

Universitat Ramon Llull
Facultat de Ciències de l'Educació i de l'Esport Blanquerna

**Programa de Doctorado en
Investigación Psicopedagógica**

TESIS DOCTORAL

**UTILIZACIÓN DE LOS MAPAS CONCEPTUALES
COMO HERRAMIENTA EVALUADORA DEL
APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DEL ALUMNO
UNIVERSITARIO EN CIENCIAS CON
INDEPENDENCIA DE SU CONOCIMIENTO DE LA
METODOLOGÍA.**

**Fernando Rey Abella
Diciembre 2008**

**dirigida por
Dr. Josep Gallifa i Roca**

A mi padre

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE CUADROS	XIII
ÍNDICE DE FÓRMULAS	XIV
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XV
PRÓLOGO	XVII
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. <i>Fundamentos teóricos de la investigación</i>	2
1.1.1. Constructivismo	2
1.1.2. Tipos de aprendizaje. El aprendizaje significativo	4
Teoría cognitiva de la Asimilación del aprendizaje humano	4
Tipos de aprendizaje.	6
El olvido como elemento diferenciador de tipos de aprendizaje	9
1.1.3. Evaluación del aprendizaje.	9
Evaluación del aprendizaje en el entorno universitario.	11
1.1.4. Mapas conceptuales	15
¿Qué es un mapa conceptual?	15
Terminología aplicada en los mapas conceptuales	16

Génesis de los mapas conceptuales.....	18
¿Cómo se construyen?	18
Utilidad de los mapas conceptuales. ¿Para qué sirven?.....	21
Sistemas de puntuación de los mapas conceptuales.....	23
¿Puede un mapa conceptual evaluar el aprendizaje significativo?.....	26
Validez y fiabilidad de un mapa conceptual para evaluar el aprendizaje significativo.....	27
Correlación de mapa conceptual con otros métodos de evaluación.	28
Problemática de los mapas conceptuales utilizados como herramienta evaluadora.	30
1.2. <i>Introducción a la investigación</i>	33
Experiencias piloto: el dominio de la técnica se convierte en problema.	35
1.3. <i>Objetivos de la investigación</i>	37
2. MÉTODOS Y TÉCNICAS	41
2.1. <i>Introducción</i>	41
2.2. <i>Hipótesis</i>	42
2.2.1. Hipótesis general.....	42
2.2.2. Hipótesis concretas	42
2.3. <i>Diseño de la investigación</i>	43
2.3.1. Justificación del diseño	43
2.3.2. Conocimientos evaluados	48
2.3.3. Pruebas realizadas	49
2.3.4. Metodología adaptada de construcción de mapas conceptuales	49
Sistemas de puntuación	52
2.3.5. Validez y fiabilidad de la metodología propuesta.....	54
2.3.6. Contexto experimental	54
Muestra	54
Características de la muestra	55
Criterios de inclusión y exclusión	57
Consentimiento informado	58

Calendario	58
2.3.7. Diseño experimental	59
Protocolo	59
Medidas recogidas.	61
Cálculos realizados	62
2.4. <i>Técnicas utilizadas</i>	68
2.4.1. Técnicas estadísticas	68
Test de Normalidad	68
Correlación Bivariada de Spearman.....	68
Concordancia: kappa ponderada cuadrática.	70
Regresión curvilínea, lineal y multivariante.....	71
2.4.2. Pruebas.....	73
Prueba Objetiva.....	73
Prueba de Mapas Conceptuales con metodología adaptada	76
Encuesta	80
2.4.3. Cálculo de la Nota Pronosticada y Simplificada.....	82
Nota Pronosticada.....	82
Nota Simplificada	86
2.4.4. Tipos de variable, rangos y categorizaciones.....	87
Tipos de variable y rangos.....	87
Categorizaciones	89
3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	93
<i>Análisis previo: Distribución de notas obtenidas</i>	93
Pruebas de normalidad	93
Análisis Exploratorio de Datos basado en Diagrama de Barras.....	95
3.1. <i>Comparación de las Notas Test y Holísticas entre intervenciones</i>	97
3.2. <i>Expresión matemática de las Notas Paramétricas (Pronosticada y Simplificada)</i>	100
Regresiones curvilíneas.....	100
Selección de parámetros y dependencias	104
Expresión matemática para la nota pronosticada	112
Expresión matemática para la Nota Simplificada	114
3.3. <i>Validez y fiabilidad de las Notas Pronosticada y Simplificada</i>	115

Nota Pronosticada entre intervenciones	115
Nota Simplificada entre intervenciones.....	116
Nota Pronosticada vs Nota Holística por intervenciones	118
Nota Simplificada vs Nota Holística por intervenciones.....	120
<i>3.4. Análisis por grupos temáticos</i>	<i>122</i>
Análisis entre intervenciones.....	123
Comparación Nota Pronosticada y Nota Simplificada con Nota Holística	125
4.- CONCLUSIONES	127
<i>4.1. Introducción</i>	<i>127</i>
<i>4.2. Conclusiones de la investigación realizada</i>	<i>129</i>
<i>4.3. Conclusiones generales</i>	<i>131</i>
<i>4.4. Prospectiva para futuras investigaciones.</i>	<i>131</i>
EPÍLOGO	133
AGRADECIMIENTOS	135
BIBLIOGRAFÍA.....	139
ANEXO	1
Examen de Biomecánica	3
Documento de la primera intervención.....	15
Documento de la segunda intervención	23
Documento de la tercera intervención.....	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Encuesta. Autovaloración de la técnica de creación de mapas conceptuales	56
Tabla 2. Kappa ponderada cuadrática. Pesos para las diferentes distancias	71
Tabla 3. Mapa conceptual. Listado de conceptos ofrecidos por el profesor	77
Tabla 4. Mapa conceptual. Conceptos principales de cada tema.....	79
Tabla 5. Regresión curvilínea. Combinaciones posibles	85
Tabla 6. Ejemplos de promedios de notas holísticas.	88
Tabla 7. Rango de Nota Holística para Grupos Temáticos (Rango R+).....	88
Tabla 8. Categorización de Nota Test a Nota Holística por temas.....	89
Tabla 9. Categorización de Nota Test a Nota Holística por grupos temáticos (rango R+)	90
Tabla 10. Categorización de Nota Simplificada a Nota Holística por temas	91
Tabla 11. Categorización de Nota Simplificada a Nota Holística por grupos temáticos (rango R+)	92
Tabla 12. Resultados test de Normalidad (Shapiro-Wilk)	93
Tabla 13. Concordancia y correlación entre intervenciones de Nota test y Holística por temas	99
Tabla 14. Regresión curvilínea (r ² y p) de la Nota Holística respecto a los parámetros objetivables en la primera intervención	101
Tabla 15. Regresión curvilínea (r ² y p) de la Nota Holística respecto a los parámetros objetivables en la segunda intervención.....	102

Tabla 16. Regresión curvilínea (r^2 y p) de la Nota Holística respecto a los parámetros objetivables en la tercera intervención.....	103
Tabla 17. Promedio de los índices r^2 y p de las regresiones curvilíneas (Nota Holística vs parámetros objetivables) en las tres intervenciones.....	104
Tabla 18. Promedio de los índices r^2 y p de las regresiones curvilíneas (Nota Holística vs parámetros objetivables) en las tres intervenciones y en los cuatro temas.	106
Tabla 19. Comparación de coeficientes lineales de la Regresión curvilínea con dependencia lineal de la Nota Holística vs Valoración de Jerarquía en las tres intervenciones.....	107
Tabla 20. Comparación de coeficientes lineales de la Regresión curvilínea con dependencia lineal de la Nota Holística vs Enlaces Válidos en las tres intervenciones.....	108
Tabla 21. Comparación de coeficientes lineales de la Regresión curvilínea con dependencia lineal de la Nota Holística vs Enlaces Válidos en las tres intervenciones.....	108
Tabla 22. Comparación de coeficientes lineales de la Regresión curvilínea con dependencia lineal de la Nota Holística vs Enlaces Válidos en las tres intervenciones.....	109
Tabla 23. Coeficientes de la Regresión multivariante de Nota Holística dependiente de Valoración de Jerarquía y Enlaces Válidos en las tres intervenciones.....	113
Tabla 24. Concordancia y correlación de la Nota Pronosticada categorizada entre intervenciones.....	116
Tabla 25. Concordancia y correlación de la Nota Simplificada categorizada entre intervenciones.....	117
Tabla 26. Concordancia y correlación entre Nota Holística y Nota Pronosticada categorizada por temas e intervenciones.	119
Tabla 27. Categorización aplicada a la Nota Simplificada para estudiar la concordancia con Nota Holística	120
Tabla 28. Concordancia y correlación entre Nota Holística y Nota Simplificada categorizada por temas e intervenciones.....	121
Tabla 29. Categorización aplicada a la Nota Simplificada para estudiar la concordancia con Nota Holística por grupos temáticos (rango R+)	122
Tabla 30. Concordancia y correlación por grupos temáticos entre intervenciones de todas las notas (cat: categorizada).....	124

Tabla 31. Concordancia y correlación entre Nota Holística y Notas Pronosticada y Simplificada por grupos temáticos e intervenciones.....	126
--	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Ejemplo de mapa conceptual</i>	<i>15</i>
<i>Figura 2. Modelo de mapa conceptual</i>	<i>17</i>
<i>Figura 3. Metodología de creación de mapas conceptuales adaptada a profanos. Contextualización.</i>	<i>44</i>
<i>Figura 4. Ejemplo de aplicación de la metodología adaptada de creación de mapas conceptuales.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 5. Mapa conceptual de los sistemas de puntuación de los mapas creados con la metodología adaptada a profanos.....</i>	<i>53</i>

ÍNDICE DE CUADROS

<i>Cuadro 1. Encuesta. Sobreaprendizaje de temas específicos. Resultados</i>	<i>55</i>
<i>Cuadro 2. Encuesta. Conocimiento previo sobre mapas conceptuales. Resultados</i>	<i>56</i>
<i>Cuadro 3. Resumen del protocolo</i>	<i>61</i>
<i>Cuadro 4. Prueba objetiva. Preguntas por niveles sobre el tema de Eficiencia.....</i>	<i>74</i>
<i>Cuadro 5. Prueba objetiva. Preguntas por niveles sobre el tema de Fatiga.....</i>	<i>75</i>
<i>Cuadro 6. Encuesta. Grupo de preguntas relativas al sobreaprendizaje en temas específicos.....</i>	<i>81</i>
<i>Cuadro 7. Encuesta. Grupo de preguntas sobre Conocimiento de la metodología de mapas conceptuales</i>	<i>82</i>
<i>Cuadro 8. Desarrollo en serie polinómica de Taylor y Mc Laurin de una función.....</i>	<i>84</i>

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 1.	Coeficiente de correlación de Spearman.....	69
Fórmula 2.	Índice de correlación kappa.....	70
Fórmula 3.	Índice de correlación kappa ponderada	70
Fórmula 4.	Expresión matemática obtenida para la Nota Pronosticada	113
Fórmula 5.	Expresión matemática inferida para la Nota Simplificada.....	114

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Distribución de autovaloraciones de la técnica de creación de mapas	57
Gráfico 2. Diagramas de barras de Notas Test por temas e intervenciones.....	95
Gráfico 3. Diagramas de barras de Notas Holísticas de mapas por temas e intervenciones	96
Gráfico 4. Regresiones lineales de Nota Holística respecto a Enlaces Válidos en dependencia Lineal por temas e intervenciones.....	110
Gráfico 5. Regresiones lineales de Nota Holística respecto a Enlaces Válidos en dependencia Cuadrática por temas e intervenciones.....	110
Gráfico 6. Regresiones lineales de Nota Holística respecto a Enlaces Válidos en dependencia Cúbica por temas e intervenciones.....	111

PRÓLOGO

Fran estaba realmente cansado, y su cansancio era más mental que físico.

Febrero, Junio y Julio. Siempre lo mismo. La corrección de exámenes era pesada: las preguntas cortas, los problemas y el test. Este último con menos trabajo pues de ello se encargaba un ordenador. Pero mucho peor era la evaluación. De hecho no le molestaba decidir sobre estudiantes que habían asistido a sus clases, pues se había hecho una idea bastante clara de lo que sabían. Así el examen, la mayoría de las veces, sólo era un reflejo de lo que ya sabía. El problema era evaluar a los estudiantes que no conocía pues la asistencia a las aulas universitarias no era obligatoria.

En esos momentos siempre reflexionaba sobre los alumnos que habían suspendido el examen. “Pero... ¿sabe o no sabe?” Unas cuantas filigranas matemáticas, varios cálculos estadísticos y una reflexión en profundidad del contenido del examen, hecha a la luz de las respuestas, y... la duda persiste. Y es más, no sólo persiste sino que se incrementa: “... y los que aprobaron justo, ¿saben o no saben?, cuando asistan a las asignaturas del curso o cuatrimestre siguiente, ¿recordarán o habrán olvidado?”

La experiencia evaluativa de este profesor universitario pocas veces era gratificante. Lejos quedaban las vivencias de secundaria y bachillerato, donde los 40 alumnos por aula y la obligatoriedad de la asistencia le permitían conocer lo que sabía cada alumno. Entonces podía decidir satisfactoriamente, al menos desde su punto de vista. Ahora en el entorno universitario, las ausencias, la ratio de alumnos por aula y la masificación

en los exámenes finales lo ponía en muchas encrucijadas. Y decidir sin saber, nunca es gratificante.

Pero, en su trayectoria docente, su afán lector le aportó nuevas ideas: constructivismo, aprendizaje significativo, inclusión obliterativa, mapas conceptuales,... Conceptos que nunca aparecieron ni en su formación en Ciencias Físicas ni en los cursos de Adaptación Pedagógica mucho tiempo atrás. Años de puesta en práctica y poco a poco su espíritu investigador le mostraba una posibilidad: ¿sería capaz de crear una prueba final que le dijera si el alumno sabía o no sabía y si recordaría lo aprendido el curso o cuatrimestre siguiente? ¿Y si además fuera de puntuación automática para posibilitar la corrección a gran escala con un ordenador?

Tendría que probar.

1. INTRODUCCIÓN

Los avances significativos en la comprensión del aprendizaje humano y de la historia y la filosofía de la ciencia han ayudado a crear un nuevo clima intelectual, en el que el modelo *constructivista* del aprendizaje adquiere una posición aventajada. Hoy en día el desarrollo curricular de la ciencia y la enseñanza centra las tareas en la comprensión de los conceptos en lugar de en su memorización. Así las nuevas herramientas educativas están orientadas a hacer la ciencia, en todos sus aspectos, transparente a los estudiantes.

Aparece pues un nuevo paradigma enseñanza-aprendizaje en el que el modelo didáctico (la enseñanza) está subordinado al aprendizaje y en el que los esfuerzos educativos se centran en el individuo que aprende. Este es el fundamento del Proceso de Bolonia del Espacio Europeo de Educación Superior iniciado en 1999 (González, 2005). Por tanto, un buen método de enseñanza debe facilitar que el alumno aprenda, así como un buen modelo didáctico ha de recoger los nuevos datos que las teorías del aprendizaje aportan.

Ausubel en 1968 en su *Teoría de la Asimilación del Aprendizaje* (Ausubel, 1968) sentó los principios de intervención educativa. Los más importantes, que se enmarcan en este nuevo paradigma, son:

- La necesidad de tomar como punto de partida lo que el alumno ya sabe, es decir, sus posibilidades de razonamiento y los

conocimientos y experiencias que éste ha adquirido anteriormente.

- La consecución de un aprendizaje significativo, es decir, que el alumno construya su propio conocimiento, relacionando los nuevos conceptos, procedimientos y actitudes que ha de aprender con los que ya posee.

Aprender significativamente supone modificar los esquemas conceptuales que el alumno tiene, partiendo de su realidad y desarrollar su potencial de aprendizaje. Las condiciones para conseguir esto serán una actitud positiva por parte del alumno y un contenido de aprendizaje que sea potencialmente significativo.

En esta línea los *mapas conceptuales* se están imponiendo como una de las herramientas didácticas más potentes. Numerosos estudios y publicaciones los avalan desde los años setenta en que Novak y sus colaboradores los definieron en el marco del Programa de Educación en Ciencias y Matemáticas (PCEM) del Departamento de Educación de la Universidad de Cornell en Ithaca, New York (Moreira y Novak, 1988)

De estos mismos trabajos empezó a surgir la necesidad de generar herramientas que permitieran desarrollar los modelos en el aula. Los profesores debían cerciorarse a priori de lo que ya sabía el alumno y, a posteriori, de la consecución de su aprendizaje significativo y su evaluación.

1.1. Fundamentos teóricos de la investigación

1.1.1. Constructivismo

En las décadas de los 60 y 70 emergen unas nuevas concepciones epistemológicas catalizadas por los trabajos de Kuhn (1962) y Toulmin (1972) que caracterizan el conocimiento y la producción del conocimiento como “estructuras evolutivas de conceptos y proposiciones”. Esta

epistemología nace y se desarrolla como una alternativa a los esquemas positivistas y empiristas que sostienen un conocimiento universal al que se desea llegar.

En esta línea de pensamiento surge el constructivismo. Según Novak (Novak y Gowin, 1984), este término nace de una síntesis entre la psicología cognitiva y la filosofía del conocimiento o epistemología. Así el constructivismo es una concepción del aprendizaje y del saber que une una teoría viable del aprendizaje cognitivo humano con las tendencias sobre epistemología. Esta filosofía pone de manifiesto que tanto los individuos como los colectivos construyen ideas sobre cómo funciona el mundo, o en nomenclatura de Kuhn y Toulmin, construyen sus estructuras cognitivas con conceptos y proposiciones.

Según Novak (Novak y Gowin, 1984; Novak, 1998) concepto es una regularidad que se percibe en los hechos u objetos, o registros de hechos u objetos, y que se designa mediante un nombre. Por otro lado una proposición es la relación existente entre dos conceptos que se unen para formar un enunciado sobre un hecho, un objeto o una idea, de forma que se otorga significado a dichos conceptos.

En psicología cognitiva se señala el papel central que juegan los conceptos y las relaciones entre conceptos en la construcción de conocimiento, y el papel fundamental del lenguaje para codificar, dar forma y adquirir significados. Así una etiqueta o nombre representa el concepto mientras que una proposición es la forma de representar una relación entre los mismos.

Los psicólogos cognitivos resaltan que la esencia del conocimiento es la estructura (Anderson, 1984) y que la interrelación entre conceptos es una propiedad esencial del conocimiento (Shavelson, 1972; Glaser y Bassok, 1989). En consecuencia, científicos profesionales y estudiantes aventajados desarrollan estructuras de conceptos relacionados muy elaboradas, bien diferenciadas y altamente integradas. De esta forma, a medida que el dominio de un tema crece (sea por aprendizaje, entrenamiento o experiencia) los elementos del conocimiento aumentan sus interconexiones (Chi et al, 1988).

Por tanto, el aprendizaje tiene dos vertientes: la incorporación de conceptos y la creación de interrelaciones entre conceptos, lo que les otorga significado y refleja el nivel de comprensión. Grandes físicos como Newton o Einstein se caracterizan por introducir nuevas epistemologías en sus ramas científicas, las cuales no aportan nuevos conceptos sino nuevos enfoques o interconexiones. Esta concepción la sintetizaba magníficamente Erwin Schrödinger (físico 1887-1961, creador de la Ecuación de Schrödinger, ley fundamental de la Mecánica Cuántica), cuando afirmaba que “La tarea no es tanto ver lo que nadie ha visto, como pensar lo que nadie ha pensado acerca de lo que todos ven”.

1.1.2. Tipos de aprendizaje. El aprendizaje significativo

Teoría cognitiva de la Asimilación del aprendizaje humano

A principios de los años sesenta Ausubel (1963) presentó una explicación de la teoría cognitiva del aprendizaje verbal significativo. En esta época la psicología conductista estaba en pleno apogeo, pues sólo un año antes Kuhn (1962) había publicado su “Estructura de las revoluciones científicas”.

Las ideas de Ausubel llegaron al departamento de Educación de la Universidad de Cornell en Ithaca (New York) en 1964, al año siguiente de su publicación. Allí, el grupo de trabajo de Novak estaba inmerso en un estudio longitudinal de 12 años sobre el aprendizaje de conceptos científicos en primaria y secundaria, y estas ideas les permitieron explicar las dificultades que encontraron en la interpretación de los datos sobre resolución de problemas (Novak y Mussonda, 1991; Novak, 1998).

En 1968, Ausubel publicó su Psicología Educativa (Ausubel, 1968) donde ampliaba su Teoría de la Asimilación del Aprendizaje enfatizando en el aprendizaje significativo y el aprendizaje por recepción.

Novak adoptó dichas ideas de forma que, posteriormente, Ausubel, Novak y Hanesian (Ausubel et al, 1978), en lo que sería la segunda edición de la Psicología Educativa, profundizaron en la Teoría de Ausubel, diferenciando claramente entre el aprendizaje memorístico y el

significativo, así como entre las dimensiones del aprendizaje por recepción y por descubrimiento. Más adelante se desarrollan estos cuatro tipos de aprendizaje enfrentados dos a dos (ver *Tipos de Aprendizaje* en página 6).

La Teoría de la Asimilación del Aprendizaje, enmarcada en el constructivismo, se basa en que las personas aprenden por conceptos y proposiciones creando estructuras cognitivas. Así, en esencia, la teoría explica que el aprendizaje crea una estructura cognitiva nueva como resultado de la asimilación o inclusión de los nuevos conocimientos en la organización preexistente. Esta última es fundamental, en tanto que permite la entrada de nuevos conceptos y proposiciones. En efecto, no podemos construir una nueva planta de un edificio si su estructura previa no tiene los pilares y cimientos dispuestos en la forma y consistencia necesaria, y mucho menos si no existen. De hecho, Ausubel (1968), en el prefacio de su obra, insistía en que “la base del aprendizaje es averiguar lo que el alumno ya sabe y enseñar en consecuencia”.

Esta teoría introduce varias ideas relevantes sobre el aprendizaje, a saber: la inclusión, la diferenciación progresiva y la reconciliación integradora, así como la importancia de los conceptos inclusores en la estructura preexistente. En efecto, a medida que se produce el aprendizaje, algunos conceptos (los inclusores) que el aprendiz ya posee sufren un refinamiento con la adición o creación de nuevas proposiciones y nuevos conceptos. Por tanto, en la estructura cognitiva aparece una diferenciación progresiva que aumenta el tamaño de dicha estructura. A medida que prosigue el aprendizaje, se produce la reconciliación integradora: el estudiante integra o re-combina los nuevos conceptos e ideas en la estructura y, al atribuirles nuevas interrelaciones, los dota de nuevos significados que se reconcilian con los preexistentes creando así una nueva estructura mejorada. Cuando el estudiante decide aprender una materia de forma significativa, su proceso pasara por las tres fases: inclusión, diferenciación progresiva y reconciliación integradora.

Recientemente Sandkühler y Bhattacharya (2008) han realizado un estudio neurológico con 21 estudiantes que aceptaron someterse a un electroencefalograma mientras resolvían problemas de solución no evidente. Los resultados muestran cómo, en el momento en que el voluntario encontraba la solución al problema (el “Eureka” de Arquímedes), la actividad cerebral evolucionaba de la zona parietal a la

temporal izquierda, a la frontal, y regresaba a la parietal en pocos segundos. Esta podría ser la relación entre calidad de pensamiento y pauta EEG que refería Novak (1991c). Extrapolando, si suponemos que el hallazgo del camino resolutivo se asemeja a una reconciliación integradora quizás se ha visualizado la componente neurológica que Novak (1998) apuntaba.

Por otro lado, la teoría del aprendizaje de Ausubel implica una organización jerárquica de la estructura cognitiva (Ausubel, 1968; Moreira y Novak, 1988; Novak, 1991b). Las relaciones conceptuales y proposicionales son conjuntos de “árboles” o estructuras que van desde la superordenación hasta la subordinación; el nuevo aprendizaje es más efectivo cuando la nueva información puede ser incluida bajo conceptos o proposiciones superordinadas ya existentes en la estructura cognoscitiva (Ausubel, 1963, 1968; Keil, 1979; Mayer, 1983). Un mismo concepto o proposición puede funcionar tanto como subordinado como superordinado dependiendo del contexto específico del nuevo aprendizaje o del uso del conocimiento. Esta propiedad de la organización cognitiva es conocida como “mapa de goma” (Novak y Gowin, 1984) ya que muestra cómo queda un mapa con un mismo conjunto de conceptos y proposiciones cuando algunos conceptos son “elevados a otro nivel” (Moreira y Novak, 1988).

Esta concepción jerárquica de la estructura cognitiva ha sido discutida desde sus orígenes. Diversos autores (Mahler et al, 1991; Lomask et al, 1992; Herl et al, 1993) proponen otras estructuras, como la red asociativa basada en concepciones asociacionistas.

Tipos de aprendizaje.

La Teoría de Ausubel (1968) pone de relieve cuatro tipos de aprendizaje que podemos agrupar en dos bloques, en tanto que se refieren a procesos diferentes. Por un lado, en función del tipo de instrucción recibida, tenemos los aprendizajes por recepción y por descubrimiento. Por otro lado, en base a cómo se integran los nuevos conocimientos en la estructura cognitiva, tenemos los aprendizajes significativo y memorístico.

El aprendizaje por recepción es aquel en el que el estudiante recibe el nuevo conocimiento, ya sea suministrado por el enseñante o por cualquier otro método. Así, a este nivel, tenemos las tablas de multiplicar, las clases

magistrales, etc. En el extremo opuesto está el aprendizaje por descubrimiento, en el que el aprendiz encuentra los nuevos conceptos y/o interrelaciones. Este es el aprendizaje autónomo por excelencia y el utilizado por los investigadores en su labor de aflorar nuevo conocimiento o por los compositores de música al crear sus obras. Ambos aprendizajes no forman una disociación completa sino que forman un continuo donde, por ejemplo, tenemos estadios intermedios como el aprendizaje por descubrimiento forzado. Este último se da cuando el profesor hace la labor de guía en la instrucción por descubrimiento del alumno, y este no tiene más que seguir las pautas marcadas para llegar al nuevo entendimiento. De hecho el alumno, desde preescolar hasta nivel universitario, experimenta todo este abanico de instrucciones.

El aprendizaje significativo ocurre cuando un conocimiento nuevo se incorpora o asimila a una estructura cognitiva previa, en tanto que se ancla en ella mediante los llamados inclusores, construyendo una nueva organización. De esta forma, los conceptos incluidos adquieren un significado personal para el aprendiz. Los conocimientos así adquiridos permiten la aplicación y/o extrapolación a nuevas causas o situaciones, en tanto que se ha realizado una comprensión de lo aprendido. El conocimiento incluido permite la incorporación de nuevos conceptos y proposiciones a la estructura cognitiva, la cual sufre una reestructuración continua en este tipo de aprendizaje creando un proceso dinámico (Moreira, 1988). Cada nuevo aprendizaje de este proceso pasa por las fases ya mencionadas de inclusión, diferenciación progresiva y reconciliación integradora. Este carácter propio y personal del proceso de aprendizaje marca de manera única la estructura cognitiva del alumno, de forma que no existirán dos individuos con organizaciones mentales idénticas (Moreira, 1988; Bolte, 1997).

Por tanto, si la esencia del conocimiento es la estructura conformada por las interrelaciones verbalizadas como proposiciones, y el aprendizaje significativo es la evolución de dicha estructura, tenemos que la unidad mínima del aprendizaje significativo serán las proposiciones (Novak y Gowin, 1984; Shavelson et al, 1994; Novak, 1998; Schau et al, 1999).

En la misma línea, el aprendizaje significativo es por necesidad un acto de voluntad, pues el sujeto decide aprender significativamente (Ausubel et al, 1978; Novak y Gowin, 1984; Novak, 1998). Cabe destacar que en este

proceso el alumno, además de su voluntad, precisa que el material didáctico empleado sea igualmente significativo (Novak, 1998).

En el lado opuesto, el aprendizaje memorístico es puramente mecánico y es almacenado arbitrariamente de forma literal, sin atribución de significados personales (Moreira, 1988). Por tanto, no altera la estructura cognitiva preexistente, ya que los nuevos conceptos se incorporan pero no se integran. Esta situación indica una ausencia de comprensión y por ello la imposibilidad de aplicar los nuevos conocimientos a situaciones diferentes. No obstante, este tipo de aprendizaje es útil y necesario. Existen múltiples ejemplos a todos los niveles educativos y formativos, empezando por las tablas de multiplicar en matemáticas, la escala de dureza de materiales propuesta por el geólogo Friedrich Mohs, los parámetros de normalidad de una muestra sanguínea en medicina, una lista de números de teléfono, entre otros. Es más, en cualquier disciplina existe toda la nomenclatura típica de la materia, que debe aprenderse de esta manera. La utilización continuada del aprendizaje memorístico produce un sobreaprendizaje que posibilita su persistencia en la estructura cognitiva, aún cuando no disponga de interrelaciones que aporten significado.

Austin (Austin y Shore, 1995) enfrenta estos dos aprendizajes en la resolución de problemas en asignaturas de ciencias. Por un lado argumenta que el aprendizaje memorístico permitirá al alumno la resolución de problemas en 1 paso, o en varios cuando el procedimiento es único y por tanto memorizable. En el otro, el aprendizaje significativo, el cual implica una comprensión, permite la resolución de problemas en múltiples pasos. En este caso, el procedimiento resolutivo es generado por el estudiante.

Análogamente al aprendizaje por recepción y descubrimiento, el significativo y el memorístico forman un continuo. La razón es que en múltiples fenómenos de aprendizaje es necesario memorizar inicialmente los conceptos para incluirlos en la estructura cognitiva, para posteriormente dotarlos de significado personal relacionándolos con otros. En estos casos, no puede producirse el primero sin el segundo. Este es el caso, referido por Novak (1998), del alumno que memoriza palabra por palabra la definición de un concepto, para posteriormente establecer relaciones válidas con otros conceptos que lo llevan a dotarlo de significado (aprendizaje significativo).

El olvido como elemento diferenciador de tipos de aprendizaje

Una de las características que diferencia el aprendizaje significativo del memorístico es el efecto del olvido. En este aspecto, el aprendizaje basado exclusivamente en la memorización desaparece fácilmente puesto que no está anclado en la estructura cognitiva. Inicialmente Novak (Novak y Gowin, 1984) indicaba que lo aprendido de memoria persistía durante 15 días siempre que no se reforzara lo memorizado. En otras publicaciones dicho intervalo se situaba entre las 2 o 3 semanas (Novak, 1991a) e incluso entre las 6 y las 8 semanas (Hagerman, 1966; Helms y Novak, 1983; Novak, 1987; Novak y Abrams, 1993). Finalmente, Novak (1998) distingue diferentes periodos de olvido en función del tipo de conocimiento memorizado y el nivel de sobreaprendizaje realizado. Así, si lo memorizado son sílabas sin sentido, el olvido aparece en sólo unas horas y se retrasa a unos días en poesías o fragmentos de textos. Sin embargo, en ciencia, historia y otras materias escolares, la retención se reduce a una fracción del aprendizaje original en cuestión de semanas. Finalmente, si se produce un sobreaprendizaje por estudiar de forma reiterada, la persistencia puede alargarse en el tiempo e incluso indefinidamente, pero en ningún momento podrá facilitar nuevo aprendizaje.

En el aprendizaje significativo, los conceptos aprendidos se retienen durante más tiempo; algunos toda la vida (Novak, 1998). Esto no quiere decir que el olvido no pueda darse también en el aprendizaje significativo, pero al estar el conocimiento incrustado en la estructura cognitiva, ésta no se pierde. Así aparece el fenómeno que Ausubel y Novak (Ausubel, 1968; Novak y Gowin, 1984; Novak, 1998) denominan “inclusión obliterativa”, donde el alumno olvida los mensajes específicos aprendidos, pero en la estructura cognitiva permanecen ideas mejoradas. Estas son las que facilitarían en este caso el aprendizaje futuro.

1.1.3. Evaluación del aprendizaje.

Todo proceso de aprendizaje lleva implícita una evaluación del mismo. Novak (1988) reconociendo su importancia la añadió a los 4 lugares

comunes de la educación presentados por Schwab (1973), a saber: el aprendiz, el profesor, el currículo y el entorno social.

Dado que cualquier tipo de aprendizaje produce cambios en la estructura cognitiva del alumno, la evaluación es un proceso que tiene por objetivo observar variaciones en dicha estructura cognitiva. Este proceso requiere un conjunto de pruebas que deberán medir una serie de variables significativas de forma válida y fiable (Liu, 1994; Ruiz-Primo y Shavelson, 1997; Novak, 1998; Shavelson et al, 2005). Por tanto, en función de los cambios observados podremos reconocer si el aprendizaje ha sido significativo o memorístico.

Ya indicamos anteriormente que el aprendizaje significativo es el que mejora la estructura cognitiva del alumno preparándola para incorporar futuros conocimientos y permitiendo su aplicación y/o extrapolación a nuevas causas o situaciones. Además, según la teoría de la educación de Novak (1998), el aprendizaje significativo resulta de la integración constructiva del pensamiento, el sentimiento y la acción, que conducen a la capacitación humana para el compromiso y la responsabilidad. Con estas premisas podemos suponer que la mayoría de actos formativos tienen como objetivo dicho aprendizaje, sin menoscabo de que en determinadas circunstancias interese un aprendizaje memorístico.

En cuanto al proceso evaluativo podemos distinguir dos aplicaciones: la que observa una evolución y la que constata una estructura cognitiva final. La primera tiene por objeto detectar las modificaciones en la estructura cognitiva del sujeto tras el proceso de formación para poner de relieve un aprendizaje. Esta evaluación requiere como mínimo dos medidas: una previa al proceso de aprendizaje y una posterior, y puede optarse por una valoración cualitativa o una cuantitativa. La segunda aplicación, pretende comprobar que el alumno ha alcanzado los objetivos de la asignatura, por tanto bastará con una sola medida final y suele atribuírsele una valoración cuantitativa.

Como ya se ha dicho, las pruebas que conforman el proceso de evaluación deben proporcionar medidas sobre un conjunto de variables significativas. Sin embargo, los procesos evaluadores están sujetos a errores asociados a los evaluadores, a las propias tareas de evaluación, a los contextos a evaluar, a las diferentes escalas posibles o cualquier

combinación de los mismos (Kim, 2000). Además, toda evaluación implica un proceso de corrección mediante el cual la medida nos proporciona un resultado o puntuación. A su vez, dicho proceso de corrección está sujeto a un conjunto de variables potencialmente introductoras de errores: el criterio de corrección, los correctores y el entorno. Así, por un lado, un criterio definido previamente puede sufrir cambios a medida que se aplica a sucesivos ítems. Por otro, los correctores, aún aplicando un criterio de corrección común fijo, no pueden sustraerse a un cierto nivel de subjetividad y difícilmente obtienen siempre un mismo resultado.

En todos los casos las pruebas realizadas deben ser válidas y fiables. La validez de una prueba se consigue cuando podemos asegurar que mide lo que se desea medir. En el caso del aprendizaje significativo, la prueba a evaluar deberá proporcionar información sobre la inclusión de los nuevos conocimientos y su integración en la estructura cognitiva. La fiabilidad de una prueba se consigue cuando podemos garantizar que los resultados de la medición son siempre los mismos, independientemente de la situación en que se realice la medición. Por ejemplo, el resultado de la medida de las variables significativas de la prueba debe coincidir tanto si la puntuación la realizan diferentes correctores como si se realiza en diferentes épocas; en este último caso debe garantizarse que no se ha producido una modificación del conocimiento entre una prueba y la siguiente (Novak, 1998).

Evaluación del aprendizaje en el entorno universitario.

En el ámbito educacional, la evaluación del aprendizaje se convierte en la medición de una serie de variables obtenidas a partir de un conjunto de pruebas. Podemos mencionar como las más tradicionales y comunes: la entrevista (popularmente conocida como examen oral), la prueba objetiva o test (sea de verdadero/falso o de respuesta múltiple), la resolución de problemas y los redactados de preguntas abiertas largas o cortas. Más recientemente, aunque con menor frecuencia, podemos encontrar las carpetas de trabajos, los mapas conceptuales y los diagramas en UVE.

La evaluación en el entorno universitario pretende medir el aprendizaje significativo del alumno. No obstante, la población estudiantil tiene dimensiones considerables y los tiempos de corrección son cada vez

menores. Así, una prueba evaluadora óptima para su uso en el entorno universitario actual debería cumplir dos aspectos: valorar de forma válida y fiable la estructura cognitiva del alumno y demostrar su aplicabilidad en la evaluación de alumnos a gran escala en poco tiempo (Lomask et al, 1992; Shavelson et al, 1994; Schau et al, 1999; Yin et al, 2005).

Novak (1998) afirma que el mejor método para valorar el aprendizaje significativo del alumno es la entrevista personal. No obstante, en el entorno universitario masificado esta práctica se vuelve inviable. Se hace pues evidente una dicotomía entre los dos aspectos expuestos: la valoración cognitiva y la corrección a gran escala.

La prueba de preguntas abiertas, sean de tipo general o de respuesta corta, aunque permiten al alumno expresar lo que realmente ha aprendido, resultan de tediosa corrección por parte del profesorado.

La evaluación por carpetas de trabajos mejora la validez de las medidas realizadas ya que permite asimilarlas a procesos reales y, por tanto, se aproxima a la evaluación auténtica presentada por Wiggins (1989). También posibilita el seguimiento del alumno a lo largo del curso y permite la inclusión de dicha evaluación en el proceso de aprendizaje (Castelló y Monereo, 2001). Esta evaluación por carpetas es óptima utilizada individualmente. No obstante, con gran cantidad de alumnos, su aplicación obliga a que dichas carpetas se presenten por grupos reducidos de estudiantes. Ello conduce a la necesidad de una prueba final individual que permita discriminar entre los miembros del grupo. En todos los casos los elementos que integran la carpeta y la prueba final requieren un esfuerzo de corrección importante y, a criterio de Novak (1998), no son fáciles de poner en práctica.

