

CONFIABILIDAD DE UNA TAXONOMÍA TOPOLÓGICA PARA MAPAS CONCEPTUALES

*Alberto J. Cañas & Joseph D. Novak, Florida Institute for Human and Machine Cognition (IHMC), USA
Norma L. Miller, Carmen Collado, Miguel Rodríguez, María Concepción, Celestina Santana & Lidia Peña
Proyecto Conéctate al Conocimiento, Panamá
E-mail: nmiller@conectate.gob.pa*

Resumen. Llegar a construir mapas conceptuales de calidad, que muestren claramente comprensión y entendimiento del tema representado es un proceso que usualmente empieza con mapas pobres, tanto en su estructura topológica como en su semántica, y que mejora con el tiempo, práctica y retroalimentación de parte del maestro o personas con mayor experiencia. En el Proyecto Conéctate al Conocimiento en Panamá, donde se está llevando una introducción a gran escala del uso de mapas conceptuales en las escuelas públicas primarias mediante capacitación y apoyo a maestros de aula, se hace imprescindible tener un instrumento que permita medir el progreso en el desarrollo de mapas 'a grosso modo' a nivel de aulas y escuelas. En contraste con esquemas de evaluación de mapas conceptuales que tienen como objetivo calificar los mapas, hemos desarrollado una taxonomía de mapas conceptuales, análoga a la taxonomía de Bloom, que permite a personal del Proyecto tener un termómetro del avance en el aprovechamiento de los mapas conceptuales como herramienta de aprendizaje significativo. La taxonomía consiste de dos partes, una taxonomía topológica y una taxonomía semántica. En este artículo presentamos la taxonomía topológica y un estudio de confiabilidad de su aplicación por parte del personal pedagógico del Proyecto. Los resultados de este estudio nos dan motivos para pensar que, con un poco de práctica, esta herramienta resultará sumamente útil y confiable.

1 Introducción

En el 2005 se puso en marcha en Panamá el Proyecto *Conéctate al Conocimiento* (Tarté, 2006), un proyecto de transformación de la Educación Panameña que adelanta el Gobierno Nacional a través de la Secretaría de la Presidencia para la Innovación Gubernamental y del Ministerio de Educación. Dicho proyecto contempla, entre otras cosas, la capacitación de docentes de escuelas primarias oficiales en el uso de mapas conceptuales como herramienta para fomentar el aprendizaje significativo en sus estudiantes; incluye también visitas de apoyo a las escuelas para brindar a los docentes la ayuda necesaria para mejorar la calidad del aprendizaje.

Los reportes, tanto verbales como escritos, que resultaron de las primeras visitas de seguimiento, se caracterizaban por su alto grado de subjetividad. Los facilitadores — responsables de la capacitación y seguimiento — regresaban de las visitas describiendo los mapas conceptuales de los niños con diversos adjetivos calificativos y, por supuesto, cada uno utilizaba sus propios criterios a la hora de asignarle estos calificativos. Los informes también reportaban una amplia gama de mapas conceptuales, desde mapas de alta calidad que mostraban un profundo nivel de entendimiento por parte de los estudiantes, hasta mapas con trozos de texto y con estructuras básicamente lineales. Sin embargo, la falta de un 'lenguaje común' con qué describir la variedad de mapas impedía determinar objetivamente los avances logrados por los diferentes maestros en el desarrollo de su trabajo con los mapas conceptuales y tomar decisiones sobre el nivel de apoyo que las diferentes escuelas requerían. De aquí nace la necesidad de desarrollar una taxonomía de mapas conceptuales. Hemos dividido la taxonomía en dos: una taxonomía topológica y una taxonomía semántica. La taxonomía topológica considera la complejidad estructural del mapa, sin dar importancia al significado de conceptos y proposiciones, y se presta para medir el progreso en los inicios, cuando el estudiante está aprendiendo los aspectos elementales en la construcción del mapa, por ejemplo, conceptos formados por una o pocas palabras, proposiciones, y enlaces cruzados. La taxonomía semántica, aún en fase de desarrollo, considera la calidad del contenido del mapa, por ejemplo, la relevancia de las proposiciones y la calidad de conceptos y enlaces. En este artículo describimos el proceso de validación de la taxonomía topológica.

