

LAS MEDIDAS DE CANTIDAD DE INFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DE LOS MAPAS CONCEPTUALES

RICARDO A. RODRÍGUEZ DE LA VEGA
Departamento de Biología, Facultad de Ciencias
Universidad Pedagógica "José Martí", Cuba

Introducción

Una de las dificultades más considerables para el desarrollo de las Ciencias Pedagógicas radica en el análisis de los datos que se obtienen mediante diferentes métodos de diagnóstico. Durante mucho tiempo predominó en este contexto la vertiente cuantitativa en aras de ganar en rigor científico.

Dicha hipertrofia de la componente cuantitativa en la investigación pedagógica fue con el tiempo perdiendo adeptos, principalmente debido a que los resultados producto de las formulaciones matemáticas que se aplican en el tratamiento de datos, son en muchos casos desconcertantes por lo incoherentes con los resultados lógicamente esperados a partir de las premisas teóricas.

La explicación más socorrida se basó en que la Pedagogía, por el simple hecho de ser una ciencia que tiene como objeto de estudio central al hombre, se cataloga como una ciencia eminentemente cualitativa, no exacta; y por tanto no deben recargarse las investigaciones en cuanto a tratamiento matemático. Queda la duda de si la incoherencia entre resultados obtenidos y esperados se debe a que la Pedagogía es una ciencia blanda o a que en muchos casos las formulaciones a ella aplicadas son mal manejadas o incorrectamente elegidas.

Predomina en la actualidad el análisis eminentemente cualitativo en algunas de las escuelas científicas pedagógicas y en otras, un sincrético y en nuestra opinión adecuado equilibrio entre las dos vertientes.

Se trata en estos casos de la estimación científica del aprendizaje y la influencia recíproca de ello en el desarrollo de la personalidad a partir de la interacción sujeto - objeto, lo que se hace especialmente complejo debido a que se trata de estimar cuantitativamente algo que es ante todo una cualidad, pues el aprendizaje y el desarrollo de la personalidad, están acompañados de una modificación de estado del sistema más sofisticado producido por la evolución, el cerebro humano, enmarcado a su vez en un ámbito sumamente complejo y variable que no podemos ignorar, la sociedad.

Una de las tendencias o escuelas que más ha influido en el entorno científico - pedagógico es el constructivismo, el cual tiene como uno de sus postulados básicos que la mejor forma de aprender radica en la posibilidad de que el propio alumno construya o conforme sus estructuras cognitivas, y el profesor sea sólo un facilitador activo en dicho proceso.

A este nivel de análisis es obligado preguntarnos cómo estimar y diferenciar el desarrollo y calidad de los esquemas cognitivos construidos por los alumnos. Una de las tendencias más comunes es la elaboración de las llamadas redes o mapas conceptuales, esquemas jerarquizados de contenido donde los conceptos se agrupan de acuerdo a un indicio dado y en orden decreciente de generalidad.

En lo que respecta a la aplicación de los mapas conceptuales en el marco de la enseñanza de las ciencias existen amplios antecedentes. Por citar sólo algunos autores, Gagné (1971), Novak (1982) y Eylon *et. al.* (1984) aconsejan una organización jerárquica del conocimiento como recurso para mejorar la eficacia del aprendizaje científico y recomiendan el mapa conceptual como el instrumento más apropiado

al respecto por tratarse no de una "herramienta de laboratorio" sino de un medio didáctico utilizable en las condiciones normales del aula.

Los mapas conceptuales no son más que una forma de ilustrar las estructuras cognitivas de los individuos, a partir de las cuales se precisan y procesan sus experiencias, siendo un mecanismo para evidenciar las relaciones exactas de las estructuras conceptuales para profesores y alumnos (Pérez y Gallego, 1994).

La elaboración de los mapas conceptuales tiene un doble objetivo; por una parte están encaminados al ordenamiento de los conocimientos y la dilucidación de las relaciones que se establecen entre ellos por parte de los propios alumnos, y por otra pueden ser utilizados por el profesor como un útil método de diagnóstico y evaluación (Moreira, 1985).

Igualmente Palma (1998), destaca de forma muy concreta y clarificadora la significación, ventajas y aplicabilidad de los mapas conceptuales, pero a pesar de la exhaustiva revisión bibliográfica en que se apoya poco puede añadir en cuanto a la evaluación cuantitativa de la calidad de estos, emitiendo como principal conclusión al respecto que las redes conceptuales, para estar bien, no tienen que ser iguales.