De esta forma, las pruebas objetivas, sean de verdadero/falso o de respuesta múltiple, se han instaurado y persisten como el método más cómodo de evaluación. Su corrección por medios informáticos no pone límite al número de alumnos a evaluar ni al tiempo de corrección. Sin embargo, el claustro general de profesores es consciente de la poca validez y fiabilidad de dichas pruebas, ya que representan sólo parcialmente el conocimiento relevante impartido (Novak, 1998). Moreira (Moreira y Novak, 1988) ya indicaba que profesores con experiencia reconocían la dificultad de construir estas pruebas de forma que requieran análisis,

síntesis y evaluación del conocimiento. A ello hay que añadir que en muchas ocasiones existe una divergencia entre lo que pregunta el profesor y lo que el alumno entiende que se le está preguntando. Dado que el alumno no puede exponer sus ideas, procede a responder según su enfoque o a inhibir la respuesta. Cabe destacar que el término prueba objetiva hace referencia al método de corrección y no al redactado de las preguntas, en el que existe un alto grado de subjetividad (Novak, 1998).

La comunidad pedagógica es consciente de la falta de validez y fiabilidad de las pruebas objetivas de V/F o de respuesta múltiple. Ello ha motivado el desarrollo de métodos de análisis informatizados, con el fin de incrementar la fiabilidad. El análisis individualizado de cada ítem de la prueba, en función de los alumnos que lo responden acertada o erróneamente, facilita una valoración del poder de discriminación de dicho ítem y, en su conjunto, un coeficiente de fiabilidad de la prueba (Morales, 2007). Cabe resaltar que este coeficiente es un parámetro de consistencia interna de la prueba y no se correlaciona con las variables que miden la estructura cognitiva del alumno. Gracias a los medios informáticos, el profesor puede corregir su examen tantas veces como lo considere oportuno, eliminando aquellos ítems que restrinjan la fiabilidad de la prueba. Sin embargo, ello conduce a una extraña situación, en la que el alumno ve como el profesor, por las mencionadas razones, ha omitido la corrección de algunos ítems que él respondió.

Una propuesta para mejorar la validez de las pruebas test a la hora de valorar el aprendizaje significativo sugiere clasificar las preguntas por niveles cognitivos. Se trata de confeccionar la prueba con un porcentaje de preguntas de cada nivel en función de la dificultad deseada de la prueba. Los niveles cognitivos, extraídos de la Taxonomy of Educational Objectives original de Bloom (1956), son seis: conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación. Autores posteriores (Kempa, 1986; Rodríguez, 1992) proponen agrupar los tres últimos para obtener sólo cuatro niveles de dificultad:

- Nivel 1: Conocimiento y memorización de hechos, hipótesis, teorías, conceptos, terminología y convenciones científicas.
- Nivel 2: Comprensión de los conocimientos científicos y sus relaciones manifestada por la habilidad del estudiante para explicar e interpretar la información presentada y para expresarla de

diferentes formas. Obviamente la comprensión del concepto incluye el conocimiento.

- Nivel 3: La aplicación del conocimiento científico a situaciones nuevas. Esta habilidad implica que el alumno es capaz de seleccionar de los conocimientos anteriores, tanto conceptuales como procedimentales, los necesarios para resolver una situación nueva.
- Nivel 4: Análisis, síntesis y evaluación de la información científica, que implica la descomposición en sus partes constituyentes (análisis) y su reorganización en una nueva estructura (síntesis). Adicionalmente, la nueva información puede ser evaluada.

No obstante, esta propuesta, aunque incrementa la discriminación en cuanto a los niveles cognitivos conseguidos por el examinando, no evita otras dificultades como la de impedir la expresión libre del alumno y las divergencias de interpretación. Además, la implementación de la Declaración de Bolonia en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior implica un nivel de evaluación exhaustivo, desaconsejando el uso de la prueba objetiva como herramienta evaluadora del aprendizaje, al menos de forma única.

Se hace pues evidente para la comunidad educativa la necesidad de disponer de una herramienta evaluadora que, sin conducir a una tediosa corrección, facilite una evaluación válida y fiable del aprendizaje significativo del alumno, permitiéndole manifestar lo que realmente ha aprendido y retendrá en el futuro. En este sentido, los mapas conceptuales aparecen como una solución esperanzadora, dado que el alumno puede exponer libremente lo que aprendió significativamente.

La utilidad de los mapas conceptuales como instrumento de evaluación ha sido ampliamente demostrada (Liu, 1994; Enger, 1996; Ruiz-Primo y Shavelson, 1997; Ruiz-Primo et al, 2001; Lavigne, 2005), aunque no ha sido hasta el 2005 que Shavelson (Shavelson et al, 2005) ha demostrado su validez y fiabilidad para medir el aprendizaje significativo (para una revisión Shavelson et al, 1994; Shavelson et al, 2005). No obstante, en el entorno universitario masificado su utilidad es dudosa, pues aunque cumple el aspecto de valorar el aprendizaje significativo, la corrección es lenta y manual. En efecto, no existe aún una metodología de valoración cuantitativa de mapas conceptuales, suficientemente probada y que

permita una corrección rápida e informatizada, como para sustituir la clásica nota numérica de las pruebas tradicionales.

1.1.4. Mapas conceptuales

¿Qué es un mapa conceptual?

Un mapa conceptual es una representación gráfica bidimensional de la estructura cognitiva de su autor respecto a una materia (ver *Figura 1*)

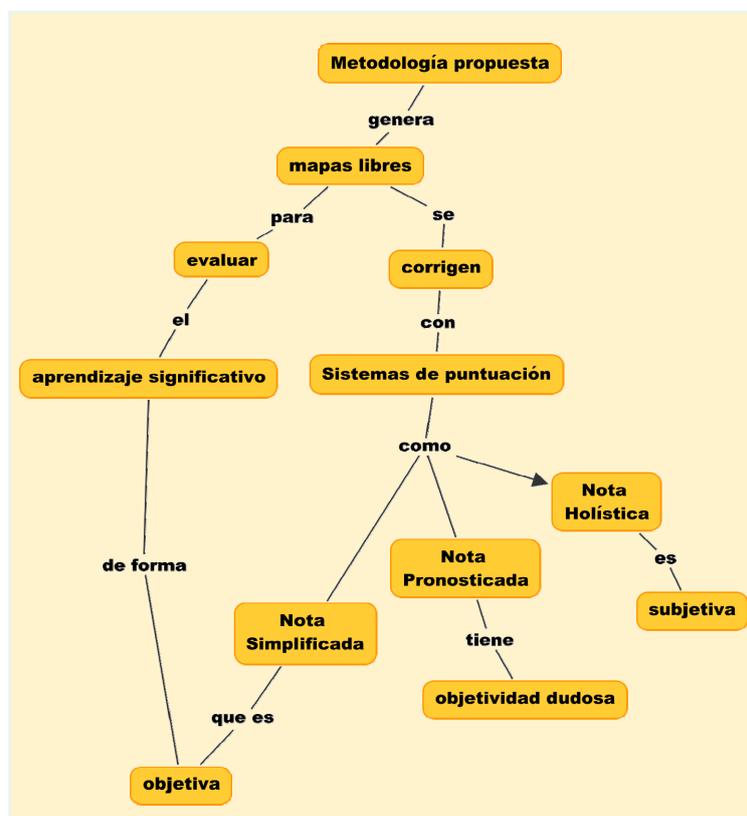


Figura 1. Ejemplo de mapa conceptual

Dado que los elementos básicos de dicha estructura cognitiva son los conceptos y sus interrelaciones, como ya se ha mencionado, el mapa conceptual deberá incluir ambos elementos. Así, por un lado, los conceptos se distribuyen en el plano de trabajo. Por otro lado, las interrelaciones entre conceptos, que se verbalizan en forma de proposiciones, se presentan mediante una línea o enlace que une los dos conceptos a relacionar en la proposición. Dicha línea en si misma carece de significado, es por ello que dicho enlace debe etiquetarse con palabras que evidencien la naturaleza de la interrelación y por tanto su significado. En un mapa conceptual, la secuencia “*CONCEPTO-etiqueta de enlace-CONCEPTO*”, conforma una proposición y en consecuencia representa una unidad semántica básica (Novak y Gowin, 1984; Shavelson et al, 1994; Schau et al, 1999).

Un mapa conceptual es sólo un diagrama que tiene por objeto representar relaciones significativas entre conceptos y que lo hace en forma de proposiciones (Moreira, 1988; Novak y Gowin, 1984), siendo por tanto una técnica para exponer el entendimiento conceptual y proposicional que el sujeto tiene sobre un determinado conocimiento (Moreira 1980). No debe confundirse ni con esquemas, ni con resúmenes de una materia, y aún menos con diagramas de flujo, puesto que el mapa conceptual es un diagrama de significados (Moreira, 1988).

Terminología aplicada en los mapas conceptuales

Un mapa presenta diferentes elementos. En primer lugar los ya mencionados: conceptos y enlaces con sus etiquetas. Los conceptos se distribuyen de forma jerárquica en el plano de trabajo, siendo el elemento superior el llamado supra-ordenado. De dicho elemento derivan otros conceptos enlazados creando una típica estructura en árbol. Un concepto derivado recibe el nombre de subordinado. A medida que el mapa se va refinando también se va ramificando. Así una rama será aquella secuencia de conceptos y enlaces que surgiendo del elemento supra-ordenado llega hasta un extremo final. Cuando un enlace une conceptos de diferentes ramas se le denomina enlace cruzado. Una proposición será cualquier combinación “*concepto-etiqueta de enlace-concepto*”. Finalmente por su

ubicación en el diagrama, los conceptos pueden denominarse nodos del mapa.

En la *Figura 2* se representa un modelo de mapa conceptual, donde son conceptos: cA, cB, ..., cK; enlaces e1, e2, ..., e11; ejemplos de proposiciones: cA-e1-cB y cC-e6-cG; ejemplos de ramas: serie cA-e1-cB-e4-cE y la serie cA-e2-cC-e6-cG-e10-cK, y son enlaces cruzados: e11 y e12.

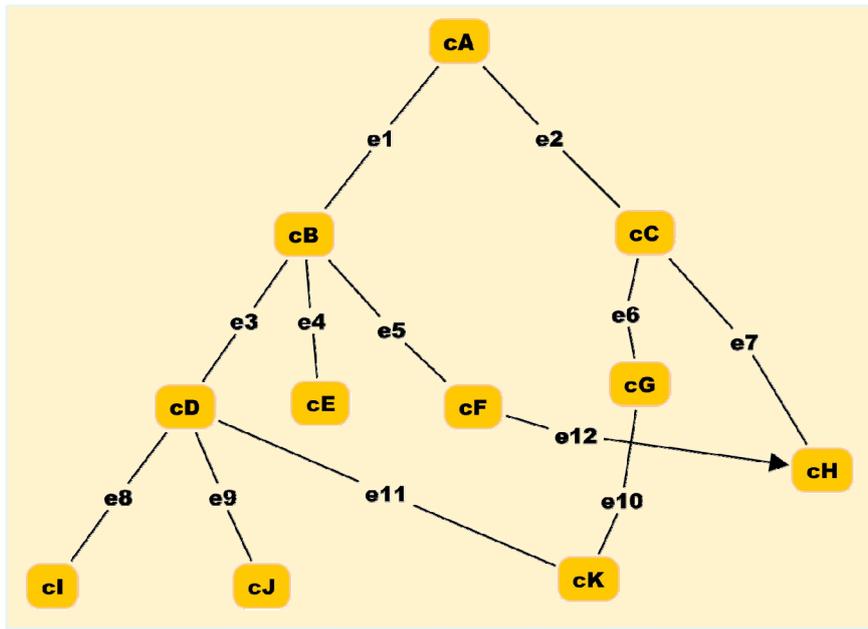


Figura 2. Modelo de mapa conceptual

Un proceso de aprendizaje puede observarse comparando un mapa inicial y uno final. Los conceptos preexistentes que sirven para introducir el nuevo conocimiento reciben el nombre de conceptos inclusores.

En la bibliografía también se utilizan diferentes terminologías. Así algunos autores agrupan los enlaces por el tipo de relación que establecen entre los conceptos. Entre ellos: general, causal, conductual, condicional, o de finalidad (França et al, 2004).

Respecto al tipo de diagrama presentado, algunos autores hablan de redes de conceptos (Novak, 1998), redes semánticas (Lomask et al, 1992), mapas cognitivos (Goldsmith et al, 1991), mapas jerárquicos (Novak y

Gowin, 1984; Allen, 2006), mapas radiales, en cadena o red (Kinchin y Hay 2000) o bien con estructura lineal, circular, radial, en árbol o en red (Yin et al, 2005).

Génesis de los mapas conceptuales

Los mapas conceptuales se originaron en 1972 como una herramienta de trabajo para la recogida de datos a partir de entrevistas clínicas. En la Universidad de Cornell, el grupo de trabajo de Novak, Gowin y Mussonda estaba inmerso en un estudio longitudinal de 12 años en el que utilizaba estas entrevistas como elementos de registro. Este estudio (Novak y Mussonda, 1991; Novak, 2005) pretendía evaluar cómo determinados métodos de formación en estados iniciales influían en el aprendizaje posterior a largo plazo. El método utilizado como el más válido y fiable para evaluar el conocimiento del alumno fue la entrevista personal, que se grababa para su posterior análisis. Entonces, surgió la problemática de cómo extraer y sintetizar la información facilitada por los estudiantes en los cientos de registros de audio realizados. Así se ideó una técnica de transcripción de los datos que se recogían en las entrevistas. Esta técnica consistía en unos diagramas de conceptos extraídos de las mismas.

Estos mapas primigenios fueron una representación bidimensional de conceptos enlazados, pero sin caracterizar el significado del enlace mediante palabras. Rápidamente el grupo de trabajo observó que los meros enlaces no reflejaban el conocimiento real de los alumnos tal como se deducía de los datos recogidos. En consecuencia introdujeron pequeñas expresiones o palabras de enlace a modo de etiquetas sobre las líneas. Así, en esencia, el mapa conceptual adoptó su forma actual.

La eficiencia de esta técnica era altísima pues una entrevista transcrita en 15 o 20 páginas se convertía en un mapa de una sola hoja sin perder conceptos esenciales o proposiciones significativas del entrevistado (Novak, 2005)

¿Cómo se construyen?

La estrategia esencial para construir un mapa conceptual consiste en los siguientes pasos (extraído de Novak y Gowin, 1984; Novak, 1998)

1.- Identificar la pregunta, tema o campo de conocimiento que se desea representar.

2.- Confeccionar una lista de 10 a 20 conceptos relacionados con el tema a desarrollar

3.- Ordenar los conceptos jerárquicamente del más amplio, general e inclusivo, al más detallado y concreto. Situar los primeros en la parte superior y los últimos en la inferior. Dado que algunos conceptos tendrán el mismo nivel jerárquico aparece un orden bidimensional.

4.- Construir el mapa:

- disponer los conceptos sobre un plano según el orden anterior,
- unir mediante una línea aquellos conceptos que estén relacionados, y
- etiquetar dichos enlaces con unas pocas palabras que pongan de relieve la naturaleza de la relación.

Este procedimiento secuencial no es unidireccional, puesto que cada paso puede obligar a retroceder y modificar los pasos anteriores. Así en el momento en que se establece la jerarquía conceptual, pueden aparecer nuevos conceptos a incluir, lo que nos llevará al paso anterior. Igualmente al construir el mapa pueden observarse jerarquías diferentes e incluso nuevos nombres, lo que nos llevara a los pasos anteriores. Finalmente una vez concluido el mapa, seguramente precisará una reestructuración. En efecto, es posible que aquellos conceptos que están más relacionados se encuentren alejados en el mapa, con lo que los enlaces y sus etiquetas cruzaran el mapa dificultando su visualización. Normalmente la concepción de un mapa conceptual requiere varias tentativas con correcciones y refinamientos sucesivos, siendo normal un mínimo de dos o tres intentos.

No obstante, esta metodología no es única. De hecho las técnicas de construcción varían ampliamente con más de 128 posibilidades identificadas (Shavelson et al, 1994) en función del grado de libertad o nivel de restricción que se impone al alumno que realiza el mapa. Así, el protocolo descrito anteriormente correspondería a un mapa completamente libre, es decir, aquel en el que simplemente se solicita al sujeto que haga un mapa sobre un tema. A partir de aquí se abren

múltiples variantes según el número y tipo de restricciones impuestas en la tarea solicitada. Al sujeto se le puede pedir:

- a) respecto a la jerarquía: que el mapa sea o no jerárquico,
- b) respecto a los conceptos: que elija los suyos propios o que los seleccione de una lista cerrada. En esta lista pueden incluirse algunos conceptos que distraigan (que no pertenezcan al tema solicitado aunque lo parezcan). También puede ocurrir que el instructor permita al alumno añadir algún concepto propio que no se encuentre en la lista facilitada.
- c) respecto a los enlaces: que elija sus propios enlaces o que estos ya existan en el mapa. En este caso sólo debe etiquetarlos.
- d) respecto a las etiquetas de los enlaces: que elija sus propias palabras, o que utilice las de una lista. Las posibilidades de la misma pueden ser análogas a los conceptos: una lista cerrada de obligada utilización o una abierta donde elegir (con o sin elementos que distraigan) y con la posibilidad de incluir nuevas etiquetas.

Finalmente las restricciones mayores tienen lugar cuando al alumno se le facilita la propia estructura. Es decir se proporciona al sujeto un mapa con conceptos, enlaces y/o etiquetas de enlace suprimidos. La tarea pues consiste en *rellenar* dichos blancos. Para ello las posibilidades sobre conceptos, enlaces y etiquetas de enlace son las mismas ya expuestas. Normalmente el mapa suministrado es el del profesor o el de un profesional de la materia, pero siempre confeccionado al nivel del aprendizaje solicitado al alumno.

Lo que se hace evidente es que si un mapa debe ser una representación gráfica de la propia estructura cognitiva de su autor, cuantas más restricciones pongamos en la tarea menos válida será dicha imagen. Aun más, si la esencia del conocimiento es la estructura (Anderson, 1984) y la propiedad esencial del mismo son las interrelaciones entre los conceptos que lo forman (Shavelson, 1972; Glaser y Bassok, 1992), las restricciones que afecten a la estructura del mapa, sus enlaces y etiquetas alterarán la validez de dicho mapa como imagen de la organización cognitiva del sujeto.

Un último aspecto es la autoría del mapa. Habitualmente el autor es la persona de la que se quiere conocer su estructura cognitiva. Sin embargo,

en ocasiones es el investigador el que realiza el mapa a partir de un redactado o una entrevista al sujeto. Este efecto intermediario puede alterar la imagen cognitiva del mapa.

Utilidad de los mapas conceptuales. ¿Para qué sirven?

De su formato original, como instrumento de análisis de datos en una investigación educativa, los mapas conceptuales han ampliado extensamente su utilidad como herramienta, así como sus ámbitos de aplicación.

Como muestra de su versatilidad, pueden citarse, entre los más dispares, los siguientes temas: nutrición (França et al, 2004), percepción de la imagen de Dios (Kunkel et al, 1999), la percepción de las causas del dolor lumbar (Knish, 1995; Knish y Calder, 1999), la construcción y mantenimiento de un entorno de aprendizaje basado en hipertexto (Graff, 2006), la percepción masculina de la mujer ideal (Gannon, 2003), la valoración de comportamientos funcionales (Fesmire et al, 2003), el análisis curricular de Física a la luz de la contrarreforma educativa en España (de Pro Bueno, 2001).

Los ámbitos de aplicación abarcan la investigación, la educación, la actividad profesional, la actividad empresarial y la personal entre otros muchos.

Su utilidad se ha desplegado enormemente al emplearse como herramienta en diferentes tipos de tarea. Como elemento organizador, los mapas conceptuales pueden utilizarse en la preparación de una sesión de clase, el planteamiento de un texto a redactar, la organización de una tarea, sesiones de lluvia de ideas, entre otros.

En el ámbito de la investigación científica, los mapas conceptuales son útiles por su capacidad de sintetizar el pensamiento recogido en una entrevista o para comparar cambios o evoluciones de pensamiento.

En el ámbito educativo, permiten su utilización como herramienta en dos procesos. Por un lado, el que realiza cualquier estudiante de forma

autónoma en un procedimiento cualquiera de aprendizaje y, por otro lado, el que implica un intercambio de ideas o conocimientos con otras personas, sin descartar combinaciones de ambos.

En los autoprocesos, a modo de ejemplo, la obligatoriedad de relacionar conceptos y etiquetarlos muestra al propio estudiante su nivel de comprensión sobre la materia que está aprendiendo. En efecto, en la fase inicial de su aprendizaje, el sujeto podrá introducir nuevos conceptos en su estructura; pero su incapacidad de relacionarlos, le obligará a retomar los textos o material didáctico empleado buscando estas relaciones. De esta forma se verá obligado a reflexionar y, en consecuencia, el propio mapa lo guiará en su tarea de estudio, obligando al aprendiz a sucesivas reediciones del mismo hasta el objetivo final de la comprensión.

Respecto a su utilización en el intercambio de ideas o conocimientos con otras personas, Shavelson (Shavelson et al, 2005) define los mapas conceptuales de forma excepcionalmente acertada cuando los cataloga como “ventanas al pensamiento”. En efecto, con un mapa conceptual un sujeto muestra de forma concisa lo que piensa respecto a un tema o materia, de forma que cualquier otro podrá visualizar su pensamiento y captar rápidamente sus ideas y conocimientos.

En esta línea, como herramienta didáctica entre alumno y profesor, los mapas conceptuales han demostrado su efectividad en diversas acciones como negociar significados (Novak y Gowin, 1984), detectar errores de comprensión o conceptos erróneos (Novak y Gowin, 1984; Kounba, 1994; Bartels, 1995), y resolver dudas, entre otras. Igualmente, su uso estimula la creatividad de los estudiantes en la confección de trabajos y permite al profesorado valorar la originalidad de los mismos (Angelo y Cross, 1993).

Finalmente, su utilidad en el intercambio de ideas conduce a la aplicación de los mapas conceptuales como instrumento de evaluación (Ruiz-Primo y Shavelson, 1997; Novak, 1998). El profesor puede ver, a través de esta ventana, el pensamiento de su alumno (Shavelson et al, 2005), observar su evolución y en consecuencia valorar su aprendizaje. De esta forma, França (França et al, 2004) los utilizó para observar y valorar el aprendizaje en el marco de la educación nutricional aplicada a pacientes obesos.

Sistemas de puntuación de los mapas conceptuales.

La tarea evaluadora puede aplicarse para medir conocimientos concretos o un proceso de aprendizaje. En el primer caso basta con una sola medida. En el segundo se hacen necesarias dos evaluaciones, una previa y otra posterior a la formación (ver *Evaluación del aprendizaje* en página 10).

La utilización de los mapas conceptuales como herramienta evaluadora conlleva la concreción de un sistema de puntuación. Existen dos tipos de valoración: la cualitativa y la cuantitativa.

La valoración cualitativa es común en la evaluación del aprendizaje de un alumno que ha recibido una formación y permite tener una impresión *clínica* de la comprensión conceptual del estudiante (Shavelson et al, 1994). Generalmente, se compara un mapa previo con uno posterior a la instrucción y se buscan diferencias en distintos elementos. Así, por ejemplo, França (França et al, 2004), realizó un estudio para evaluar el aprendizaje de pacientes obesos que recibieron una formación nutricional. Comparó los mapas pre y post valorando, por un lado, la naturaleza de los conceptos (los que generan diferentes enlaces, los supraordenados, los subordinados) y, por otro, el tipo de relación que establecen las etiquetas de enlace. Hay (2007), en un estudio sobre el aprendizaje superficial, profundo o nulo realizado con 12 estudiantes de postgrado, evaluó tres ítems: la aparición de conceptos nuevos en el segundo mapa, las evidencias de comprensión en los enlaces y la estructura global. En cambio Herl (Herl et al, 1996), en la parte cualitativa de su valoración, consideró el contenido semántico y la estructura organizativa.

La valoración cuantitativa es más detallada y por tanto más común a la hora de evaluar alumnos de un grupo-clase al final de una asignatura. Esta valoración admite dos metodologías: una valoración holística y una puntuación basada en el recuento de diferentes elementos del mapa. La primera (holística) evalúa la información que presenta el mapa en su conjunto (Trigwell y Sleet, 1990; Rafferty y Fleschner, 1993; Bolte, 1997; Kinchin y Hay, 2000). La segunda suele obtenerse como una combinación lineal ponderada de los elementos del mapa (Novak y Gowin, 1984; Liu, 1994; Allen, 2006). En algún caso, dicha puntuación resulta de la

contabilización de un único elemento, que suele ser el número de proposiciones válidas (Ruiz-Primo y Shavelson, 1997; Shavelson et al, 2005). Estas proposiciones pueden ponderarse en función de la validez o calidad de la proposición (Yin et al, 2005).

Como ejemplo concreto de criterio de puntuación, podemos mencionar el que Novak (Novak y Gowin, 1984) sugería cuando presentó los mapas conceptuales. Él propuso una tabla de pesos o puntos para los diferentes elementos de un mapa. El recuento de los eventos que aparecían de cada elemento permitió la suma ponderada que proporcionó la calificación del mapa. Así a cada proposición o enlace válido y significativo le atribuyó un punto, a cada nivel jerárquico cinco puntos, a cada conexión o enlace cruzado válido y significativo diez puntos, si el enlace cruzado era válido pero no relevante dos puntos y a los ejemplos válidos un punto. La puntuación global del mapa resultaba de la suma de todos los puntos. Finalmente para normalizar dicha puntuación sugería utilizar un mapa de referencia con el que establecer una proporción.

De este criterio se pueden destacar varias ideas importantes.

- **Rango de puntuación.** A cada mapa y en función del tema le corresponde un rango de puntuación (de 0 a 10 en la notación habitual). Si bien la puntuación mínima es evidente (cero), la máxima puede obtenerse de dos maneras: como la nota obtenida por el mejor de los alumnos o como la puntuación asignada a un mapa externo de referencia conocido como mapa experto (Liu, 1994; Ruiz-Primo y Shavelson, 1997; Shavelson et al, 2005; Yin et al, 2005; Allen, 2006). Dado que “a priori” no puede saberse si uno de los alumnos obtendrá la puntuación máxima, es necesario este valor de referencia del mapa experto para establecer el rango de puntuación. Este mapa lo realiza el profesor, o alguien entendido en la materia (en el caso de investigación educativa), adaptándolo al nivel exigido a los alumnos. De todas maneras, esta puntuación máxima tampoco resuelve definitivamente el problema, pues si un mapa es la representación de la estructura cognitiva del alumno, podría darse la circunstancia, contemplada por Novak en su criterio, que algún estudiante tuviera una puntuación superior a la del mapa experto.

- **Relevancia de la reconciliación integradora.** El criterio de Novak asigna mayor relevancia a la reconciliación integradora, al considerar los enlaces cruzados válidos y significativos como el elemento de mayor puntuación. Atribuye a dichos enlaces la representación de una labor creativa y reclama una especial atención a los mismos a la hora de valorar el mapa.
- **Irrelevancia de los conceptos.** El criterio de Novak no asigna puntuación a los propios conceptos. Si bien estos son uno de los pilares del conocimiento, también es cierto que su mera presencia, sin interrelaciones, implica aprendizaje memorístico y no significativo.

Criterios de corrección hay tantos como metodologías de construcción de mapas. Allen (2006) y Austin (Austin y Shore, 1995), en el caso de mapas de baja dirección (libres o casi libres), obtienen la puntuación como una combinación lineal ponderada del recuento de elementos del mapa, normalizando a un mapa experto. Sobre esta estructura de base, en la bibliografía encontramos algunas variantes:

- considerar los enlaces no válidos, es decir los que generan proposiciones no válidas, como puntuaciones negativas
- ponderar de forma diferente las proposiciones en función de su relevancia y significado (Ruiz-Primo y Shavelson, 1997)
- no puntuar enlaces que no estén etiquetados (Hay, 2007)

En este tipo de mapas, el mapa experto se utiliza como criterio para determinar si los enlaces son válidos o no.

En los casos de máxima direccionalidad, donde al alumno sólo se le permite elegir y rellenar, la puntuación se restringe a contar aciertos o fallos del elemento a completar (Ruiz-Primo et al, 2001). En algún caso esta tarea se asimila casi a una prueba test. Así lo hizo Schau (Schau et al, 1999) utilizando la técnica de seleccionar y rellenar nodos vacíos a partir de una lista de conceptos posibles. Schau numeró los huecos y los conceptos de la lista y solicitó a los alumnos que rellenaran los nodos, contestando en una hoja de respuestas de prueba objetiva de respuesta múltiple. Consideró cada hueco numerado como una pregunta del test y la lista de conceptos como las respuestas posibles. Evidentemente, la corrección de dicha prueba se realizó por medios informáticos de forma sencilla y sin

problemas de normalización, pues la puntuación era un porcentaje de respuestas correctas. En estos casos el mapa experto se utiliza como patrón del que se borran los enlaces o nodos que el estudiante deberá rellenar.

¿Puede un mapa conceptual evaluar el aprendizaje significativo?

Dado que un mapa conceptual es la representación gráfica de la estructura cognitiva de una persona, y el aprendizaje significativo es aquel que modifica y mejora dicha estructura cognitiva, parece evidente que los mapas conceptuales son potencialmente una importante herramienta evaluadora del aprendizaje significativo.

Como instrumento de observación del proceso de aprendizaje se precisan dos mapas como mínimo, uno previo a la formación y otro posterior. El mapa conceptual previo a la instrucción del alumno nos muestra su estructura cognitiva preexistente, la esencia del aprendizaje, lo que el alumno ya sabe. A su vez, nos sirve de punto de comparación para determinar la evolución del aprendizaje significativo del alumno tras el proceso de formación.

Los mapas conceptuales también son útiles para detectar la fase de aprendizaje en que se encuentra el alumno. En primer lugar podemos observar que la inclusión de nuevos conceptos generará un mapa de mayores dimensiones, pero sin un aumento ostensible de las interrelaciones. En segundo lugar, la diferenciación progresiva nos dará un mapa con conceptos más refinados y un incremento en el número de proposiciones. Finalmente, en tercer lugar, se podrá observar la reconciliación integradora pues el aprendiz encontrará enlaces entre conceptos separados y empezará una secuencia de referencias cruzadas dentro del mapa. Estos enlaces cruzados en el mapa son esclarecedores para el sujeto, pero enturbian la claridad del mapa; es por ello que el alumno al concluir esta última fase seguramente decidirá rehacer su mapa para aumentar la claridad del mismo, generando así el mapa que hará evidente el aprendizaje significativo.

Para constatar la asimilación final del conocimiento, basta un solo mapa al final del período de instrucción. Este único mapa discrimina igualmente

entre alumnos pues si dos personas diferentes son sometidas a un mismo proceso de aprendizaje crearan mapas diferentes. Como mínimo, sus estructuras cognitivas preexistentes son diferentes. Por tanto no hay dos mapas conceptuales propios que sean iguales y tampoco existirá un mapa conceptual “correcto” de un tema, sino que cada individuo tendrá el suyo propio (Moreira 1988). Esta peculiaridad de los mapas debe permitir detectar la falta de originalidad en algunas pruebas o trabajos, convirtiéndose en una herramienta valiosa en el entorno universitario actual (Blanch et al, 2006).

Validez y fiabilidad de un mapa conceptual para evaluar el aprendizaje significativo

La potencialidad de los mapas conceptuales como herramienta evaluadora del aprendizaje significativo no es suficiente, es necesario constatar su validez y fiabilidad para observar la estructura cognitiva.

Novak (Novak y Gowin, 1984) cuando presentó los mapas conceptuales, ya apostó por su utilización como herramienta evaluadora del aprendizaje significativo llegando incluso a sugerir un criterio de puntuación (ver *Métodos de puntuación de los mapas conceptuales* en página 24), pero dejaba para futuras investigaciones la comprobación de su validez y fiabilidad. Muchos investigadores posteriores (Moreira, 1985; Wallace y Mintzes, 1990; Ross y Mundy, 1991; Gaffney, 1992; Fleener y Marek, 1992; Roth, 1992) utilizaron este criterio en sus trabajos, pero sin analizar la validez y fiabilidad del instrumento. En 1994, Liu (1994) apuntaba que en pocas ocasiones se habían estudiado ambos parámetros, y Shavelson (Shavelson et al, 1994) denunciaba que hasta la fecha no se había abordado este análisis de forma directa.

En los años 90, Ruiz-Primo (Ruiz-Primo y Shavelson, 1996), McCloure (1999) y Schau (Schau et al, 1997; Schau et al, 2001) ya dieron alguna evidencia de su validez en la representación del conocimiento. Posteriormente, Kinchin (2000) mostró que un análisis cualitativo de los mapas conceptuales revelaba diferentes patrones de conocimiento y comprensión. Más tarde, Lavigne (2005) en un estudio sobre la utilización de la tarea de clasificar problemas como herramienta evaluadora de alumnos, refirió que los mapas conceptuales le permitieron identificar qué

parte de la estructura cognitiva y qué relaciones conceptuales habían utilizado los alumnos en dicha tarea.

Pero no fue hasta el 2005 cuando Shavelson (Shavelson et al, 005) pidió a sus alumnos que pensarán en voz alta mientras construían los mapas. Esta información se grabó y de su análisis se pudo constatar que el mapa reflejaba lo que el estudiante pensaba proporcionando una evidencia válida de la relación entre mapa y estructura cognitiva. Esta certidumbre le llevó a designar los mapas como ventanas al conocimiento del alumno.

Se hace necesario también reflexionar sobre su fiabilidad. Ésta está supeditada a conseguir un alto grado de convergencia entre los correctores. Pero este no es un objetivo sencillo. Para conseguirlo debe definirse con claridad el instrumento de medición y establecer el criterio de valoración o puntuación a utilizar. Éste debe consensuarse previamente entre los correctores acordando criterios de decisión sobre posibles incidencias. Una vez finalizada la corrección, se discute sobre el enfoque a las situaciones no contempladas inicialmente en el criterio y se llega a un acuerdo. De esta forma se puede llegar a conseguir un alto grado de coincidencia en las puntuaciones finales de los correctores que otorga la fiabilidad buscada a esta herramienta. En esta línea, Ruiz-Primo (Ruiz-Primo et al, 2001) encuentra que el error introducido por los correctores es despreciable, Yin (Yin et al, 2005) consigue un acuerdo total y Shavelson (Shavelson et al, 2005) concluye que se puede conseguir una consistencia entre diferentes jueces aunque las valoraciones sean complejas.

Por otro lado, Novak (1998) expone que en caso de disponer de un único corrector, la fiabilidad queda comprobada con la correlación entre las valoraciones de una misma prueba repetida tras un período de tiempo, siempre que se pueda garantizar que el nivel de conocimiento entre pruebas no se ha alterado.

Correlación de mapa conceptual con otros métodos de evaluación.

El estudio de la validez de los mapas conceptuales como herramienta evaluadora ha llevado a buscar correlaciones con otros métodos de evaluación del conocimiento, siendo el más frecuente la prueba objetiva de

respuesta múltiple, quizás por ser ésta la más extendida en el entorno educativo. Las correlaciones encontradas varían en función del autor, de la metodología de puntuación de los mapas y de la tarea asignada para obtener los mismos. En los casos en los que se ha observado correlación, los coeficientes obtenidos están entre el 0,40 y el 0,70.

Inicialmente, Novak (Novak et al, 1983) y Trigwell (Trigwell y Sleet, 1990) encontraron correlaciones muy bajas entre los mapas conceptuales y los test estándar. Posteriormente, Schau (Schau et al, 1999) refirió correlaciones entre el 0,40 y el 0,60 (Rice et al, 1998; Ruiz-Primo et al, 2001) para test de respuesta múltiple que aumentan a 0,65 y 0,85 cuando la puntuación de mapas conceptuales se estandariza (Rice et al, 1998). Shavelson (Shavelson et al, 2005) también comparó los mapas con este tipo de pruebas objetivas obteniendo correlaciones entre 0,37 y 0,53 en función de si los mapas eran libres o simplemente rellenaban huecos de un mapa experto.

No obstante, otros autores ponen en duda estas comparaciones, al considerar que test de respuesta múltiple y mapas conceptuales miden diferentes aspectos del aprendizaje (McClure y Bell, 1990; Novak et al, 1983), si bien Ruiz-Primo (Ruiz-Primo y Shavelson, 1997) concluye que miden aspectos solapados y diferentes del conocimiento.

Los mapas conceptuales también han sido comparados con pruebas de resolución de problemas. Así Austin (Austin y Shore, 1995), utilizando mapas, equiparó la resolución de problemas a un paso con el aprendizaje memorístico y en múltiples pasos con el significativo. Al comparar elementos de los mapas con los resultados de la resolución de problemas a N pasos encontró correlación entre el número de enlaces (0,71), el número de enlaces ponderado (0,80) y el número de enlaces buenos (0,82).

Shavelson (Shavelson et al, 2005) también los comparó con pruebas de lectura, resultando la correlación de 0,53. Bolte (1997) acompañó los mapas con un redactado explicativo y los puntuó conjuntamente, encontrando correlaciones entre 0,61 y 0,83 con exámenes finales de test.

Asimismo, França (França et al, 2004), en su estudio sobre el aprendizaje de pacientes obesos en un curso de nutrición, correlacionó los mapas conceptuales obtenidos de las entrevistas con los pacientes con unas

pruebas test psicológicas a los que se habían sometido previamente. La correlación con los elementos seleccionados, número de conceptos y número de enlaces, resultó infructuosa.