Queremos destacar que esta taxonomía no ha sido concebida como una herramienta de calificación de mapas conceptuales. Sus características responden a una necesidad puntual del Proyecto Conéctate. Tampoco es nuestra intención que la misma sea utilizada por los docentes para evaluar a sus estudiantes, pues lo que menos deseáramos sería dar la impresión de que existe una forma "correcta" de evaluar mapas conceptuales. La taxonomía fue desarrollada para servir de apoyo en la consecución de objetivos concretos del Proyecto y como instrumento de investigación. Desde esta perspectiva, la herramienta sería aplicada por una población de evaluadores limitada, a saber, los facilitadores del Proyecto Conéctate, quienes comparten un entendimiento común sobre mapas conceptuales.

2 Taxonomía de Mapas Conceptuales

En el Proyecto Conéctate se tenía la necesidad de una taxonomía de mapas conceptuales, análoga a la taxonomía de Bloom (1956). Bloom, junto con un grupo de investigadores, desarrolló una clasificación de niveles de comportamiento intelectual importantes para el aprendizaje. En el dominio cognitivo identificó seis niveles, desde el simple reconocimiento y memorización de datos e información en el nivel más bajo, pasando por niveles mentales más complejos y abstractos, hasta el nivel más alto que es la evaluación o apreciación en base a criterios específicos. La taxonomía de Bloom provee un instrumento útil con el cual categorizar el nivel de abstracción de preguntas de exámenes. La taxonomía de mapas conceptuales, por su parte, debería proveer un mecanismo para determinar el nivel de progreso en la representación de los mapas conceptuales, partiendo de mapas sencillos, con secuencias de conceptos y textos en los nodos y sin frases de enlace, hasta mapas con proposiciones claras, buenos enlaces cruzados, recursos relevantes enlazados, y enlaces a otros mapas.

En la literatura existen numerosos esquemas de evaluación o rúbricas para evaluar el contenido de mapas conceptuales. Un esquema que ha tenido bastante divulgación fue el propuesto por Novak & Gowin (1984), y que evalúa tanto componentes semánticos como estructurales. En este esquema evaluativo se toman en cuenta proposiciones válidas, niveles de jerarquía, ramificaciones, enlaces cruzados y ejemplos. La idea, como explican Coffey et al. (2003), es que los niveles jerárquicos son reflejo del grado de subsunción entre conceptos, las ramificaciones revelan la diferenciación progresiva, mientras que los enlaces cruzados ponen de manifiesto el grado de integración del conocimiento. Sin embargo, no se trata de una taxonomía, sino de una forma de evaluación o calificación de mapas conceptuales.

Por el contrario, son pocos los esquemas propuestos para evaluar únicamente la estructura topológica de mapas conceptuales. Kinchin (2000) propuso una clasificación que incluía 3 topologías: radial, de cadena y de red. De las tres, señala que la estructura de red es la más compleja e indicativa de un aprendizaje significativo. Más recientemente, Yin et al. (2004), dentro del marco de un estudio de comparación de dos técnicas de construcción de mapas conceptuales, examinan también la complejidad estructural de los mapas. Aunque inicialmente se basan en la taxonomía de Kinchin, encuentran que esta clasificación no les permite caracterizar la totalidad de las estructuras observadas en su estudio, por lo que añaden 2 más. Su esquema consiste entonces de las siguientes topologías, ordenadas de lo más simple a lo más complejo: lineal, circular, radial, de árbol, y de red. De nuevo, ninguno de estos estudios provee una taxonomía con diferentes niveles que muestre el progreso en la construcción de mapas.

Nuestra experiencia observando el trabajo inicial con mapas conceptuales por parte de estudiantes en las escuelas, y nuestro conocimiento de las preconcepciones de los maestros panameños sobre mapas conceptuales (Miller, Cañas, & Novak, 2006), nos indicaban que la necesidad inicial era de una taxonomía principalmente topológica. Por un lado, al aprender a construir mapas conceptuales es común introducir textos largos en los conceptos, crear hileras largas de conceptos, ignorar las frases de enlace, y no introducir enlaces cruzados. Por otro lado, como ponían en evidencia los reportes de visitas de los facilitadores, al retornar a sus escuelas algunos docentes volvían a las estructuras de mapas que conocían y manejaban antes de recibir la capacitación: estructuras que tendían a ser esencialmente lineales y en las que no tenían cabida los enlaces cruzados.

La taxonomía que presentamos en este artículo es, pues, una taxonomía fundamentalmente topológica, y surge de la necesidad de tener una forma más objetiva y confiable de medir nuestros logros hacia la meta específica de avanzar hacia formas de representación de conocimiento que verdaderamente permitan a su autor reflejar la complejidad de su pensamiento. Esta taxonomía topológica es complementada por una taxonomía semántica, que permite valorar la complejidad de los mapas conceptuales basándose primordialmente en la calidad de su contenido. En el resto de este artículo presentamos la taxonomía topológica, y un estudio de validación de la misma realizado con facilitadores del Proyecto Conéctate.