Los mapas conceptuales tienen dos facetas principales claramente distinguibles, el número de conceptos que incluyen y la forma en que estos son clasificados y agrupados. La última vertiente señalada, está en dependencia del dominio que tenga el individuo de la esencia de los conceptos tratados y de la relación entre los mismos.

Uno de los principales problemas a que se enfrenta el docente en el momento de la interpretación y comparación de los mapas radica en que al igual que no existe una única forma de interpretar la realidad, tampoco existe una única forma correcta de confeccionar un mapa conceptual a partir de un listado de conceptos dado. Si bien lo anterior es cierto, también es real que unas formas de interpretación son mejores que otras, y aquí surge el problema de la estimación de dicha superioridad.

Según Pérez y Gallego la valoración cuantitativa de los mapas conceptuales se hace a partir de categorías de acuerdo a la diferenciación progresiva y la reconciliación integradora. La cuantificación depende del puntaje que el investigador asigna de conformidad con la importancia que le dé a cada uno de los siguientes parámetros:

- a) Número de jerarquizaciones entre los conceptos.
- b) Conexiones válidas entre ellos.
- c) Conexiones cruzadas.
- d) Ejemplos clarificadores.

Es fácil ver que en este método de evaluación de los mapas existe una fuerte componente de arbitrariedad que permea la cientificidad del tratamiento de los resultados y la operatividad de las comparaciones. Por ello en la mayor parte de los casos los análisis comparativos sólo son posibles cotejando mapas directamente, con la consecuente polémica entre los que realizan los análisis, debido a la disparidad de criterios, y a que a veces dos o más de ellos pueden ser aceptados como válidos, pero la pregunta científica es cuál de ellos lo es más.

La dificultad en cuestión continúa influyendo sobre los resultados de interesantes investigaciones. Por ejemplo, Fernández y Martínez (1995), en un estudio cualitativo del uso de los mapas de conceptos,

los recomiendan en especial como estrategias de aprendizaje y explican toda la metodología aplicada en un taller realizado con tales fines sin llegar a claros resultados en cuanto a su eficiencia, recomendando la realización de más investigaciones para precisar su alcance y potencialidades para facilitar el aprendizaje. Puede que los desalentadores resultados se deban a la tradicional dificultad para evaluar de forma exacta la calidad de las redes de conceptos.

Palacios y López (1992) le dan mucha importancia al control de las variables ajenas que puedan alterar los resultados en toda investigación donde se apliquen los mapas conceptuales. Dichos autores tomaron como hipótesis de partida: ...”que la elaboración de mapas conceptuales mejora la organización del conocimiento de los alumnos influyendo en la efectividad en la resolución de problemas de Química”.

Sin embargo, Palacios y López obtuvieron resultados contrarios a la citada hipótesis, la cual tuvo que ser rechazada pues quedó demostrado, mediante las técnicas estadísticas aplicadas, que la aplicación de mapas conceptuales ...”no se traduce en un efecto significativo en la resolución de preguntas sobre la habilidad de resolver problemas de Química”.

A pesar de lo desalentador del resultado de dicha investigación es pertinente efectuar algunos señalamientos al método aplicado que pudieron haber permeado el éxito de la misma. Los autores no midieron o tuvieron en cuenta en ningún momento la variable “calidad de los mapas”. Es decir, sólo aplicaron un Análisis de varianza para constatar diferencias entre la habilidad para contestar preguntas de un grupo control al que no se les orientó la elaboración de mapas conceptuales y otro al que sí se les orientó. En este último caso la evaluación de la calidad de los mapas no se tuvo en cuenta como variable cuantitativa.

Hay que aceptar que, sencillamente, no basta con la orientación y aplicación de mapas si no existe un medio exacto de estimar la calidad de confección de los mismos, un mapa que sea pobre, mal jerarquizado, o con conceptos incorrectamente ubicados, no desarrolla habilidades y por tanto no potencia la capacidad para resolver situaciones problemáticas. Tenemos por tanto que apuntar que el hecho de no haber tenido en cuenta dicha variable puede presuntamente invalidar el rechazo de la hipótesis de partida como principal conclusión en el trabajo de Palacio y López.

