este "valor añadido", sin embargo, depende de que el estudiante reciba información valiosa y oportuna. Por desgracia, en Panamá, éste es uno de los eslabones más débiles de nuestra cadena educativa: en nuestro sistema escolar, la retroalimentación a menudo no es nada más que un gancho ("está bien") o una cruz ("está mal"); la revisión y reelaboración de las asignaciones no es una práctica común.

Evidentemente, es imposible separar el evento de "recibir retroalimentación a un mapa" del evento de "hacer público un mapa", ya que el primero es en cierto sentido consecuencia del segundo. Esto nos lleva al tercer factor que creemos pudo haber contribuido a las diferencias entre las dos poblaciones. Los estudiantes del ENI eran conscientes de que sus mapas iban a ser "publicados", es decir, presentados ante el ojo crítico de compañeros, maestros, facilitadores y directores del Proyecto. Saber que los demás estarían examinando y quizás comentando sobre su trabajo casi con seguridad influyó en su disposición a revisar y mejorar sus mapas. En realidad, todos los mapas guardados en servidores de escuelas participantes en el Proyecto Conéctate son públicos, y podrían ser vistos y comentados por cualquiera que tenga una conexión a Internet y CmapTools instalado en su ordenador. La diferencia reside en que estos mapas conceptuales, en su mayor parte, no reciben comentarios, pues a pesar de haber logrado crear una red de cientos de escuelas, Conéctate aún no ha podido consolidarlas en una comunidad de aprendizaje viva y pujante. Así, desde la perspectiva de los autores de los mapas en los servidores, sus mapas no son públicos.

Por último, no se puede subestimar el papel que puede desempeñar la autonomía del estudiante en su motivación y en la calidad de su trabajo. El ENI fue un evento organizado totalmente por estudiantes. En la parte académica, los estudiantes de las escuelas colaboradoras decidieron todos los aspectos relacionados con sus proyectos, desde la selección del tema hasta la forma de presentación del proyecto terminado. Concretamente, si se construyeron mapas conceptuales para el ENI, fue enteramente su decisión hacerlo; el tema fue elegido por ellos, al igual que el formato de la presentación (papel, CmapTools, etc.). Uno podría imaginar que este grado de libertad, algo inusual en el rígido y altamente dirigido sistema educativo panameño, pudo bien haber contribuido, en no poca medida, al entusiasmo y esfuerzo realizado por los alumnos del ENI en construir, re-trabajar y mejorar sus mapas conceptuales.

⁶Se requeriría estudiar más esta cuestión a fin de determinar en qué medida cada posibilidad contribuye a los resultados que nosotros hemos observado.

6 Conclusiones

Este estudio involucró el monitoreo a lo largo de un año escolar completo de la calidad de los mapas conceptuales producidos por estudiantes cuyas escuelas participan en el Proyecto Conéctate. Aunque se centró en mapas de las áreas de ciencia y matemáticas, la importancia de este trabajo radica en que constituye un primer intento de medir objetivamente el impacto del Proyecto en los estudiantes (a diferencia de los docentes), específicamente en su capacidad para organizar y expresar sus conocimientos en forma de mapas conceptuales. Esto a su vez proporciona información que puede ayudar a determinar el avance del Proyecto hacia sus objetivos, y de ser necesario tomar medidas correctivas para asegurar que los mapas conceptuales realmente sean utilizados como una herramienta para el aprendizaje significativo. Por otra parte, debido a que en proyectos educativos patrocinados por el Estado este tipo de estudios generalmente no se dan, también se sienta un precedente importante en este sentido.

Nuestra investigación hizo uso de dos herramientas desarrolladas en el Proyecto Conéctate, a saber, la taxonomía topológica, con la que se evaluó la complejidad estructural, y la rúbrica de evaluación semántica, con la que se evaluó la calidad del contenido. El análisis de las muestras de los servidores indicó que los mapas típicos están topológicamente en el rango de pobre a aceptable, y semánticamente se sitúan en la categoría de calidad muy baja. En contraste, los mapas creados para el evento ENI poseen un nivel topológico que van desde aceptable hasta bueno, y un contenido semántico de nivel intermedio. Esta superioridad semántica puede ser atribuida a la presencia de más conceptos relevantes, mayor número de proposiciones dinámicas, así como la existencia de enlaces cruzados pertinentes e ilustrativos.