A parte de las comparaciones entre diferentes pruebas evaluativas, los investigadores también han intra-relacionado los mapas, buscando correlaciones entre sus diferentes formas de creación y puntuación. Ruiz-Primo (Ruiz-Primo et al, 2001) enfrenta dos técnicas CONSTRUIR y RELLENAR, concluyendo que no son equivalentes. También Shavelson (Shavelson et al, 2005) compara tres metodologías: mapas libres, dos modos de rellenar nodos y dos de rellenar enlaces. Los métodos de rellenar nodos se mostraron equivalentes entre sí, tanto como los de rellenar enlaces; sin embargo las correlaciones entre mapas libres y las técnicas de rellenar oscilaron entre 0,40 y 0,47.

Problemática de los mapas conceptuales utilizados como herramienta evaluadora.

La utilización de los mapas conceptuales como herramienta evaluadora no está exenta de dificultades. Inherente a cualquier prueba, existe un supuesto sustrato de competencias procedimentales que influye en los resultados de la prueba. Así la habilidad de redacción será concluyente en las pruebas de preguntas cortas o temas a desarrollar, la comprensión lectora será importante en las pruebas objetivas y, en ambas, el dominio del lenguaje será crucial. Una habilidad especial en dichas técnicas puede mejorar la puntuación, mientras que una insuficiencia en las mismas puede aminorar estos resultados. Así Baker (Baker y Niemi, 1991) encontró evidencias de que los conocimientos reales sobre historia de algunos alumnos no quedaban reflejados en sus redacciones, dado que los conocimientos demostrados en sus trabajos multimedia eran muy superiores.

En el caso de los mapas conceptuales, la principal problemática es la necesidad de dominar la técnica de construcción de los mismos. Novak (1991c) expone que no podemos evaluar a alumnos con una herramienta que jamás han visto con anterioridad. Además, algunos autores (Schau y Mattern, 1997) sostienen que para que un alumno pueda reflejar su aprendizaje significativo en un mapa conceptual, debe tener un alto grado

de conocimientos. Es por ello que proponen la técnica de rellenar un mapa como alternativa a su creación libre. No obstante, esta alta direccionalidad, en la que la estructura del mapa no es la del estudiante sino la del profesor, pone en entredicho la representatividad del pensamiento del alumno en dicho mapa (Schau et al, 1999). Por lo tanto, se presenta un conflicto o divergencia, cuanto menos domine la técnica el aprendiz más ayudas deberá tener en la ejecución del mapa y, por tanto, este se alejará más de su representación mental. Y viceversa, cuanto mayor sea su dominio de la técnica, menores serán las ayudas y el mapa reflejará más fielmente su pensamiento.

A la hora de solicitar al alumno que cree sus propios mapas para valorar su aprendizaje, se plantea la duda de si el alumno debe o no haber trabajado con mapas antes de la evaluación. Los investigadores han desarrollado proyectos en ambas situaciones: el desconocimiento absoluto de la técnica de mapas conceptuales y la experiencia reiterada en el uso de los mismos.

Los proyectos en que se presupone que el alumno desconoce los mapas conceptuales, se abordan de dos formas: con un plan de formación previo o con mapas de alta direccionalidad.

Los planes de formación que aparecen en la bibliografía son de diferentes tipos y su duración oscila entre unos minutos y unos días. Así, Liu (1994) y Enger (1996) realizaron un curso exhaustivo de varios días. Mientras que Bolte (1997), Ruiz-Primo (Ruiz-Primo y Shavelson, 1997), Lavigne (2005) y Yin (Yin et al, 2005) dedicaron una única sesión. En el caso de Lavigne se realizó a distancia con una carpeta de documentos y trabajos. Para una sesión de 50 minutos, Ruiz-Primo (Ruiz-Primo y Shavelson, 1997) propuso una metodología basada en 4 partes: introducción a los mapas conceptuales, metodología de construcción; un ejercicio individual de creación de un mapa con 9 conceptos; discusión y fórum. Esta didáctica la han utilizado también Yin (Yin et al, 2005) y Lavigne (2005) entre otros.

Herl (Herl et al, 1996) realizó la instrucción en una única sesión de 20 minutos previa a la prueba. La formación más corta la hizo Austin (Austin y Shore, 1995) que dedicó tan sólo unos instantes a explicar qué se pedía en la prueba. No obstante, en este último caso los estudiantes protestaron

pues los aventajados no sabían cómo organizarse y los menos diligentes no sabían por dónde empezar

Finalmente, Schau (Schau et al, 1999), planteó que el período de formación puede ser tedioso y frustrante. Manifiestó que por esta razón algunos estudiantes y profesores prescinden del uso de los mapas.

En muchos casos, al final del curso de formación en mapas conceptuales, los instructores o investigadores verificaron el nivel técnico alcanzado, descartando de la investigación aquellos que no llegaron al nivel requerido. Ello pone de relieve la importancia que se atribuye al dominio de la técnica de construcción de mapas.

En la otra alternativa, los proyectos de mayor direccionalidad, los alumnos pueden ignorar la idea de mapa conceptual pues simplemente se les pide que rellenen nodos o enlaces en un diagrama. Las instrucciones que se acompañan, de hecho, son las propias de la construcción de un mapa conceptual. En estos casos, el investigador también suele evaluar si el alumno entiende la tarea encomendada, pues desestima a los que no presentan suficiente destreza. Así, Schau (Schau et al, 1999) descarta de su proyecto a los que rellenan menos del 75% de las respuestas y contestan incorrectamente un nodo que era obvio. Los inconvenientes que surgen son, por un lado, si estos descartes crean un sesgo en los resultados, y por otro la incongruencia que representa eliminar la evaluación de un alumno por estas razones.

Si bien el uso de los mapas conceptuales como instrumento evaluador conlleva problemas debido al desconocimiento de la técnica, su utilización reiterada tampoco está exenta de inconvenientes. El uso repetido tiene lugar cuando los mapas se emplean como herramienta didáctica durante el curso tanto en la exposición del maestro como en los ejercicios del alumno. En efecto, si los mapas los proporciona el profesor se pueden presentar dos circunstancias: a) que el mapa sea de difícil comprensión y no ayude a aprender al alumno (Moreira, 1980), o b) que sencillamente los profesores enseñen para la prueba (Shavelson et al, 1994). En el primer caso el estudiante tiende a memorizar el mapa para el examen, con lo que los mapas serían contraproducentes en su intento de mejorar el aprendizaje significativo del alumno. En el segundo, el profesor decide presentar un mapa experto de cada materia y exige a sus estudiantes memorizarlo. En

todos los casos, la situación creada iría en contra de la filosofía del aprendizaje significativo y, por tanto, la aplicación de los mapas conceptuales como instrumento evaluador del mismo. Así pues, la posibilidad de una enseñanza inapropiadamente orientada a la prueba existe y debe ser tenida en cuenta.

Para permitir la coexistencia de los mapas como elemento didáctico y evaluador, Novak (1998) propone que los mapas los realice siempre el alumno con un grupo de 10 a 20 conceptos, y que en la prueba final se le faciliten un conjunto de 10 conceptos no utilizados previamente en el aula.

1.2. Introducción a la investigación

En la utilización de los mapas conceptuales como herramienta de evaluación del aprendizaje significativo se plantean dos aspectos: el desconocimiento de la técnica y la utilización del olvido como elemento discriminador.

El desconocimiento previo sobre mapas conceptuales en el proceso evaluador plantea dificultades, como ya se ha mencionado (ver *Problemática de los mapas conceptuales utilizados como herramienta evaluadora* en página 30). Se han realizado experiencias con profanos utilizando metodologías muy directivas como rellenar nodos o enlaces en un mapa experto. Schau (Schau et al, 1999) ensayaba rellenar nodos o enlaces pero eligiendo entre un listado propuesto. Las respuestas eran tan acotadas que se podían dar en una hoja de corrección de pruebas test de respuesta múltiple. Esto facilitaba la corrección a gran escala. No obstante, la alta direccionalidad utilizada invalida el mapa como imagen de la estructura cognitiva del alumno.

Basándose en la técnica del olvido como elemento diferenciador del aprendizaje significativo, Costa (Costa et al 2002) realizaron un estudio con pruebas test, utilizando la Taxonomía de Bloom (ver *Evaluación del aprendizaje significativo en el entorno universitario* en página 13). Estos

autores repartían las preguntas de forma proporcional entre los tres primeros niveles. A una muestra de 35 estudiantes de diferentes diplomaturas de Ciencias de la Salud se les repitió la misma prueba evaluativa de la asignatura de Biología. Las pruebas curriculares se realizaron antes del verano, y la prueba re-test se realizó una vez iniciado el siguiente curso. Los resultados mostraban una persistencia en las respuestas a las preguntas de los niveles 2 y 3, niveles que implican un cierto grado de comprensión y por ende de aprendizaje significativo. Por el contrario en las de nivel 1, que corresponden al aprendizaje memorístico, empeoraron sus calificaciones. No obstante, al ser una prueba test sigue teniendo la problemática de este tipo de pruebas (la direccionalidad de las respuestas y la comprensión de las preguntas por parte del alumno)

Yin (Yin et al, 2005) utilizó también la técnica re-test con un grupo de 92 alumnos. Buscaba equivalencias entre dos técnicas de mapas conceptuales: *Crear* y *Seleccionar*. Ambas utilizaban un mapa experto como referencia eliminando las etiquetas de los enlaces. La técnica de *Crear* pedía al alumno que rellenara los enlaces con sus propias palabras, mientras que en la técnica de *Seleccionar* el alumno debía escoger las etiquetas entre una lista que se proporcionaba. En la primera intervención solicitó a la mitad de sus alumnos que hicieran un mapa conceptual *creando* enlaces y a la otra *seleccionando* enlaces. Siete semanas después, sin haber existido instrucción sobre la materia a examinar, repitió la intervención pero redistribuyendo los grupos de *Crea* y *Selecciona*, de forma que la misma cantidad de alumnos hiciera una de las 4 combinaciones posibles (*Crea-Crea*, *Crea-Selecciona*, *Selecciona-Crea*, *Selecciona-Selecciona*). Yin encontró correlaciones altas principalmente en aquellas situaciones en que primera y segunda intervención utilizaban la misma técnica. Concluye que la técnica de *Crear* parece medir mejor el aprendizaje significativo, mientras que la técnica de *Seleccionar* permite una corrección más rápida. No obstante la utilización de un mapa experto como plantilla cuestiona el hecho de que los mapas reflejen lo que el alumno piensa.

En relación al sistema de puntuación de los mapas no existe en la bibliografía un consenso sobre un sistema de corrección único. Novak (Novak y Gowin, 1984) propone un criterio de puntos basado en otorgar una calificación global al mapa como la suma de los puntos atribuidos a los diferentes componentes o parámetros del mapa (número de enlaces,

número de proposiciones, número de conceptos, número de jerarquías,...). Este criterio se ha aplicado en múltiples ocasiones con toda la variedad imaginable de retoques.

Otros autores (Trigwell y Sleet, 1990; Kinchin y Hay, 2000; Rafferty y Fleschner, 1993) proponen la valoración holística como método de puntuación. En ella se valora el contenido del mapa sin atender a sus detalles, puntuándolo como si se tratara de una prueba escrita abierta. Kinchin y Hay además proponen una puntuación de 1 a 5 basada en la estructura del mapa (radial, en cadena o red).

Por último, sólo algunos trabajos estudian la relación entre ambas notas (holística y obtenida por suma de puntos), y buscan cuáles son los principales parámetros que influyen en la calificación global del mapa. Trigwell (Trigwell y Sleet, 1990), con una muestra de 19 alumnos, considera únicamente el parámetro de proposiciones válidas y encuentra una correlación de 0.89 con la nota holística. Por otro lado, Fernandez (1995) considera más componentes en la puntuación del mapa: número ramificaciones, jerarquía de conceptos, número conceptos válidos, número de proposiciones válidas; número de jerarquías y número unidades cerradas. La puntuación sobre jerarquía de los conceptos se realiza en un rango discreto de 0 a 5 en función del número de conceptos correctamente ordenados agrupados por intervalos. Una regresión múltiple con los resultados de una prueba escrita muestra como parámetro más relevante el número de proposiciones ($r^2 = 0.42$). No obstante, Fernandez propone la obtención de la puntuación del mapa como una función de la jerarquía de los conceptos y el número de proposiciones válidas, especialmente en aquellos casos en que el alumno desconozca la técnica de creación de mapas.

Experiencias piloto: el dominio de la técnica se convierte en problema.

Con anterioridad al presente estudio se han realizado dos pruebas piloto, siempre con los conocimientos de Mecánica como materia de evaluación y ubicados en la Escola Universitària d'Infermeria i Fisioteràpia Blanquerna de la Universitat Ramon Llull.

En el primero, en 1997, cuando los mapas aún no habían demostrado su validez y fiabilidad, el objetivo era comprobar estos parámetros en la utilización de los mapas conceptuales como herramienta evaluadora del aprendizaje significativo en Mecánica de alumnos que cursaban las asignaturas de Fonaments Físics de la Fisioteràpia y *Seminari de Fisioteràpia*, ambas de primer curso de la diplomatura de Fisioterapia. La primera se impartía con el grupo clase completo (aproximadamente 80 alumnos) y la segunda en grupos reducidos del orden de 15 alumnos por profesor. El presente doctorando era uno de los profesores de dicho seminario y había sido profesor de la asignatura de Física en cursos anteriores.

En este proyecto, los estudiantes recibieron un curso de formación de 4 horas en el entorno de una asignatura de seminario con grupos reducidos de 15 alumnos por profesor. La formación consistió en una clase magistral de 1 hora de duración en la que se presentó la técnica y 3 horas posteriores en que se realizaron un conjunto de ejercicios. Estas cuatro horas se realizaron mediado el segundo cuatrimestre, mientras se impartía la asignatura de Física. La prueba final curricular consistió en la elaboración de dos mapas conceptuales. Se solicitó la colaboración como correctores a dos profesores de la asignatura de Física de primer curso con objeto de controlar la fiabilidad de la prueba correlacionando las valoraciones de los tres correctores, los dos colaboradores y el presente doctorando.

No se pudieron obtener resultados pues la colaboración de los profesores no se hizo efectiva, aunque sí se recogieron las opiniones de los estudiantes que suspendieron, los cuales atribuyeron dicho suspenso a la falta de dominio de la técnica de confección de los mapas: “¿Pero el examen era de Física o de mapas conceptuales?” argumentaban en su mayoría.

En 2005, una vez se observó la validez y fiabilidad de los mapas como herramienta evaluadora, el presente doctorando abordó la necesidad de formación previa de los alumnos. La confección de un mapa se puede reducir en esencia a tres pasos: a) recopilar un conjunto de conceptos relacionados con el tema del mapa, b) ordenarlos jerárquicamente de más generales a más concretos, y c) disponerlos en un plano, respetando la jerarquía, y enlazarlos con etiquetas. Estos tres pasos bien pueden considerarse tres ejercicios encadenados en una prueba. El presente

doctorando así lo dispuso y efectuó una prueba piloto con alumnos de primer curso de la *Diplomatura de Fisioteràpia* que cursaban la asignatura de *Fonaments Físics de la Fisioteràpia*. En la última sesión de clase se informó del proyecto y al concluir la prueba final de dicha asignatura, se les pidió su colaboración. Esta consistía en la realización de dos mapas abiertos de temas diferentes, consistiendo cada mapa en 3 ejercicios simples: a) seleccionar libremente hasta 7 conceptos de una lista proporcionada, b) ordenarlos jerárquicamente, y c) construir proposiciones con los conceptos escogido enlazándolos con etiquetas y respetando la jerarquía. Dado que la prueba era voluntaria, el alumno podía abandonar en el momento que lo deseara, indicándolo así en el ejercicio. De una población de 220 alumnos se recogieron 15 colaboraciones, de las cuales 14 abandonaron por cansancio, argumentando que el ejercicio era en exceso complejo y tedioso, esencialmente en la parte de crear la lista de conceptos. El estudiante que completó la prueba manifestó igualmente que ésta fue la parte más molesta.

En base a los estudios pilotos realizados se constata la necesidad de elaborar una metodología de construcción de mapas conceptuales respetuosa con el libre albedrío del alumno, para garantizar la representatividad de su conocimiento, que no requiera formación previa y que ponga de relieve la esencia del conocimiento, que es la estructura manifestada como proposiciones. Así esta metodología deberá primar los enlaces entre conceptos por encima de los conceptos mismos. A su vez, se requerirá un procedimiento de puntuación que permita una corrección automática o casi automática posibilitando la evaluación a gran escala.

1.3. Objetivos de la investigación

Los objetivos de la presente investigación son:

1. Comprobar que los mapas conceptuales son una buena herramienta de evaluación del aprendizaje significativo del alumno universitario en

ciencias aún cuando éste desconozca la metodología de su construcción.

Los mapas ya han demostrado su efectividad, validez y fiabilidad como herramienta evaluadora del aprendizaje del alumno. En los trabajos se hace evidente, y así se ejecuta, la necesidad de una formación previa del estudiante. En consecuencia, el mapa queda invalidado como instrumento para aquellos que desconozcan la técnica. Esta circunstancia es frecuente en la población estudiantil universitaria, dada la poca implementación de esta técnica en este entorno. No obstante, las instrucciones para realizar un mapa libre son sencillas e incluso podrían constituir diferentes partes de un ejercicio. Así el presente doctorando pretende comprobar que existe una metodología de creación de mapas conceptuales que permita a un alumno profano construir un mapa, con el fin de evaluar su aprendizaje significativo. Esta metodología debe realizarse sobre mapas conceptuales libres, para no desvirtuar la validez de la prueba.

2. Diseñar un método de valoración cuantitativo de mapas conceptuales basado en parámetros de fácil contabilización.

La utilización de los mapas conceptuales como herramienta evaluadora del aprendizaje significativo de gran cantidad de alumnos, requiere un método de puntuación ágil, rápido y eficiente. El presente doctorando pretende comprobar la existencia del mismo, basándolo en unos principios de sencillez y operatividad que permitan en un futuro una corrección con medios informáticos con la mínima intervención del profesor

3. Validar y verificar la fiabilidad del método de valoración.

Es evidente que cualquier método que lleve implícita o explícitamente la realización de una medida deberá ser

sometido a un proceso de análisis para verificar la validez y fiabilidad del mismo.

En nuestro caso, la medida tendrá validez siempre que sus resultados corroboren las conclusiones teóricas del aprendizaje significativo, a saber, que éste altera la estructura cognitiva y que por tanto presenta una persistencia altamente superior a otros tipos de aprendizaje.

Por otro lado, también analizaremos la fiabilidad de la medida realizando sucesivas pruebas, separadas en el tiempo, a los mismos estudiantes. El instrumento demostrará su fiabilidad si los alumnos no han utilizado ni repasado los conocimientos de los que se evalúan y si las medidas realizadas en dichas pruebas son concordantes (Novak, 1998).

2. MÉTODOS Y TÉCNICAS

2.1. Introducción

En el presente estudio se utiliza una metodología de creación de mapas conceptuales adaptada a alumnos profanos en el uso de dicha metodología para valorar su aprendizaje significativo. Los mapas así generados son evaluados mediante una nota Holística que valora el mapa en su conjunto como si se tratase de una prueba de desarrollo o redacción. Se aplica esta metodología para realizar una prueba sobre conocimientos globales (preexistentes e invariables). Esta prueba se repite en tres intervenciones dilatadas en el tiempo. La persistencia de esta nota Holística obtenida en las tres intervenciones da muestra de la validez y fiabilidad de la metodología.

Se repite el mismo protocolo (metodología de creación y corrección de mapas) para valorar el aprendizaje significativo de conocimientos específicos (enseñados en un proceso de formación). Del mismo modo, la persistencia de la nota Holística de estos mapas obtenida en las tres intervenciones corrobora la validez y fiabilidad de la metodología propuesta.

Los mismos conocimientos específicos son valorados de forma paralela mediante una prueba objetiva (test de verdadero/falso). La no persistencia de las notas en las tres intervenciones será indicativa de que no se mide aprendizaje significativo.

Paralelamente, en el presente estudio, se utiliza dos sistemas de puntuación paramétricos: Pronosticado y Simplificado. Estos sistemas se basan en el recuento de parámetros objetivables de los mapas y se deducen del análisis de las notas Holísticas obtenidas. Igualmente se analiza la persistencia de dichas notas en el tiempo como índice de la validez y fiabilidad de los mismos. De forma complementaria se realiza un análisis comparativo entre las notas obtenidas con los tres sistemas de puntuación (Holística, paramétrica Pronosticada y paramétrica Simplificada) de los mapas conceptuales.

2.2. Hipótesis

2.2.1. Hipótesis general

Los mapas conceptuales constituyen una herramienta evaluadora del aprendizaje significativo en ciencias del alumno universitario, aun cuando este desconozca la técnica de construcción de los mismos.

2.2.2. Hipótesis concretas

1. Las medidas holísticas con la metodología utilizada se muestran estables en el tiempo, en cambio las medidas con el test, no.
2. Es posible encontrar una medida Pronosticada en función de los parámetros más significativos del mapa conceptual que presenta un comportamiento similar a la puntuación Holística.
3. Es posible encontrar una dependencia Simplificada a partir de parámetros objetivos del mapa conceptual equivalente a las anteriores y con un comportamiento similar.

2.3. Diseño de la investigación

2.3.1. Justificación del diseño

Objetivo 1: *Comprobar que los mapas conceptuales son una buena herramienta de evaluación del aprendizaje significativo del alumno universitario en ciencias aún cuando éste desconozca la metodología de su construcción*

Hasta ahora todos los estudios supeditan la valoración de una prueba con mapas conceptuales a que el alumno tenga un cierto conocimiento sobre la metodología. Schau (1999) intenta eliminar esta dependencia aplicando una técnica de “selecciona y rellena” conceptos y enlaces que se habían eliminado de un mapa experto. Esta direccionalidad en la creación del mapa no permite observar la estructura cognitiva del estudiante.

Esta investigación presenta una metodología adaptada de creación de mapas conceptuales que permita a un alumno profano la concreción de un mapa con fines puramente evaluativos. Con esta técnica los resultados del alumno son independientes de la experiencia del estudiante con esta metodología. El mapa obtenido debe ser libre para recoger lo que el alumno piensa, pero se realiza de forma dirigida para que no necesite conocimientos previos.

En un estudio piloto se ensayó una técnica similar orientada a recoger las proposiciones que se derivan de un mapa sin tener que llegar a dibujarlo. Muy pocos voluntarios finalizaron las tareas solicitadas pues, según manifestaron, la tarea les resultó tediosa y complicada.

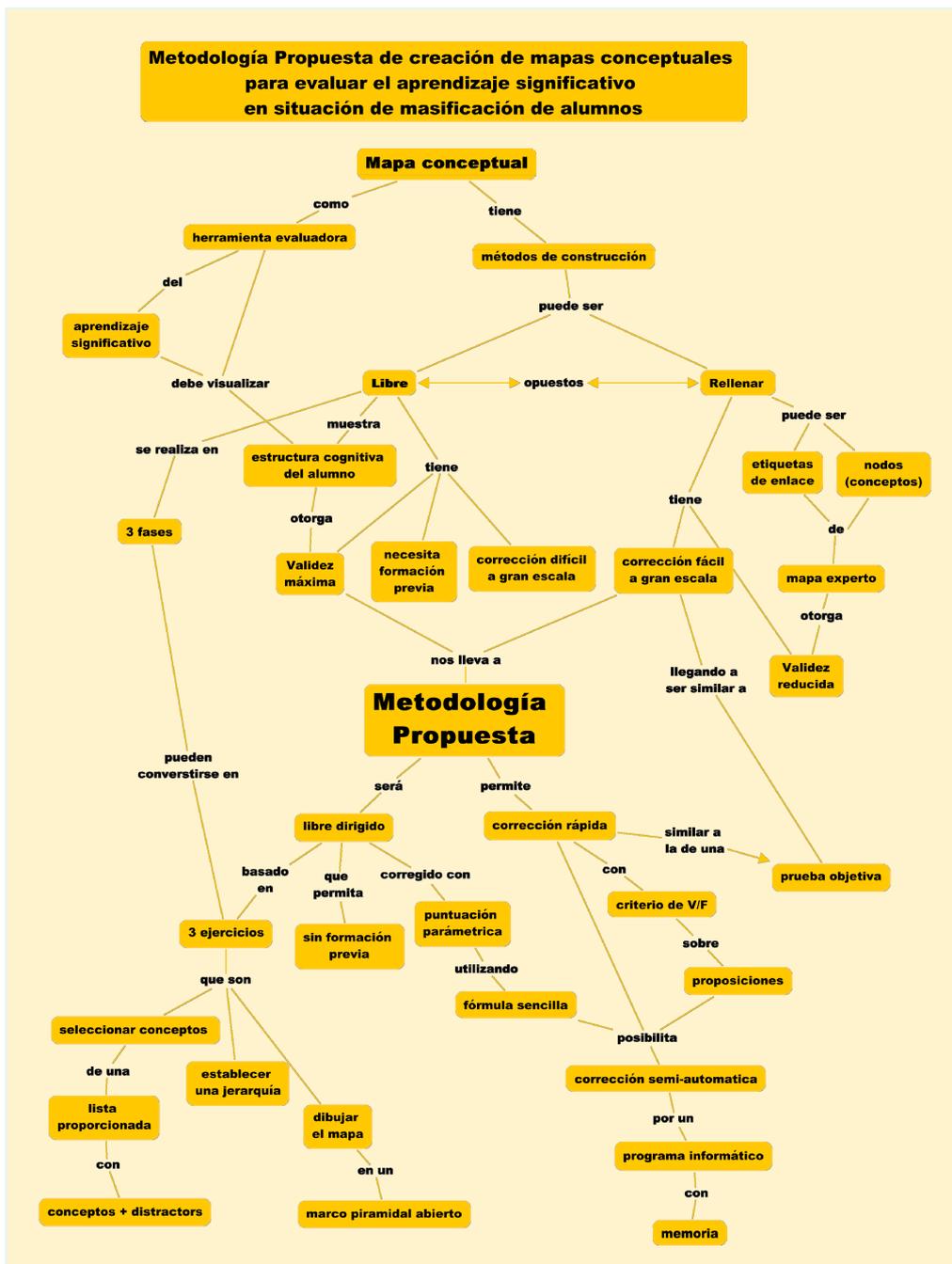


Figura 3. Metodología de creación de mapas conceptuales adaptada a profanos. Contextualización.

Hipótesis 1: *Las medidas holísticas con la metodología utilizada se muestran estables en el tiempo, en cambio las medidas con el test, no.*

El aprendizaje significativo se diferencia del memorístico en que es resistente al olvido, de forma que cualquier sistema de valoración del primero deberá proporcionar puntuaciones estables en el tiempo. Diferentes autores (Hagerman, 1966; Helms y Novak, 1983; Novak y Gowin, 1984; Novak, 1987; Novak y Abrams, 1993) otorgan diferentes tiempos al olvido de lo que se ha memorizado. Para materias escolares oscila entre los 15 días y unas semanas, pero en ningún caso se superan los 60 días.

En este estudio los mapas obtenidos con la metodología propuesta se puntúan de forma Holística, valorando el conjunto de la información presentada sin atender a los detalles. La persistencia de las puntuaciones holísticas obtenidas en periodos superiores a 60 días se utiliza como índice de la validez de esta técnica para medir este tipo de aprendizaje.

Como medida comparativa se recogen las puntuaciones de una prueba objetiva. En la literatura consultada no existe una uniformidad de criterio sobre el tipo de aprendizaje que miden estas pruebas. Por ello, se estudia igualmente la persistencia de estas medidas para determinar su validez en la valoración del aprendizaje significativo.

La fiabilidad de un sistema de puntuación se demuestra cuando diferentes correctores asignan notas idénticas a una misma prueba. Para el caso en que sólo existe un corrector, Novak (1998) propone una forma alternativa de mostrar la fiabilidad: repetir la misma prueba a un mismo individuo separada en el tiempo. El hecho de que el corrector asigne la misma nota a estas pruebas es indicador de la fiabilidad del sistema de puntuación, siempre que pueda garantizarse que los conocimientos del individuo que se evalúan no se han alterado entre las pruebas. Es decir, la persistencia de las notas del corrector es un índice de fiabilidad. Este proyecto, debido a los malos resultados de proyectos anteriores en que existían tres correctores, se ha optado por uno sólo. Por ello se repiten las mismas pruebas evaluadoras en tres fechas dilatadas en el calendario para medir la fiabilidad en los supuestos de Novak.

Para garantizar que la persistencia de las puntuaciones en el tiempo mide la validez y fiabilidad se debe asegurar la invariabilidad de los conocimientos evaluados. Es por ello que se han seleccionado dos tipos: los específicos de la asignatura, que pueden sufrir una variabilidad importante, y los globales o de cultura general, que son residentes e invariables en el periodo entre las intervenciones. Los conocimientos globales son los elementos de control que informan sobre la validez y fiabilidad para medir el aprendizaje significativo de la metodología adaptada y su puntuación holística. Los específicos informan de la validez y fiabilidad en los temas propios de la asignatura.

Objetivo 2: *Diseñar un método de valoración cuantitativo de mapas conceptuales basado en parámetros de fácil contabilización.*

Los sistemas actuales de corrección de mapas conceptuales son principalmente manuales. Ello obstaculiza su uso como herramienta evaluadora en el mundo universitario, donde el número de estudiantes es elevado y el tiempo de corrección reducido. Intentos anteriores de evaluación rápida mediante mapas conceptuales conllevan restricciones en la libertad de creación de los mismos, afectando a su validez como herramienta de medición del aprendizaje significativo. Es necesario encontrar un método de valoración cuantitativo de mapas conceptuales de creación libre basado en parámetros de fácil recuento. Disponer de este sistema de puntuación facilitaría la aplicabilidad de los mapas conceptuales como herramienta evaluadora por cualquier profesor universitario e independizaría la puntuación de la subjetividad del corrector. Además permitiría una puntuación rápida y posibilitaría la creación e implementación de un algoritmo de corrección por ordenador.

Hipótesis 2: *Es posible encontrar una medida Pronosticada en función de los parámetros más significativos del mapa conceptual que presenta un comportamiento similar a la puntuación Holística.*

En un mapa conceptual se pueden identificar distintos elementos cuantificables. Algunos autores (Austin y Shore, 1995; Enger, 1996; Allen, 2006) asignan a los mapas una puntuación basada en dichos elementos. Por tanto, en los mapas obtenidos con la metodología adaptada, es de esperar que exista un sistema de puntuación cuantitativo que permita

pronosticar la nota Holística en función del recuento de parámetros del mapa. A partir de los datos de este estudio y mediante procesos matemáticos y estadísticos se pretende detectar aquellos elementos que determinan principalmente la puntuación del mapa. A continuación se establece una relación matemática que nos proporcione una Nota Pronosticada, en base a las dependencias encontradas.

Hipótesis 3: *Es posible encontrar una dependencia Simplificada a partir de parámetros objetivos del mapa conceptual equivalente a las anteriores y con un comportamiento similar.*

El uso generalizado de un sistema de puntuación depende, además de su validez y fiabilidad, de que su aplicación sea universal, fácil y sencilla. La nota Pronosticada, al deducirse matemáticamente de los datos del presente estudio, no garantiza la independencia de los mismos. Es por ello que se busca una expresión para obtener una Nota Simplificada que permita su aplicación en otros estudios y en otras disciplinas. Quedará para futuras investigaciones verificar su globalización, comprobando su buen funcionamiento en otros trabajos.

Objetivo 3: *Validar y verificar la fiabilidad del método de valoración.*

Todo sistema nuevo de valoración de los mapas conceptuales (Nota Pronosticada y Nota Simplificada) que pretenda sustituir la Nota Holística manual debe demostrar su validez y fiabilidad para medir el aprendizaje significativo. Para ello se analiza la persistencia en el tiempo de las notas obtenidas en los mapas conceptuales con los conocimientos globales. La misma circunstancia con los conocimientos específicos informa sobre la validez y fiabilidad del sistema de corrección en los temas propios de la asignatura.

Hipótesis General: *Los mapas conceptuales constituyen una herramienta evaluadora del aprendizaje significativo en ciencias del alumno universitario, aun cuando este desconozca la técnica de construcción de los mismos.*

Las herramientas evaluadoras y correctoras de que se dispone en la actualidad y los condicionantes del mundo universitario (número de alumnos, calendario de evaluación) ponen de manifiesto la inquietud del

profesor a la hora de certificar el aprendizaje significativo realizado por el alumno. Una metodología adaptada de creación de mapas conceptuales que permita su utilización independientemente del dominio de los estudiantes en el uso de dicha metodología, posibilitará su aplicación general como herramienta evaluadora del aprendizaje significativo. Adicionalmente, un sistema de puntuación sencillo y rápido a la vez que válido y fiable, permitirá su utilización en situaciones de masificación de estudiantes y limitaciones de calendario.

A continuación se presentan las pruebas, la metodología, el contexto experimental, el calendario y el protocolo para llegar al cuadro resumen de la página 61.

2.3.2. Conocimientos evaluados

Este estudio evalúa el aprendizaje significativo en dos tipos de conocimiento: global y específico.

Como conocimiento global se entiende aquel que el alumno ya tiene, sea adquirido por estudio o por experiencia/descubrimiento. Los temas de cultura popular que se han escogido son: el Baloncesto y la Lluvia. En ambos casos, el conocimiento medido es preexistente y no se altera en el intervalo de las intervenciones, en consecuencia será significativo. Las valoraciones obtenidas en estos temas sirven como elementos de control para evaluar la metodología de construcción de mapas y los sistemas de puntuación propuestos.

Se entiende por conocimiento específico el que ha sido impartido en la asignatura de Biomecánica durante el curso lectivo. Éste está sometido a procesos de olvido (ver *El olvido como elemento diferenciador de tipos de aprendizaje* en la página 9) en función de si el aprendizaje realizado ha sido significativo o no. Los dos temas escogidos son los principales y vertebradores de la asignatura, a saber: Fatiga de materiales y Eficiencia de una fuerza para crear momento de rotación.

2.3.3. Pruebas realizadas

Esta investigación mide el aprendizaje del alumno utilizando dos procedimientos: la prueba objetiva y el mapa conceptual. La prueba objetiva (ver apartado *Prueba Objetiva de Técnicas utilizadas* página 73) se aplica a los temas de conocimientos específicos y el mapa conceptual a los específicos y los globales. Ambas pruebas se distribuyen en catalán por ser la lengua oficial de la Escola Universitària d'Infermeria i Fisioteràpia Blanquerna, es la lengua en que se ha impartido la asignatura y la que se ha utilizado para redactar el examen. El voluntario es libre de utilizar el castellano en su respuesta.

Respecto a la prueba objetiva, se utiliza un test de verdadero/falso con 6 preguntas sobre el tema de Fatiga y 7 sobre Eficiencia. En ambos casos, las preguntas se distribuyen uniformemente entre los tres primeros niveles de dificultad siguiendo la Taxonomía de Bloom (ver *Evaluación del aprendizaje significativo en el entorno universitario* en página 13). El procedimiento de puntuación utilizado aplica una corrección de respuesta aleatoria, de forma que por cada respuesta incorrecta se resta la misma puntuación que a una respuesta correcta. De cada tema se obtiene una puntuación entre 0 y 10, resultando una Nota Test de Fatiga y una Nota Test de Eficiencia.

Respecto al mapa conceptual, este estudio propone una metodología simplificada de construcción de los mapas adaptada a aquellos individuos sin conocimiento alguno sobre los mapas. Esta metodología y sus sistemas de puntuación se presentan de forma desarrollada en el siguiente apartado.

2.3.4. Metodología adaptada de construcción de mapas conceptuales

Las tres fases de construcción de un mapa se adaptan al alumno profano en forma de tres ejercicios consecutivos:

- PRIMERO: seleccionar 10 conceptos de una lista facilitada por el profesor. Ver 1ª fase de la *Figura 4*.

Se solicitan un máximo de 10 conceptos para que el mapa resulte sencillo (Novak, 1991c) y manejable (Yin et al, 2005). Adicionalmente la lista contiene algunos elementos que llevan a engaño a los estudiantes que no hayan realizado un aprendizaje significativo. Se permite también que el alumno incluya algún concepto propio si lo considera necesario.

- SEGUNDO: listar los conceptos elegidos de forma jerárquica, desde los más generales a los más concretos. Ver 2ª fase de la *Figura 4*
- TERCERO: trasladar los conceptos manteniendo su jerarquía, a una estructura piramidal abierta que se utilizará como marco de referencia. Establecer tantos enlaces como sea posible añadiendo a cada enlace una etiqueta que conecte de forma coherente los conceptos enlazados. Ver 3ª fase de la *Figura 4*

El alumno es libre de modificar tantas veces como desee su respuesta a cualquier ejercicio. No obstante, a diferencia de la metodología de mapa libre, sí se le requiere que refleje sus modificaciones en los diferentes pasos aunque se aperciba en el tercero.

La metodología adaptada propuesta se caracteriza por:

- Descartar la elección espontánea de conceptos para acotar la dispersión de los mapas y facilitar una corrección automática. Esta restricción no altera de forma significativa la imagen de la estructura cognitiva del alumno.
- Mantener la libertad jerárquica. El establecimiento de la jerarquía es un estadio intermedio de la ejecución de un mapa conceptual y informa sobre la estructura cognitiva del alumno.
- Conservar la libertad proposicional, que caracteriza a los mapas, que es la esencia de la estructura cognitiva.

EXEMPLE

Pregunta:

Què estudia la cinemàtica?

L'objectiu d'aquest exercici és construir un mapa conceptual guiat, de forma que millor respongui a la pregunta formulada.

Aquest exercici el desglosem en tres fases.