Resumiendo, en el campo en cuestión se evidencia un pequeño pero crucial inconveniente en la actualidad, el de la estimación cuantitativa del desarrollo o complejidad de dichos esquemas de contenido con fines comparativos, tanto del desarrollo del intelecto entre los diferentes alumnos, como del avance de la actividad constructiva de conocimientos durante el aprendizaje y entrenamiento de un mismo alumno.

Para eludir tal dificultad es necesario un criterio cuantitativo que refleje de forma exacta una cualidad, una formulación que incluya las dos facetas de manifestación de la construcción de los conocimientos incluidas en los mapas conceptuales, tanto el número de conceptos, como la forma de agrupar a los mismos.

Desarrollo

I. Fundamentación

Nuestra propuesta concreta se basa en que, en esencia, el mapa conceptual será mejor, más exacto y elaborado, mientras mayor cantidad de información contenga, reflejando así la cantidad de información que puede manejar el alumno, el fruto de la construcción de sus propios esquemas cognitivos. En este sentido "cantidad de información" es sinónimo de:

- 1- Número de conceptos incluidos.
- 2- Dominio de la esencia de los mismos, lo cual permite:
 - a) Discriminar los conceptos unos de otros.
 - b) Agrupar los conceptos por su relación o grado de similitud de acuerdo a un indicio dado.
- 3- Adecuado equilibrio entre contenido y volumen conceptual global en el mapa.
- 4- Grado de desarrollo en que se encuentra la habilidad para establecer vínculos entre los conceptos incluidos.

Incluir todos estos significados en una misma fórmula matemática aplicable a este contexto parece difícil, pero desde los años 40 del presente siglo (véase Shannon y Weaver, 1949) se conocen formulaciones que estiman la cantidad de información, y que luego de su uso original en el campo de la Informática infiltraron con éxito otros campos, principalmente el de las Ciencias Ambientales, no así el de la Pedagogía, donde no se ha reflexionado hasta el momento en la utilidad y significado de su aplicación.

Las medidas de cantidad de información, a pesar de haber sido popularizadas por los ecólogos y ambientalistas, habiendo recibido en su ámbito la denominación de "índices de diversidad", tienen una significación que va mucho más allá del ámbito de la conservación de la naturaleza.

La cuantificación de la diversidad debe dirigirse a dos propiedades estadísticas comunes a cualquier mezcla de componentes diversos (IUBS, 1991) que adquieren significación funcional cuando se derivan del estudio de sistemas cibernéticos (la mente humana es quizás el mejor ejemplo de sistema cibernético conocido) y no de simples conjuntos.

La primera propiedad es el número de diferentes clases o tipos de objetos (en nuestro caso, grupos de conceptos) o **riqueza** y la segunda es la distribución de los objetos entre las clases, (en nuestro caso número de conceptos por grupo) lo que determina la importancia relativa de cada una de las clases en el sistema, su **uniformidad**.

Utilizar la diversidad como medida de desarrollo en cualquier sistema presupone delimitar una unidad constitutiva, que agrupada con otras semejantes debido a un indicio convencional cualquiera forma un grupo funcional o clase, cuyo número es la base de la riqueza y la abundancia relativa de la unidad constitutiva por clase es la componente de uniformidad. La esencia de la aplicabilidad de las medidas de cantidad de información en el campo de la Pedagogía radica en precisar cuál es la unidad constitutiva y cuáles las clases a delimitar en cada uno de los ámbitos de su posible aplicación.

II. Las medidas de cantidad de información más útiles y extendidas

Muchas medidas de cantidad de información que combinan la componente de riqueza y la de uniformidad han sido propuestas, comparadas y debatidas (revisar Odum, 1972; Margalef, 1977; Patil y Taillie, 1982 y Magurran, 1988). Muchos criterios han sido propuestos para evaluar estos índices; simplicidad, dependencia del tamaño de la muestra, manejabilidad estadística o interpretabilidad; la diferencia más importante entre ellos para propósitos prácticos es el grado en que son influidos por la riqueza o por la uniformidad.

En una muestra típica con un rango ancho de comunidad/rareza entre clases un índice que enfatice en la riqueza a expensas de la uniformidad es más sensible a las clases raras que a las comunes. Por el contrario un índice que enfatice en la uniformidad a expensas de la riqueza es más influenciado por las clases más abundantes. De tal manera la naturaleza de la pregunta científica anterior, siendo contestada, ayuda a escoger el índice de diversidad más apropiado.