Al tratar de explicar estos resultados disímiles, destaca como un factor clave la reelaboración de los mapas conceptuales. Nuestros resultados sugieren fuertemente que los mapas conceptuales de los servidores no habían sido re-trabajados, una situación previamente señalada por los facilitadores de Conéctate en sus informes de visita a las escuelas. Los mapas producidos para el evento ENI, en cambio, se crearon de forma colaborativa y se re-trabajaron durante varias sesiones de trabajo.

Es nuestra esperanza que estos resultados contribuyan a que los docentes que utilizan los mapas conceptuales en su trabajo en el aula lleguen a considerarlos como algo vivo y en constante cambio... un verbo más que un sustantivo, un proceso más que un producto. El desafío para el Proyecto Conéctate es pensar en estrategias para aprovechar el potencial de la enorme red de escuelas que ha articulado para proporcionar a los estudiantes la retroalimentación que les falta a sus mapas conceptuales. Sólo cuando se haya establecido un círculo virtuoso de retroalimentación y revisión, los mapas conceptuales podrán convertirse realmente en un instrumento de aprendizaje significativo en Panamá.

7 Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación el financiamiento para este estudio. Gracias a Fernanda Alves-Rosa por la evaluación topológica y semántica de todos los mapas conceptuales.

Referencias

- Ausubel, D. P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Cañas, A. J., Hill, G., Carff, R., Suri, N., Lott, J., Eskridge, T., et al. (2004). CmapTools: A knowledge modeling and sharing environment. In 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, Spain: Dirección de Publicaciones de la Universidad Pública de Navarra.
- Cañas, A. J., & Novak, J. D. (2006). Re-examining the foundations for effective use of concept maps. In A. J. Cañas & J. D. Novak (Eds.), *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology*. Proceedings of the Second International Conference on Concept Mapping, Vol. I, pp. 494 – 502. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.

- Cañas, A. J., Novak, J. D., Miller, N. L., Collado, C., Rodríguez, M., Concepción, M., et al. (2006). Confiabilidad de una taxonomía topológica para mapas conceptuales. In A. J. Cañas & J. D. Novak (Eds.), *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proceedings of the Second International Conference on Concept Mapping*, Vol. I, pp. 153–161. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Miller, N. L. & Cañas, A. J. (2008). A semantic scoring rubric for Concept Maps: Design and reliability. *Concept Mapping – Connecting Educators. Proceedings of the Third International Conference on Concept Mapping*, Vol. I, pp. 60–67. Tallinn, Estonia & Helsinki, Finland.
- Miller, N. L., Cañas, A. J., Alves-Rosa, F., Ceballos, E., León, C., & Santana, D. (2010). “Impacto de retroalimentación remota a mapas conceptuales elaborados por estudiantes del Proyecto Conéctate al Conocimiento.” *Memorias del 4º Congreso Internacional de Mapas Conceptuales*.
- Novak, J. D. (1998). *Learning, creating, and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2008). The theory underlying concept maps and how to construct them. Technical Report IHMC CmapTools 2006-01 Rev 01-2008. Florida Institute for Human and Machine Cognition.
- Novak, J. D. & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. New York: Cambridge University Press.
- Novak, J. D., & Musonda, D. (1991). A twelve-year longitudinal study of science concept learning. *American Education Research Journal*, 28(1), 117–153.
- Pankratius, W. J. (1990). Building an organized knowledge base: Concept mapping and achievement in secondary school physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(4), 315–333.
- Tarté, G. (2006). Conéctate al Conocimiento: Una estrategia nacional de Panamá basada en mapas conceptuales. In A. J. Cañas & J. D. Novak (Eds.) *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proceedings of the Second International Conference on Concept Mapping*, Vol. I, pp. 144–152. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.