3 La taxonomía topológica

La taxonomía topológica desarrollada por nuestro equipo de trabajo (ver apéndice) tiene por objeto medir la complejidad estructural de los mapas conceptuales en el contexto específico del Proyecto Conéctate. Aunque guarda ciertas semejanzas con las clasificaciones descritas en la sección anterior, particularmente la de Yin et al., es más amplia y detallada que ésta, y es producto de nuestra experiencia con mapas conceptuales elaborados por maestros y

estudiantes panameños. Está supuesta a ser de fácil y rápida implementación, y lo suficientemente sencilla que su aplicación permita ir desarrollando en el evaluador la habilidad de reconocer prácticamente a simple vista el nivel topológico de un mapa. La topología consta de 7 niveles (del 0 al 6), en los cuales se valoran cinco criterios: a) el uso de conceptos en vez de trozos de texto, b) el establecimiento de relaciones entre conceptos, c) el grado de ramificación, d) la profundidad jerárquica, y e) la presencia de enlaces cruzados.

Evidentemente el primer criterio, es de carácter semántico más que estructural. Lo hemos incluido porque, en nuestro medio, la presencia de trozos de texto en un mapa conceptual suele ser indicativa de estructuras de conocimiento memorísticas, y por ende pobres, rígidas y aisladas. Pensamos que, por el contrario, la capacidad de desglosar textos en conceptos es el punto de partida obligado para el establecimiento de relaciones múltiples, novedosas y flexibles entre ideas y, por ende, para la construcción de estructuras cognitivas cada vez más complejas y sofisticadas. Tanta importancia le otorgamos a esto, que un mapa en el que predominan trozos de texto recibe en nuestra taxonomía la valoración más baja (0), independientemente de su complejidad o de la presencia de cualquier otro elemento estructural.

El segundo criterio tiene, sin lugar a dudas un componente semántico. Sin embargo, para efectos de esta taxonomía, se considera únicamente su dimensión estructural. Es decir, lo que interesa es la presencia o no de palabras de enlace, no las palabras en sí. Desde esta óptica, cualquier símbolo colocado intencionalmente por el autor con el fin de establecer una relación concreta entre dos conceptos debe ser interpretado como “palabra de enlace”. Esta consigna aplica igualmente a mapas conceptuales elaborados a mano (con papel y lápiz, u otros materiales), como a los realizados mediante un programa de computadora. Algunos programas, por ejemplo CmapTools (Cañas et al., 2004), colocan automáticamente un recuadro con signos de interrogación para la frase de enlace cuando el autor une un concepto con otro. Esto no puede interpretarse como palabra de enlace.

La ramificación de un mapa conceptual está asociada al número de puntos de ramificación. Un *punto de ramificación* ocurre cuando de un nodo, concepto o frase de enlace, salen 2 o más líneas de conexión (el número exacto no importa). Conviene hacer hincapié en que este criterio no se refiere al número de ramas que emergen de un nodo dado, sino al número de nodos que presentan más de una rama.

La *profundidad jerárquica* de un mapa se determina contando el número de enlaces que hay entre el concepto raíz¹ y el concepto más alejado del concepto raíz. Evidentemente este es un criterio que sólo tiene sentido para mapas que contienen al menos un concepto raíz. En el contexto del Proyecto Conéctate, sin embargo, esto no es realmente una limitante, ya que en los talleres del proyecto se enseña que todo mapa conceptual debe responder a una *pregunta de enfoque*, y esto usualmente conlleva a que la elaboración del mapa inicie a partir de un concepto raíz, independientemente de la forma que posteriormente pueda adoptar el mapa.

El último criterio evalúa la presencia de enlaces cruzados. Un *enlace cruzado* es esencialmente una proposición entre conceptos ninguno de los cuales es el concepto raíz, y usualmente localizados en diferentes sectores de un mapa conceptual, de manera tal que se forme un circuito cerrado.

4 Validación de la Taxonomía: Materiales y métodos

El objetivo de la taxonomía desarrollada es tener un lenguaje común mediante el cual los facilitadores puedan determinar el avance en la calidad de los mapas conceptuales desarrollados por los estudiantes en el Proyecto Conéctate con el objetivo de tomar decisiones. Es crítico, por tanto, determinar la consistencia que puede esperarse en la aplicación de esta taxonomía por parte de los facilitadores. En esta sección presentamos el proceso de validación de la taxonomía topológica.