De aquellas estimaciones de diversidad que tienen en cuenta a todas las clases, el número de estas (s) por sí mismo es una medida pura de la riqueza. Para usar con muestras, lo más común, los dos índices más ampliamente usados que combinan riqueza y uniformidad son el de Shannon-Weaver y la expresión inversa del índice de diversidad de Simpson (Krebs, 1989):

$$\text{Shannon-Weaver: } H' = -\sum (p_i \ln p_i)$$

$$\text{Simpson: } D' = \frac{1}{\sum (p_i^2)}$$

donde, adecuado al contexto de aplicación que nos ocupa,:

$$p_i = \frac{n_i}{N} = \text{Probabilidad de importancia del grupo de conceptos en el mapa.}$$

n_i = valor de importancia del i ésimo grupo de conceptos en el mapa (número de conceptos incluidos en el grupo).

N = número total de conceptos incluidos en el mapa ($\sum n_i$).

La expresión de Shannon está más influida por la riqueza y la de Simpson por la uniformidad. Desde el punto de vista interpretativo, ello quiere decir que el incremento en una o pocas clases o grupos conceptuales en el mapa produce un "salto" apreciable en el valor de H' y casi ningún cambio en el de D' , mientras que un cambio en la distribución de la magnitud de importancia, sobre todo en los grupos más abundantes, producirá el efecto contrario.

La diversidad tiene la ventaja aplicativa de ser un número simple, sin dimensiones, (Margalef *op. cit.*) cualquiera que sea la unidad de evaluación de los distintos grupos que se utilice.

La expresión de diversidad de Shannon es una medida de la cantidad de información (I) de un sistema y es deducible a partir de principios físico - matemáticos relacionados con la Teoría Termodinámica de los sistemas no equilibrados (Volkenshtein, 1985); todas las demás medidas de cantidad de información tienen a grandes rasgos el mismo significado.

Si la cantidad de información (directamente relacionada con el establecimiento de orden, estructura definida, y el mantenimiento de un estado lejano del equilibrio termodinámico con el ambiente) y la entropía informativa, que coincide realmente con la termodinámica (S) (entiéndase el aumento del desorden, la pérdida de la estructura, la tendencia al estado de equilibrio con el ambiente, en nuestro caso concreto, la ignorancia), se miden al mismo nivel de recepción, entonces tiene lugar la ley de conservación:

$$I + S = \text{constante.}$$

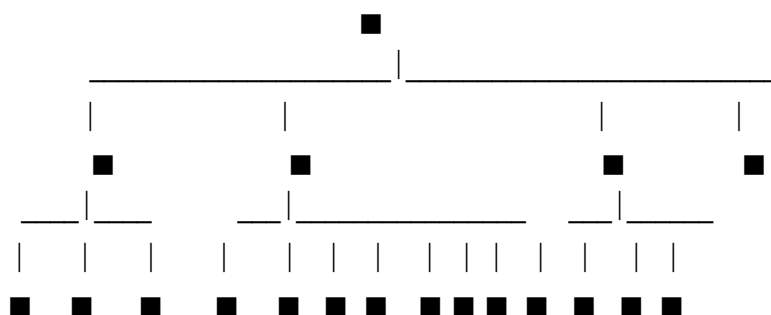
Esto significa que la entropía es una medida de insuficiencia de información. Durante el crecimiento de I disminuye S y viceversa. La circunstancia anterior, deducida de las exactas leyes de la Física, tiene importancia en el campo de la psicología, la educación y el desarrollo de la personalidad en cuanto a sus tendencias y manifestaciones.

La entropía en este marco equivale a gran disipación energética sin resolver exitosamente los problemas que es necesario enfrentar durante el aprendizaje en la escuela o en nuestra vida cotidiana, aspecto que generalmente tiene como causa la falta o inexactitud de conocimientos que obliga a sustituir en la actividad del individuo el desarrollo y aplicación de hábitos, razonamientos y habilidades por una actividad donde predomina el primitivo y poco económico (en cuanto a disipación energética) método del ensayo - error.