- **1ª fase:** es trien aquells conceptes, dels que s'ofereixen, que millor s'ajustin a la resposta a la pregunta que es fa. Has de triar **10 conceptes com a màxim**. Si consideres que falten conceptes pots afegir un màxim de dos, en aquest cas escriu els conceptes en les caselles en blanc.
- **2ª fase:** els conceptes triats en la primera s'ordenen jeràrquicament del més general al més concret
- **3ª fase:** construirem un mapa conceptual de la següent manera:
 - a) Omplirem els requadres amb el conceptes en el mateix ordre establert en la segona fase
 - b) Establirem enllaços entre els conceptes mitjançant fletxes. Pots posar tants com vulguis.
 - c) A cada enllaç escriurem alguna/es paraules que connectin els conceptes enllaçats de forma coherent segons el teu criteri

1ª fase: Tria de 10 conceptes com a màxim

<input checked="" type="checkbox"/> Paràmetres	<input checked="" type="checkbox"/> Velocitat	<input type="checkbox"/> Esforç	<input checked="" type="checkbox"/> Posició
<input type="checkbox"/> Llei fonamental	<input type="checkbox"/> Eix de rotació	<input type="checkbox"/> Ondulatori	<input checked="" type="checkbox"/> angle
<input checked="" type="checkbox"/> Cinemàtica	<input checked="" type="checkbox"/> Circular	<input checked="" type="checkbox"/> rectilini	<input checked="" type="checkbox"/> acceleració
<input type="checkbox"/> Força	<input checked="" type="checkbox"/> Moviment	<input type="checkbox"/> moment	<input checked="" type="checkbox"/> Equacions del moviment
<input type="checkbox"/> Freqüència	<input type="checkbox"/> Braç de palanca	<input type="checkbox"/> ...	<input type="checkbox"/> ...

2ª fase: Ordenació jeràrquica
(de més general a més concret)

3ª fase: Construcció del mapa conceptual

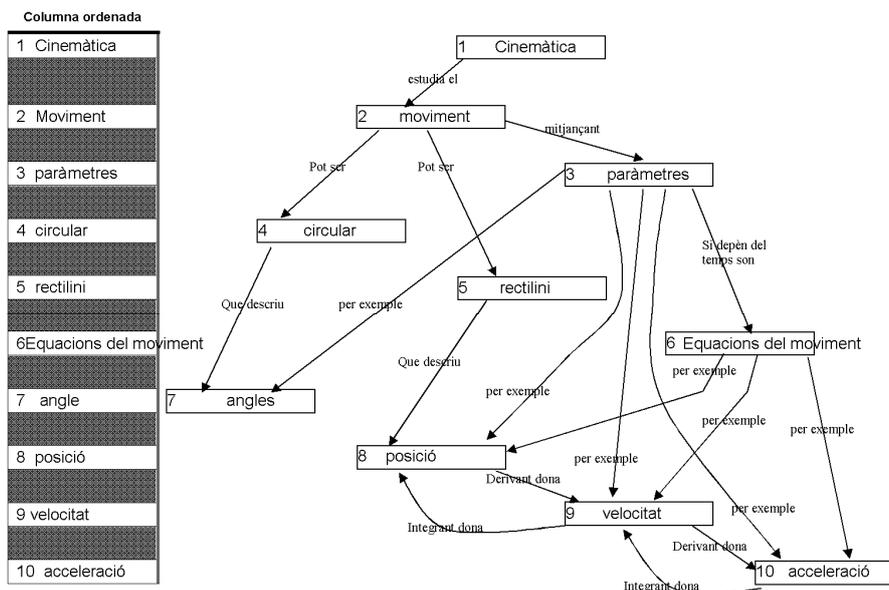


Figura 4. Ejemplo de aplicación de la metodología adaptada de creación de mapas conceptuales

Sistemas de puntuación

Para puntuar los mapas conceptuales generados con la metodología adaptada se utilizan dos sistemas:

- a) Puntuación HOLÍSTICA, en la que se califica el mapa en el rango: Muy Deficiente (MD), Insuficiente (I), Suficiente (SF), Bien (B), Notable (N) y Excelente (EX). Esta puntuación es equivalente a considerar el mapa como un redactado de un tema abierto y valorar la información que aparece en el mismo sin atender a los detalles concretos de conceptos, jerarquía y enlaces.
- b) Puntuación PARAMÉTRICA, en la que se contabilizan los casos ocurridos de un conjunto de parámetros objetivables del mapa y se deduce una puntuación global a partir de dichos elementos individuales. Los parámetros que se utilizan son los habituales en la bibliografía: número de conceptos escogidos, número de conceptos válidos, valoración de la jerarquía, número de enlaces realizados y número de enlaces válidos. La estructura piramidal rígida en la que se colocan los conceptos hace que enlaces normales y cruzados se confundan y por ello se contabilizan conjuntamente. Se presentan dos sistemas de puntuación:
 - a. Puntuación Paramétrica Pronosticada, en la que con métodos matemáticos se determina la dependencia entre cada uno de los parámetros objetivables y la Nota Holística. Se eligen los parámetros dependientes y se deduce una expresión matemática que proporciona un valor pronóstico de la Nota Holística.
 - b. Puntuación Paramétrica Simplificada, en la que, por procedimientos lógicos, se infiere la dependencia de los parámetros elegidos en función de los coeficientes obtenidos en la expresión anterior.

Los cálculos que se realizan para obtener estas expresiones se relacionan más adelante en el apartado *Cálculos realizados* en este mismo capítulo (página 65). El detalle de los procedimientos se presenta en el apartado *Cálculo de la Nota Pronosticada y Simplificada* (página 82) de *Técnicas Utilizadas*.

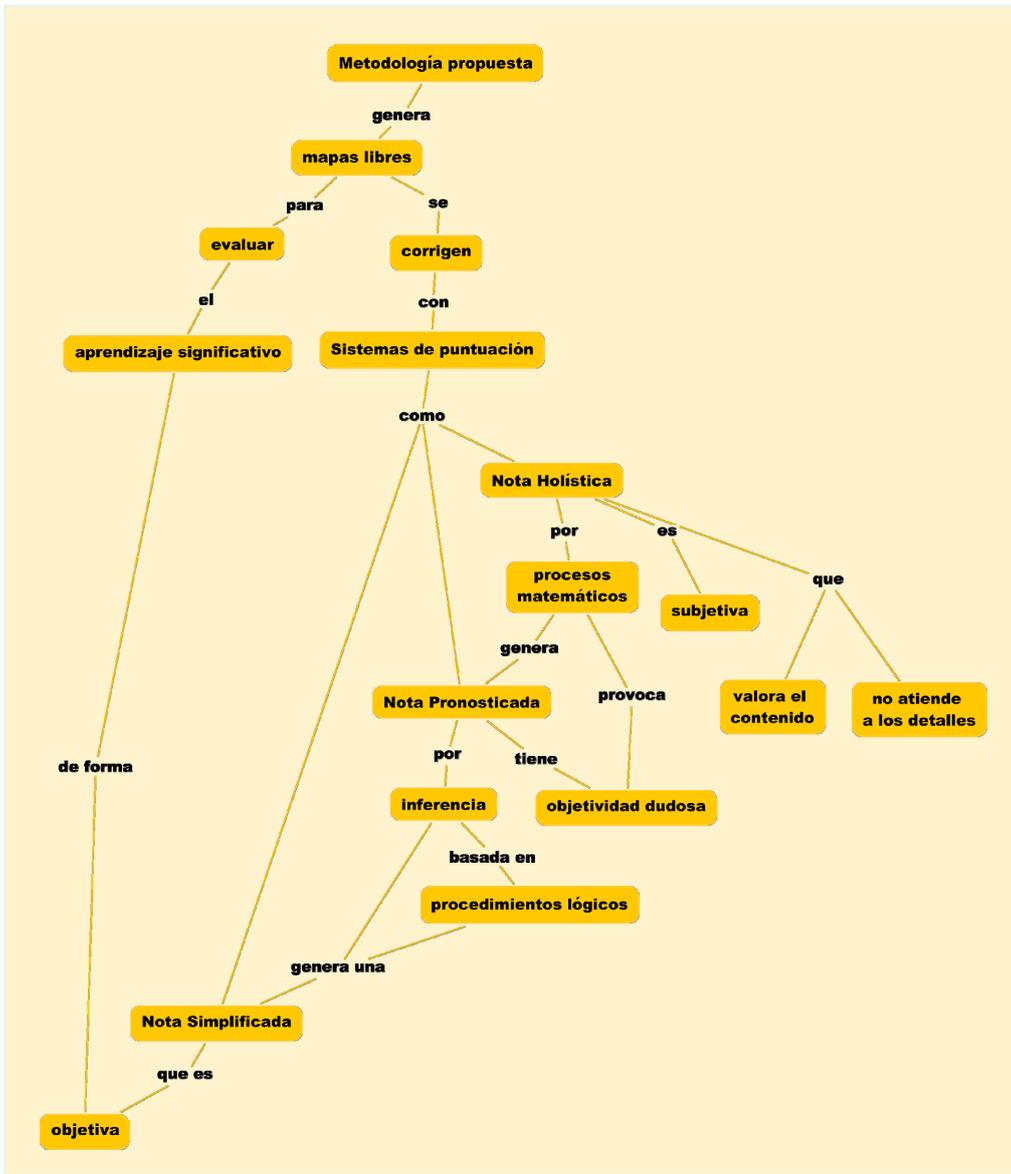


Figura 5. Mapa conceptual de los sistemas de puntuación de los mapas creados con la metodología adaptada a profanos

2.3.5. Validez y fiabilidad de la metodología propuesta

La validez y fiabilidad de los mapas conceptuales como herramienta evaluadora del aprendizaje significativo ya ha sido comprobada (ver *Validez y fiabilidad de un mapa conceptual para evaluar el aprendizaje significativo* en la página 27). Se trata pues de demostrar que esta metodología adaptada sigue siendo igualmente válida y fiable.

Se analiza la validez de la metodología adaptada y de los sistemas de puntuación comparando las puntuaciones obtenidas a lo largo de las tres intervenciones en los temas de conocimiento global. La persistencia de los valores es indicativa del aprendizaje significativo y por tanto de la validez de las pruebas. Se investiga dicha validez comparando las puntuaciones obtenidas a lo largo de las tres intervenciones en los temas de conocimiento específico.

Se estudia la fiabilidad de las pruebas en base a la metodología propuesta por Novak (1998) aplicada a un solo corrector. Por tanto, la misma persistencia de las puntuaciones a lo largo de las intervenciones es indicadora de fiabilidad, siempre que pueda asegurarse que el conocimiento de la materia no se ha alterado.

2.3.6. Contexto experimental

Muestra

La muestra se ha obtenido entre los alumnos de los grupos de mañana y tarde de la Escola Universitària d'Infermeria, Fisioteràpia i Nutrició Blanquerna matriculados en la asignatura de Biomecànica en el curso 2005-06.

La muestra está compuesta por 16 alumnos (4 hombres y 12 mujeres) que atienden la convocatoria y se comprometen a realizar las tres intervenciones.

No se producen bajas en todo el periodo de estudio.

Características de la muestra

El promedio de edad de la muestra es de 25,5 años (DS 6.6), y siendo valores extremos 39.4 y 19.6 años.

Respecto a las calificaciones obtenidas en la asignatura de Biomecánica, resultan 4 Notables, 3 Bien, 4 Suficientes y 5 Insuficientes. Que numéricamente representa una nota promedio de 5.5 (DS 1.4), siendo valores extremos 7.3 y 2.7.

En la última intervención se añade una encuesta (ver apartado *Encuesta de Técnicas utilizadas* en la página 80) para controlar si existe sobreaprendizaje de los temas Específicos en el período de la intervención y su nivel de conocimiento respecto a los mapas conceptuales. Los resultados de la encuesta se presentan en los siguientes *Cuadro 1* y *Cuadro 2*.

Sobreaprendizaje en temas específicos			
<i>1.- Desde que hiciste el examen de Biomecánica en enero, ¿has repasado los contenidos de la asignatura?</i>			
No	11	(69%)	
Sólo he echado una ojeada	5	(31%)	
He estudiado poco (menos de 2 horas a la semana de media)	0		
He estudiado (más de 2 horas a la semana de media)	0		
Otras	0		
<i>2.- Si has estudiado, aunque sea un poco, ¿has dedicado tiempo a estudiar los siguientes conceptos?</i>			
	Fatiga de materiales	Concepto de momento	Concepto de eficiencia
NO	15 (94%)	14 (88%)	13 (81%)
Una ojeada	1 (6%)	2 (13%)	3 (19%)
Un poco	0	0	0
Bastante	0	0	0

Cuadro 1. Encuesta. Sobreaprendizaje de temas específicos. Resultados

Conocimiento previo de mapas conceptuales			
	SI	NO	
<i>3.- Antes de llegar a la Escuela</i>			
- ¿ <u>habías oído hablar</u> de mapas conceptuales?	11 (69%)	5 (31%)	
- ¿ <u>habías visto</u> algún mapa conceptual hecho?	13 (81%)	3 (19%)	
- ¿alguien te <u>había explicado qué es</u> un mapa conceptual?	7 (44%)	9 (56%)	
- ¿alguien te <u>había explicado cómo se hace</u> un mapa conceptual?	5 (31%)	11 (69%)	
- ¿ <u>habías hecho</u> algún mapa conceptual	6 (38%)	10 (63%)	
- ¿ <u>habías hecho</u> algo que se pareciese a un mapa conceptual, sin serlo?	14 (88%)	1 (6%)	
<i>4.- En tu estancia en la Escuela</i>			
- ¿Alguien te ha explicado <u>qué son</u> los mapas conceptuales?	8 (50%)	8 (50%)	
- ¿Alguien te ha explicado <u>cómo se hacen</u> los mapas conceptuales?	8 (50%)	8 (50%)	
- ¿Has utilizado los mapas conceptuales parar estudiar?	5 (31%)	11 (69%)	
<i>Autovaloración de la técnica de creación de mapas</i>		Media	DS
5.- Si has hecho mapas conceptuales antes de llegar a la Escuela o en tu estancia en ella, valora tu técnica <u>actual</u> en la realización de mapas conceptuales con una nota entre 0 y 10, donde 0 indica que no sabrías hacer un mapa y 10 que eres un experto.		4.8	2.0

Cuadro 2. Encuesta. Conocimiento previo sobre mapas conceptuales. Resultados

En este último (*Cuadro 2*), que presenta los resultados de la declaración sobre conocimiento previo de mapas conceptuales, se observa que existe un abanico de individuos en las diferentes formas de toma de contacto con la metodología. Finalmente, la distribución de las autovaloraciones se presenta en la *Tabla 1* y el *Gráfico 1*.

Nota	En blanco	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Individuos	3	1	0	0	1	3	4	0	4	0	0	0

Tabla 1. Encuesta. Autovaloración de la técnica de creación de mapas conceptuales

Esta caracterización de la muestra, evidencia que está suficientemente distribuida en los aspectos de:

- Calificación de la Nota del examen de la asignatura de Biomecánica

- Conocimientos previos sobre la metodología de mapas conceptuales, la capacidad de creación de los mismos y su utilización como herramienta de estudio

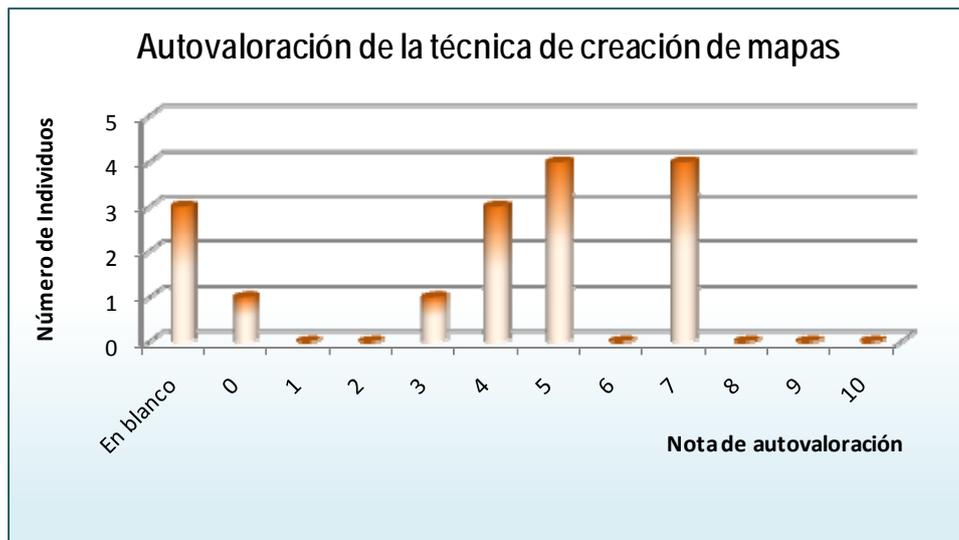


Gráfico 1. Distribución de autovaloraciones de la técnica de creación de mapas

Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión y exclusión seguidos son:

Criterios de inclusión:

- Cursar la asignatura de Biomecánica en el curso de la intervención experimental.
- Haber cursado la asignatura de Fonaments Físics de la Fisioteràpia el curso anterior

Criterios de exclusión:

- Haber estudiado los conceptos incluidos en las pruebas entre la 1ª y la 3ª intervención.

No se prevé ningún tipo de sesgo excepto el de la propia veracidad en las respuestas de los participantes.

Consentimiento informado

Antes de la primera intervención, el doctorando informa a los alumnos del proyecto, de sus objetivos e intervenciones, y solicita su participación. Las intervenciones son nominales, debiendo el alumno escribir su nombre en cada intervención. En cada una de las mismas se informa al voluntario por escrito de los objetivos y pruebas que se realizan (ver anexo). La mera ejecución de las pruebas de cada intervención se considera como la firma del consentimiento informado.

Calendario

La realización de la presente investigación está pautada de acuerdo con el calendario lectivo de la muestra en estudio, en cuanto a la primera intervención. Las siguientes se pautan de acuerdo con los criterios de olvido para el aprendizaje memorístico (ver *El olvido como elemento diferenciador de tipos de aprendizaje* en la página 9). Así, el calendario de las intervenciones es:

- 1ª intervención: 16 de enero de 2006, el día del examen de Biomecánica
- 2ª intervención: 6 de febrero de 2006, 21 días después de la 1ª intervención
- 3ª intervención: 31 de mayo de 2006, 135 días después de la 1ª intervención

La segunda intervención se distribuye a los 15 días y se recoge a los 21. Este período de tiempo está en el límite inferior del olvido del aprendizaje memorístico. Entonces, las puntuaciones pueden ya presentar alteraciones si lo que se mide no es aprendizaje significativo. La tercera intervención se aleja de los 60 días (período que se establece como límite superior del olvido) para garantizar que el conocimiento medido es residente. Si no ha existido sobreaprendizaje, estas fechas garantizan la vigencia de las

condiciones de validez, así como de fiabilidad cuando existe un solo corrector (Novak, 1998).

Se presentan las siguientes incidencias:

- En la primera intervención todos los voluntarios entregan la prueba el mismo día del examen, excepto dos que se retrasan 3 y 8 días.
- La segunda intervención se recoge puntualmente en todos los casos, excepto dos voluntarios que se retrasan 14 días.
- La última intervención es la que presenta una dispersión mayor en las entregas. La mayoría de los participantes (12) entregan a tiempo sus pruebas. Un voluntario anticipa su intervención por motivos personales cumpliendo sólo 72 días de intervalo. Otros tres necesitan un seguimiento resultando finalmente intervalos de 329, 282 y 303 días. Dado que la intervención tiene como requisito superar los 60 días de intervalo respecto de la primera, se dan por válidas todas las entregas.

2.3.7. Diseño experimental

El presente estudio es longitudinal y prospectivo.

Protocolo

En la última sesión de clase de Biomecánica se informa a los alumnos del proyecto, sus objetivos y las intervenciones que se realizarán. Se comunica a los posibles voluntarios que en ningún caso los resultados de las intervenciones alterarán los expedientes académicos. En el mismo acto se solicita la colaboración de los alumnos.

Las intervenciones se realizan siguiendo el calendario indicado.

La primera intervención se realiza en el mismo día del examen de Biomecánica. Este examen consta de 80 preguntas tipo test, de las que posteriormente se recogen las respuestas correspondientes a los temas de Fatiga y Eficiencia realizadas por los participantes del estudio. Estas

respuestas constituyen la prueba objetiva de esta primera intervención. Cuando los alumnos entregan el examen tipo test, se les solicita de nuevo su participación. Los que atienden la convocatoria realizan los mapas en el mismo momento. En algún caso, se permite al voluntario llevarse la documentación a condición de que haga los mapas el mismo día del examen.

Al acabar los exámenes del primer cuatrimestre, los alumnos disponen de una semana no lectiva. Quince días después de la primera intervención, cuando se inician las clases del segundo cuatrimestre, se distribuyen las pruebas (prueba objetiva y mapas) de la segunda intervención. Se establece como fecha límite de devolución de las pruebas cumplimentadas el 6 de febrero de 2006, 21 días después de la primera intervención.

Quince días antes de la tercera intervención, se envía un correo electrónico recordatorio a todos los participantes. La siguiente semana se distribuye el documento con las pruebas y se establece el 31 de mayo de 2006 como fecha límite de devolución. Cumplida esta fecha se procede a realizar un seguimiento de aquellos voluntarios que no hayan cumplido con el plazo establecido. El documento suministrado es idéntico al de la segunda intervención pero se añade una encuesta para recabar información de los participantes sobre variables que pueden crear un sesgo en el estudio.

El siguiente *Cuadro 3* presenta un resumen del protocolo.

		1ª INTERVENCIÓN Examen de Biomecánica	2ª INTERVENCIÓN a 21 días (6 febrero 2006)	3ª INTERVENCIÓN a 135 días (31 mayo 2006)
Prueba Objetiva				
Conocimientos Específicos	Fatiga	Extraído del examen	X	X
	Eficiencia	Extraído del examen	X	X
Mapa conceptual				
Conocimientos Específicos	Fatiga	X	X	X
	Eficiencia	X	X	X
Conocimientos Globales	Baloncesto	X	X	X
	Lluvia	X	X	X
Encuesta				
Repaso				X
Conocimiento de mapas				X
Autovaloración técnica mapas				X

Cuadro 3. Resumen del protocolo

Se presentan las siguientes incidencias:

- En la primera intervención un participante no presenta el mapa sobre Eficiencia.
- En la segunda intervención otro voluntario no presenta el mapa sobre Eficiencia.
- En la última intervención dos participantes no presentan el mapa de Eficiencia y otro no presenta el de fatiga.

En ningún caso repite incidencia el mismo individuo.

En el anexo se presentan los documentos entregados a los voluntarios del estudio en las tres intervenciones.

Medidas recogidas.

De cada test sobre temas específicos (Fatiga y Eficiencia) en todas las intervenciones (1ª, 2ª y 3ª) se mide:

- Nota test de Fatiga sobre 10
- Nota test de Eficiencia sobre 10

De cada mapa conceptual sobre cada tema (Fatiga, Eficiencia, Baloncesto y Lluvia) en todas las intervenciones (1ª, 2ª y 3ª) se mide:

- Nota Holística de contenido (en el rango MD, I, SF, B, N, EX)
- Valoración de la técnica utilizada en el mapa (en el rango Muy Deficiente, Deficiente, Correcta, Buena, Muy Buena)
- Un conjunto de parámetros:
 - Número de conceptos escogidos
 - Número de conceptos válidos entre los escogidos
 - Número de conceptos importantes entre los válidos
 - Valoración de la jerarquía (en el rango: Mala, Regular, Buena, Notable)
 - Número de enlaces realizados
 - Número de enlaces válidos

De la encuesta en la última intervención se recogen las respuestas a cada ítem.

Además de cada individuo se recogen los siguientes datos:

- Edad
- Género
- Grupo en que ha cursado la asignatura (mañana o tarde)
- Nota del examen de la asignatura Biomecánica realizado conjuntamente con la 1ª intervención

Cálculos realizados

Para alcanzar los objetivos propuestos y validar las hipótesis se realizan los siguientes cálculos.

Análisis previo:

Comprobar la distribución de notas obtenidas:

- Se realiza el test de Shapiro-Wilk de normalidad sobre las distribuciones de valores de cada variable. Dado el tamaño de la muestra (16 individuos), se espera que las variables no cumplan el supuesto de normalidad.
- La ausencia de distribuciones normales en conjunto pone de relieve la posibilidad de distribuciones concentradas en algún valor (por ejemplo, todo Insuficiente) que invalidarían los estudios comparativos. Se realiza un Análisis Exploratorio de Datos basado en diagrama de barras de las variables no normales para identificar la presencia de dichas distribuciones anómalas.

En una muestra no normal, se procede a realizar un análisis estadístico no paramétrico. Así los estudios de concordancia y correlación entre variables se realizan con las siguientes pruebas

- CONCORDANCIA: Kappa ponderada cuadrática (ver *Técnicas utilizadas* página 70), que valora igualdades y que penaliza en extremo las diferencias encontradas.
- CORRELACIÓN: Spearman (ver *Técnicas utilizadas* página 68), que busca relaciones proporcionales

Las comparaciones se realizan entre:

- a) una misma nota entre intervenciones;
- b) entre una pareja de notas (Test, Holística, Pronosticada, Simplificada) correspondientes a una misma intervención

Todos los cálculos estadísticos se realizan con el paquete estadístico SPSS versión 13.0. El cálculo de la Kappa ponderada cuadrática se realiza mediante una hoja de cálculo específica realizada con Microsoft Office Excel 2003. El nivel de significación para todo el estudio es $\alpha = 0.05$.

1.- Comparación de las Notas Test y Holísticas entre intervenciones.

Se analiza la variabilidad de cada nota en el tiempo, estudiando la concordancia y correlación de cada una con sus homónimas en las diferentes intervenciones para determinar la validez y fiabilidad de la metodología de creación de mapas conceptuales propuesta (objetivo 1).

Se compara en cada caso:

- resultado en 1ª intervención vs 2ª intervención
- resultado en 2ª intervención vs 3ª intervención
- resultado en 1ª intervención vs 3ª intervención

Los eventos que se examinan son:

- Nota Holística del mapa de Baloncesto
- Nota Holística del mapa de Lluvia

Los resultados de estas pruebas explicitan la validez y fiabilidad de la metodología de mapas propuesta.

Paralelamente se realiza las mismas comparaciones con los eventos

- Nota Holística del mapa de Fatiga
- Nota Holística del mapa de Eficiencia
- Nota Test de Fatiga
- Nota Test de Eficiencia

Donde las Notas Holísticas sobre conocimientos específicos corroboran la validez y fiabilidad de la metodología para medir el aprendizaje significativo frente a las pruebas objetivas.

El rango de valores de la Nota Test y el de la Nota Holística son diferentes así como el tipo de variable. Para hacer una concordancia

entre ellas es necesario categorizar la Nota Test al tipo y rango de la Nota Holística. Este procedimiento se explica en detalle en el apartado *Categorizaciones de Técnicas Utilizadas* (página 89).

2.- Búsqueda de la expresión matemática que proporcione la dependencia entre la Nota Holística y los parámetros objetivables que conforman el mapa.

Se encuentran las dependencias de las notas pronosticada y sencilla de los mapas (objetivo 2) mediante:

- una regresión curvilínea (lineal, cuadrática y cúbica) por parámetros de todos los mapas realizados (en cada tema y cada intervención)
- selección de los parámetros que presenten dependencia significativa ($p \leq 0.05$) y coeficientes coherentes.
- determinación de la fórmula de la Nota Pronosticada realizando un promedio de los coeficientes obtenidos en cada caso.
- determinación de la fórmula de la Nota Simplificada, mediante una síntesis de la expresión de la Nota Pronosticada.

El apartado *Cálculo de las Notas Pronosticada y Simplificada* (página 82) de *Técnicas Utilizadas* describe en detalle estos procedimientos. El rango de valores y tipo de variable que genera cada fórmula se muestran en apartado *Tipos de variables y rangos* (página 87) del mismo capítulo.

3. Validez y fiabilidad de Nota Pronosticada y Simplificada

Se comparan los valores de cada nota con sus valores correspondientes en las diferentes intervenciones para determinar la validez y fiabilidad de estos sistemas de puntuación paramétricos (objetivo 3), de forma análoga a como se hizo con la Nota Holística.

Las comparaciones se hacen mediante pruebas de Concordancia y Correlación.

Se compara en cada caso:

- resultado en 1ª intervención vs 2ª intervención
- resultado en 2ª intervención vs 3ª intervención
- resultado en 1ª intervención vs 3ª intervención

Los eventos que se examinan son:

- Nota Pronosticada del mapa de Baloncesto
- Nota Pronosticada del mapa de Lluvia
- Nota Simplificada del mapa de Baloncesto
- Nota Simplificada del mapa de Lluvia

Paralelamente se realizan las mismas comparaciones con los eventos

- Nota Pronosticada del mapa de Fatiga
- Nota Pronosticada del mapa de Eficiencia
- Nota Simplificada del mapa de Fatiga
- Nota Simplificada del mapa de Eficiencia

Las Notas sobre conocimientos específicos corroboran la validez y fiabilidad de los sistemas de puntuación paramétricos.

Adicionalmente, y para observar el impacto del proceso de obtención de la expresión de la Nota Pronosticada a partir de las notas Holísticas, se comparan ambas puntuaciones por temas e intervenciones. Análogamente, se realiza el mismo análisis comparativo entre la Nota Simplificada y la Holística.

De nuevo los rangos de valores de la Nota Holística, Nota Pronosticada y Nota Simplificada son diferentes así como el tipo de variable. Para hacer una concordancia entre ellas es necesario

categorizar la Nota Pronosticada y la Nota Simplificada al tipo y rango de la Nota Holística. Este procedimiento se explica en detalle en el apartado *Categorizaciones de Técnicas Utilizadas* (página 89).

4. Análisis por grupos temáticos.

La evaluación de los conocimientos de un alumno se realiza sobre el conjunto de contenidos de la asignatura y no de manera aislada sobre cada uno de los temas de la misma. Es por ello que se decide repetir las mismas comparaciones del estudio reuniendo los temas en dos grupos temáticos:

- Conocimientos Específicos: Eficiencia y Fatiga
- Conocimientos Globales: Baloncesto y Lluvia

Las variables de análisis son ahora las notas por grupos temáticos obtenidas como el promedio de las notas de los temas del grupo:

- Nota de Test de Conocimientos Específicos
- Nota Holística de Conocimientos Específicos
- Nota Holística de Conocimientos Globales
- Nota Pronosticada de Conocimientos Específicos
- Nota Pronosticada de Conocimientos Globales
- Nota Simplificada de Conocimientos Específicos
- Nota Simplificada de Conocimientos Globales

Las diferentes notas se categorizan en un nuevo rango ajustado a los valores agrupados de la Nota Holística por grupo temático (ver apartado de *Categorizaciones de Técnicas Utilizadas* en la página 89)

Los análisis que se realizan son los indicados en los puntos 1 y 3 pero aplicados a las nuevas variables.

2.4. Técnicas utilizadas.

2.4.1. Técnicas estadísticas

Las técnicas estadísticas utilizadas son: test de Normalidad, correlación bivariada de Spearman, Concordancia con la kappa ponderada cuadrática y las regresiones curvilínea, lineal y multivariante.

Test de Normalidad

El test de Normalidad se realiza sobre variables numéricas. Como la muestra obtenida es pequeña se aplica el valor de Shapiro-Wilk, en lugar del de Kolmogorov-Smirnov. Para cualquier variable si de la prueba de significación resulta $p \leq 0.05$ entonces dicha variable no es normal; contrariamente si resulta $p > 0.05$ se considera normal.

Correlación Bivariada de Spearman

La correlación describe la asociación lineal entre dos variables cuantitativas. En esencia se trata de una medida estadística análoga a la covarianza con la ventaja que la correlación independiza la medida de las unidades asignadas a las variables. De hecho el coeficiente de correlación de Pearson resulta de dividir la covarianza por las desviaciones estandar de cada variable obteniendo así la independencia buscada.

El coeficiente de correlación resulta un valor entre -1 y $+1$, donde el primer valor indica una asociación lineal perfecta negativa y el valor $+1$ una asociación lineal perfecta positiva. Cabe destacar que el valor cero no indica ausencia de relación sino que simplemente no es lineal.

En el caso de variables categóricas, con muestras pequeñas o numéricas que no sean normales o no presenten linealidad, se puede utilizar un índice de correlación basado en ordenaciones: el coeficiente de correlación ordinal de Spearman. Este índice es más robusto y no se ve afectado por valores anormalmente extremos.

El cálculo de este coeficiente se basa en la ordenación independiente de los valores de cada variable, la asignación de un número ordinal y el cálculo de las diferencias entre valores ordinales correspondientes. El valor del coeficiente se obtiene a partir de dichas diferencias al cuadrado con la fórmula

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

Fórmula 1. Coeficiente de correlación de Spearman

donde r_s es el coeficiente de correlación de Spearman, n el número de valores y d_i es la diferencia entre los valores ordinales o_{1i} y o_{2i} , correspondientes a los o_i -ésimos valores ordenados de las variables (1 y 2) que se correlacionan. El índice r_s nos informa de la intensidad de la relación entre las dos variables.

El coeficiente de correlación no debe usarse como indicador de concordancia entre las variables, pues puede existir un coeficiente r alto indicando un alto grado de asociación lineal pero en cambio existir una concordancia baja. Un ejemplo sería dos variables en la que los valores de una fueran el doble que en la otra, la correlación sería altísima en cambio no existiría apenas concordancia. Ello es porque este coeficiente valora la intensidad de la asociación lineal entre las variables y no su grado de acuerdo.

La prueba de significación asociada a este coeficiente puede ser Bilateral o Unilateral. Este estudio analiza desviaciones posibles de un valor al compararlo con otro, sea separado en el tiempo o procedente de otra variable. En todos los casos las desviaciones pueden darse en las dos direcciones, por lo que la prueba de significancia deberá ser bilateral. Además las bilaterales son más conservadoras que las unilaterales, es por ello que si una correlación bilateral es significativa, la unilateral lo será aún más.

Concordancia: kappa ponderada cuadrática.

La concordancia mide el grado de acuerdo existente entre los valores de dos variables.

La medida de concordancia p_o más sencilla es un acuerdo porcentual, en el que se divide el número de pares concordantes entre el número de sujetos. Pero esta medida no tiene en cuenta el número de acuerdos aleatorios. El índice kappa (*Fórmula 2*), para variables categóricas, resuelve este aspecto incluyendo únicamente los que supuestamente no son debidos al azar. Así este índice se calcula dividiendo la concordancia real (la observada menos la aleatoria) entre la concordancia total restante, una vez retirada la que se debe al azar.

$$kappa = \frac{p_o - p_e}{1 - p_e}$$

Fórmula 2. Índice de correlación kappa

donde:

- p_o = concordancia observada
- p_e = concordancia esperada por azar
- $p_o - p_e$ = concordancia real
- $1 - p_e$ = concordancia total (valor 1) menos la atribuida al azar

Esta kappa trata por igual todas las no coincidencias. Así la diferencia $I \Leftrightarrow SF$ la considera igual que la diferencia $I \Leftrightarrow Ex$. Como se pretende tener en cuenta la distinta gravedad de las discordancias deben atribuirse diferentes pesos en función de las distancias. Así el peso w será igual a la distancia ordinal entre las categorías. Esto es lo que hace la kappa ponderada (*Fórmula 3*) que se calcula como la diferencia entre el acuerdo perfecto (de valor 1) menos el total de discrepancias ponderadas. El índice será pues:

$$k_p = 1 - \frac{\sum w_{ij} \cdot o_{ij}}{\sum w_{ij} \cdot e_{ij}}$$

Fórmula 3. Índice de correlación kappa ponderada

donde:

- w_{ij} = peso de la discordancia i-j
- O_{ij} = discordancias i-j observadas
- e_{ij} = discordancias i-j esperadas por azar

Como se desea penalizar fuertemente las divergencias más alejadas se elevan al cuadrado los pesos anteriores. De esta manera se obtiene la kappa ponderada cuadrática. Por ello, en este estudio, se aplica dicho índice con los pesos presentados en la *Tabla 2*.

w_{ij}	MD	I	SF	B	N	EX
MD	0	1	$2^2 = 4$	$3^2 = 9$	$4^2 = 16$	$5^2 = 25$
I	1	0	1	$2^2 = 4$	$3^2 = 9$	$4^2 = 16$
SF	$2^2 = 4$	1	0	1	$2^2 = 4$	$3^2 = 9$
B	$3^2 = 9$	$2^2 = 4$	1	0	1	$2^2 = 4$
N	$4^2 = 16$	$3^2 = 9$	$2^2 = 4$	1	0	1
EX	$5^2 = 25$	$4^2 = 16$	$3^2 = 9$	$2^2 = 4$	1	0

Tabla 2. Kappa ponderada cuadrática. Pesos para las diferentes distancias

El programa SPSS proporciona las divergencias observadas y esperadas, pero no calcula el índice kappa ponderado cuadrático. Para obtenerlo, se introducen estas divergencias en una hoja de cálculo de Excel y se calcula la expresión de la kappa ponderada utilizando los pesos cuadráticos de la tabla anterior.

Regresión curvilínea, lineal y multivariante

La regresión curvilínea de una variable dependiente de otra variable independiente o parámetro es un procedimiento por el que se analiza el tipo de dependencia entre la variable y el parámetro. Este análisis proporciona los coeficientes de la fórmula de dependencia que mejor se ajustan y calcula la probabilidad (p) de que la dependencia encontrada sea por azar. Se trabajará siempre con una $p \leq 0.05$ (5% de error). En nuestro

estudio la variable dependiente es la Nota Holística y la independiente son los diferentes parámetros objetivables del mapa.