4.1 Selección de la muestra

A fin de intentar garantizar que la muestra constituida tuviese igual posibilidad de incluir mapas conceptuales de cada uno de los 7 niveles topológicos, un grupo de facilitadores seleccionó de entre los mapas creados por los docentes durante los talleres de capacitación, los realizados por niños en las escuelas participantes y recogidos

¹ El *concepto raíz* es el concepto más abarcador, del cual se desprenden el resto de los conceptos del mapa.

durante las visitas de apoyo, y otros disponibles en los servidores públicos de la red de CmapTools, un total de 210 mapas conceptuales, 30 de cada nivel. Éstos se mezclaron para conformar un universo a partir del cual se obtuvo una muestra aleatoria de 50 mapas conceptuales. Antes de proceder a trabajar con la muestra, se revisó cada uno de los mapas para cubrir marcas de identificación u otras marcas ajenas al mapa conceptual original².

Cabe destacar que 24 de los 50 mapas conceptuales de la muestra fueron hechos a mano y los 26 restantes con algún programa de computadora. También hacemos notar que 8 están en un idioma que no es Español y que 5 no presentan la forma clásica de un mapa jerárquico, con el concepto raíz en la parte superior del mapa y los conceptos más específicos debajo de éste.

4.2 *Protocolo experimental*

El estudio se realizó en dos fases: una primera fase preliminar, para terminar de depurar la taxonomía, y una segunda fase, cuyos resultados son los que se reportan en este estudio de confiabilidad. En la primera fase participaron 16 evaluadores. Ninguno de estos evaluadores tuvo experiencia alguna con la taxonomía topológica previa al estudio. Los evaluadores evaluaron la muestra de 50 mapas de forma individual. A cada mapa debía asignársele un nivel topológico de acuerdo con la taxonomía topológica.

Antes de dar inicio a la segunda fase, se realizó una sesión de capacitación en la que se hizo una presentación formal de la herramienta, así como una pequeña práctica con 6 mapas conceptuales para aclarar dudas. Luego se procedió con la segunda fase. Participaron los 26 facilitadores del Proyecto disponibles, con excepción de aquellos que fueron partícipes del diseño del instrumento.

A fin de garantizar una evaluación completamente independiente por parte de los facilitadores, éstos se repartieron entre varios salones y la evaluación de los mapas se llevó a cabo en una sesión única. Los evaluadores estuvieron acompañados en todo momento por al menos un miembro del equipo de investigación. A cada evaluador se le entregaron dos documentos: 1) la *taxonomía topológica*, y 2) las *instrucciones de uso de la taxonomía topológica*.

4.3 *Características de los evaluadores*

Todos los evaluadores que participaron en este estudio están vinculados al Proyecto Conéctate al Conocimiento. De acuerdo a su antigüedad en el Proyecto, están distribuidos de la siguiente manera: 10 pertenecen al primer grupo de facilitadores, reclutados y entrenados en Febrero del 2005; 3 provienen del segundo grupo, reclutados y entrenados en Julio del 2005; y 13 provienen del último grupo, reclutados y capacitados en Diciembre del 2005. Al momento de realizarse este estudio, los facilitadores del primer, segundo y tercer grupo habían dictado, respectivamente, 18, 12 y 5 talleres de capacitación a maestros, de dos semanas tiempo completo cada uno. Desde el punto de vista de formación profesional, el grupo de evaluadores es sumamente diverso. Incluye, entre otros profesionales, a físicos, psicólogos, educadores, publicistas, biólogos, y agrónomos. El 58% de los evaluadores son mujeres.

4.4 *Medidas de concordancia*

El grado de acuerdo entre evaluadores se determinó mediante dos estadísticas de concordancia: el *porcentaje de acuerdo observado* y el *coeficiente kappa*, no ponderado (o simple) y ponderado³. El coeficiente *kappa* mide el grado de consenso entre observadores más allá del que pueda darse meramente por el azar (Abraira, 1997). Tanto para el sondeo preliminar como para la validación final, el número de evaluadores era mayor que 2 (16 y 26, respectivamente); por tanto, para obtener las estadísticas de concordancia para cada grupo de evaluadores, éstas se calcularon primero para todos los posibles pares de evaluadores de ese grupo⁴. Luego se obtuvo la media de los pares y se construyeron intervalos de confianza para la media. Para la interpretación de los valores de *kappa* se ha

² En el caso de mapas recogidos en las escuelas, por ejemplo, algunos mapas presentaban comentarios y/o correcciones de los maestros.