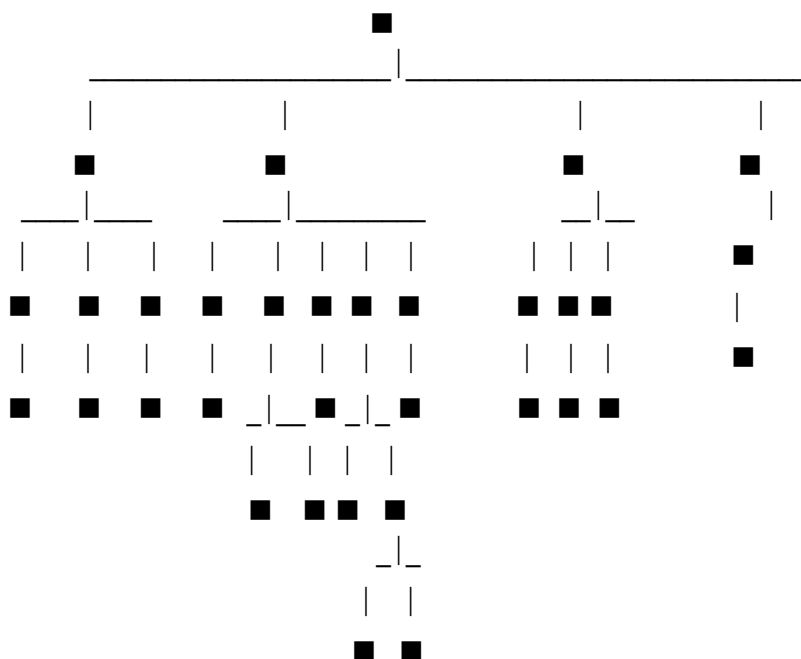
III a. Normas generales para la aplicación de las medidas de cantidad de información a los mapas conceptuales

Si confeccionamos esquemáticamente dos mapas conceptuales simplificados, sobre un mismo contenido, hechos por dos alumnos diferentes¹, representando los conceptos por pequeños cuadros; obtenemos algo similar a lo siguiente:

MAPA A:



MAPA B:



¹ Ambos esquemas son representaciones de mapas reales de contenido de Histología.

Para la aplicación de las medidas de cantidad de información a estos ejemplos, es necesario determinar $\underline{s}$ (el número de grupos de conceptos). En orden decreciente de generalidad y jerarquía, los grupos de conceptos se distinguen unos de otros por derivar de diferentes ramas, pertenecer a diferentes niveles, o pertenecer a diferentes grupos dentro de un mismo nivel. La magnitud de importancia (n_i) de cada grupo está dada por el número de conceptos que lo integran y N es el total de conceptos ubicados correctamente en el mapa.

De tal forma, utilizando la misma notación empleada en el epígrafe II, y aplicando la formulación de Shannon:

PARA EL MAPA A: $s = 5$

Valores de n_i para cada $\underline{s}$ (de izquierda a derecha y de arriba a abajo) = 1, 4, 3, 7, 4.

$N = 19$

$H' = 1.4704$

PARA EL MAPA B:

$s = 13$

Valores de n_i para cada $\underline{s}$ (de izquierda a derecha y de arriba a abajo) = 1, 4, 3, 5, 3, 1, 3, 3, 3, 1, 2, 2, 2.

$N = 33$

$$H' = 2.4592$$

Obsérvese que el valor de H' es directamente proporcional al número de grupos de conceptos, y a la uniformidad del número de conceptos por grupo, e inversamente proporcional a la existencia de grupos grandes que incluyen numerosos conceptos (predominio).

El alumno que confeccionó el mapa B, no sólo incluyó más conceptos, diferenciados en más grupos, sino que también evitó el predominio del grupo formado por 7 conceptos del mapa A, subdividiéndolo en 5 subgrupos con un total de 14 conceptos; ello refleja el manejo de un mayor volumen de información, además de una mejor discriminación entre los contenidos incluidos, diferenciándolos a partir de una mayor diversidad de criterios.

Podemos estar seguros de que la circunstancia anterior no sólo se debe a un mejor dominio de los conocimientos, sino también de otros componentes del contenido como el desarrollo de habilidades o instrumentaciones intelectuales como enumerar, definir, comparar, diferenciar y relacionar; que posibilitan un mayor grado de creatividad e improvisación en el momento de confeccionar los mapas, lo que se refleja en el valor de H' .

III b. Relación entre los valores de H' y el rendimiento académico

Para comprobar la relación entre la cantidad de información contenida en los mapas conceptuales y el rendimiento académico se tomó un grupo de 12 alumnos previamente entrenados y se les orientó la realización de mapas a partir de sus conocimientos sobre el tema de Histología que se imparte dentro de la asignatura Zoología I; la cantidad de información contenida en los mapas resultantes fue estimada mediante la formulación de Shannon - Weaver.