Los tipos de dependencia pueden ser polinómica de grado 1 (lineal o rectilínea), de grado 2 (cuadrática) o de grado 3 (cúbica). También son factibles otros tipos de dependencia, como la exponencial, la logarítmica, una función circular (seno, coseno,...), etc.

Las expresiones para los desarrollos polinómicos de una variable V en función de un parámetro P son:

$$\begin{aligned}\text{Dependencia lineal: } V &= b_0 + b_1 \cdot P \\ \text{Dependencia cuadrática: } V &= b_0 + b_1 \cdot P + b_2 \cdot P^2 \\ \text{Dependencia cúbica: } V &= b_0 + b_1 \cdot P + b_2 \cdot P^2 + b_3 \cdot P^3\end{aligned}$$

En estos casos, la regresión proporciona los coeficientes del polinomio: el término independiente b_0 , el coeficiente lineal b_1 y, en su caso, los coeficientes cuadrático b_2 y cúbico b_3 .

La regresión lineal es un caso particular de la regresión curvilínea con un polinomio de grado 1, es decir, una recta. Por tanto, este procedimiento proporcionará unos coeficientes (b_0, b_1) y una significancia p .

La regresión multivariante es una extensión de la anterior en la que la dependencia es lineal pero de más de una variable. Por ejemplo la expresión para una variable V dependiente de tres parámetros P_1, P_2 y P_3 es:

$$V = b + a_1 \cdot P_1 + a_2 \cdot P_2 + a_3 \cdot P_3$$

Igualmente, este procedimiento proporcionará unos coeficientes (b, a_1, a_2, a_3) y una significación p para cada coeficiente y para el conjunto.

Estas pruebas de regresión facilitan un coeficiente de correlación r de Pearson pues facilita la correlación entre la variable dependiente y los valores obtenidos mediante la función encontrada en la regresión. En este estudio se utiliza el coeficiente de determinación (r^2) pues informa sobre la proporción de la variación total atribuible a la regresión encontrada.

2.4.2. Pruebas

Prueba Objetiva

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

La prueba objetiva consta de 13 preguntas de respuesta VERDADERO/FALSO sobre dos conceptos fundamentales de la asignatura de Biomecánica: Fatiga de Materiales y Eficiencia de una fuerza para producir momento de rotación.

Se incluyen 6 preguntas sobre el tema de Fatiga y 7 sobre Eficiencia. El nivel de dificultad de las preguntas abarca los tres primeros niveles de la Taxonomía de Bloom (ver *Evaluación del aprendizaje significativo en el entorno universitario* en página 13), siguiendo la pauta habitual en los exámenes de la asignatura y buscando la máxima representatividad de este tipo de prueba. La asimetría en el número de preguntas se debe a que se han ajustado al tiempo de dedicación a lo largo del curso. En consecuencia al ser ligeramente superior el tiempo dedicado al concepto de Eficiencia respecto al de Fatiga, el número de preguntas que le corresponde es ligeramente superior.

Las preguntas por niveles con sus respuestas se presentan en los *Cuadro 4* y *Cuadro 5*.

Donde se ha asignado nivel 1 a las preguntas que consisten en la propia definición del concepto, ejemplos que lo ilustran o explicaciones del mismo. Todos los contenidos se han expuesto de forma reiterada en las sesiones de clase.

Se ha asignado nivel 2 a aquellas preguntas referidas a situaciones reales en que el alumno debe haber comprendido el concepto para dar por válida la justificación en cada caso. Estos contenidos se han expuesto una única vez de forma superficial.

Tema: EFICIENCIA		
Nivel	Enunciado de la pregunta	Respuesta
1	1. La eficiencia para producir momento de una fuerza aplicada a un segmento que gira respecto a un eje de rotación depende exclusivamente de la distancia perpendicular de dicha fuerza al eje de rotación	V
	2. Dadas dos fuerzas que producen momento de rotación respecto a un eje dado, aquella fuerza que tenga más brazo de palanca será menos eficiente.	F
2	3. El Glúteo Medio es más eficiente en una cadera vara que en una valga	V
	4. La higiene de columna referida al disco L5-S1 se fundamenta en reducir la distancia perpendicular del vector peso respecto al eje de rotación en el disco L5-S1.	V
	5. El efecto biomecánico que tiene la rótula sobre la acción del cuádriceps en una extensión de rodilla, es aumentar la eficiencia del cuádriceps.	V
3	6. En una flexión de codo a partir de 90° y antebrazo supinado, el bíceps braquial es más eficiente que el braquial anterior.	V
	7. Para producir ABD de hombro, el supraespinoso es más eficiente a 0° que a 30° de ABD	F

Cuadro 4. Prueba objetiva. Preguntas por niveles sobre el tema de Eficiencia

El nivel 3 engloba aquellas preguntas que representan situaciones nuevas que el alumno debe resolver por sus propios medios pues en las sesiones de clase ni tan siquiera se han mencionado. Es evidente que el alumno para responder una pregunta debe comprender perfectamente el concepto involucrado.

Tema: FATIGA		
Nivel	Enunciado de la pregunta	Respuesta
1	8. La fatiga de materiales produce fracturas de objetos al recibir esfuerzos inferiores al de fractura de forma repetitiva	V
	9. La fatiga de materiales se produce por la acumulación de las microfracturas producidas por alguno esfuerzos aunque sean inferiores al de fractura	V
2	10. La causa principal de les metatarsalgias de 2º y 3º metatarsianos, en individuos sin patología concreta ni alteraciones morfológicas, es el alto esfuerzo de compresión generado por la fuerza muscular sobre las pequeñas áreas de contacte de las cabezas del 2º y 3º metatarsiano.	F
	11. Una codera valga tiene más tendencia a la degeneración del cartílago debido a un esfuerzo de compresión superior	V
3	12. Un tendón sometido a cualquier esfuerzo repetitivo, por pequeño que sea, siempre se lesionará por fatiga del material después de las suficientes repeticiones continuadas.	F
	13. Una distensión de ligamentos se produce por fatiga del material	F

Cuadro 5. Prueba objetiva. Preguntas por niveles sobre el tema de Fatiga

CRITERIOS DE PUNTUACIÓN

La nota test se obtiene de las respuestas a las 13 preguntas verdadero/falso. El sistema de puntuación utilizado pretende eliminar el efecto de respuesta aleatoria.

La corrección por respuesta aleatoria con preguntas de dos opciones (en este caso verdadero/falso) considera que, respondiendo al azar, existirán tantas respuestas correctas como incorrectas. Por ello a cada respuesta incorrecta se le asocia una respuesta correcta presumiblemente contestada por casualidad. Así cada respuesta errada restará la puntuación de una acertada. De hecho, si en un examen de 10 preguntas con dos opciones un alumno contestara aleatoriamente, resultarían 5 respuestas

correctas y 5 incorrectas. Sin corrección de respuesta aleatoria el alumno obtendría un 5 sin saber absolutamente nada. Aplicando esta corrección la puntuación sería de cero, acorde con lo que el alumno sabe. Presumiblemente esta forma de puntuar un test lleva a que el estudiante sólo responda aquellas preguntas de las que tenga un cierto nivel de seguridad en la respuesta.

En este estudio se aplica la corrección por respuesta aleatoria como criterio de puntuación de la prueba objetiva. Así, cada respuesta acertada recibe un punto positivo y cada respuesta incorrecta recibe un punto negativo. Las preguntas sin respuesta no puntúan. El resultado obtenido se normaliza a 10 puntos. Este método de puntuación es el habitual en los exámenes de la asignatura de Biomecánica objeto del estudio.

Prueba de Mapas Conceptuales con metodología adaptada

Los mapas conceptuales solicitados se basan en tres fases (ver *Metodología adaptada de construcción de mapas conceptuales* en página 49): selección de 10 conceptos de una lista facilitada por el profesor, ordenación jerárquica de los mismos y construcción del mapa.

Las pruebas de mapa conceptual se aplican a los conocimientos:

- globales, donde se pregunta:
 - Tema Baloncesto: *¿En qué consiste el baloncesto?*
 - Tema Lluvia: *¿En qué consiste la lluvia?*

- específicos, en que se pregunta:
 - Tema Fatiga: *¿Qué es la fatiga de materiales?*
 - Tema Eficiencia: *En momentos de rotación, ¿qué es la eficiencia de una fuerza?*

TEMA	LISTA DE CONCEPTOS
Baloncesto	fútbol, cesta, baloncesto, árbitro, afición, juego de equipo, lluvia, estrategia, pelota, red, falta, triple, pista, bebida isotónica, jugada, entrenador, jugadores, portería.
Lluvia	lluvia, sol, tierra, nube, molécula, atmosfera, caer, granizada, tormenta, luna, arco iris, lago, ácido, gota, condensación, cascada, agua, viento
Fatiga	área, fuerza, fractura, material, deformación, repetitivo, momento, curva esfuerzo-deformación, fatiga, umbral de fatiga, compresión, punto de fractura, elástico, rotación, traslación, grieta, esfuerzo, microfracturas
Eficiencia	movimiento de rotación, aceleración angular, dinámica, distancia perpendicular, eficiencia, posición, momento de inercia, energía, esfuerzo, ángulo, fractura, eje de rotación, traslación, proporcionalidad, momento, comparación, fuerza, rápido

Tabla 3. Mapa conceptual. Listado de conceptos ofrecidos por el profesor

Las listas de conceptos ofrecidos por el profesor para la confección de los mapas se muestran en la siguiente *Tabla 3*:

De los mapas realizados se extraen dos tipos de información:

- Sobre el aprendizaje del alumno en relación a los cuatro temas propuestos. Para ello se utilizan diferentes sistemas de puntuación (Holística y Paramétrica)
- Sobre la eficiencia de la metodología de creación de mapas propuesta. Para ello el parámetro utilizado es la *Valoración de la Técnica*. Esta medida recoge la calidad del mapa resultante, no por su contenido, sino por su apariencia de mapa. Se valora la existencia de etiquetas en los enlaces, el número de enlaces de un concepto con otros conceptos y la ramificación o linealidad del conjunto. Cuantos más ramificado y etiquetado está el mapa mejor valoración se le otorga. El rango de calificación está entre 0 y 4 siendo las etiquetas correspondientes:

Muy Deficiente (MD), Deficiente (D); Correcta (C), Buena (B) y Muy Buena (MB).

CRITERIOS DE PUNTUACIÓN

- Nota Holística

Esta medida, como su propio nombre indica, valora el contenido del mapa conceptual como un todo sin atender a los detalles. Se leen todas las proposiciones que aparecen en el mapa y se otorga una calificación al conjunto de los conocimientos expuestos como si se tratase de un redactado abierto. El rango de calificaciones es: Muy Deficiente (MD), Insuficiente (I), Suficiente (SF), Bien (B), Notable (N) y Excelente (EX). Para análisis de correlación se asigna un valor numérico entero entre 0 (MD) y 5 (EX) de forma correspondiente.

- Parámetros medidos.

Estos parámetros se utilizan para deducir la Nota Pronosticada.

- *Número de conceptos escogidos*: se cuentan los conceptos escogidos, incluidos los que ha añadido el voluntario.
- *Número de conceptos válidos*: entre los conceptos escogidos anteriormente se contabilizan únicamente los que son válidos para el tema solicitado
- *Número de conceptos importantes*: de cada tema se identifican un pequeño conjunto de conceptos principales, y se hace un recuento de los que aparecen entre los conceptos válidos escogidos por el participante. Los conceptos principales de cada tema son (*Tabla 4*):

Baloncesto	Lluvia	Fatiga de materiales	Eficiencia
Baloncesto	Lluvia	Fatiga	Eficiencia
Juego de equipo	Condensación	Esfuerzo	Fuerza
Cesta	Agua	Repetitivo	Momento
Pelota	Nube	Umbral de fatiga	Eje de rotación
Jugadores		Material	Distancia perpendicular

Tabla 4. Mapa conceptual. Conceptos principales de cada tema

- *Valoración de la jerarquía:* se atribuye una calificación a la ordenación jerárquica en el rango de 0 a 3 con las etiquetas {Mala, Regular, Buena, Notable}. El criterio utilizado se basa en el número de conceptos mal jerarquizados (errores de jerarquía) y en la distancia a la posición correcta:
 - Notable: no hay errores de jerarquía, todos los conceptos se han ordenado correctamente.
 - Buena: sólo hay uno o dos errores.
 - Regular: hay tres o cuatro errores, o uno o dos pero con una distancia importante a su posición correcta.
 - Mala: hay más de cuatro errores, o tres o cuatro pero con una distancia importante a su posición correcta.
- *Número de enlaces realizados:* se recuentan todos los enlaces realizados siempre que estén etiquetados.
- *Número de enlaces válidos:* de los anteriores se contabilizan como válidos aquellos que generan proposiciones verdaderas.

En todos los recuentos, a cada concepto o enlace contabilizado se le asigna la misma puntuación (1 punto).

Encuesta

La información solicitada se refiere al sobreaprendizaje de los conocimientos específicos y al conocimiento de la metodología de los mapas conceptuales.

El primer grupo de preguntas, relativo al sobreaprendizaje (ver *Cuadro 6*), investiga si en el período de tiempo en que han ocurrido las intervenciones (135 días), han repasado o estudiado algún tema de Biomecánica y, en concreto, los temas objeto del presente estudio.

En las dos preguntas, las opciones de respuesta son excluyentes. Cabe destacar que las dos primeras opciones (*No, Echar una ojeada*) representan un nulo o despreciable contacto con los conocimientos específicos de forma que no se altera el aprendizaje realizado previamente.

El segundo grupo de preguntas (ver *Cuadro 7*), sobre Conocimiento de la metodología de mapas conceptuales, investiga tres apartados:

- a) si ha existido algún tipo de contacto con esta metodología antes de entrar en la escuela que hospeda el presente estudio
- b) si se han utilizado los mapas conceptuales en la estancia en la Escuela
- c) el nivel de dominio de la metodología de creación de mapas que el voluntario manifiesta

1.- Desde que hiciste el examen de Biomecánica en enero, ¿has repasado los contenidos de la asignatura?

- No
- Sólo he echado una ojeada
- He estudiado poco (menos de 2 horas a la semana de media)
- He estudiado (más de 2 horas a la semana de media)
- Otras

2.- Si has estudiado, aunque sea un poco, ¿has dedicado tiempo a estudiar los siguientes conceptos?

	No	Una ojeada	He estudiado un poco	He estudiado bastante
Fatiga de materiales				
Concepto de momento (†)				
Concepto de eficiencia de una fuerza para producir momento				

(†) Se incluye el concepto de momento dado que es importante para el de eficiencia, siendo parte integrante del mismo

Cuadro 6. Encuesta. Grupo de preguntas relativas al sobreaprendizaje en temas específicos

3.- Antes de llegar a la Escuela		SI	NO
- ¿habías oído hablar de mapas conceptuales?			
- ¿habías visto algún mapa conceptual hecho?			
- ¿alguien te había explicado qué es un mapa conceptual?			
- ¿alguien te había explicado cómo se hace un mapa conceptual?			
- ¿habías hecho algún mapa conceptual?			
- ¿habías hecho algo que se pareciese a un mapa conceptual, sin serlo?			
4.- En tu estancia en la Escuela		SI	NO
- ¿Alguien te ha explicado qué son los mapas conceptuales?			
- ¿Alguien te ha explicado cómo se hacen los mapas conceptuales?			
- ¿Has utilizado los mapas conceptuales para estudiar?			
5.- Si has hecho mapas conceptuales antes de llegar a la Escuela o en tu estancia en ella, valora tu técnica <u>actual</u> en la realización de mapas conceptuales con una nota entre 0 y 10, donde 0 indica que no sabrías hacer un mapa y 10 que eres un experto		<input type="text"/>	

Cuadro 7. Encuesta. Grupo de preguntas sobre Conocimiento de la metodología de mapas conceptuales

2.4.3. Cálculo de la Nota Pronosticada y Simplificada

Nota Pronosticada

Para determinar la Nota de Contenido Pronosticada se busca una expresión matemática que relacione los parámetros objetivables de los mapas conceptuales con la Nota de Contenido Holística. Para ello, primero se determina la posible dependencia entre la Nota Holística y los parámetros medidos referidos a conceptos, jerarquía y enlaces. Segundo, se establece la relación matemática buscada.

Para determinar la posible dependencia se calcula la regresión entre cada uno de los parámetros medidos y la Nota Holística. El SPSS permite estudiar regresiones con dependencias polinómicas (lineales, cuadráticas y cúbicas), exponenciales, logarítmicas y de funciones circulares. En este estudio analizamos las regresiones polinómicas. El análisis para las otras funciones se descarta por dos razones:

- a) no se espera que la dependencia de la Nota Holística respecto a los parámetros objetivables responda a funciones circulares, exponenciales o logarítmicas, y
- b) aunque existiera esta improbable dependencia, existen condiciones matemáticas que permiten la exclusión. En efecto, las tres funciones son infinitamente derivables y por tanto opcionales de desarrollarse en serie de Taylor o de McLaurin (ver *Cuadro 8*). Ambas series dan como resultante un polinomio de grado n .

En consecuencia las dependencias lineales, cuadráticas y cúbicas del SPSS, permiten estudiar un desarrollo en serie de las funciones exponencial, logarítmica y las circulares hasta grado 3. Por tanto, se procede sólo al análisis polinómico.

Serie de Taylor y Mc Laurin

La serie de Taylor de una función f de números reales que es infinitamente diferenciable en un entorno de números reales del punto a , es la serie de potencias:

$$f(x) = f(a) + \frac{f'(a)}{1!}(x-a) + \frac{f''(a)}{2!}(x-a)^2 + \frac{f^{(3)}(a)}{3!}(x-a)^3 + \dots$$

que de forma más compacta se escribe

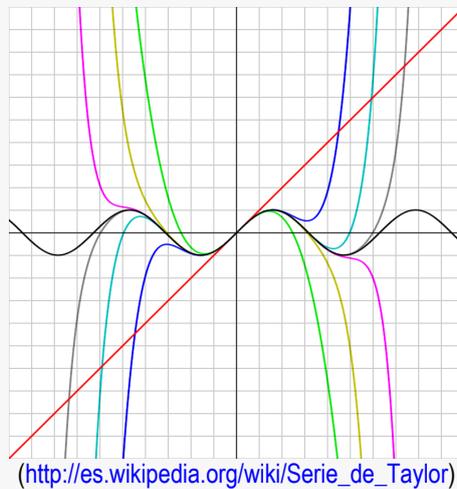
$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}(a)}{n!} (x-a)^n \quad \text{Serie de Taylor}$$

donde $n!$ es el factorial de n y $f^{(n)}(a)$ indica la n -ésima derivada de f en el punto a .

Si el desarrollo se realiza en el origen ($a=0$) resulta la serie de Mc Laurin

$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}(0)}{n!} x^n \quad \text{Serie Mc Laurin (Taylor en } a=0)$$

Para ilustrar el efecto de estos desarrollos se muestra la función $\text{SIN}(x)$ y sus aproximaciones de Mc Laurin con polinomios de grado 1, 3, 5, 7, 9, 11 y 13. Se observa como el polinomio se va ajustando a la función a medida que aumentamos el grado del polinomio.



Cuadro 8. Desarrollo en serie polinómica de Taylor y Mc Laurin de una función

Las regresiones curvilíneas que se hace son: dependencia D de la variable dependiente VD (Nota Holística) de la variable independiente VI (parámetro objetivable) en el mapa M de la intervención I, donde se realizan todas las combinaciones posibles según la *Tabla 5*. Cada regresión curvilínea polinómica proporciona los coeficientes polinómicos y una significación.

Dependencia D	Variable Dependiente VD	Variable independiente VI	Mapa M	Intervención I
Lineal	Nota Holística	Conceptos escogidos	Baloncesto	Primera
Cuadrática		Conceptos válidos	Lluvia	Segunda
Cúbica		Conceptos importantes	Fatiga	Tercera
		Valoración de la jerarquía	Eficiencia	
		Enlaces realizados		
	Enlaces válidos			

Tabla 5. Regresión curvilínea. Combinaciones posibles

Resultan 216 ($3 \cdot 1 \cdot 6 \cdot 4 \cdot 3$) regresiones curvilíneas. Para cada parámetro tenemos 36 grupos de coeficientes con su significancia p .

Para que un parámetro y su tipo de dependencia formen parte de la expresión final de la Nota Pronosticada debe cumplir dos criterios:

- a) que la mayoría de las regresiones sean significativas
- b) que los coeficientes lineales, cuadráticos y cúbicos sean coherentes entre sí en las diferentes regresiones

Se considera que los coeficientes son coherentes cuando tienen el mismo signo en todas las regresiones, dado que diferencias de signo indican tendencias opuestas. En efecto, si consideramos un polinomio de grado uno (una recta), si su coeficiente (la pendiente) es positiva, la recta es ascendente, pero si es negativa es descendente. Ello implica que estas dos rectas no pueden describir un mismo fenómeno. Lo mismo ocurre con los polinomios de grado superior, donde tiene mayor importancia el coeficiente de mayor grado. Así, si los coeficientes no son iguales, aún siendo significativos, las regresiones no son comparables.

Por ejemplo, para estudiar si la Nota Holística tiene dependencia Lineal del parámetro *conceptos válidos (CV)*, se realizan las 12 regresiones curvilíneas (4 temas por cada una de las tres intervenciones). Si en la mayoría de estas se obtienen coeficientes significativos ($p \leq 0.05$) y estos son coherentes, el parámetro *conceptos válidos* con la dependencia lineal es un candidato a formar parte de la expresión que nos proporciona la Nota Pronosticada. Así una parte de la expresión buscada sería:

$$NP = \dots + a_{CV} * CV + \dots$$

donde a_{CV} es el coeficiente del parámetro CV en esta expresión.

Una vez determinados los parámetros y su dependencia, se analiza la regresión de la combinación de los mismos con la Nota Holística, por temas e intervenciones. La expresión final de la Nota Pronosticada se obtiene asignando como coeficiente de cada parámetro el promedio de los coeficientes obtenidos en las 12 regresiones.

Nota Simplificada

La Nota Simplificada resulta de una síntesis de la expresión para la Nota Pronosticada. Para ello se simplifican los coeficientes de la fórmula de la Nota Pronosticada con objeto de obtener una expresión independiente de este estudio y aplicable a cualquier situación. El proceso de simplificación se basa en la conversión de los coeficientes a números enteros, conservando aproximadamente la proporcionalidad presente en la fórmula de la Nota Pronosticada. Además se elimina el término independiente de la combinación lineal, dado que se espera que la función resultante pase por el origen. En efecto, si todos los parámetros implicados en la expresión resultan cero, se espera el mismo valor para esta Nota Simplificada.

2.4.4. Tipos de variable, rangos y categorizaciones

Tipos de variable y rangos

La Nota Test es una variable real con rango entre 0 y 10, dado que se ha normalizado a este intervalo.

La Nota Holística es una variable categórica con valores ordenados y rango {MD, I, SF, B, N, EX}. Para efectos de correlación con variables numéricas se le asigna una variable entera con valores 0 a 5 correspondientes.

La Nota Pronosticada, por ser el resultado de una combinación lineal de valores enteros con coeficientes reales, será una variable numérica de tipo real. Dado que la expresión se ha obtenido como regresión curvilínea a partir de la Nota Holística, el rango de valores numéricos (conjunto imagen de la función) se espera entre 0 y 5, aunque no se descartan valores ligeramente distanciados. Este efecto se debe al margen de error aceptado y a que los coeficientes finales de la fórmula no salen directamente de la regresión sino que son valores promedio de diferentes regresiones.

La Nota Simplificada es una expresión matemática con valores enteros como coeficientes y valores enteros en los parámetros, en consecuencia será una variable entera. Su rango (conjunto imagen de la función) no es predecible, dado que es una expresión inferida, pero es evidente que su cota inferior será cero.

Finalmente, en el análisis por grupos temáticos, se realiza un paso previo para calcular las mismas variables para esta situación. El valor que toma una variable para un grupo temático es el promedio del valor obtenido para cada uno de los dos temas que forman el grupo

En la Nota Test y Nota Pronosticada, por ser variables reales, este cálculo no encierra ninguna dificultad y no altera ni el tipo de variable ni el rango. En el caso de la Nota Simplificada, por ser una variable entera se convertirá en real al tener que aceptar valores decimales (aunque sólo sean 0.5). En cuanto a su conjunto imagen de valores esperados, será ligeramente inferior pues los valores extremos se habrán promediado.

El auténtico problema aparece en la Nota Holística, pues al tratarse de una variable categórica, deberemos ampliar su rango de valores. En efecto, utilizando la variable entera asignada para las correlaciones, podemos realizar el promedio pero es evidente que el resultado alterará el rango de resultados. Veamos unos ejemplos en la *Tabla 6*.

Valor NH -1	Valor NH- 2	Promedio (variable entera)	Nota NH Promedio
N (4)	N (4)	4	N
SF (2)	MD (0)	1	I
B (3)	N (4)	3,5	?
N (4)	I (1)	2,5	?
EX (5)	SF (2)	3,5	?

Tabla 6. Ejemplos de promedios de notas holísticas.

Siempre que la distancia entre los valores a promediar sea impar, el resultado no será entero sino decimal (aunque sólo sea 0,5). La opción de redondear la nota obtenida conduce a una pérdida de precisión. Por ello se crea una categorización nueva para las Notas Holísticas de los grupos temáticos. Este nuevo rango se presenta en la siguiente *Tabla 7* y lo denominaremos Rango de Nota Holística para Grupos Temáticos, o simplemente rango R+.

RANGO R+											
Etiqueta	MD	MD+	I	I+	SF	SF+	B	B+	N	N+	Ex
Valor	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5

Tabla 7. Rango de Nota Holística para Grupos Temáticos (Rango R+)

Categorizaciones

La concordancia es un procedimiento que compara variables en el mismo rango de valores categóricos. En consecuencia se hace necesaria una categorización de las variables al rango de la Nota Holística. Dado que esta Nota tiene dos rangos diferentes en función de si se opera por temas o por grupos temáticos, las categorizaciones serán diferentes según el análisis que se realice.

CATEGORIZACIÓN DE LA NOTA TEST A NOTA HOLÍSTICA

Las categorizaciones se realizan con los criterios de evaluación habituales en el entorno académico para las Notas de Test

En el análisis por temas se aplica la siguiente *Tabla 8*:

Categorización de Nota test a Nota Holística		
Intervalo Nota test	Etiqueta asignada	Valor asignado
0.0 - 2.0	Muy Deficiente (MD)	0
2.1 - 4.9	Insuficiente (I)	1
5.0 - 5.9	Suficiente (SF)	2
6.0 - 6.9	Bien (B)	3
7.0 - 8.4	Notable (N)	4
8.5 - 10.0	Excelente (EX)	5

Tabla 8. Categorización de Nota Test a Nota Holística por temas

En el análisis por grupos temáticos (rango R+) se aplica (*Tabla 9*):

Categorización de Nota test a Nota Holística		
Intervalo Nota test	Etiqueta asignada	Valor asignado
0.0 - 0.9	MD	0
1.0 - 2.0	MD+	0.5
2.1 - 3.5	I	1
3.6 - 4.9	I+	1.5
5.0 - 5.4	SF	2
5.5 - 5.9	SF+	2.5
6.0 - 6.4	B	3
6.5 - 6.9	B+	3.5
7.0 - 7.9	N	4
8.0 - 8.9	N+	4.5
9.0 - 10.0	EX	5

Tabla 9. Categorización de Nota Test a Nota Holística por grupos temáticos (rango R+)

CATEGORIZACIÓN DE LA NOTA PRONOSTICADA A NOTA HOLÍSTICA

La única diferencia entre ambas notas es que la Holística es discreta en valores enteros o separados por medio punto. Así la categorización en este caso se realiza por redondeo de la Nota Pronosticada a número entero para los análisis por temas y a medio punto para los análisis por grupos temáticos.

Por la forma de obtención de la expresión de la Nota Pronosticada, se esperan valores entre 0 y 5 con ligeras desviaciones laterales de este rango. Por tanto, los valores que superan el 5.0 se redondean directamente a este valor exacto, y los que son negativos se redondean directamente a cero.

CATEGORIZACIÓN DE LA NOTA SIMPLIFICADA A NOTA HOLÍSTICA

Las categorizaciones se realizan recogiendo el rango de la Nota Simplificada y dividiéndolo en tantos intervalos como tenga la Nota Holística a comparar. El rango de la Nota Simplificada está entre dos valores: 0 y un valor máximo de referencia V. La bibliografía propone dos posibilidades para este valor de referencia: la nota resultante de un mapa

experto o la de un alumno al que se le puede atribuir una excelencia. En este estudio se ha optado por la segunda.

En el caso de análisis por temas si el rango de la Nota Simplificada es de 0 a su valor máximo V, tendremos que el intervalo de categorización será $(V-0)/6$, resultando (*Tabla 10*):

Categorización de Nota Simplificada a Nota Holística (temas)				
Intervalo Nota Simplificada		Etiqueta asignada	Valor asignado	
0	a V/6	Muy Deficiente (MD)	0	
V/6	a 2*V/6	Insuficiente (I)	1	
2*V/6	a 3*V/6	Suficiente (SF)	2	
3*V/6	a 4*V/6	Bien (B)	3	
4*V/6	a 5*V/6	Notable (N)	4	
5*V/6	a 6*V/6	Excelente (EX)	5	

Tabla 10. Categorización de Nota Simplificada a Nota Holística por temas

Análogamente, en el análisis por grupos temáticos (rango R+), si el rango de la Nota Simplificada está entre 0 y su valor máximo S, tendremos que el intervalo de categorización será $(S-0)/11$, resultando (*Tabla 11*)

Categorización de Nota Simplificada a Nota Holística (grupos temáticos)				
Intervalo Nota Simplificada		Etiqueta asignada		Valor asignado
0	a S/11	MD		0
S/10	a 2*S/11	MD+		0.5
2*S/10	a 3*S/11	I		1
3*S/10	a 4*S/11	I+		1.5
4*S/10	a 5*S/11	SF		2
5*S/10	a 6*S/11	SF+		2.5
6*S/10	a 7*S/11	B		3
7*S/10	a 8*S/11	B+		3.5
8*S/10	a 9*S/11	N		4
9*S/10	a 10*S/11	N+		4.5
10*S/10	a 11*S/11	EX		5.0

Tabla 11. Categorización de Nota Simplificada a Nota Holística por grupos temáticos (rango R+)

3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis previo: Distribución de notas obtenidas

Pruebas de normalidad

Se utiliza el test de Shapiro Wilk como prueba de normalidad sobre las variables medidas, siendo los resultados (*Tabla 12*):

Análisis Prueba		Test de Normalidad		
		Shapiro Wilk		
		1ª Intervención	2ª Intervención	3ª Intervención
TEST Nota Test	Fatiga	0.01	0.11	0.01
	Eficiencia	0.22	0.19	0.08
MAPA CONCEPTUAL Nota Holística	Fatiga	0.001	0.05	0.01
	Eficiencia	0.006	0.03	0.01
	Baloncesto	0.11	0.11	0.07
	Lluvia	0.06	0.11	0.03

Distribución Normal [$p \geq 0.10$]
 Indicios de Normalidad [$0.05 < p < 0.10$]

Tabla 12. Resultados test de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Se observa que la prueba de normalidad no da positiva en todos los casos, por tanto los análisis comparativos de variables de concordancia y correlación deberán realizarse de forma no paramétrica. Se seleccionan así las siguientes pruebas:

- CONCORDANCIA: Kappa ponderada cuadrática (ver *Técnicas utilizadas* página 70), que valora igualdades y que penaliza en extremo las diferencias encontradas.
- CORRELACIÓN: Spearman (ver *Técnicas utilizadas* página 68), que busca relaciones proporcionales

El test de Shapiro Wilk no muestra normalidad para las puntuaciones medidas posiblemente por el tamaño de la muestra (N=16). Este trabajo se ha realizado con alumnos que habían cursado la asignatura de Biomecánica. Para dar consistencia al estudio, la primera intervención se debía realizar justo cuando acababan el examen de la asignatura. Ello implicaba un sobreesfuerzo para los alumnos que debían prolongar las dos horas de dedicación al examen. Además esta prueba se realizaba en período de exámenes, con lo que este tiempo lo restaban de descanso o estudio para la próxima prueba. El calendario para la segunda y tercera intervención, impuesto por las características del olvido, situaba las pruebas cuando los voluntarios estaban inmersos en el cuatrimestre siguiente con materias diferentes. En el momento de solicitar la participación de los voluntarios potenciales, se les informaba de esta circunstancia recordando la necesidad de la participación en todas las pruebas. Ambas circunstancias, la inmediatez de la primera intervención y la obligatoriedad y dilación en las posteriores, implicaba unas dificultades de motivación añadidas a las ya habituales.

Análisis Exploratorio de Datos basado en Diagrama de Barras

El diagrama de barras de todas las variables se muestra en los *Gráfico 2* y *Gráfico 3*.

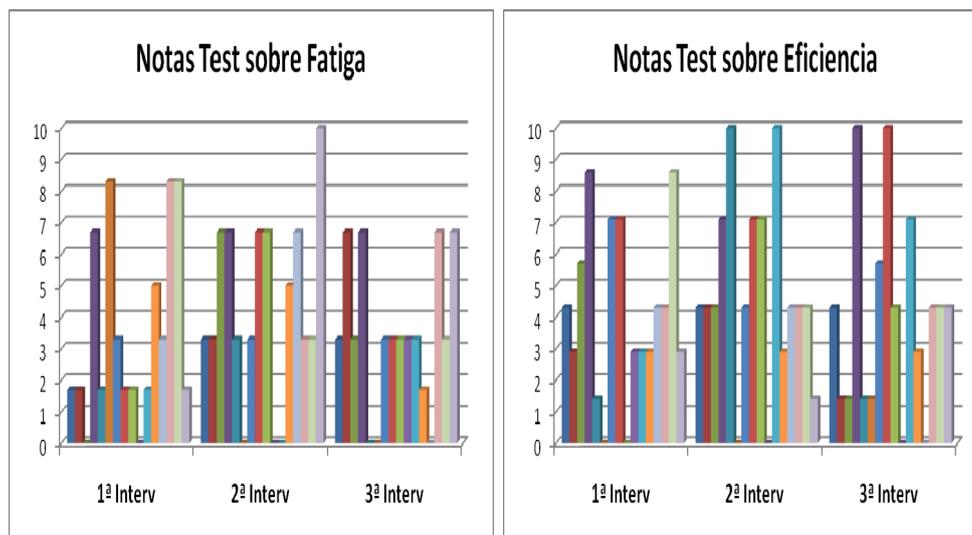


Gráfico 2. Diagramas de barras de Notas Test por temas e intervenciones

El Análisis Exploratorio de Datos muestra la presencia de sucesos en casi todo el rango de valores y en consecuencia no aparecen agrupaciones de resultados que invaliden los análisis.

La ausencia de Normalidad podría deberse a una agrupación sectorial de la notas obtenidas. Ello conllevaría que el análisis en este estudio debería reducirse a ese rango de notas obtenido. La presencia de valores en todo el abanico permite un estudio aplicable a todos los alumnos y no sólo a los que ocupan un determinado intervalo de notas.

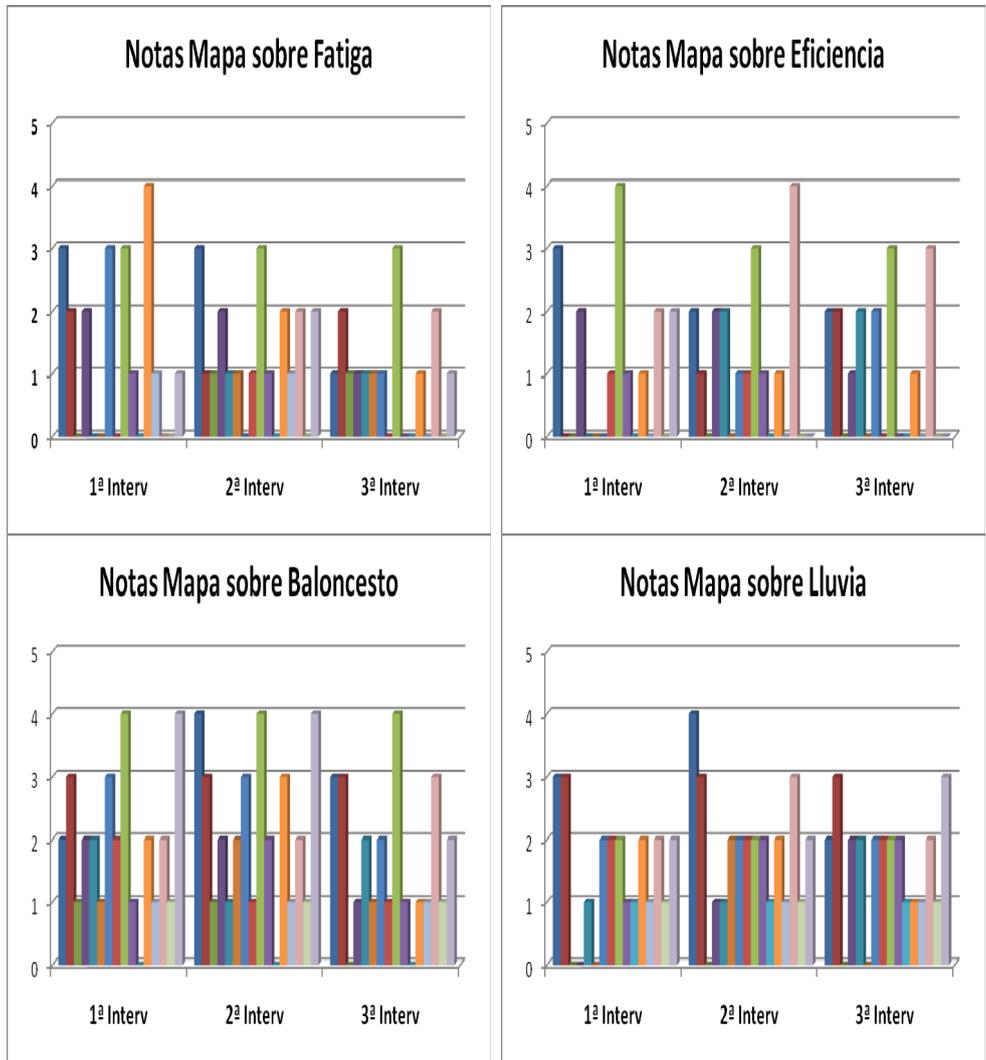


Gráfico 3. Diagramas de barras de Notas Holísticas de mapas por temas e intervenciones

3.1. Comparación de las Notas Test y Holísticas entre intervenciones

El análisis de la concordancia y correlación de la Nota Holística de los temas Globales (Baloncesto y Lluvia) entre las tres intervenciones (ver *Tabla 13*) muestra BUENA concordancia. Los niveles de correlación resultan significativos con coeficientes entre 0,55 y 0.80.