³ Se optó por una ponderación lineal, calculada mediante la fórmula $1 - \frac{|i-j|}{k-1}$, donde k es el número total de categorías; un peso de 1 significa

que la distancia entre categorías asignadas por ambos evaluadores es la mínima posible, es decir, no hay desacuerdo; un peso de 0 significa que la distancia entre categorías es la máxima posible, en este caso, 6.

⁴ Para los cálculos estadísticos se utilizó principalmente el programa STATA, versión 9; algunos cálculos se realizaron con Excel.

utilizado la escala que aparece en la tabla 1, propuesta por Landis & Koch (1977) y ampliamente empleada en la literatura de estudios de confiabilidad.

| Coefficiente <i>kappa</i> | Grado de acuerdo |
|----------------------------------|---------------------------------|
| < 0 | No hay acuerdo (salvo por azar) |
| 0 – 0.2 | Insignificante |
| 0.21 – 0.4 | Bajo |
| 0.41 – 0.6 | Moderado |
| 0.61 – 0.8 | Bueno |
| 0.81 - 1 | Muy bueno |

Tabla 1. Interpretación del valor del coeficiente *kappa*

5 Resultados

Los resultados y observaciones de la fase preliminar, así como los comentarios de los evaluadores participantes, pusieron en evidencia la necesidad de realizar algunas modificaciones a la taxonomía y a las instrucciones para su aplicación, antes de proceder con la segunda fase. Las principales modificaciones fueron: 1) clarificar la descripción del criterio relacionado con grado de ramificación; 2) clarificar cómo utilizar la taxonomía, particularmente cuando un mapa no cumple con todas las condiciones de un nivel dado; 3) hacer mayor énfasis en que el objetivo de la herramienta es evaluar la estructura de un mapa conceptual y no su contenido; 4) reducir el tamaño de la muestra, para evitar el factor cansancio⁵; 5) excluir de la muestra todos los mapas en un idioma distinto al Español⁶, así como aquellos en los que el concepto raíz no esté en la parte superior del mapa⁷. La muestra utilizada para la validación final, es una sub-muestra de la muestra original, y estuvo compuesta de un total de 30 mapas conceptuales.

El análisis de los datos indica que el porcentaje de acuerdo fue del 55.7%, con un intervalo de confianza del 95% de (54.5%, 57.0%)⁸. El coeficiente *kappa* simple fue de 0.4778, IC95% = (0.4627, 4930), lo que corresponde a un acuerdo *moderado*, mientras que el coeficiente *kappa* con ponderación lineal fue de 0.7215, IC95% = (0.7106, 0.7324), equivalente a un acuerdo *bueno*.

Con el fin de intentar explicar las discrepancias que se dieron entre los evaluadores, se procedió a revisar la distribución de las evaluaciones por mapa conceptual. De los 30 mapas, 8 presentaban un grado de variabilidad importante en su evaluación. Consideramos que un mapa conceptual presenta “variabilidad importante” si la distribución de las evaluaciones abarca 4 o más niveles, independientemente de si muestra una clara preferencia por algún nivel o no.

⁵ En la fase preliminar, el nivel de acuerdo en la primera mitad de la muestra fue significativamente mayor al nivel de acuerdo en la segunda mitad. Dado el tamaño de la muestra, sospechamos que el cansancio pudo ser la causa principal de esta diferencia. Esta sospecha fue corroborada por algunos evaluadores quienes manifestaron “haberse sentido bastante cansados después de los primeros 25-30 mapas” y “no haberse pegado tan estrictamente a la taxonomía después de la primera mitad.”

⁶ Los resultados, corroborados por comentarios de los evaluadores, indican que esto hizo más difícil distinguir entre conceptos largos y trozos de texto.

⁷ Los evaluadores señalaron que les costó más trabajo clasificar aquellos mapas conceptuales que tenían el concepto raíz en el centro o cerca del centro. Esto pudo deberse a que este tipo de estructura les es mucho menos familiar (los mapas que se enseñan y construyen en el Taller de Conéctate típicamente tienen el concepto raíz en la parte superior), lo que a su vez pudo haber dificultado la valoración de aspectos como la ramificación y la profundidad jerárquica.

⁸ En adelante utilizaremos la abreviación IC95% para referirnos a este intervalo.