Se le aplicó al mismo grupo un examen diagnóstico con tres preguntas sobre el mismo contenido, dos de ellas reproductivas y una de aplicación con un valor respectivo de 8, 10 y 12 puntos para un total de 30 puntos en el examen. Los resultados de las calificaciones fueron procesados mediante el test de Kolmogorov - Smirnov para ajuste a la distribución normal (las series de valores de H' siempre tienen distribución normal por lo que para ellos no es necesario verificar el ajuste) y los datos obtenidos se correlacionaron estadísticamente con los valores de la cantidad de información por mapa de cada alumno, mediante el coeficiente de correlación lineal de Pearson (r).

Tabla 1. Valores de cantidad de información (H') por mapa conceptual y calificaciones: global del examen diagnóstico (CG), por preguntas reproductivas (R) y de aplicación (AP), por cada alumno (A).

A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H'	1.40	1.391	1.47	1.381	1.554	1.91	2.459	2.003	1.45 1	1.834	2.38 3	1.479
CG	18	15	21	13	23	26	30	28	19	24	30	22
R	16	12	15	11	11	18	18	18	14	17	18	17
AP	2	3	6	2	12	8	12	10	5	7	12	5

Tabla 2. *Estadística descriptiva para la cantidad de información por mapa conceptual (H'), la calificación global del examen diagnóstico (CG), la calificación en preguntas reproductivas (R) y la calificación en preguntas de aplicación (AP).*

VARIABLE	n	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	COEFICIENTE DE VARIACION (%)
H'	12	1.72625	0.388525	22.507
CG	12	22.41667	5.550730	24.762
R	12	15.41667	2.778434	18.022
AP	12	7.000	3.813850	54.484

Tabla 3. *Matriz de correlación entre las calificaciones y los valores de cantidad de información por mapa conceptual. (* $p < 0.05$)*

Variables	H'	CG	R	AP
H'	1.000	0.9019*	0.6986*	0.8037*
CG	0.9019	1.000	0.7776*	0.8889*
R	0.6986	0.7776	1.000	0.4032
AP	0.8037	0.8889	0.4032	1.000

Los valores de correlación obtenidos tanto para la calificación global como la desglosada por tipo de pregunta (Tabla 3.) son todos altos y estadísticamente significativos, no obstante es válido destacar que la correlación entre la cantidad de información de los mapas y las calificaciones obtenidas por los alumnos en las preguntas de aplicación resulta más alta que los valores de correlación relativos a las preguntas reproductivas, lo que evidencia que el uso de las medidas de cantidad de información en este contexto es un mejor indicador de la habilidad para resolver situaciones problemáticas que se refleja en la elaboración de los mapas.

Si observamos los parámetros estadísticos descriptivos (Tabla 2.) es evidente que los alumnos obtuvieron calificaciones relativamente más elevadas y menos fluctuantes en las preguntas reproductivas, por lo que la correlación H'- CG está más permeada por los valores de las calificaciones obtenidas en las preguntas de aplicación, que resultaron mucho más dispersos.

Todo lo anterior apoya que la aplicación de las medidas de cantidad de información a los mapas conceptuales, además de tener un basamento teórico apoyado en la teoría de la informática y un basamento lógico que podemos aceptar como válido; guarda relación con la capacidad de los alumnos para contestar exitosamente preguntas tanto reproductivas como aplicativas relacionadas con los conocimientos construidos, al menos en el campo de la Biología².

² Según López (1991), la influencia de los mapas es mayor para las ciencias blandas como la Biología y resulta más dudosa en el caso de ciencias exactas como la Física o la Matemática.

Es de destacar que la correlación entre las calificaciones obtenidas en las preguntas reproductivas y las de aplicación (Tabla 3.) es baja y no significativa, lo que indica que pueden encontrarse alumnos con una baja capacidad de memorización pero hábiles para enfrentar situaciones problemáticas y viceversa. Sin embargo, tanto la capacidad de memorización como la de improvisación o solución de situaciones complejas quedan reflejadas en la cantidad de información estimada para los mapas conceptuales.

Debemos tener en cuenta que el logro de buenos resultados en el sentido anterior depende también del grado de entrenamiento de los alumnos en la elaboración de mapas, aunque esta actividad es también una forma de entrenamiento que contribuye a la formación de habilidades intelectuales y a la solidez de los conocimientos, lo que debe repercutir de forma simultánea tanto en la cantidad de información (H') que pueden los alumnos manejar en los mapas, como en las estimaciones del rendimiento académico mediante las formas de evaluación tradicionales.