Estos resultados demuestran la validez de la metodología adaptada de creación de mapas conceptuales para medir el aprendizaje significativo, dado que las notas no varían y por tanto el conocimiento medido es residente en el alumno.

Simultáneamente, podemos inferir que la técnica es fiable, pues es esperable que estos temas globales no hayan sufrido variación en el intervalo de los 135 días en que se realizan las intervenciones, dado que esos días son lectivos del segundo cuatrimestre del curso. Así podemos considerar que las tres intervenciones son repeticiones de la misma prueba, y en consecuencia la concordancia y correlación entre valores nos da la fiabilidad de la medida.

La utilización de conocimientos globales, que no han sufrido alteración en el periodo docente de este estudio, permite asegurar que el conocimiento expuesto a medición es preexistente y permanece residente entre las intervenciones. Es por ello un elemento de control idóneo para comprobar la validez y fiabilidad de este sistema de medida del aprendizaje significativo. En estudios previos no se utilizan ningún tipo de elemento de control en cuanto a conocimiento residente.

Por otro lado, los intervalos en que se realizan las intervenciones exceden en mucho los periodos asignados al olvido del aprendizaje memorístico. Si los tiempos máximos encontrados están en las 8 semanas, este estudio sitúa la última intervención a las 19 semanas. Aún así las notas obtenidas son estables. Y esta persistencia se observa, no sólo por las correlaciones medidas, sino por su concordancia. Además para medir esta

concordancia se ha utilizado el índice ponderado cuadrático que penaliza las diferencias con pesos proporcionales a la distancia. Así, las notas entre las diferentes intervenciones no son sólo proporcionales, son estadísticamente iguales. En consecuencia esta metodología adaptada puntuada mediante valoración holística y aplicada a un conocimiento residente, realmente mide esta persistencia.

Respecto a los temas específicos (Fatiga y Eficiencia), la concordancia obtenida en la Nota Holística de los mapas conceptuales a lo largo de las intervenciones (ver *Tabla 13*) muestra niveles variables entre Débil y Muy Buena. La correlación es significativa en todos los casos con coeficientes entre 0,39 y 0,88. En el caso de Fatiga existe un nivel de relación muy importante como manifiestan r y p , aunque la concordancia sea moderada.

Estos resultados con los temas Específicos corroboran la validez y fiabilidad de la metodología adaptada, ya observada con los temas globales, y confirman la ausencia de sobreaprendizaje manifestada por los alumnos en la encuesta.

Estudios previos (Herl et al, 1996; Ruiz-Primo y Shavelson, 1997; Lavigne, 2005), apuntan la necesidad de una formación previa para la utilización de los mapas conceptuales como herramienta evaluadora. Ello conlleva la necesidad de planes de formación que en el menor de los casos se resuelve con unas instrucciones previas al examen. No obstante, si la estructura cognitiva existe y se manifiesta en forma proposicional, la problemática se traslada a cómo hacer aflorar ese conocimiento sin necesidad de una formación previa en mapas. En esta línea, los tres pasos principales de la construcción de un mapa libre no parecen ejercicios complicados para un profano. La ejecución ordenada de estos ejercicios dirige a la construcción de un mapa libre. Los mapas así obtenidos y valorados holísticamente se convierten en una auténtica herramienta de evaluación del aprendizaje significativo sin necesidad de conocer la herramienta.

Análisis Prueba Sobre intervención		Concordancia			Correlación					
		Kappa ponderada cuadrática			Correlaciones Bivariadas de Spearman (Bilateral)					
		1ª vs 2ª	2ª vs 3ª	1ª vs 3ª	1ª vs 2ª		2ª vs 3ª		1ª vs 3ª	
		Kpc	Kpc	Kpc	r	p	r	p	r	p
NOTA TEST	Fatiga	-0.22	0.36	0.07	-0.15	0.29	0.33	0.11	-0.04	0.44
	Eficiencia	0.09	0.57	0.59	0.06	0.42	0.46	0.04	0.55	0.02
NOTA HOLÍSTICA	Fatiga	0.46	0.56	0.35	0.48	0.03	0.58	0.01	0.39	0.08
	Eficiencia	0.74	0.87	0.67	0.79	0.00	0.088	0.00	0.63	0.01
	Baloncesto	0.79	0.66	0.73	0.77	0.00	0.72	0.00	0.79	0.00
	Lluvia	0.74	0.51	0.66	0.80	0.00	0.55	0.01	0.65	0.00

	<0	Discordancia		Significativo ($p \leq 0.05$)
	0-0.20	Muy Débil		Indicios ($0.05 \leq p \leq 0.10$)
	0.21-0.40	Débil		
	0.41-0.60	Moderada		
	0.61-0.80	Buena		
	0.81-1.00	Muy Buena		

Tabla 13. Concordancia y correlación entre intervenciones de Nota test y Holística por temas

En las notas test, los niveles de concordancia entre intervenciones se reducen ostensiblemente. Además se observan diferencias en los niveles de correlación entre el tema de Fatiga y el de Eficiencia; mientras en el primero desaparece la correlación, en el segundo sólo aparece significancia en aquellas correlaciones que involucran la tercera intervención.

El descenso en la concordancia y correlación de las notas test podría ser atribuible al propio diseño de la prueba. Para reproducir la situación de un examen normal, los resultados de las pruebas test de la primera intervención se extraen del examen de la asignatura. La corrección de esta prueba objetiva se realiza con la corrección de respuesta aleatoria (ver *Criterios de Puntuación de Prueba Objetiva* en página 75). Aunque el método de corrección es el mismo en las tres intervenciones, es evidente que la influencia en la nota de la asignatura es diferente. Así, seguramente los alumnos habrán contestado en la primera intervención de forma más conservadora que en la segunda y la tercera.

Este sesgo de corrección de respuesta aleatoria no justifica las diferencias entre el tema de Fatiga y el de Eficiencia. Las razones de este descenso podrían atribuirse a una menor comprensión del concepto de Fatiga, dado que también los resultados del mapa sobre Fatiga son inferiores.

Los niveles de correlación entre Notas Holísticas de los mapas en las diferentes intervenciones son acordes con los observados por Yin (Yin et al, 2005) que oscilaban entre el 0,53 y el 0,83. No obstante, Yin sólo realizó dos intervenciones separadas 7 semanas y utilizaba una técnica con mapas expertos con etiquetas de enlaces mudas. No estudió ningún tipo de concordancia.

3.2. Expresión matemática de las Notas Paramétricas (Pronosticada y Simplificada)

Regresiones curvilíneas

El coeficiente de determinación r^2 y la significación p de las regresiones de cada uno de los parámetros medidos con la Nota Holística del mapa conceptual en todos los temas e intervenciones realizados se muestran en las *Tabla 14*, *Tabla 15* y *Tabla 16*. Los modelos que se someten a estudio son variaciones polinómicas de grado uno (lineal), dos (cuadrática) y tres (cúbica).

Análisis Dependencia Sobre Mapa del tema		Regresión curvilínea							
		Nota Holística vs parámetros (uno a uno)							
		PRIMERA intervención							
		Fatiga		Eficiencia		Baloncesto		Lluvia	
Parámetros	Modelo	r ²	Sig(p)	r ²	Sig(p)	r ²	Sig(p)	r ²	Sig(p)
CONCEPTOS ESCOGIDOS	Lineal	0.04	0.44	0.15	0.15	0.01	0.66	0.01	0.70
	Cuadrático	0.19	0.25	0.16	0.36	0.11	0.47	0.04	0.77
	Cúbico	0.17	0.29	0.16	0.36	0.11	0.47	0.03	0.80
CONCEPTOS VÁLIDOS	Lineal	0.01	0.71	0.05	0.45	0.01	0.66	0.001	0.90
	Cuadrático	0.22	0.20	0.05	0.75	0.11	0.47	0.03	0.84
	Cúbico	0.20	0.23	0.05	0.91	0.11	0.47	0.03	0.81
CONCEPTOS RELEVANTES	Lineal	0.12	0.19	0.14	0.17	0.10	0.23	0.001	0.91
	Cuadrático	0.23	0.18	0.14	0.40	0.34	0.06	0.02	0.87
	Cúbico	0.28	0.26	0.14	0.40	0.34	0.06	0.02	0.87
VALORACIÓN DE JERARQUÍA	Lineal	0.37	0.01	0.34	0.02	0.29	0.03	0.38	0.01
	Cuadrático	0.39	0.04	0.38	0.06	0.33	0.07	0.40	0.03
	Cúbico	0.39	0.04	0.38	0.06	0.34	0.16	0.40	0.03
ENLACES REALIZADOS	Lineal	0.04	0.45	0.15	0.147	0.01	0.74	0.01	0.72
	Cuadrático	0.07	0.63	0.16	0.37	0.01	0.92	0.01	0.92
	Cúbico	0.12	0.66	0.17	0.56	0.02	0.96	0.01	0.98
ENLACES VÁLIDOS	Lineal	0.20	0.08	0.60	0.00	0.73	0.00	0.51	0.00
	Cuadrático	0.38	0.045	0.64	0.00	0.76	0.00	0.52	0.01
	Cúbico	0.59	0.04	0.66	0.01	0.76	0.00	0.61	0.01
		r ² ≥ 0.8		p ≤ 0.05					
		0.5 ≤ r ² < 0.8		0.1 ≥ p > 0.05					
		0.3 ≤ r ² < 0.5							

Tabla 14. Regresión curvilínea (r^2 y p) de la Nota Holística respecto a los parámetros objetivos en la primera intervención

Análisis Dependencia Sobre Mapa del tema		Regresión curvilínea							
		Nota Holística vs parámetros (uno a uno)							
		SEGUNDA intervención							
		Fatiga		Eficiencia		Baloncesto		Lluvia	
Parámetros	Modelo	r ²	Sig(p)	r ²	Sig(p)	r ²	Sig(p)	r ²	Sig(p)
CONCEPTOS ESCOGIDOS	Lineal	0,003	0,841	0,031	0,528	0,064	0,343	0,079	0,293
	Cuadrático	0,326	0,077	0,047	0,748	0,116	0,447	0,125	0,418
	Cúbico	0,327	0,076	0,074	0,829	0,116	0,448	0,125	0,421
CONCEPTOS VÁLIDOS	Lineal	0,001	0,889	0,001	0,897	0,064	0,343	0,042	0,445
	Cuadrático	0,347	0,063	0,207	0,249	0,116	0,447	0,059	0,672
	Cúbico	0,359	0,056	0,308	0,109	0,116	0,448	0,061	0,666
CONCEPTOS RELEVANTES	Lineal	0,036	0,483	0,197	0,097	0,088	0,265	0,000	0,940
	Cuadrático	0,052	0,708	0,303	0,114	0,088	0,265	0,197	0,241
	Cúbico	0,057	0,685	0,316	0,225	0,088	0,265	0,197	0,241
VALORACIÓN DE JERARQUÍA	Lineal	0,103	0,224	0,309	0,031	0,203	0,080	0,417	0,007
	Cuadrático	0,159	0,324	0,311	0,107	0,223	0,194	0,451	0,020
	Cúbico	0,159	0,324	0,311	0,107	0,289	0,236	0,451	0,020
ENLACES REALIZADOS	Lineal	0,115	0,199	0,107	0,234	0,074	0,310	0,177	0,105
	Cuadrático	0,243	0,163	0,221	0,224	0,116	0,447	0,185	0,264
	Cúbico	0,262	0,285	0,222	0,410	0,482	0,042	0,187	0,459
ENLACES VÁLIDOS	Lineal	0,212	0,072	0,723	0,000	0,333	0,019	0,447	0,005
	Cuadrático	0,253	0,150	0,747	0,000	0,364	0,053	0,535	0,007
	Cúbico	0,256	0,298	0,836	0,000	0,426	0,074	0,566	0,015

	r ² ≥ 0.8		p ≤ 0.05
	0.5 ≤ r ² < 0.8		0.1 ≥ p > 0.05
	0.3 ≤ r ² < 0.5		

Tabla 15. Regresión curvilínea (r² y p) de la Nota Holística respecto a los parámetros objetivos en la segunda intervención

Análisis Dependencia Sobre Mapa del tema		Regresión curvilínea							
		Nota Holística vs parámetros (uno a uno)							
		TERCERA intervención							
		Fatiga		Eficiencia		Baloncesto		Lluvia	
Parámetros	Modelo	r ²	Sig(p)	r ²	Sig(p)	r ²	Sig(p)	r ²	Sig(p)
CONCEPTOS ESCOGIDOS	Lineal	0,103	0,244	0,262	0,061	0,101	0,229	0,155	0,132
	Cuadrático	0,141	0,403	0,271	0,176	0,103	0,494	0,328	0,075
	Cúbico	0,133	0,425	0,271	0,176	0,103	0,494	0,328	0,076
CONCEPTOS VÁLIDOS	Lineal	0,122	0,202	0,001	0,899	0,101	0,229	0,173	0,109
	Cuadrático	0,173	0,320	0,003	0,984	0,103	0,494	0,192	0,249
	Cúbico	0,167	0,334	0,273	0,343	0,103	0,494	0,193	0,247
CONCEPTOS RELEVANTES	Lineal	0,000	1,000	0,000	0,945	0,102	0,228	0,019	0,611
	Cuadrático	0,334	0,088	0,053	0,741	0,102	0,228	0,019	0,611
	Cúbico	0,377	0,143	0,105	0,761	0,102	0,228	0,019	0,611
VALORACIÓN DE JERARQUÍA	Lineal	0,157	0,144	0,573	0,002	0,394	0,009	0,384	0,010
	Cuadrático	0,170	0,328	0,573	0,002	0,432	0,025	0,421	0,029
	Cúbico	0,170	0,328	0,573	0,002	0,465	0,051	0,421	0,029
ENLACES REALIZADOS	Lineal	0,005	0,794	0,387	0,018	0,044	0,434	0,327	0,021
	Cuadrático	0,017	0,900	0,406	0,057	0,046	0,734	0,356	0,057
	Cúbico	0,020	0,973	0,554	0,038	0,098	0,731	0,717	0,001
ENLACES VÁLIDOS	Lineal	0,741	0,000	0,546	0,003	0,468	0,003	0,266	0,041
	Cuadrático	0,756	0,000	0,579	0,009	0,486	0,013	0,266	0,133
	Cúbico	0,757	0,001	0,580	0,028	0,509	0,031	0,276	0,259

	r ² ≥ 0.8		p ≤ 0.05
	0.5 ≤ r ² < 0.8		0.1 ≥ p > 0.05
	0.3 ≤ r ² < 0.5		

Tabla 16. Regresión curvilínea (r² y p) de la Nota Holística respecto a los parámetros objetivos en la tercera intervención

Selección de parámetros y dependencias

La selección de los parámetros y su dependencia se basan en criterios de significancia y coherencia de coeficientes (ver Cálculo de la Nota Pronosticada en página 82).

Análisis Dependencia Sobre Mapa del tema		Regresión curvilínea							
		Nota Holística vs parámetros (uno a uno)							
		PROMEDIO DE LAS 3 INTERVENCIONES							
		Fatiga		Eficiencia		Baloncesto		Lluvia	
Parámetros	Modelo	Promedio r^2	Promedio Sig(p)	Promedio r^2	Promedio Sig(p)	Promedio r^2	Promedio Sig(p)	Promedio r^2	Promedio Sig(p)
CONCEPTOS ESCOGIDOS	Lineal	0,049	0,51	0,148	0,25	0,060	0,41	0,081	0,37
	Cuadrático	0,219	0,24	0,158	0,43	0,110	0,47	0,164	0,42
	Cúbico	0,211	0,27	0,167	0,46	0,110	0,47	0,162	0,43
CONCEPTOS VÁLIDOS	Lineal	0,045	0,60	0,016	0,75	0,060	0,41	0,072	0,49
	Cuadrático	0,246	0,20	0,085	0,66	0,110	0,47	0,093	0,59
	Cúbico	0,243	0,21	0,209	0,45	0,110	0,47	0,095	0,57
CONCEPTOS RELEVANTES	Lineal	0,052	0,56	0,112	0,40	0,097	0,24	0,007	0,82
	Cuadrático	0,206	0,32	0,167	0,42	0,181	0,18	0,079	0,57
	Cúbico	0,237	0,36	0,189	0,46	0,181	0,18	0,079	0,57
VALORACIÓN DE JERARQUÍA	Lineal	0,210	0,13	0,407	0,02	0,296	0,04	0,393	0,01
	Cuadrático	0,239	0,23	0,422	0,06	0,329	0,01	0,425	0,03
	Cúbico	0,239	0,23	0,422	0,06	0,364	0,15	0,425	0,03
ENLACES REALIZADOS	Lineal	0,054	0,48	0,216	0,13	0,042	0,49	0,171	0,28
	Cuadrático	0,109	0,57	0,261	0,22	0,058	0,70	0,185	0,41
	Cúbico	0,134	0,64	0,314	0,34	0,202	0,58	0,306	0,48
ENLACES VÁLIDOS	Lineal	0,384	0,05	0,622	0,00	0,511	0,01	0,409	0,02
	Cuadrático	0,463	0,07	0,654	0,00	0,536	0,02	0,439	0,05
	Cúbico	0,531	0,10	0,691	0,01	0,564	0,04	0,482	0,09

	$r^2 \geq 0.8$		$p \leq 0.05$
	$0.5 \leq r^2 < 0.8$		$0.1 \geq p > 0.05$
	$0.3 \leq r^2 < 0.5$		

Tabla 17. Promedio de los índices r^2 y p de las regresiones curvilíneas (Nota Holística vs parámetros objetivables) en las tres intervenciones

En cuanto a la significación, la inspección general de los resultados por intervenciones muestra significancia variable en la dependencia de la Nota Holística respecto a los parámetros objetivables. Promediando las tres

intervenciones (*Tabla 17*) se pone de manifiesto el predominio de los parámetros *Valoración de Jerarquía y Enlaces Válidos*.

Estos resultados coinciden con otros trabajos previos. Varios autores han estudiado la correlación de los diferentes parámetros objetivables del mapa con otras medidas del conocimiento. En la mayoría de estos estudios, el elemento que presenta mayor correlación es el de enlaces válidos, y en ocasiones aparece también la jerarquía de los conceptos.

Austin (Austin y Shore, 1995) encontró correlaciones aunque menores entre los enlaces válidos y las pruebas test. Shavelson (Shavelson et al, 1994) también encontró correlaciones entre proposiciones (enlaces válidos) y otras medidas de aptitud y logro científico. Más recientemente, Hay (2007) considera los enlaces válidos como elementos diferenciadores del aprendizaje significativo.

Liu (1994), puntuando los mapas mediante el modelo IRT (Item-Response Theory), encontró correlaciones significativas con el número de enlaces válidos (cruzados o no) y el número de jerarquías, contabilizadas como el número de conceptos en la rama mayor del mapa. Herl (Herl et al, 1996) comparando los mapas de los estudiantes con mapas expertos analizó la estructura organizativa, el número de conceptos utilizados y el número de enlaces válidos, encontrando que la estructura y los enlaces válidos discriminaban el nivel de conocimiento de los alumnos.

La ausencia de dependencia respecto a los parámetros referentes a Conceptos y Enlaces Realizados concuerdan con los resultados obtenidos por Herl (Herl et al, 1996) y Ruiz-Primo (Ruiz-Primo y Shavelson, 1997). Novak (1998) ya apuntaba que la sola existencia de conceptos refleja un aprendizaje memorístico y que la interrelación entre los mismos mostraba el significativo. Por otro lado los enlaces realizados, al incluir todos (válidos o no), no son indicativos de la calidad del aprendizaje.

En base a lo anterior y si, como se había apuntado, la esencia del conocimiento es la estructura cognitiva verbalizada como proposiciones (Novak y Gowin, 1984; Shavelson et al, 1994; Novak, 1998; Schau et al, 1999), las dependencias halladas eran esperables. La jerarquía es una muestra de la estructura cognitiva y los enlaces válidos son la

representación en el mapa de las proposiciones, mientras que los conceptos pueden ser puramente memorísticos.

Analizando la significación de los modelos de regresión (ver *Tabla 17*) se observa que la *Valoración de Jerarquía* muestra básicamente dependencia lineal, mientras que en el caso de *Enlaces Válidos* existe significación en los tres modelos (lineal L, cuadrática Q y cúbica C). Si realizamos un promedio del coeficiente de determinación r^2 y la significación p de los temas, esta dependencia se hace aún más evidente (ver *Tabla 18*).

Análisis Dependencia Sobre		Regresión curvilínea	
		Nota Holística vs parámetros (uno a uno)	
		PROMEDIO DE INTERVENCIONES y TEMAS	
Parámetros	Modelo	Promedio r^2	Promedio Sig(p)
CONCEPTOS ESCOGIDOS	Lineal	0,085	0,386
	Cuadrático	0,163	0,391
	Cúbico	0,162	0,406
CONCEPTOS VÁLIDOS	Lineal	0,048	0,561
	Cuadrático	0,133	0,479
	Cúbico	0,164	0,426
CONCEPTOS RELEVANTES	Lineal	0,067	0,506
	Cuadrático	0,158	0,375
	Cúbico	0,172	0,395
VALORACIÓN DE JERARQUÍA	Lineal	0,326	0,049
	Cuadrático	0,354	0,103
	Cúbico	0,363	0,116
ENLACES REALIZADOS	Lineal	0,121	0,347
	Cuadrático	0,153	0,474
	Cúbico	0,239	0,508
ENLACES VÁLIDOS	Lineal	0,481	0,019
	Cuadrático	0,523	0,035
	Cúbico	0,567	0,061

	$r^2 \geq 0.8$ $0.5 \leq r^2 < 0.8$ $0.3 \leq r^2 < 0.5$	$p \leq 0.05$ $0.1 \geq p > 0.05$
--	--	--------------------------------------

Tabla 18. Promedio de los índices r^2 y p de las regresiones curvilíneas (Nota Holística vs parámetros objetivables) en las tres intervenciones y en los cuatro temas.

El análisis de la coherencia de los coeficientes de la dependencia lineal del parámetro *Valoración de Jerarquía* se muestra en la *Tabla 19*.

Análisis Dependencia Variable Independiente	Regresión curvilínea Lineal VALORACIÓN DE JERARQUÍA Coeficiente lineal (b1)			
	TEMAS			
	Intervención	Fatiga	Eficiencia	Baloncesto
1 ^a	0,603	0,529	0,489	0,459
2 ^a	0,275	0,478	0,494	0,536
3 ^a	0,262	0,593	0,523	0,495

Coeficientes de signo positivo
 Coeficientes de signo negativo

Tabla 19. Comparación de coeficientes lineales de la Regresión curvilínea con dependencia lineal de la Nota Holística vs Valoración de Jerarquía en las tres intervenciones

En ella todos los signos son iguales lo que permite suponer la existencia de un coeficiente único.

La coherencia de coeficientes en el caso de Enlaces Válidos debe permitir discriminar entre modelos. Esta se analiza comparando signos y tendencias. La comparación de signos por modelos de dependencias se muestra en las *Tabla 20*, *Tabla 21* y *Tabla 22*.

Análisis Dependencia Variable Independiente		Regresión curvilínea Lineal ENLACES VÁLIDOS			
		TEMAS			
		Fatiga	Eficiencia	Baloncesto	Lluvia
Coefficiente	Intervención				
Lineal (b1)	1 ^a	0,1655	0,3222	0,2068	0,1725
	2 ^a	0,0974	0,3861	0,1427	0,1668
	3 ^a	0,2246	0,3370	0,1692	0,1304

Coeficientes de signo positivo
 Coeficientes de signo negativo

Tabla 20. Comparación de coeficientes lineales de la Regresión curvilínea con dependencia lineal de la Nota Holística vs Enlaces Válidos en las tres intervenciones.

Análisis Dependencia Variable Independiente		Regresión curvilínea Cuadrática ENLACES VÁLIDOS			
		TEMAS			
		Fatiga	Eficiencia	Baloncesto	Lluvia
Coefficiente	Intervención				
Lineal (b1)	1 ^a	0,7683	0,1045	0,0959	0,2103
	2 ^a	0,2491	0,1860	0,2546	0,4014
	3 ^a	0,1552	0,5888	0,2596	0,1366
Cuadrático (b2)	1 ^a	-0,0641	0,0266	0,0099	-0,0039
	2 ^a	-0,0145	0,0275	-0,0072	-0,0241
	3 ^a	0,0081	-0,0444	-0,0070	-0,0007

Coeficientes de signo positivo
 Coeficientes de signo negativo

Tabla 21. Comparación de coeficientes lineales de la Regresión curvilínea con dependencia lineal de la Nota Holística vs Enlaces Válidos en las tres intervenciones.

Análisis Dependencia Variable Independiente		Regresión curvilínea Cúbica ENLACES VÁLIDOS			
		TEMAS			
		Fatiga	Eficiencia	Baloncesto	Lluvia
Coefficiente	Intervención				
Lineal (b1)	1ª	-0,4116	0,5077	0,0596	-0,4850
	2ª	0,1560	1,1583	0,6029	-0,0363
	3ª	0,0873	0,8386	0,5180	-0,0981
Cuadrático (b2)	1ª	0,2942	-0,0903	0,0173	0,1817
	2ª	0,0072	-0,3622	-0,0643	0,0800
	3ª	0,0282	-0,1441	-0,0660	0,0637
Cúbico (b3)	1ª	-0,0256	0,0080	-0,0004	-0,0117
	2ª	-0,0012	0,0351	0,0022	-0,0060
	3ª	-0,0013	0,0094	0,0030	-0,0043

 Coeficientes de signo positivo
 Coeficientes de signo negativo

Tabla 22. Comparación de coeficientes lineales de la Regresión curvilínea con dependencia lineal de la Nota Holística vs Enlaces Válidos en las tres intervenciones.

Se observa que únicamente la dependencia lineal tiene coincidencia de signos por coeficientes. En efecto, en la dependencia cuadrática, si bien el coeficiente lineal sí es coherente, no lo es el cuadrático. Análogamente, en la dependencia cúbica, no existe coincidencia de signo en ninguno de los tres coeficientes.

La coherencia de los coeficientes también se puede observar con la tendencia de las curvas, como se muestra en los *Gráfico 4*, *Gráfico 5* y *Gráfico 6*.

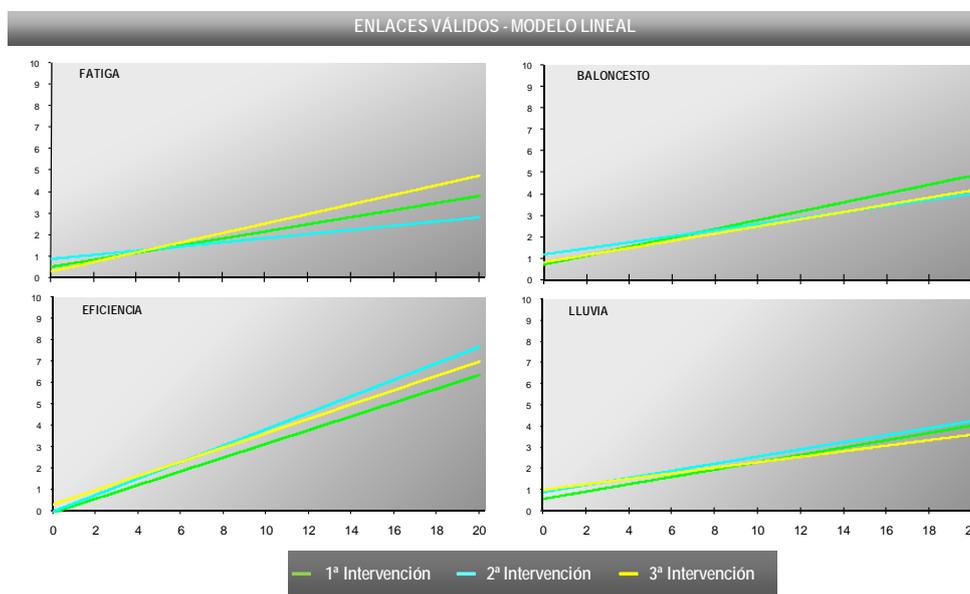


Gráfico 4. Regresiones lineales de Nota Holística respecto a Enlaces Válidos en dependencia Lineal por temas e intervenciones.

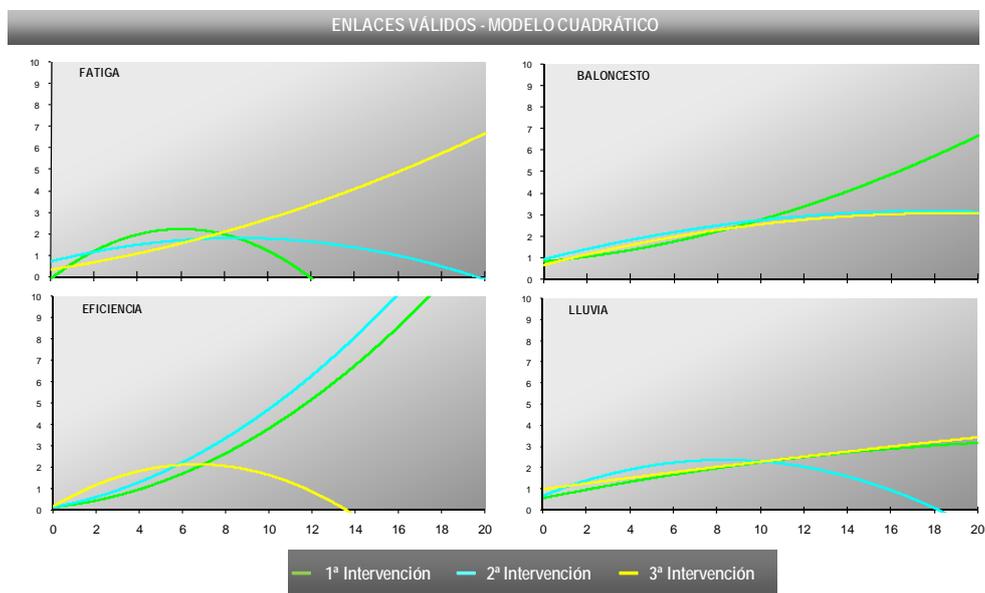


Gráfico 5. Regresiones lineales de Nota Holística respecto a Enlaces Válidos en dependencia Cuadrática por temas e intervenciones.

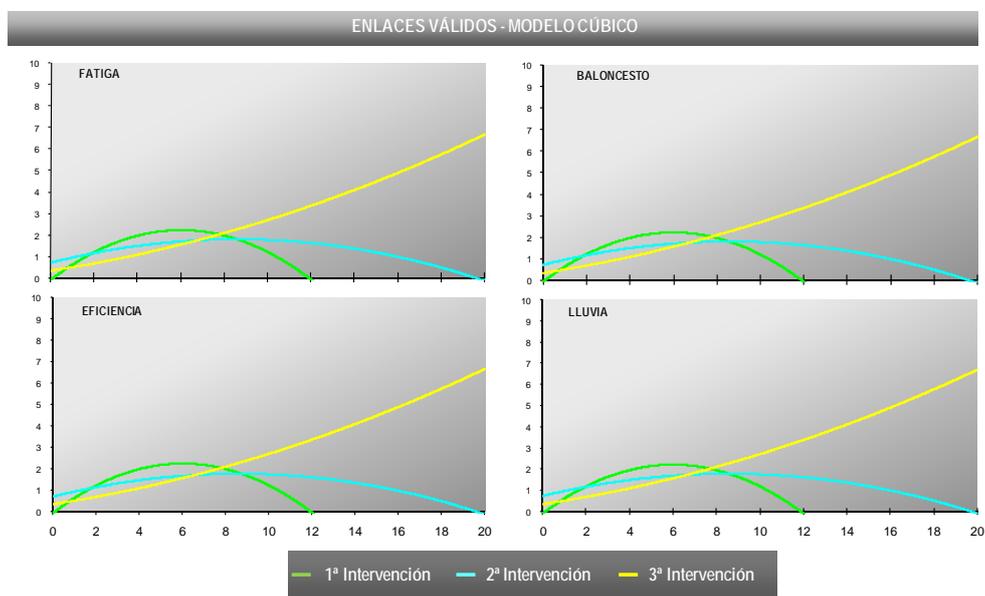


Gráfico 6. Regresiones lineales de Nota Holística respecto a Enlaces Válidos en dependencia Cúbica por temas e intervenciones.

Únicamente la dependencia lineal presenta tendencias comparables entre los diferentes temas. Los modelos cuadrático y cúbico presentan disparidad entre intervenciones en un mismo tema y entre temas.

Tal como se observa en las gráficas existe una uniformidad de tendencias para un número de enlaces válidos inferior a 8 o 10. En este intervalo se podrían considerar cualquiera de los modelos de dependencia. Para números de enlaces superiores las curvas se separan, perdiéndose la coherencia entre todas las funciones excepto en el modelo lineal. Dado que en un mapa se esperan más de 10 enlaces válidos se debe inferir que el modelo recomendable para conseguir coeficientes únicos es el lineal, análogamente al análisis de la coherencia de los coeficientes.

En consecuencia, se seleccionan los parámetros *Valoración Jerárquica (VJ)* y *Enlaces Válidos (EV)*, ambos en modelo de dependencia lineal.

Esta selección resultado del procedimiento matemático coincide con los resultados obtenidos por Fernandez (1995) que al correlacionar diferentes parámetros sólo encuentra correlaciones con una valoración de jerarquía y

los enlaces válidos. No obstante Fernández realiza la correlación con los resultados de una prueba escrita.

Expresión matemática para la nota pronosticada

La expresión matemática buscada es la siguiente combinación lineal:

$$\text{Nota Pronosticada} = v * VJ + e * EV + c$$

siendo v el coeficiente del parámetro VJ , e el del parámetro EV y c el término independiente

Dado que las dependencias encontradas entre los parámetros seleccionados y la Nota Holística es lineal, se realiza una regresión multivariante para cada tema e intervención. En cada caso obtendremos un valor de los coeficientes v , e y c . Las regresiones que se realizan son:

$$\text{Nota Holística}_{KL} = v_{KL} * VJ_{KL} + e_{KL} * EV_{KL} + c_{KL}$$

con K = tema y L =intervención

siendo:

$\text{Nota Holística}_{KL}$ = Nota Holística de los mapas sobre el tema K en la intervención L (variable dependiente)

v_{KL} = coeficiente de VJ en la regresión de los mapas del tema K en la intervención L

VJ_{KL} = valores del parámetro *Valoración de Jerarquía* en los mapas del tema K en la intervención L

e_{KL} = coeficiente de EV en la regresión de los mapas del tema K en la intervención L

EV_{KL} = valores del parámetro *Enlaces Válidos* en los mapas del tema K en la intervención L

c_{KL} = término independiente en la regresión de los mapas del tema K en la intervención L

Los resultados se muestran en la *Tabla 23*.

Análisis		Regresión lineal Nota Holística vs parámetros		
Temas	Coefficientes	1ª Intervención	2ª Intervención	3ª Intervención
Fatiga	c	0,0763	0,5167	0,4812
	v	0,1084	0,0847	0,2604
	e	0,5176	0,1727	-0,1464
Eficiencia	c	-0,4217	-0,1970	-0,2197
	v	0,2752	0,3433	0,2197
	e	0,3555	0,1723	0,4054
Baloncesto	c	0,4817	0,1248	0,4717
	v	0,1879	0,1420	0,1208
	e	0,1461	0,4901	0,3072
Lluvia	c	0,1911	0,3830	0,4758
	v	0,1351	0,1297	0,0614
	e	0,2904	0,4044	0,3851

Tabla 23. Coeficientes de la Regresión multivariante de Nota Holística dependiente de Valoración de Jerarquía y Enlaces Válidos en las tres intervenciones.

Se busca una combinación lineal con coeficientes fijos y no dependientes del caso, por ello se procede a obtener los coeficientes únicos v, e, y c, mediante un promedio de los valores obtenidos para cada tema e intervención.

$$c = \text{promedio } (c_{KL}) = 0.1970$$

$$v = \text{promedio } (v_{KL}) = 0.1724$$

$$e = \text{promedio } (e_{KL}) = 0.2917$$

con K=tema y L=intervención

la expresión matemática buscada de la Nota Pronosticada resulta:

$$\text{Nota Pronosticada} = 0,1724 * VJ + 0,2917 * EV + 0,1970$$

Fórmula 4. Expresión matemática obtenida para la Nota Pronosticada

El rango de valores obtenidos con esta expresión de la Nota Pronosticada oscila entre 0 y 5,6 como es de esperar en una expresión obtenida de una regresión lineal con una variable dependiente (Nota Holística) que oscila entre 0 y 5 (MD, I, SF, B, N, EX)

Otros autores (Novak y Gowin, 1984; Allen, 2006) han puntuado mapas conceptuales como una combinación lineal de parámetros objetivables de los mismos. En ocasiones esta expresión no se explicita, sino que se aplica de forma implícita. Cuando se realiza un recuento de parámetros, y a cada uno se le asigna una puntuación, para finalmente otorgar al mapa la suma de todas las puntuaciones obtenidas, se está realizando una combinación lineal. En efecto, los sucesos contabilizados de un parámetro funcionan como la variable, la puntuación de cada ítem es el peso asignado a dicha variable y la suma final resulta la combinación lineal propiamente dicha. En ningún caso esta combinación lineal es el resultado de un procedimiento matemático, y raramente se comprueba si existe o no dependencia de los parámetros utilizados. En este estudio se efectúa la evaluación del mapa (nota Holística) como un redactado normal. De esta puntuación se deduce la expresión de la Nota Pronosticada como una combinación lineal obtenida matemáticamente.