Un examen concienzudo de estos 8 mapas conceptuales revela que las diferencias parecen deberse a que los evaluadores no contaron correctamente alguna variable y/o no se cumplieron rigurosamente a las instrucciones de la taxonomía (ver tabla 2). En ningún caso encontramos elemento alguno de la taxonomía o sus instrucciones que pudiese explicar las discrepancias en la evaluación de alguno de estos mapas.

| Número del mapa | Observaciones |
|-----------------|--|
| 4 | Había que contar con cuidado el número de enlaces que faltaban. |
| 10 | Había que contar con cuidado el número de enlaces cruzados. |
| 11 | Había que contar con cuidado el número de enlaces cruzados, al igual que los niveles de jerarquía. |
| 14 | Había que contar con cuidado el número de enlaces cruzados. |
| 16 | Había que darse cuenta que faltaba un enlace. |
| 17 | Ninguna observación particular. |
| 24 | Había que tener cuidado al contar los niveles de jerarquía. |
| 27 | Había que distinguir entre nombres propios largos y trozos de texto. |

Tabla 2. Señas particulares de los 8 mapas conceptuales que presentaron una variación importante en su evaluación

Finalmente, se consideró la distribución de todos los posibles pares de evaluaciones (ver tabla 3), con el fin de detectar aquellos niveles entre los cuales hubo mayor discrepancia. Los más altos porcentajes de desacuerdo (en rojo) se observan entre los niveles 0 y 1 con 36.9% (5.5/14.9), entre 1 y 2 con 49.7% (9.9/19.9), entre 2 y 3 con 27.9% (6.0/21.5), entre 3 y 4 con 20.8% (2.6/12.5), entre 4 y 5 con 28.8% (3.4/11.8), y entre 5 y 6 con 64.4% (6.7/10.4). Como puede verse, las discrepancias más importantes son de apenas un nivel de diferencia.

| | Nivel 0 | Nivel 1 | Nivel 2 | Nivel 3 | Nivel 4 | Nivel 5 | Nivel 6 |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Nivel 0 | 7.1% | | | | | | |
| Nivel 1 | 5.5% | 9.5% | | | | | |
| Nivel 2 | 2.1% | 9.9% | 11.2% | | | | |
| Nivel 3 | 0.0% | 0.4% | 6.0% | 7.2% | | | |
| Nivel 4 | 0.0% | 0.2% | 1.0% | 2.6% | 7.7% | | |
| Nivel 5 | 0.1% | 0.0% | 2.2% | 1.6% | 3.4% | 3.7% | |
| Nivel 6 | 0.1% | 0.0% | 1.1% | 1.1% | 0.7% | 6.7% | 9.0% |
| Sub-totales | 14.9% | 19.9% | 21.5% | 12.5% | 11.8% | 10.4% | 9.0% |

Tabla 3. Distribución de los 9750 posibles pares de evaluaciones de 30 mapas conceptuales por 26 evaluadores

6 Discusión

Los resultados de este estudio sugieren que la taxonomía topológica que hemos desarrollado tiene un nivel de confiabilidad de *moderada* a *buen*. Esta conclusión la apoyan tanto el porcentaje de acuerdo (55.7%), como el coeficiente *kappa* simple (0.4778) y con ponderación lineal (0.7215).

Cabe destacar que de los dos coeficientes *kappa*, consideramos que el ponderado es el más apropiado para una taxonomía de 7 niveles como la nuestra, ya que el coeficiente *kappa* simple penaliza demasiado aún la mínima diferencia entre evaluadores. El importante aumento en el valor de *kappa* al aplicar la ponderación lineal sugiere que las diferencias entre evaluadores, en general, no eran tan grandes. Esta apreciación la confirman los porcentajes de la tabla 2, en la que se ve claramente que las diferencias más grandes fueron de un solo nivel.

Aún así, el hecho de que haya un alto porcentaje de discrepancia entre prácticamente todos los niveles consecutivos podría ser indicativo de 2 cosas: 1) falta de claridad en la taxonomía (su definición o sus instrucciones), y 2) falta de práctica o rigurosidad de los facilitadores al aplicarla. En base al análisis de los 8 mapas

conceptuales que más variación presentaron en su clasificación, pensamos que la segunda explicación es la más probable, y que la confiabilidad de nuestra taxonomía topológica pudiera aumentar de manera considerable conforme aumenta la familiaridad y experiencia de los evaluadores con la herramienta.

Para fines del Proyecto Conéctate, sin embargo, los resultados obtenidos pueden considerarse satisfactorios, pues permitirán determinar con bastante certeza los logros del Proyecto en el aspecto estructural de los mapas, así como el nivel de apoyo que debe brindársele a determinada escuela o docente.