En cuanto a la legitimidad teórica de la aplicación de las medidas de cantidad de información en el contexto pedagógico es pertinente citar el criterio de Green (1979), el cual refiere pragmáticamente que el uso de los índices de diversidad en estudios aplicados debe ser justificado por su valor empírico más que por su basamento teórico.

Conclusiones

Existen perspectivas interesantes en cuanto a la aplicación de las medidas de cantidad de información al análisis de los mapas conceptuales, donde en primera instancia pueden ser utilizadas como estimadores directamente proporcionales al desarrollo de los cuatro aspectos incluidos en el epígrafe I del presente trabajo, subsanando en gran medida las inconveniencias del análisis comparativo mediante valores de puntaje arbitrario como se ha hecho hasta el presente y siendo una técnica que refleja aspectos eminentemente cualitativos que se incluyen en los mapas. La aplicación de las medidas de cantidad de información en este marco redundaría en una elevación de la objetividad y científicidad de los análisis.

Por otra parte, las medidas de cantidad información ajustadas a los mapas conceptuales tienen posibilidades de aplicación ilimitadas en cuanto a nivel de enseñanza, sólo es necesario garantizar que los alumnos tengan un buen nivel de entrenamiento en cuanto a la realización de mapas, pues las formulaciones funcionan por igual en cualquier contexto, estas son además relativamente sencillas desde el punto de vista matemático y existen sistemas de software apropiados para su cálculo rápido y exacto, incluso en computadoras de baja potencia.

El uso del método propuesto puede también complementar e incluso sustituir a los de evaluación tradicionales, con la ventaja de que no está permeado por la subjetividad del profesor a la hora de asignar calificaciones, la estimación de la cantidad de información depende únicamente del grado de desarrollo alcanzado por el alumno en la construcción de sus conocimientos.

Bibliografía

- EYLON, B. & REIF, F. : Effects of knowledge organization in task performance. Cognition and Instruction (1) 1984. 5-54.
- FERNÁNDEZ, Alejandra y MARTÍNEZ, Ana. : Uso de los mapas de conceptos como estrategia de aprendizaje. Revista de Pedagogía, Vol XVI, (41), 1995. 87-95.
- GAGNE, R. M. : Las condiciones del aprendizaje. Madrid. Aguilar. 1971
- GREEN, R. H. : Sampling design and statistical methods for environmental biologists. New York. John Willey & Sons. 1979.
- IUBS: From genes to ecosystems: a research agenda for biodiversity. Report of a IUBS-SCOPE-UNESCO workshop, Harvard Forest, Petersham, Cambridge, Massachusetts. USA. Edited by Otto T. Solbrig. 1991.
- KREBS, Charles.: Ecological methodology. New York. Harper and Row Publishers. 1989.
- LÓPEZ, Francisco. : Los mapas conceptuales y la enseñanza/aprendizaje de la Física. Revista de Educación. (295) 1991. 381-409.
- MAGURRAN, A. E. : Ecological diversity and its measurement. New Jersey. Princeton University Press, 1988.
- MARGALEF, Ramón.: Ecología. Omega. Barcelona. 1977.
- NOVAK, J. D. : Teoría y práctica de la educación. Madrid. Alianza Universidad. 1982.
- ODUM, Eugenie. P.: Ecología. México. Nueva Editorial Interamericana. S.A de C.V. 1972.
- PALACIOS, Carlos y LÓPEZ, Francisco. : Resolución de Problemas de Química, mapas conceptuales y estilo cognitivo. Revista de Educación. (297) 1992. 293-314.
- PALMA, Lilian: Fortalecimiento de la capacidad interdisciplinaria en Educación Ambiental. Revista Iberoamericana de Educación (16) 1998. 65-99.
- PATIL, G. P. & TAILLIE, C.: Diversity as a concept and its measurement. Journal of the American Statistical Association. (77) 1982. 548-567.
- PÉREZ, R. y GALLEGU, R. : Corrientes constructivistas. De los mapas conceptuales a la teoría de la transformación intelectual. Colombia. Colección Mesa Redonda. Cooperativa Editorial Magisterio. 1994.
- SHANNON, C. E. & WEAVER, W.: The mathematical theory of communication. Urbana. Univ. Illinois Press. 1949.
- VOLKENSTEIN, M.V.: Biofísica. Moscú. MIR. 1985.