Expresión matemática para la Nota Simplificada

Observando los coeficientes de los parámetros de la Nota Pronosticada, el coeficiente de enlaces válidos es prácticamente el doble que el de Valoración Jerárquica. Así se propone la siguiente combinación lineal como Nota Simplificada, donde se obvia el término independiente:

$$\text{Nota Simplificada} = VJ + 2 * EV$$

Fórmula 5. *Expresión matemática inferida para la Nota Simplificada.*

Los valores extremos obtenidos para esta expresión de la Nota Simplificada son 0 y 39.

La identificación de una nota Simplificada tiene por objetivo independizar de los datos del presente estudio la expresión matemática obtenida en la Nota Pronosticada. De esta forma se obtiene una expresión generalizable para puntuar un mapa conceptual. La inferencia de esta Nota Simplificada se realiza aplicando la lógica a la expresión obtenida para la Nota Pronosticada. En primer lugar, el término independiente de la misma no tiene sentido, pues si el recuento de los sucesos observados en el mapa

es cero, es lógico esperar que la puntuación del mapa sea nula. En segundo lugar, como ya se ha comentado, la dependencia de los enlaces válidos es un hecho recurrente en estudios previos, por tanto no es extraño asignar mayor peso a este parámetro. La valoración de jerarquía, aunque presenta dependencia en algunos estudios, no es una constante. No obstante la jerarquía si es indicadora de la estructura cognitiva. La relación de pesos entre ambos parámetros se establece en base a los resultados observados en la Nota Pronosticada pero reduciéndola a una relación de números enteros (2:1).

Por otro lado, en el sistema de puntuación de los elementos del mapa se otorga un rango de 0 a 3 para la *Valoración de Jerarquía*, sin embargo el parámetro *Enlaces Válidos* responde a un simple recuento. Por ello el rango de este último no está directamente acotado, aunque no se esperan valores grandes dado que el número de conceptos sí está fijado. Al tener el parámetro *Enlaces Válidos* una amplitud de valores superior a la *Valoración de Jerarquía* se puede esperar del primero un mayor poder de discriminación del conocimiento residente. Este hecho apoya la relación de pesos decidida entre dichos parámetros para la Nota Simplificada.

3.3. Validez y fiabilidad de las Notas Pronosticada y Simplificada

Nota Pronosticada entre intervenciones

La concordancia observada de la Nota Pronosticada entre intervenciones (ver *Tabla 24*) resulta entre *Buena* y *Muy Buena* en casi todas las comparaciones. Respecto a la correlación de Spearman resulta significativa en todos los casos con coeficientes entre 0.54 y 0.82.

Análisis Prueba Sobre intervención		Concordancia			Correlación					
		Kappa ponderada cuadrática			Correlaciones Bivariadas de Spearman (Bilateral)					
		1ª vs 2ª	2ª vs 3ª	1ª vs 3ª	1ª vs 2ª		2ª vs 3ª		1ª vs 3ª	
					r	p	r	p	r	p
NOTA PRONOSTICADA CATEGORIZADA	Fatiga	0,64	0,71	0,65	0,66	0,01	0,82	0,00	0,73	0,00
	Eficiencia	0,79	0,78	0,61	0,76	0,00	0,77	0,00	0,66	0,02
	Baloncesto	0,63	0,73	0,47	0,61	0,01	0,79	0,00	0,54	0,03
	Lluvia	0,80	0,75	0,72	0,77	0,00	0,67	0,01	0,69	0,00

	<0	Discordancia		Significativo ($p \leq 0.05$)
	0-0.20	Muy Débil		Indicios ($0.05 \leq p \leq 0.10$)
	0.21-0.40	Débil		
	0.41-0.60	Moderada		
	0.61-0.80	Buena		
	0.81-1.00	Muy Buena		

Tabla 24. Concordancia y correlación de la Nota Pronosticada categorizada entre intervenciones.

La concordancia y correlación obtenidas en los conocimientos globales (Baloncesto y Lluvia) nos proporcionan la validez de la Nota Pronosticada porque muestran una medida del aprendizaje residente en el alumno. Al mismo tiempo estos índices prueban la fiabilidad de la Nota dado que sus valores se mantienen coincidentes entre intervenciones, sin que haya existido refuerzo en el conocimiento.

La equivalencia respecto a los temas de conocimiento Global de la concordancia y correlación obtenida con los temas Específicos corrobora la validez y la fiabilidad de la Nota Pronosticada

Nota Simplificada entre intervenciones

El análisis de la concordancia de la Nota Simplificada entre intervenciones (ver *Tabla 25*) resulta entre Buena y Muy Buena en todos los temas al comparar la 2ª y 3ª intervención, así como en todas las comparaciones del tema de Lluvia. En el resto la concordancia disminuye aunque manteniendo valores correctos en todos los temas excepto en

Fatiga. Por otro lado, el test de Spearman muestra una correlación significativa en todos los casos.

Análisis		Concordancia			Correlación							
		Prueba		Kappa ponderada cuadrática			Correlaciones Bivariadas de Spearman (Bilateral)					
							1ª vs 2ª		2ª vs 3ª		1ª vs 3ª	
		Sobre intervención		1ª vs 2ª	2ª vs 3ª	1ª vs 3ª	r	p	r	p	r	p
NOTA SIMPLIFICADA CATEGORIZADA	Fatiga	0,37	0,73	0,38	0,45	0,08	0,91	0,00	0,56	0,03		
	Eficiencia	0,74	0,80	0,48	0,71	0,00	0,80	0,00	0,51	0,07		
	Baloncesto	0,66	0,73	0,53	0,66	0,00	0,78	0,00	0,60	0,01		
	Lluvia	0,81	0,73	0,75	0,80	0,00	0,71	0,00	0,75	0,00		

	<0	Discordancia		Significativo ($p \leq 0.05$)
	0-0.20	Muy Débil		Indicios ($0.05 \leq p \leq 0.10$)
	0.21-0.40	Débil		
	0.41-0.60	Moderada		
	0.61-0.80	Buena		
	0.81-1.00	Muy Buena		

Tabla 25. Concordancia y correlación de la Nota Simplificada categorizada entre intervenciones.

Análogamente al estudio con la Nota Pronosticada, los valores de concordancia y correlación de la Nota Simplificada entre intervenciones para los temas de conocimientos Globales muestran la validez y fiabilidad de este sistema de puntuación de mapas conceptuales.

Los índices de concordancia y correlación resultan ligeramente inferiores en los temas Específicos. No obstante, los niveles obtenidos siguen corroborando la validez y fiabilidad de esta Nota. Este descenso de los índices es esperable pues la nota Simplificada resulta de una inferencia, mientras que la Pronosticada se obtiene de un proceso matemático.

En este caso la puntuación que se somete a las pruebas de validez y fiabilidad con intervenciones separadas 135 días es la Nota Simplificada. Es decir, una nota inferida por procedimientos lógicos a partir de un resultado matemático. El objetivo de esta puntuación es la generalización de su aplicación a otros estudios y ámbitos, posibilitando una aplicación informatizada. Los resultados obtenidos presentan una alta correlación con

probabilidades de error por azar (significación p) ínfimas. Es más, se observa una alta concordancia incluso cuando la prueba utilizada penaliza fuertemente las distancias observadas en las diferencias. Así se percibe que esta Nota Simplificada también mide el conocimiento residente, en este caso con esta metodología adaptada. No obstante los niveles observados de concordancia, aun en condiciones de cálculo restrictivas, permiten suponer que será aplicable a otros casos.

Nota Pronosticada vs Nota Holística por intervenciones

La concordancia entre la Nota Pronosticada (una vez categorizada) y la Nota Holística atribuida a cada mapa por cada tema y cada intervención, muestra principalmente niveles entre *Moderada* y *Buena* (ver *Tabla 26*). Sin embargo, la correlación resulta significativa en todas las intervenciones.

Estos resultados muestran que, como se esperaba, el hecho de promediar los coeficientes de la regresión lineal reduce la concordancia y correlación entre valores aunque se mantiene en niveles elevados.

Análisis			Concordancia		Correlación				
			Prueba			Kappa ponderada cuadrática		Correlaciones Bivariadas de Spearman (Bilateral)	
						Respecto variable			NOTA HOLÍSTICA
									r
NOTA PRONOSTICADA categorizada $[0,1724*VJ + 0,2917*EV + 0,1970]$	Fatiga	1ª Intervención	0,40	0,43	0,096				
		2ª Intervención	0,42	0,54	0,03				
		3ª Intervención	0,65	0,72	0,00				
	Eficiencia	1ª Intervención	0,71	0,73	0,00				
		2ª Intervención	0,77	0,80	0,00				
		3ª Intervención	0,71	0,75	0,00				
	Baloncesto	1ª Intervención	0,77	0,88	0,00				
		2ª Intervención	0,59	0,62	0,01				
		3ª Intervención	0,64	0,70	0,00				
	Lluvia	1ª Intervención	0,60	0,72	0,00				
		2ª Intervención	0,66	0,77	0,00				
		3ª Intervención	0,48	0,57	0,02				

	<0	Discordancia		Significativo ($p \leq 0.05$)
	0-0.20	Muy Débil		Indicios ($0.05 \leq p \leq 0.10$)
	0.21-0.40	Débil		
	0.41-0.60	Moderada		
	0.61-0.80	Buena		
	0.81-1.00	Muy Buena		

Tabla 26. Concordancia y correlación entre Nota Holística y Nota Pronosticada categorizada por temas e intervenciones.

Nota Simplificada vs Nota Holística por intervenciones

Los valores extremos del rango de la Nota Simplificada son 0 y 39. La categorización que se aplica se muestra en la *Tabla 27*.

Categorización de Nota Simplificada (NS) a Nota Holística				
Intervalo Nota Simplificada			Etiqueta asignada	Valor asignado
0.0	≥ NS >	6.5	Muy Deficiente (MD)	0
6.5	≥ NS >	13.0	Insuficiente (I)	1
13.0	≥ NS >	19.5	Suficiente (SF)	2
19.5	≥ NS >	26.0	Bien (B)	3
26.0	≥ NS >	32.5	Notable (N)	4
32.5	≥ NS ≥	39.0	Excelente (EX)	5

Tabla 27. *Categorización aplicada a la Nota Simplificada para estudiar la concordancia con Nota Holística*

La concordancia entre la Nota Simplificada (una vez categorizada) y la Nota Holística atribuida a cada mapa por cada tema y cada intervención, muestra niveles entre *Débil* y *Muy Buena* (ver *Tabla 28*). El descenso en los niveles de concordancia puede ser atribuido a la propia obtención de la Nota Simplificada. En efecto, esta nota es un valor numérico que no se encuentra en un rango definido (MD a Ex; 0 a 10), pues depende de parámetros no acotados como por ejemplo el número de Enlaces Válidos. El proceso de categorización del intervalo 0 a 39, al rango entre MD y Ex utilizado en la Nota Holística puede conducir a la disminución observada.

Sin embargo, la correlación resulta significativa en todas las intervenciones con coeficientes *r* muy altos, indicando que, a pesar de que las notas no sean tan concordantes, sí existe una relación muy fuerte entre ambas. Hay que destacar el hecho de que, a pesar de que la Nota Simplificada es una nota inferida, la correlación se mantiene alta.

Análisis			Concordancia		Correlación				
			Prueba			Kappa ponderada cuadrática		Correlaciones Bivariadas de Spearman (Bilateral)	
						Respecto variable			NOTA HOLÍSTICA
									r
NOTA SIMPLIFICADA categorizada [VJ + 2*EV]	Fatiga	1ª Intervención	0,52	0,57	0,02				
		2ª Intervención	0,38	0,41	0,11				
		3ª Intervención	0,82	0,79	0,00				
	Eficiencia	1ª Intervención	0,80	0,87	0,00				
		2ª Intervención	0,66	0,76	0,00				
		3ª Intervención	0,63	0,79	0,00				
	Baloncesto	1ª Intervención	0,81	0,88	0,00				
		2ª Intervención	0,60	0,60	0,01				
		3ª Intervención	0,67	0,71	0,00				
	Lluvia	1ª Intervención	0,78	0,81	0,00				
		2ª Intervención	0,67	0,80	0,00				
		3ª Intervención	0,51	0,59	0,02				

	<0	Discordancia		Significativo (p ≤ 0.05)
	0-0.20	Muy Débil		Indicios (0.05 ≤ p ≤ 0.10)
	0.21-0.40	Débil		
	0.41-0.60	Moderada		
	0.61-0.80	Buena		
	0.81-1.00	Muy Buena		

Tabla 28. Concordancia y correlación entre Nota Holística y Nota Simplificada categorizada por temas e intervenciones.

3.4. Análisis por grupos temáticos

Se repiten los análisis realizados en los apartados anteriores agrupando por conocimientos:

- Conocimientos Específicos: promediando notas de Fatiga y Eficiencia
- Conocimientos Globales: promediando notas de Baloncesto y Lluvia

Los análisis de concordancia se realizan sobre variables categóricas. Por ello todas las variables sometidas a estudios de concordancia se categorizan al mismo rango que la Nota Holística.

Los criterios de categorización para grupos temáticos se exponen en el apartado *Categorizaciones* (página 89). El caso de la Nota Simplificada depende del rango de valores obtenidos, resultando entre 0 y 32. La categorización que se aplica se muestra en la *Tabla 29*.

Categorización de Nota Simplificada (NS) a Nota Holística (grupos temáticos)				
Intervalo Nota Simplificada		Etiqueta asignada	Valor asignado	
0.00	≤ NS < 2.91	MD	0	
2.91	≤ NS < 5.82	MD+	0.5	
5.82	≤ NS < 8.73	I	1	
8.73	≤ NS < 11.64	I+	1.5	
11.64	≤ NS < 14.55	SF	2	
14.55	≤ NS < 17.46	SF+	2.5	
17.46	≤ NS < 20.37	B	3	
20.37	≤ NS < 23.28	B+	3.5	
23.28	≤ NS < 26.19	N	4	
26.19	≤ NS ≤ 29.10	N+	4.5	
29.10	≤ NS ≤ 32.00	EX	5.0	

Tabla 29. Categorización aplicada a la Nota Simplificada para estudiar la concordancia con Nota Holística por grupos temáticos (rango R+)

Análisis entre intervenciones

Los resultados obtenidos en estos análisis se muestran en la *Tabla 30*.

La prueba objetiva de conocimientos específicos muestra disparidad de concordancias y correlaciones dispares sin significación estadística. La comparación arroja resultados negativos cuando se relacionan la 1ª con la 2ª intervenciones.

Los mapas conceptuales presentan concordancias entre Moderadas y Buenas y niveles altos de relación significativa en todas las notas (Holística, Pronosticada y Simplificada) tanto en los temas Específicos como en los Globales.

Los resultados de la Nota Holística en conocimientos globales muestran cómo esta metodología de mapa conceptual puede medir de forma válida y fiable el aprendizaje significativo del alumno. Los de conocimientos específicos confirman esta circunstancia corroborada aún más al contrastar los resultados obtenidos para las Preguntas Test.

En cuanto a la Nota Pronosticada, análogamente, la concordancia y correlación prospectivas de las notas de conocimientos globales nos proporciona la validez y fiabilidad de dicho pronóstico, sirviendo las de conocimientos específicos para corroborar dichos parámetros.

Los resultados con la Nota Simplificada muestran una correlación significativa en todas las pruebas, apuntando la validez y fiabilidad de la misma. No obstante, al analizar el valor categorizado se observa una disminución de los niveles de concordancia, manteniéndose la correlación significativa. Esta reducción en los niveles de concordancia sería atribuible al proceso de categorización y adaptación al rango R+ de la Nota Holística con grupos temáticos

Análisis	Concordancia			Correlación					
	Kappa ponderada cuadrática			Correlaciones Bivariadas de Spearman (Bilateral)					
	1ª vs 2ª	2ª vs 3ª	1ª vs 3ª	1ª vs 2ª		2ª vs 3ª		1ª vs 3ª	
r				p	r	p	r	p	
Prueba									
Sobre intervención									
TEST									
Nota Test (cat)									
Temas Específicos									
	-0,02	0,49	0,49	-0,17	0,53	0,43	0,11	0,42	0,12
MAPA CONCEPTUAL									
Nota Holística									
Temas Específicos									
	0,59	0,74	0,57	0,66	0,01	0,71	0,00	0,59	0,02
Temas Globales									
	0,77	0,71	0,88	0,84	0,00	0,79	0,00	0,90	0,00
Nota Pronosticada (cat)									
Temas Específicos									
	0,68	0,69	0,41	0,71	0,00	0,77	0,00	0,58	0,02
Temas Globales									
	0,86	0,66	0,61	0,79	0,00	0,73	0,00	0,69	0,00
Nota Simplificada (cat)									
Temas Específicos									
	0,61	0,69	0,59	0,68	0,00	0,76	0,00	0,63	0,01
Temas Globales									
	0,83	0,79	0,72	0,76	0,00	0,76	0,00	0,72	0,00
	<0	0-0.20	0.21-0.40	0.41-0.60	0.61-0.80	0.81-1.00	Discordancia		
							Muy Débil		
							Débil		
							Moderada		
							Buena		
							Muy Buena		
							Significativo ($p \leq 0.05$)		
							Indicios ($0.05 \leq p \leq 0.10$)		

Tabla 30. Concordancia y correlación por grupos temáticos entre intervenciones de todas las notas (cat: categorizada).

Al realizar este análisis agrupado valorándolo como la nota de un examen con diferentes temas, la disparidad recurrente en el tema de Fatiga desaparece. Este hecho apunta la posibilidad que la evaluación conjunta de diferentes temas produce una puntuación, con estos métodos, que resume un conocimiento general de la asignatura. O bien, con más imaginación, que el promediado de notas por grupo temáticos con esta

metodología uniformiza la puntuación, compensando incertidumbres en temas concretos.

Comparación Nota Pronosticada y Nota Simplificada con Nota Holística

Los resultados obtenidos en estos análisis se presentan en la *Tabla 31*.

Entre la Nota Pronosticada y la Nota Holística existe una concordancia Buena y una alta correlación significativa en los temas Globales. En los temas Específicos la concordancia baja ligeramente pero se mantienen los niveles y significancia en la correlación.

Entre la Nota Simplificada y la Nota Holística existe una concordancia entre Buena y Muy Buena y una correlación alta y significativa en todos los casos.

El análisis de la correlación entre los distintos sistemas de puntuación por grupos temáticos arroja significaciones muy importantes ($p < 0.00$), situándose los coeficientes de correlación entre 0,68 y 0,91. Ello indica la fuerte relación entre la Nota Holística y las Notas Pronosticada y Simplificada. Además, a pesar de las condiciones tan restrictivas impuestas con el análisis mediante la kappa ponderada cuadrática, se observan niveles de concordancia altos tanto para la Nota Pronosticada como para la Simplificada. Ello refuerza la evidencia de que la Nota Holística puede sustituirse por la Nota Pronosticada o Simplificada a la hora de valorar los conocimientos del alumno en su conjunto.

			Análisis	Concordancia		Correlación	
			Prueba	Kappa ponderada cuadrática	Correlaciones Bivariadas de Spearman (Bilateral)		
			Respecto variable		NOTA HOLÍSTICA	NOTA HOLÍSTICA	
						r	p
NOTA PRONOSTICADA categorizada	Temas Específicos	1ª Intervención	0,57	0,75	0,00		
		2ª Intervención	0,56	0,73	0,00		
		3ª Intervención	0,69	0,81	0,00		
	Temas Globales	1ª Intervención	0,69	0,91	0,00		
		2ª Intervención	0,64	0,75	0,00		
		3ª Intervención	0,61	0,76	0,00		
NOTA SIMPLIFICADA categorizada	Temas Específicos	1ª Intervención	0,67	0,68	0,00		
		2ª Intervención	0,65	0,72	0,00		
		3ª Intervención	0,83	0,81	0,00		
	Temas Globales	1ª Intervención	0,78	0,91	0,00		
		2ª Intervención	0,63	0,68	0,00		
		3ª Intervención	0,62	0,69	0,00		

	<0	Discordancia		Significativo ($p \leq 0.05$)
	0-0.20	Muy Débil		Indicios ($0.05 \leq p \leq 0.10$)
	0.21-0.40	Débil		
	0.41-0.60	Moderada		
	0.61-0.80	Buena		
	0.81-1.00	Muy Buena		

Tabla 31. Concordancia y correlación entre Nota Holística y Notas Pronosticada y Simplificada por grupos temáticos e intervenciones.

4.- CONCLUSIONES

4.1. Introducción

La tarea docente en el entorno universitario se vuelve compleja a la hora de la evaluación de los alumnos. Por un lado, la necesidad de utilizar métodos de evaluación que permitan medir lo que el alumno ha aprendido significativamente y que, por tanto, será resistente al olvido (Novak, 1998). Por otro, la masificación de las aulas conduce a la obligatoriedad de una corrección a gran escala en poco tiempo, que desestima pruebas de tediosa corrección.

Como respuesta a esta problemática se han instaurado las pruebas objetivas pues su corrección informática soluciona la segunda dificultad, quedando en entredicho la primera. Para paliar este déficit se han aplicado diferentes metodologías matemáticas y de diseño con resultados irregulares. No obstante, las metodologías docentes que surgen de la implantación del Espacio Europeo de Enseñanza Superior suponen un seguimiento de la progresión del alumno y desaconsejan las pruebas test como único elemento evaluador.

En esta línea los mapas conceptuales han probado ser una buena herramienta evaluadora del aprendizaje significativo del alumno (Shavelson et al, 2005). No obstante esta técnica presenta dos dificultades. En primer lugar, la calificación de los mapas sigue siendo una tarea que, sin ser complicada, se vuelve tediosa en la corrección de una prueba final con

alumnos a gran escala. En segundo lugar está supeditada a que el aprendiz conozca esta metodología de trabajo (Ruiz-Primo y Shavelson, 1997).

Este estudio propone una solución a ambos problemas. En primer lugar, se presenta una metodología de creación de mapas adaptada a profanos para independizar el conocimiento de los mapas de la nota obtenida. Los tres pasos principales para la creación de un mapa libre se convierten en ejercicios que el alumno ejecuta de forma consecutiva. Los mapas así obtenidos se puntúan con una Nota Holística, que valora el conocimiento global expuesto sin atender a los detalles del mapa. Como elemento comparativo se realiza la misma evaluación con una prueba objetiva.

En segundo lugar se propone una metodología de puntuación basada en parámetros del mapa de fácil recuento que permita una calificación más objetiva que la Nota Holística. Por procedimientos matemáticos y estadísticos aplicados a los datos de este estudio, se busca una fórmula que proporcione una puntuación que permita pronosticar la corrección Holística del mapa. Por su génesis, esta fórmula puede presentar una dependencia de este trabajo que imposibilitaría su globalización. Para ello, a partir de la Nota Pronosticada, se sintetiza una expresión Simplificada que permita una aplicación universal y que dependa de forma simple de variables del mapa de fácil recuento. Esta expresión proporcionaría una puntuación objetiva, rápida y fácil de implementar por medios informáticos posibilitando la corrección a gran escala en poco tiempo. Ambas metodologías de puntuación deben demostrar su validez y fiabilidad para medir el aprendizaje significativo y ser aptas para sustituir la Nota Holística de los mapas creados con la metodología adaptada propuesta.

Todo nuevo sistema de evaluación (metodología y sistema de puntuación) debe someterse a pruebas de validez y fiabilidad. Se comprueba la validez de la metodología adaptada a profanos para medir el aprendizaje significativo en base al olvido, que afecta al aprendizaje memorístico. Este olvido se produce entre las 2 y las 8 semanas si en este intervalo no se ha reforzado lo aprendido. Tres intervenciones diferidas en 21 y 135 días cubren holgadamente este período. Así, la persistencia en las puntuaciones Holísticas entre estas intervenciones es un índice de validez. La fiabilidad para un solo corrector debe otorgar la misma puntuación a la misma prueba repetida en diferentes ocasiones, siempre que pueda garantizarse que el conocimiento no se ha alterado. La necesidad de

conocimiento invariable para medir la validez y fiabilidad obliga a la utilización de unos conocimientos globales, residentes en los voluntarios, que no sufran variación en el período del estudio.

En todos los casos, la estabilidad de las puntuaciones se analiza mediante pruebas de correlación y concordancia. La primera determina comportamientos proporcionales facilitando un coeficiente de correlación y una prueba de significación. La concordancia investiga coincidencias de resultados, siendo más exigente que la correlación. Esta exigencia se aumenta al utilizar un índice de concordancia kappa ponderado cuadrático, que penaliza las diferencias con un peso cuadrático proporcional a la distancia hallada en la diferencia.

4.2. Conclusiones de la investigación realizada

La Metodología Adaptada de creación de mapas conceptuales demuestra su validez y fiabilidad como herramienta evaluadora del aprendizaje significativo. Esta metodología propone la generación del mapa en base a una secuencia de ejercicios: selección de conceptos, ordenación jerárquica de los mismos y su traslado a una estructura piramidal abierta estableciendo enlaces y etiquetas de enlace. La tarea así solicitada ha permitido a los alumnos demostrar su conocimiento de Mecánica en la asignatura de Biomecánica -dentro de la diplomatura de Fisioterapia- sin necesidad de que dominen previamente la construcción gráfica bidimensional de un mapa conceptual. Se elimina así la necesidad de una formación previa del alumno en el uso de mapas conceptuales para poderlos utilizar como herramienta evaluadora. La constancia de las calificaciones obtenidas en los mapas conceptuales en las tres intervenciones repetidas en un período superior a los 60 días evidencia la validez y fiabilidad de la metodología propuesta como instrumento evaluador del aprendizaje residente del alumno. A diferencia del mapa conceptual, las calificaciones obtenidas en las pruebas objetivas (test) han mostrado una variabilidad importante.

La Nota Holística (global) del mapa conceptual, obtenida con la metodología propuesta, presenta una dependencia lineal significativa con dos elementos parametrizables del mismo: la valoración de jerarquía y los

enlaces válidos. Entonces, existe una combinación lineal –Nota Pronosticada- que permite obtener una puntuación del mapa conceptual en base a dichos elementos.

$$\text{Nota Pronosticada} = 0,1724 * VJ + 0,2917 * EV + 0,1970$$

El comportamiento y los resultados de las puntuaciones obtenidas mediante dicha expresión matemática son similares a las calificaciones holísticas, demostrando su validez y fiabilidad como sistema de medición del aprendizaje significativo del alumno. La Nota Pronosticada es pues un sistema de puntuación alternativo al tradicional, que facilita la corrección de los mapas conceptuales. Sin embargo, los procesos matemáticos y estadísticos de obtención de la Nota Pronosticada pueden presentar dependencia de los resultados obtenidos en los mapas de este trabajo en concreto.

Una síntesis de la expresión de la Nota Pronosticada ha permitido inferir una Nota Simplificada.

$$\text{Nota Simplificada} = VJ + 2 * EV$$

Esta fórmula también ha demostrado su validez y fiabilidad como herramienta de medición del aprendizaje residente del alumno. Sin embargo, su extrapolación permite aplicarla de forma universal a cualquier otra situación o trabajo.

Se demuestra una pauta idéntica de las calificaciones obtenidas mediante la Nota Simplificada respecto a las de la Nota Holística. Ello indica que es posible reemplazar la técnica de corrección manual tradicional de los mapas conceptuales por este sistema parametrizable.

La existencia de una ecuación –Nota Simplificada- que proporciona puntuaciones válidas y fiables permite la corrección objetiva y rápida de los mapas, permitiendo su uso como herramienta evaluadora en situaciones de masificación de estudiantes.

4.3. Conclusiones generales

Es un hecho probado que los mapas conceptuales son una buena herramienta evaluadora del aprendizaje significativo del alumno. No obstante, hasta la fecha, esta técnica estaba supeditada a que el aprendiz conociera esta metodología de trabajo. Por otro lado la calificación de los mapas venía siendo una tarea que, sin ser complicada, se volvía tediosa en la corrección de una prueba final con alumnos a gran escala.

Esta investigación proporciona una metodología de creación de mapas conceptuales quasi-libre adaptada a profanos y un sistema objetivo y rápido de corrección de dichos mapas. Ello permite la implementación de los mapas conceptuales como herramienta evaluadora en el ámbito universitario. Con estos instrumentos se convierte en posible el objetivo del profesor-examinador de determinar lo que el alumno realmente sabe, ateniéndose a los requisitos evaluativos: valorar de forma válida y fiable la estructura cognitiva del alumno y hacerlo de forma rápida y objetiva. Así, desaparece la dicotomía existente hasta el momento entre lo que se quiere medir (el aprendizaje residente, aquel que implica comprensión, asimilación e integración) y los imperativos de aplicación de una herramienta evaluadora (corrección a gran escala en poco tiempo).

4.4. Prospectiva para futuras investigaciones.

Este trabajo abre diferentes líneas de investigación.

En primer lugar, la extensión a otras disciplinas diferentes de la Física de la metodología de construcción de mapas propuesta, la puntuación Holística y las ecuaciones de cómputo de notas deducidas (Pronosticada y Simplificada).

En segundo lugar, verificar la universalidad de la Nota Simplificada. Es necesario aplicar esta metodología de puntuación en otros estudios con muestras mayores y en diferentes ámbitos. Debe comprobarse en todos ellos su validez y fiabilidad para medir el aprendizaje significativo.

En tercer lugar, la consecución de un programa informático que permita una corrección semiautomática. Ello implica la ampliación de alguno de los programas de ayuda a la construcción de mapas conceptuales para que ejerza también funciones correctoras. El programa deberá presentar las diferentes proposiciones del mapa a corregir para que el profesor las valide como correctas o incorrectas. En ambos casos, el programa deberá memorizar dicha calificación para futuras situaciones. Utilizando esta base de datos, el programa irá clasificando automáticamente las proposiciones que reconozca y sólo propondrá al corrector aquellas en que no pueda decidir. Es evidente que la intervención del profesor deberá ser cada vez menor.

Entre los programas de ayuda a la construcción de mapas conceptuales destaca el CMapTools del Institute for Human and Machine Cognition (IHMC). Entre sus opciones está la de exportar el mapa en formato XML. Éste posibilita el acceso a los conceptos y enlaces con sus etiquetas, de forma que la presentación de las proposiciones al profesor no parece una tarea difícil.

En cuarto lugar, deberá comprobarse la validez y fiabilidad del programa convertido en corrector semiautomático y observar su utilidad real en la evaluación de exámenes a gran escala en poco tiempo.

EPÍLOGO

Despuntaba el alba.

Los primeros albores del día se percibían claramente en el horizonte. Fran los miró complacido. La noche había sido larga y tediosa. Mentalmente agradeció la tarea ingente de los que crearon los paquetes estadísticos. Los cálculos que había realizado durante mucho tiempo y que ahora habían concluido habrían sido imposibles.

Sonrió satisfecho, la pregunta que se realizó hacía ya unos años tenía respuesta afirmativa, pero quedaba mucho trabajo por delante. Había encontrado el camino, pero el hecho de hallarlo no le libraba de andarlo.

Durante un largo rato su mirada se perdió en lontananza. El día clareaba de forma imparable y ... Una idea cruzó rauda por su cerebro, como una estrella fugaz matutina. La evaluación de alumnos, como él quería, también había empezado a clarear y quiso imaginar que, igualmente, lo haría de forma imparable.

AGRADECIMIENTOS

En 1997, este profesor de universidad se planteó un reto y decidió investigar. Once años después y tras muchas vicisitudes este proyecto se ha acabado. Tantos años de trabajo en solitario han necesitado y recibido mucha ayuda y apoyo en multitud de vertientes. Este es el momento de agradecer y reconocer su soporte a todos estos colaboradores e hinchas anónimos. Y la mejor manera es poniendo nombres.

En primer lugar, al director de este proyecto, el Dr. Josep Gallifa i Roca, con el que sintonicé desde el primer día once años ha. A él le debo las ideas brillantes, la orientación en el desierto y por encima de todo su disponibilidad y atención.

A la Fundación Blanquerna, por el tiempo que puso a mi disposición para la elaboración de esta tesis y, en particular, a la Escola Universitària d'Infermeria, Fisioteràpia i Nutrició Blanquerna, encabezada por el Dr. Màrius Duran, por hospedar el proyecto y facilitarlo en extremo.

A otro nivel hay tres personas, Mireia, Dani y Helena, sin los cuales este trabajo no existiría pues han sido el apoyo y ayuda en muchas de las vertientes posibles. Pero me gustaría destacar dos por su notoriedad y magnitud: el tiempo y el apoyo. Del primero sólo cabe decir que la gran mayoría del tiempo que he utilizado en este proyecto era suyo. Ello habla de su generosidad. Del segundo creo que nadie puede evaluar la inmensidad del apoyo recibido y las muchas facetas en que ha ocurrido: su

ánimo, su interés, su paciencia, su esfuerzo en asumir mis tareas domésticas, su comprensión, su cariño, y muchas más. Son tantos los pequeños y grandes detalles que sería imposible enumerarlos. Ahora ya podremos viajar, cenar, ir al cine, jugar,... Pero por encima de todo, podremos estar. Y ahora que pienso, la copia personal de este documento tendrá un segundo anexo, la de los dibujos de Dani y Helena.

También mi agradecimiento a Mercedes, por darme cobijo sereno cuando las circunstancias lo requerían. Y siempre junto a ella está Jorge. Aunque hace 18 años que nos dejó, siempre ha estado conmigo. A ellos agradecerles todo, pues han hecho de mi lo que soy al darme la vida y la educación.

También se han visto afectados en mayor o menor medida: Merce, Rafa, Jorge, Fina, M^a Eugenia, Margarita, Montse, Enric, Glòria, Berto, Elisabet, Lluís y Marta. A todos gracias por vuestra paciencia.

En este mundo hay todo tipo de personas. Algunas, cuya discreción las hace invisibles para muchos ciegos del espíritu, se vuelven relevantes en los momentos más duros. Entre ellas está Ana. Su empeño en que acabara esta tesis sólo es comparable al mío. Además su gran sensibilidad artística, lingüística y cromática ha hecho posible uno de los objetivos que me impuse al principio: que este documento fuera breve, de fácil lectura y agradable a la vista. Quisiera nombrar también a Javier, por regalarle tiempo a Ana, a sabiendas de que yo era el destinatario.

Muy cerca de Ana, y con ella, está Núria, a quienes tengo que agradecer su apoyo, su comprensión, su paciencia y sus horas de dedicación a mi parte de las tareas laborales que compartimos. Y junto a Nuria, Oriol que hace muchos meses que me está esperando para pasar frío por las noches con la mirada puesta en las estrellas. De ambos, agradecer su serenidad, su compañía y su paciencia.

Con Nuria y Ana están Dani y Gabriel, a los que veo casi cada día laboral y que, durante estos once años, no sólo han soportado con ironía y buen humor todas mis ausencias mentales, sino que me han apoyado de una manera que no creo que se imaginen. Espero que cuando cumpla 50 años podré cambiar el mensaje por otro nuevo pues este documento ha hecho

obsoleto el de los 45. Y a los cuatro en conjunto, por ser quiénes son y estar dónde están, facilitándome la vida y catapultándome el ánimo.

En la misma línea de apoyo está Victoria, que ha asumido parte de mis tareas de representación social con una sonrisa y ha tenido la paciencia de aguantarme en estos últimos años.

Otra persona importante ha sido Lluís. Su cerebro lleno de estadística ha hecho posible este trabajo, y su talante, cordial y cercano, ha allanado esta parte del camino. Con él he aprendido estadística y sobretodo sencillez y cordialidad.

En la vertiente ofimática, está Pere. Pienso que Bill Gates no lo conoce, pues si así fuera desistiría de convertir cada versión nueva de Office en un laberinto impenetrable. Bill no insistas, Pere seguro que lo resuelve.

En otro aspecto están aquellos que me precedieron y que compartieron conmigo su experiencia: Jordi, Lourdes, María y Meritxell. El camino es más fácil si tienes huellas que seguir. En la misma línea, pero con otro tipo de trabajo, está César, que no sólo compartió su experiencia sino que me aclaró algún lío informático. Al final ya nos podremos tomar la cerveza.

Existen también amigos que, aunque no te apercibas, piensan en cómo ayudarte hasta que lo consiguen. Entonces te das cuenta del tiempo que le han dedicado. Ahí está Mari Carmen, y junto a ella Marcelino. De ambos he aprendido muchas cosas, entre ellas la discreción de echar una mano y de estar ahí.

Ahora toca hablar del tiempo, pero no del meteorológico, sino del que es oro. En estos últimos años ha habido muchas personas que me han ayudado acogiendo a mi familia. Muchas horas de dedicación a este trabajo se las debo a ellos: Enric y Gloria, Lluís y Marta, Joan y Núria, Alfred y Teresa.

Otras personas te dedican su tiempo y te otorgan su confianza. A todos los voluntarios de este estudio: (por orden alfabético de apellido) Mikel, Remedios, Jesús, Cecilia, Maria, Alba, Carlos, Mireia, Maria Ángeles, Ana, Cristina, Nuria, Laura, Aleth, Jordi y Noelia, gracias por vuestro tiempo y fidelidad.