7 Conclusiones

En este artículo se presentó una taxonomía para clasificar la estructura de mapas conceptuales elaborados por maestros y estudiantes que participan del Proyecto Conéctate al Conocimiento, y se midió su confiabilidad. Los resultados muestran que la herramienta tiene un nivel de confiabilidad *moderado*, si requerimos acuerdo exacto, y *bueno* si se utiliza una métrica ponderada linealmente. En vista de que las discrepancias entre evaluadores parecen deberse principalmente a la falta de práctica y/o falta de rigurosidad en la aplicación de la herramienta, creemos que con la experiencia la taxonomía puede llegar a tener niveles de confiabilidad superiores a los observados en este estudio.

8 Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a todos los facilitadores que participaron de este estudio. Gracias especiales a los facilitadores María Carballeda y José Eloy Hurtado, por su apoyo en la preparación del experimento, y al Profesor Néstor Argüea por su ayuda en el procesamiento de los datos.

9 Bibliografía

- Abraira, V. J. (1997). Precisión de las Clasificaciones Clínicas [Electronic Version], Tesis Doctoral. Consultado Abril 10, 2006 de <http://www.ucm.es/BUCM/tesis/19972000/X/3/X3044301.pdf>.
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives; the Classification of Educational Goals* (1st ed.). New York: Longmans Green.
- 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: Universidad Pública de Navarra.
- Coffey, J. W., Carnot, M. J., Feltovich, P. J., Feltovich, J., Hoffman, R. R., Cañas, A. J., et al. (2003). A Summary of Literature Pertaining to the Use of Concept Mapping Techniques and Technologies for Education and Performance Support (Technical Report submitted to the US Navy Chief of Naval Education and Training). Pensacola, FL: Institute for Human and Machine Cognition.
- Kinchin, I. M. (2000). Using Concept Maps To Reveal Understanding: A Two-Tier Analysis. *School Science Review*, 81(296), 41-46.
- Landis, J. R. & Koch, G. G. (1977). The measure of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159-174.
- Miller, N., Cañas, A. J., & Novak, J. D. (2006). Preconceptions Regarding Concept Maps held by Panamanian Teachers. In A. J. Cañas & J. D. Novak (Eds.), *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proceedings of the Second Int. Conf. on Concept Mapping*. San José, Costa Rica: Univ. de Costa Rica.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning How to Learn*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Tarte, 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*. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Yin, Y., Vanides, J., Ruiz-Primo, M. A., Ayala, C. C., & Shavelson, R. (2004). A Comparison of Two Contract-a-Concept-Map Science Assessments: Created Linking Phrases and Selected Linking Phrases (No. CSE Report 624): Center for the Study of Evaluation, National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing.

Apéndice

TAXONOMÍA TOPOLOGICA

Nivel 0

- Predominan explicaciones largas sobre conceptos
- Sin palabras de enlace
- Lineal (0-1 puntos de ramificación)

Nivel 1

- Predominan conceptos sobre explicaciones largas
- Faltan la mitad o más de las palabras de enlace
- Lineal (0-1 puntos de ramificación)

Nivel 2

- Predominan conceptos sobre explicaciones largas
- Faltan menos de la mitad de las palabras de enlace
- Ramificación baja (2 puntos de ramificación)

Nivel 3

- Sin explicaciones largas
- No faltan palabras de enlace
- Ramificación media (3-4 puntos de ramificación)
- Menos de 3 niveles de jerarquía

Nivel 4

- Sin explicaciones largas
- No faltan palabras de enlace
- Ramificación alta (5-6 puntos de ramificación)
- 3 o más niveles de jerarquía

Nivel 5

- Sin explicaciones largas
- No faltan palabras de enlace
- Ramificación alta (5-6 puntos de ramificación)
- 3 o más niveles de jerarquía
- De 1-2 enlaces cruzados

Nivel 6

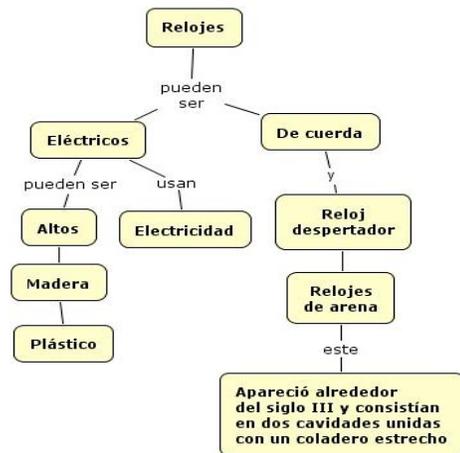
- Sin explicaciones largas
- No faltan palabras de enlace
- Ramificación muy alta (7 o más puntos de ramificación)
- 3 o más niveles de jerarquía
- Más de 2 enlaces cruzados

Al aplicar la taxonomía, el evaluador debe ceñirse a lo siguiente:

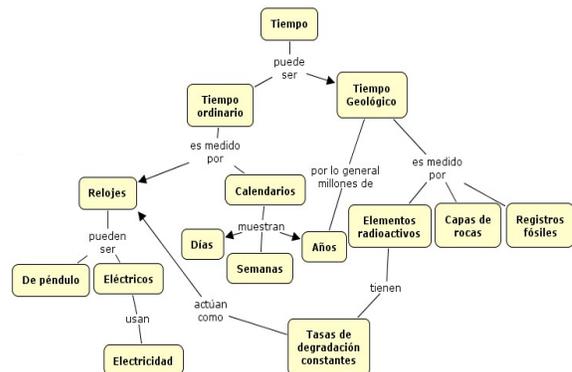
- Para pertenecer a un nivel dado, un mapa debe cumplir con **todos** los requisitos de ese nivel.
- Si un mapa no cumple con alguno de los requisitos de un nivel dado, entonces no pertenece a ese nivel sino a algún nivel más bajo.

Nota: Puede darse el caso de que un mapa de un nivel dado presente elementos de un nivel superior; sin embargo, sólo cuando presente **todos** los elementos de ese nivel superior podrá pertenecer a él.

Ejemplo de mapa conceptual de nivel 2



Ejemplo de mapa conceptual de nivel 5



Apéndice

TAXONOMÍA TOPOLOGICA

Nivel 0

- Predominan explicaciones largas sobre conceptos
- Sin palabras de enlace
- Lineal (0-1 puntos de ramificación)

Nivel 1

- Predominan conceptos sobre explicaciones largas
- Faltan la mitad o más de las palabras de enlace
- Lineal (0-1 puntos de ramificación)

Nivel 2

- Predominan conceptos sobre explicaciones largas
- Faltan menos de la mitad de las palabras de enlace
- Ramificación baja (2 puntos de ramificación)

Nivel 3

- Sin explicaciones largas
- No faltan palabras de enlace
- Ramificación media (3-4 puntos de ramificación)
- Menos de 3 niveles de jerarquía

Nivel 4

- Sin explicaciones largas
- No faltan palabras de enlace
- Ramificación alta (5-6 puntos de ramificación)
- 3 o más niveles de jerarquía

Nivel 5

- Sin explicaciones largas
- No faltan palabras de enlace
- Ramificación alta (5-6 puntos de ramificación)
- 3 o más niveles de jerarquía
- De 1-2 enlaces cruzados

Nivel 6

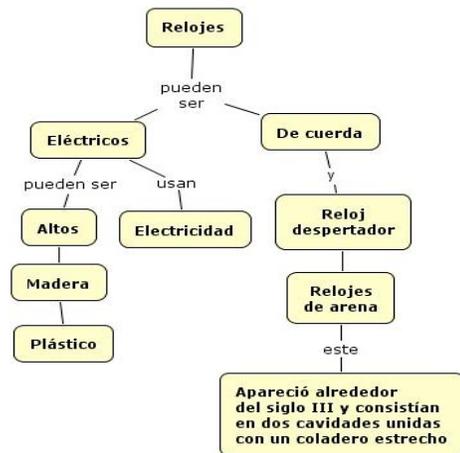
- Sin explicaciones largas
- No faltan palabras de enlace
- Ramificación muy alta (7 o más puntos de ramificación)
- 3 o más niveles de jerarquía
- Más de 2 enlaces cruzados

Al aplicar la taxonomía, el evaluador debe ceñirse a lo siguiente:

- Para pertenecer a un nivel dado, un mapa debe cumplir con **todos** los requisitos de ese nivel.
- Si un mapa no cumple con alguno de los requisitos de un nivel dado, entonces no pertenece a ese nivel sino a algún nivel más bajo.

Nota: Puede darse el caso de que un mapa de un nivel dado presente elementos de un nivel superior; sin embargo, sólo cuando presente **todos** los elementos de ese nivel superior podrá pertenecer a él.

Ejemplo de mapa conceptual de nivel 2



Ejemplo de mapa conceptual de nivel 5