Otra persona importante en este proyecto ha sido Javier. Gracias por tu talento, tu cooperación en los proyectos piloto, tu inmensa sabiduría, tu buen humor y por tus chistes. La alegría es uno de los pilares de la buena salud.

También hay personas que te ayudan simplemente porque al hacer su trabajo lo hacen con una sonrisa y eso facilita y alegra la vida. Gracias a Rosa, Oscar y Montse.

No quisiera olvidar a Valentín, el auténtico responsable de la existencia de este proyecto. Si hace once años no me hubiera hablado de los mapas conceptuales y no me hubiese sugerido que podían ser útiles para evaluar a alumnos, este trabajo seguramente no existiría.

Y finalmente, al resto de mi afición, gracias por vuestro interés y apoyo.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, B.D. (2006). *Concept Map Scoring: Empirical Support for a Truncated Joint Poisson and Conway-Maxwell-Poisson Distribution Method Online Submission*. Paper presented at the Annual Meeting of the New England Mathematical Association of Two Year Colleges (32nd, Manchester, NH, Apr 21, 2006)
- Anderson, R. C. (1984). Some reflections on the acquisition of knowledge. *Educational Researcher*, 13 (19), 5-10
- Angelo, T. y Cross, K.P. (1993). *Classroom Assessment Techniques: a handbook for College Teachers*. San Francisco: Jossey-Bass
- Austin, L.B. y Shore, B.M. (1995). Using Concept Mapping for Assessment in Physics. *Physics Education*, 30(1), 41-45
- Ausubel, D.P. (1963). *The Psychology of Meaningful verbal learning*. New York: Grune & Stratton
- Ausubel, D.P. (1968). *Educational Psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston
- Ausubel, D.P; Novak, J.D. y Hanesian, H. (1978). *Educational Psychology: A cognitive view*. (2ª ed). New York: Holt, Rinehart and Winston. Traducción castellana: Ausubel, D.P; Novak, J.D. y Hanesian, H. (1983). *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. Méjico: Trillas

- Baker, E., y Niemi, D. (1991). *Assessing deep understanding of science and history through hypertext* Paper presentado en el Meeting Anual de la American Educational Research Association. Boston
- Bartels, B.H. (1995). Promoting Mathematics Connections with Concept Mapping. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 1(7), 542-549
- Blanch, C.; Rey, F.; Folch, A. (2006). Nivel de conducta académica deshonestas entre los estudiantes de una escuela de ciencias de la salud. *Enfermería Clínica*, 16 (2), 57-62
- Bloom, B.S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives. The Classification of Educational Goals*. New York:Mc Kay
- Bloom, B.S. (1979). *Taxonomía de los objetivos de la educación. Clasificación de las metas educativas*. Alcoy: Marfil
- Bolte, L.A. (1997). *Assessing Mathematical Knowledge with Concept Maps and Interpretive Essays*. Paper presentado en el Anual Meeting of American Educational Research Association, Chicago 1997 (ERIC Document Reproduction Service No ED 408 160)
- Castello, M. y Monereo, C. (2001). *Un practicum formativo organizado en carpetas*. En Villar, L.M. (2001). *La universidad. Evaluación educativa e innovación curricular*, (339-366). Sevilla: Universidad de Sevilla. Instituto de Ciencias de la Educación.
- Chi, M.T.H., Glaser, R. y Farr, M.J. (1988). *The Nature of Expertise*. Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates, Publishers.
- Costa, L.; Godall, M.; Rey, F.; García, L. y Blanch, C. (2002). *La persistència dels coneixements en una assignatura de Biologia*. Comunicación al Segundo Congreso Internacional Docencia Universitaria e Innovación, organitzat pels ICEs de la Universitat de Barcelona, Universitat Autònoma de Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya i Universitat Rovira i Virgili. Tarragona del 1 al 3 de juliol de 2002

- de Pro Bueno, A. (2001). ¿Qué estructuras conceptuales de física debe aprender el alumnado de secundaria con la contrarreforma? *Alambique : didáctica de las ciencias experimentales*, 28, 9-21
- Enger, S.K. (1996). *Concept Mapping: Visualizing Student Understanding*. Paper presentado en el Anual Meeting of Mid-South American Educational Research Association, Tuscalossa (ERIC Document Reproduction Service No ED 406 413)
- Fernández Manzanal, R. (1995). Los Mapas conceptuales como instrumento de evaluación: análisis de una experiencia en el área de ciencias. *Revista de Educación*, 307, 367-379
- Fesmire, M.; Lisner, M.C.P.; Forrest, P.R. y Evans, W. (2003). Concept maps: A practical solution for completing functional behavior assessments. *Education & Treatment of Children*, 26(1), 89-103.
- Fleener, M., y Marek, E. (1992). Testing in the learning cycle. *Science Scope*, 15 (6), 58-49
- França, S.; d'Ivernois, J.F.; Marchand, C.; Haenni, C.; Ybarra, J. y Golay, A. (2004). Evaluation of nutritional education using concept mapping. *Patient Education and Counseling*, 52(2), 183-192.
- Gaffney, K.E. (1992). Multiple assessment for multiple learning styles. *Science Scope*, 15 (6), 54-55
- Gannon, E.J. (2003). *Men's perceptions of the ideal woman: A concept map*. Dissertation Abstracts International: Section B: The Sciences and Engineering, 63(6-B), 2992.
- Glaser, R. y Bassok, M. (1989). Learning theory and the study of instruction. *Annual Review of Psychology*, 40, 631-666
- Goldsmith, T.E., Johnson, P.J. y Acton, W.H. (1991). Assessing structural knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 83 (1), 88-96
- González García, F.M. (2001). Los mapas conceptuales y el aprendizaje significativo. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, 28, 39-51

- González, J. y Wagenaar, R. (2005). *Tuning Educational Structures in Europe II. Universities' contribution to the Bologna process*. Bilbao: Universidad de Deusto.
- Graff, M. (2006). Constructing and Maintaining an Effective Hypertext-Based Learning Environment: Web-Based Learning and Cognitive Style. *Education & Training*, 48(2-3), 143-155
- Hagerman, H. (1966). *An analysis of learning and retention in college students and the common goldfish (Carassius auratus, Lin)*. Tesis doctoral inédita, Purdue University, Lafayette (referida por Novak, J.D. 1998)
- Hay, D.B. (2007). Using concept maps to measure deep, surface and non-learning outcomes. *Studies in Higher Education*, 32(1), 39-57
- Helms, H y Nokak, J.D. (1983). *Proceedings of the international Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics*. Ithaca: Cornell Univeristy
- Herl, H.E.; Baker, E.L. y Niemi, D. (1996). Construct Validation of an Approach to Modeling Cognitive Structure of U.S. History Knowledge. *Journal of Educational Research*, 89(4), 206-218
- Herl, H.E.; O'Neil, H.F. Jr.; Chung, G. K.W.K.; Dennis, R.A. y Lee, J.J. (1997). *Feasibility of an On-line Concept Mapping Construction and Scoring System*. Paper presentado en el Anual Meeting of American Educational Research Association, Chicago (ERIC Document Reproduction Service No ED 424 233)
- Keil, F.C. (1979). *Semantic and conceptual development: an ontological perspective*. Cambridge, MA: Harvard University Press
- Kempa, R (1986). *Assessment in Science*. Cambridge: Cambridge University Press
- Kim, S.C. (2000). *Investigating the Generalizability of Scores from Different Rating Systems in Performance Assessment*. Paper presentado en el Anual Meeting of American Educational Research Association, New Orleans (ERIC Document Reproduction Service No ED 449 209)

- Kinchin, I.M. (2000). Using Concept Maps To Reveal Understanding: A Two-Tier Analysis. *School Science Review*, 81 (296), 41-46
- Kinchin, I.M. (2003). Effective Teacher-Student Dialogue: A Model from Biological Education. *Journal of Biological Education*, 37(3), 110-113
- Kinchin, I.M.; Hay, D.B. y Adams, A. (2000). How a Qualitative Approach to Concept Map Analysis Can Be Used To Aid Learning by Illustrating Patterns of Conceptual Development. *Educational Research*, 42(1), 43-57
- Knish, S. (1995). Concept mapping the beliefs of chronic low back pain sufferers. *Dissertation Abstracts International: Section B: The Sciences and Engineering*, 56(3-B), 1703.
- Knish, S. y Calder, P. (1999). Beliefs of chronic low back pain sufferers: A concept map. *Canadian Journal of Rehabilitation*, 12(3), 165-177.
- Kounba, V. (1994). Self-evaluation as an Act of Teaching. *Mathematics Teacher*, 87, 354-358
- Kuhn, T.S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press
- Kunkel, M.A.; Cook, S.; Meshel, D.S.; Daughtry, D. y Hauenstein, A. (1999). God Images: a concept map. *Journal for the Scientific Study of Religion*, 38(2), 193-202.
- Lavigne, Nancy C. (2005). Mutually Informative Measures of Knowledge: Concept Maps Plus Problem Sorts in Statistics. *Educational Assessment*, 10(1), 39-71
- Liu, X. (1994). *The Validity and Reliability of Concept Mapping as an Alternative Science Assessment when Item Response Theory Is Used for Scoring*. Paper presentado en el Annual Meeting of the American Educational Research Association, New Orleans (ERIC Document Reproduction Service No ED 370 992)
- Lomask, M., Baron, J.B., Greig, J. y Harrison, C. (1992). *ConnMap: Connecticut's use of concept mapping to assess the structure of*

students' knowledge of science. Paper presentado en el Annual Meeting of the National Association of Research in Teaching, Cambridge

- Mahler, S., Hoz, R., Fischl, D., Tov-li, E., y Lernau, O.Z. (1991). Didactic use of concept mapping in higher education. Application in medical education. *Instructional Science*, 20, 25-47
- Mayer, R.E. (1983). *Thinking, Problem Solving, Cognition*. New York: W.H. Freeman
- McClure, J.R. y Bell, P.E. (1990). *Effects of an environmental education-related STS approach instruction on cognitive structures of preservice science teachers*. Pennsylvania, PA: Pennsylvania State University (ERIC Document Reproduction Service No ED 341 582)
- McClure, J.R.; Sonak, B. y Suen, H.K. (1999). Concept Map Assessment of Classroom Learning: Reliability, Validity, and Logistical Practicality. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(4), 475-492
- Morales, P. (2007). Análisis de ítems en las pruebas objetivas. <http://www.upcomillas.es/personal/peter/otrosdocumentos/AnalisisIemsPruebasObjetivas.pdf> (27 nov 2008)
- Moreira, M.A. (1980). Mapas conceptuales como instrumentos para promover la diferenciación conceptual progresiva y la reconciliación integradora. *Ciència e Cultura*, 32 (4), 474-479
- Moreira, M.A. (1985). Concept Mapping: An Alternative Strategy for Evaluation. *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 10(2),159-168
- Moreira, M.A. (1988). Mapas conceptuales y aprendizaje significativo en ciencias. *Cadernos do Aplicaçao, Porto Alegre*, 11(2), 143-156
- Moreira, M.A. y Novak, J.D. (1988). Investigación en enseñanza de las ciencias en la Universidad de Cornell: esquemas teóricos, cuestiones centrales y abordos metodológicos. *Enseñanza de las ciencias*, 6(1), 3-18

- Novak, J.D. (1987). *Proceedings of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, NY: Cornell Univeristy
- Novak, J.D. (1998). *Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Assoc. Edición en castellano: Novak, J.D. (1998). *Conocimiento y aprendizaje. Los mapas conceptuales como herramientas facilitadoras para escuelas y empresas*. Madrid: Alianza Editorial
- Novak, J.D. (1988). Learning Science and the Science of Learning. *Studies in Science Education*, 15, 77-101
- Novak, J.D. (1991). Clarify with Concept Maps. *Science Teacher*, 58(7), 44-49
- Novak, J.D. (1991). Concept maps and Vee diagrams: Two metacognitive tools to facilitate meaningful learning. *Instructional Science*, 19(1), 29-52.
- Novak, J.D. (1991). Ayudar a los alumnos a aprender cómo aprender. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(3), 215-228
- Novak, J.D. (2005). Results and Implications of a 12-Year Longitudinal Study of Science Concept Learning. *Research in Science Education*, 35(1), 23-40
- Novak, J.D. y Gowin, D.B. (1984). *Learning How to Learn*. Cambridge: Cambridge University Press. Edición en castellano: Novak, J.D. y Gowin, D.B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martinez Roca
- Novak, J.D. y Musonda, D. (1991). A twelve-year longitudinal study of science concept learning. *American Educational Research Journal*, 28(1), 117-153
- Novak, J.D., Gowin, D.B., y Johansen, G.T. (1983). The use of concept mapping and knowledge Vee mapping with junior high school science students. *Science Education*, 67(5), 625-645

- Novak. J.D. y Abrams, R. (1993). *Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, NY: Cornell Univeristy
- Rafferty, C.D. y Fleschner, L.K. (1993). Concept Mapping: A Viable Alternative to Objective and Essay Exams. *Reading Research and Instruction*, 32(3), 25-34
- Rice, D.C., Ryan, J.M., y Samson, S.M. (1998). Using concept maps to assess student learning in the science classroom: Must different methods compete?. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 1103-1127
- Rodríguez, L.M. (1992). Una propuesta integral de evaluación en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(3), 254-267
- Ross, B. y Mundy, H. (1991). Concept Mapping and Misconceptions: A Study of High-School Students' Understandings of Acids and Bases. *International Journal of Science Education*, 13(1), 11-24
- Roth, W.M. (1992). Dynamic Evaluation. *Science Scope*, 15(6), 37-40
- Ruiz-Primo, M.A. y Shavelson, R.J. (1997). *Concept-Map Based Assessment: On Possible Sources of Sampling Variability*. U.S. Department of Education, Office of Educational Research and Improvement, Educational Resources Information Center
- Ruiz-Primo, M.A. y Shavelson, R.J. (1996). Problems and Issues in the Use of Concept Maps in Science Assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6), 569-600
- Ruiz-Primo, M.A.; Schultz, S.E.; Li, M. y Shavelson, R.J. (2001). Comparison of the Reliability and Validity of Scores from Two Concept-Mapping Techniques. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 260-278
- Sandküler, S. y Bhattacharya, J. (2008). Deconstructing Insight: EEG correlates of insightful problem solving. *PloS ONE* 3(1):e1459. doi: 10.1371/journal.pone.0001459

- Schau, C. y Mattern, N. (1997). Use the map techniques in teaching applied statistics courses. *The American Statistician*, 51, 171-175
- Schau, C.; Mattern, N. y Weber, R.J. (1997). *Use of Fill-in Concept Maps To Assess Middle School Students' Connected Understanding of Science*. Paper presentado en el Anual Meeting of American Educational Research Association (ERIC Document Reproduction Service No ED 408 200)
- Schau, C.; Mattern, N.; Zeilik, M. y Teague, K.W. (1999). *Select-and-Fill-in Concept Map Scores as a Measure of Undergraduate Students' Connected Understanding of Introductory Astronomy*. Paper presentado en el Anual Meeting of American Educational Research Association (ERIC Document Reproduction Service No ED 434 909)
- Schau, C.; Mattern, N.; Zeilik, M.; Teague, K.W. y Weber, R.J. (2001). Select-and-fill-in concept map scores as a measure of students' connected understanding of science. *Educational and Psychological Measurement*, 61(1), 136-158.
- Schwab, J. (1973). The Practical 3: Translation into currículo. *School Review*, 81(4), 501-522
- Shavelson R.J. (1975). Some aspects of the correspondence between content structure in physics instruction. *Journal of Educational Psychology*, 63(3), 225-234
- Shavelson, R.J.; Lang, H. y Lewin, B. (1994). *On Concept Maps as Potential "Authentic" Assessments in Science. Indirect Approaches to Knowledge Representation of High School Science*. (CSE Tech. Rep. No.388). Los Angeles, CA: University of California, National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student testing (CRESST)
- Shavelson, R.J.; Ruiz-Primo, M.A. y Wiley, E.W. (2005). Windows into the Mind. *Higher Education: The International Journal of Higher Education and Educational Planning*, 49(4), 413-430
- Toulmin, S. (1972). *Human understanding. Vol 1. The collective use and evolution of concepts*. Princeton NJ: Princeton University Press

- Trigwell, K. y Sleet, R. (1990). Improving the Relationship between Assessment Results and Student Understanding. *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 15(3), 190-197
- Wallace, J.D. y Mintzes. J.J. (1990). The Concept Map as a Research Tool: Exploring Conceptual Change in Biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 1033-1052
- Wiggins, G. (1989). Teaching to the (Authentic). *Test Educational Leadership*, 46 (7), 41-47
- Yin, Y.; Vanides, J.; Ruiz-Primo, M.A.; Ayala, C.C. y Shavelson, R.J. (2005). Comparison of Two Concept-Mapping Techniques: Implications for Scoring, Interpretation, and Use. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(2), 166-184.

ANEXO

- Examen de Biomecánica
- Documento de la primera intervención
- Documento de la segunda intervención
- Documento de la tercera intervención

EXAMEN DE BIOMECÁNICA

Diplomatura	Fisioteràpia	Assignatura:	Biomecànica
Convocatòria:	Febrer	Professor:	Núria Massó, Ferran Rey
Curs:	2005 / 2006		

Nom i Cognoms	Grup
---------------	------

FORMULES I TAULES DE BIOMECÀNICA

$I_O = m \cdot d^2$

$I_O = I_{cm} + m \cdot d^2$

$I_O = I_{10} + I_{20} + I_{30} + \dots$

Centre de masses		Pes segmentari		Moment d'inèrcia principal (kg·cm ²)		
en relació de longitud del segment amb l'extrem proximal en diferents estudis en cadàvers (en percentatge)		en relació al pes corporal en diferents estudis en cadàvers (en percentatge)		Font	Dempster	Dempster
Font	Vars	Font	Clauser	Segment	I _{cm}	I ₀
					X ± S	X ± S
Tot el cos	41.2	Cap	7.3	Cap i coll	294 ± 62	1419 ± 268
Cap	46.6	Tronc	50.7	Tòrax	1154 ± 56	3881 ± 1690
Tronc	38.2	Braç	2.6	Regió abdominopèlvica	4337 ± 3132	7265 ± 3666
Braç	51.3	Avantbraç	1.6	Braç	140 ± 45	408 ± 145
Avantbraç	43.0	Mà	0.7	Avantbraç	56 ± 9	183 ± 47
Mà	48.0	Extremitat superior	4.9	Mà	4.7 ± 1.9	303 ± 8
Extremitat superior	41.3	Avantbraç i mà	2.3	Extremitat superior	1039 ± 264	3396 ± 1034
Avantbraç i mà	47.2	Cuixa	10.3	Avantbraç i mà	190 ± 51	589 ± 152
Cuixa	43.3	Cama	4.3	Cuixa	1090 ± 864	2997 ± 1196
Cama	43.3	Peu	1.5	Cama	423 ± 144	1405 ± 602
Peu	44.9	Extremitat inferior	16.1	Peu	30.1 ± 4.7	646 ± 26
Extremitat inferior	43.3	Cama i peu	5.8	Extremitat inferior	6904 ± 1994	18176 ± 5901
Cama i peu	47.5			Cama i peu	1077 ± 377	3332 ± 1143

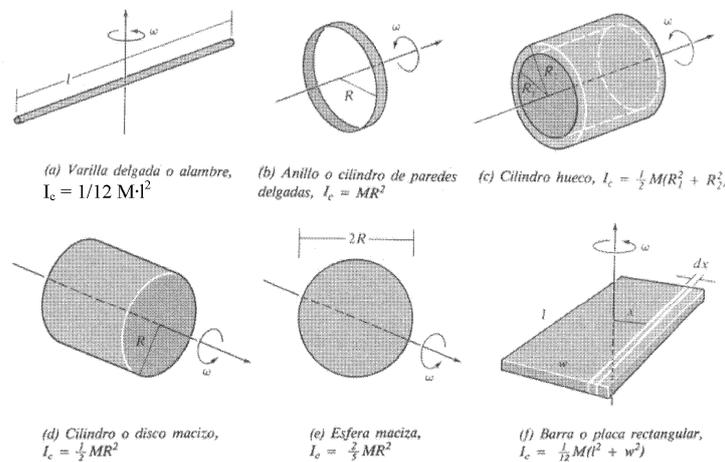
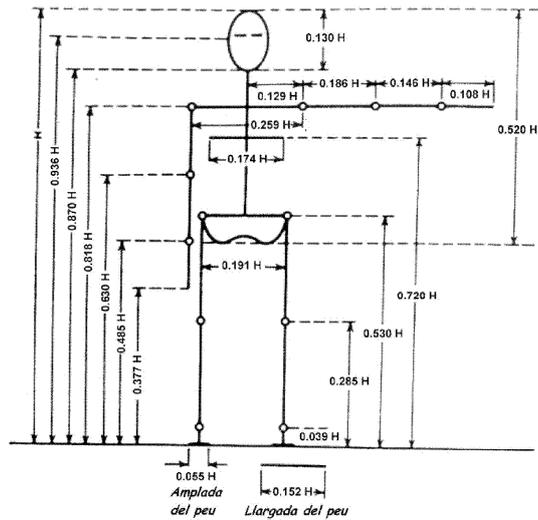


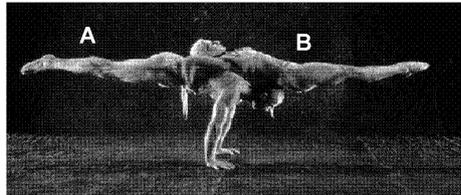
Fig. 12.4 Momentos de inercia I_c de diversos sólidos rígidos homogéneos que giran alrededor de ejes que pasan por sus centros de masas.



Drillis i Contini



1. (1 punt, un error = 0.5 punt, dos errors = 0 punts) La fotografia presenta a dos gimnastes creant una figura en equilibri estàtic.

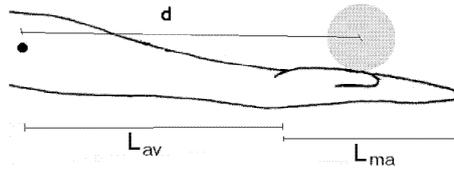


Es demana quin tipus de moment muscular crea el individu A en cada una de les articulacions de l'extremitat inferior

Respon aquesta pregunta omplint aquest quadre:

Articulació	RESPOSTA:
MALUC	
GENOLL	
TURMELL	

2. (1 punt) La figura presenta un segment avantbraç-mà en posició horitzontal d'un individu de 80 Kp de pes i 180 cm d'alçada. Si sabem que la distància **d** del centre de gravetat de la bola al centre de rotació del colze es de 36 cm i que el pes de la bola és de 2 Kp, es demana:



- el pes del segment avantbraç-mà
- el moment d'inèrcia del segment avantbraç-mà
- la longitud de l'avantbraç
- el moment d'inèrcia del conjunt (avantbraç, mà i bola) en fer una flexió de colze ràpida

Test veritat / fals (72 preguntes : 18 punts)

Ompliu la capçalera del full de respostes segons les següents indicacions

Dos cognoms, nom (per aquest ordre) nº DNI o nº de passaport si no teniu
 Curs de segon en que esteu matriculats (2F o 2G)

SENYALS CORRECTES		FORMA DE FER ELS SENYALS		SENYALS INCORRECTES		Curs	
AMB LLAÇA Nº 2		AMB LLAÇA Nº 2		AMB LLAÇA Nº 2		Curs	
PAL: E1 E2 E3 E4		SENYAL: E1 E2 E3 E4 E5 E6 E7 E8 E9		CURS: E1 E2 E3 E4		E1 E2 E3 E4 E5 E6 E7 E8 E9	
IDENTIFICADOR:		GRUP:		E1 E2 E3 E4 E5 E6 E7 E8 E9		E1 E2 E3 E4 E5 E6 E7 E8 E9	
E1 E2 E3 E4 E5 E6 E7 E8 E9		E1 E2 E3 E4 E5 E6 E7 E8 E9		E1 E2 E3 E4 E5 E6 E7 E8 E9		E1 E2 E3 E4 E5 E6 E7 E8 E9	
ALUMNADA:		E1 E2 E3 E4 E5 E6 E7 E8 E9		E1 E2 E3 E4 E5 E6 E7 E8 E9		E1 E2 E3 E4 E5 E6 E7 E8 E9	
E1 E2 E3 E4 E5 E6 E7 E8 E9		E1 E2 E3 E4 E5 E6 E7 E8 E9		E1 E2 E3 E4 E5 E6 E7 E8 E9		E1 E2 E3 E4 E5 E6 E7 E8 E9	

REPASSA ELS SENYALS DE LA CAPÇALERA
 1ª columna 2ª columna 3ª columna 4ª columna
 1. CA1 EB1 EC1 ED1 EF1 1. CA2 EB2 EC2 ED2 EF2 1. CA3 EB3 EC3 ED3 EF3 1. CA4 EB4 EC4 ED4 EF4
 2. CA3 EB3 EC3 ED3 EF3 2. CA4 EB4 EC4 ED4 EF4 2. CA5 EB5 EC5 ED5 EF5 2. CA1 EB1 EC1 ED1 EF1
 3. CA2 EB2 EC2 ED2 EF2 3. CA3 EB3 EC3 ED3 EF3 3. CA6 EB6 EC6 ED6 EF6 3. CA2 EB2 EC2 ED2 EF2
 4. CA1 EB1 EC1 ED1 EF1 4. CA4 EB4 EC4 ED4 EF4 4. CA7 EB7 EC7 ED7 EF7 4. CA3 EB3 EC3 ED3 EF3
 5. CA3 EB3 EC3 ED3 EF3 5. CA5 EB5 EC5 ED5 EF5 5. CA8 EB8 EC8 ED8 EF8 5. CA4 EB4 EC4 ED4 EF4
 6. CA2 EB2 EC2 ED2 EF2 6. CA6 EB6 EC6 ED6 EF6 6. CA9 EB9 EC9 ED9 EF9 6. CA5 EB5 EC5 ED5 EF5
 7. CA4 EB4 EC4 ED4 EF4 7. CA8 EB8 EC8 ED8 EF8 7. CA1 EB1 EC1 ED1 EF1 7. CA6 EB6 EC6 ED6 EF6
 8. CA5 EB5 EC5 ED5 EF5 8. CA9 EB9 EC9 ED9 EF9 8. CA2 EB2 EC2 ED2 EF2 8. CA7 EB7 EC7 ED7 EF7

Poseu el vostre nº DNI però ratllant el número corresponent a cada dígit. La primera fila és per al primer dígit, etc.
SI NO TENIU DNI, DEIXEU-LO EN BLANC

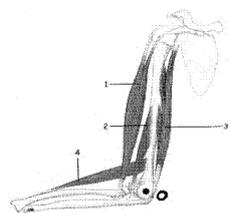
Seguidament respon si aquestes frases son veritables o falses tot ratllant en el full de respostes en la primera columna :
 A si la resposta és VERITAT B si la resposta es FALSA

NOTES IMPORTANTS:

- a) Llegiu amb atenció totes i cada una de les paraules de les qüestions de test abans de contestar.
- b) La resposta correcta serà puntuada amb +0.25, la incorrecta amb -0.25, i la no contestada amb un 0

QUESTIONS: Columna 1

1. En una flexió de colze a partir de 90° i avantbraç supinat, el bíceps braquial és més eficient que el braquial anterior.





2. El Gluti Mig és més eficient en una coxa vara que en una valga.
3. Estem en bipedestació estàtica i posició estàndard amb flexió de colze D de 90°. Si realitzem una flexió de colze qualsevol, el bíceps braquial participarà sempre.
4. La fatiga de materials produeix fractures d'objectes en rebre esforços inferiors al de fractura de forma repetitiva.
5. En el cos humà qualsevol esforç gran realitzat per una força de contacte articular li correspon un àrea de contacte gran.
6. Els centres de rotació principals per a mantenir una postura bípeda són el maluc i el genoll
7. El moment d'inèrcia d'una extremitat inferior sempre val 6904 Kg·cm ²
8. La causa principal de les metatarsàlgies de 2n i 3r metatarsians, en individus sense patologia concreta ni alteracions morfològiques, és l'alt esforç de compressió generat per la força muscular sobre les petites àrees de contacte dels caps del 2n i 3r metatarsià.
9. La higiene de columna referida al disc L5-S1 es fonamenta en reduir la distància perpendicular del vector pes respecte a l'eix de rotació en el disc L5-S1.
10. Un increment de l'angle Q provoca una disminució de la possibilitat de luxació externa de la ròtula.
11. Les trabècules que des del turmell van cap a taló travessant l'astràgal i el calcani serveixen per suportar millor la tracció de la fàscia plantar
12. Quan realitzem un moviment d'ABD d'espatlla i, amb el braç en extensió completa, subjectem un objecte amb la mà, per al càlcul del moment d'inèrcia no és molt important la forma que tingui aquest objecte.
13. El Supraespinós sempre participa en els inicis de l'ABD d'espatlla
14. La eficiència per produir moment d'una força aplicada sobre un segment que gira respecte a un eix de rotació depèn exclusivament de la distància perpendicular d'aquesta força a l'eix de rotació
15. Qualsevol moviment monoarticular bidimensional, de qualsevol segment mòbil del cos humà, necessita sempre una força muscular motriu del moviment.
16. En cadena cinètica oberta, la força muscular sempre participa en tots els moviments monoarticulats bidimensionals, doncs com a mínim ha de immobilitzar el segment fixa proximal
17. Donades dues forces que produeixen moment de rotació respecte a un eix donat, aquella força que tingui més braç de palanca serà menys eficient.



QÜESTIONS: Columna 1

18. A la figura, el pes del cilindre crea més moment respecte genoll que respecte maluc.



19. Una coxa valga te més tendència a la degeneració del cartilag degut a un esforç de compressió superior.

20. Tenim un individu en bipedestació estàndard i recolzament bipodal. Si estudiem la rotació de tot el cos respecte a un eix axial, el moment d'inèrcia d'aquest individu és més petit si té el braços en ABD de 90° que si està en ABD de 0°

21. En situacions d'estàtica o de moviment lent, el moment d'inèrcia és irrellevant

22. El pes és antropomètricament proporcional, això permet tabular aquest paràmetre en percentatges respecte al pes de la persona.

23. L'esforç de compressió que rep un objecte és el quocient entre la força de compressió aplicada i la superfície de l'objecte que suporta aquesta força

24. Un tendó sotmès a qualsevol esforç repetitiu, per petit que sigui, sempre és lesionat per fatiga del material després de les suficients repeticions continuades.

25. Per produir ABD d'espalla, el supraespinós és més eficient a 0° que 30° d'ABD

26. Una distensió de lligament es produeix per fatiga del material.

27. En bipedestació estàtica i recolzament monopodal, la normal que fa el terra damunt el nostre peu és la mateixa tan si el peu és buit, com si és normal, com si és pla.

28. L'efecte biomecànic que té la ròtula sobre l'acció del Quàdriceps en una extensió de genoll, és augmentar l'eficiència del Quàdriceps.

29. En posició anatòmica, en fer una ABD d'espalla de 90°, l'esforç de compressió de l'articulació esternocosto-clavicular augmenta.

30. En un cos, el moment creat per la força pes d'un segment respecte al seu eix de rotació natural és sempre constant ja que el pes ho és.

31. El moment d'una força aplicada sobre un objecte per fer-lo girar al voltant d'un eix de rotació és la magnitud que ens indica el grau d'acceleració angular que tindrà aquest objecte (si només actua aquesta força)

QÜESTIONS: Columna 1

- | |
|--|
| 32. La fatiga de materials es produeix per l'acumulació de les microfractures produïdes per alguns esforços encara que siguin inferiors al de fractura |
| 33. L'articulació Esternal-costal-clavicular es manté immòbil durant els moviments d'Abducció de l'Espatlla. |
| 34. L'arc intern del peu és el que aporta més flexibilitat a la seva estructura |
| 35. Durant la marxa, l'articulació subastragalina coordina els moviments rotatoris de la tibia amb els de prono-supinació del peu. |
| 36. El múscul Vast Oblic intern del Quàdriceps crea una component externa de la força generada per ell durant l'extensió del genoll. |
| 37. Els ossos sesamoïdals del peu incrementen l'eficiència de la musculatura flexora del dit gros |
| 38. El múscul Tensor de la Fàscia Lata és actiu en la fase de recolzament de l'extremitat corresponent. |
| 39. Durant l'extensió del genoll, la ròtula fa un desplaçament en sentit lateral-medial en el pla frontal |
| 40. En la última fase de l'Abducció de l'Espatlla, participa únicament l'articulació escapolar-humeral |
| 41. L'angle d'inclinació del coll del fèmur en el pla transversal és invariable d'un individu a l'altre. |
| 42. Durant el cicle de marxa, el múscul Gluti Major treballa exclusivament en la fase d'oscil·lació del pas. |
| 43. En condicions normals i durant els últims graus d'extensió del genoll, la careta externa de la ròtula suporta menys pressió que la seva careta interna |
| 44. El múscul Serrat Anterior és rotador intern de la escàpola |
| 45. La porció llarga del Bíceps Braquial controla l'ascens del cap de l'húmer |
| 46. L'escapola fa moviments de rotació interna durant la ABD d'espalla |
| 47. El menisc intern es manté immòbil durant la flexo-extensió del genoll |
| 48. L'angle Q és el que forma l'eix principal del coll del fèmur respecte a l'eix transversal |
| 49. Els individus amb genu valgum tenen més predisposició a l'artrosi del compartiment extern del genoll |



QÜESTIONS: Columna 1

50. La musculatura Isqui-Tibial és activa en els últims instants de la fase d'oscil·lació durant la marxa

QÜESTIONS: Columna 2

1. La musculatura dorsiflexora del peu és inactiva durant el contacte inicial del peu en el cicle de la marxa.
2. Per a la funció de prensió de la mà, es requereix de l'acció sinèrgica de flexors i extensors de canell
3. Els problemes de sobrecàrrega metatarsal són més freqüents en aquells corredors que tenen el segon metatarsià més llarg que la resta.
4. El Lligament Creaut Anterior limita el desplaçament postero-anterior de la tibia sota el fémur.
5. La sedestació basada en una posició amb flexió de maluc de 120° és la més fisiològica per a la columna lumbar
6. A nivell L5-S1, la sedestació comporta més pressió intradiscal que la bipedestació
7. Per al moviment de flexió, el primer dit de la mà utilitza el mateix eix de moviment que la resta dels dits.
8. L'articulació del colze té dos graus de moviment
9. La prono-supinació del canell junt amb la rotació de l'espatlla aconsegueixen que el conjunt de la mà pugui fer girs de fins 360°
10. El segment cervical de la columna té més mobilitat en rotació que el segment lumbar.
11. L'acció conjunta dels músculs Supraespinós, Infraespinós i Rodó menor controla la subluxació externa del cap de l'húmer
12. L'acció dels músculs Peroneals protegeix contra les lesions per distensió del lligament lateral extern del turmell
13. L'avantversió del coll del fémur s'associa amb una rotació femoral interna
14. El múscul Psoas és actiu en la fase d'oscil·lació del pas homolateral
15. Durant la fase de recolzament del cicle de marxa, el múscul Tensor de la Fàscia Lata s'encarrega d'estabilitzar el genoll en flexió.



QÜESTIONS: Columna 2

16. L'articulació intervertebral anterior és una enartrosi

17. Els segments anteriors del raquis són els destinats a la funció de càrrega

18. En bipedestació estàtica, el múscul Psoas té una acció lordotitzant de la columna lumbar

19. En bipedestació estàtica, el múscul Soli accelera el desplaçament anterior de la tibia

EN REFERÈNCIA AL GRÀFIC 1 (veure full següent)

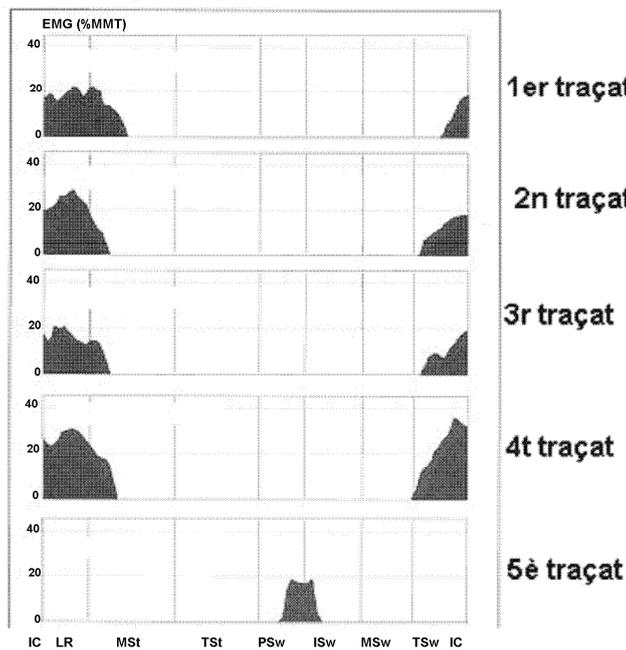
20. L'acció representada en el 5è traçat és concordant amb l'acció del múscul Recte Femoral

21. Els músculs corresponents als traçats superiors (1er a 4t) són actius durant la fase de recolzament

22. El múscul representat en el 5è traçat és el més actiu de tots els representats.



GRÀFIC 1



IC = Contacte inicial; LR = Càrrega; MSt = fase mitja recolzament; TSt = fase final recolzament; PSw = preoscil·lació; ISw = fase inicial de l'oscil·lació; MSw = fase mitja de l'oscil·lació; TSw = fase final de l'oscil·lació

PRIMERA INTERVENCIÓN
Día del examen de Biomecánica



Escola Universitària
d'Infermeria i Fisioteràpia
Blanquerna



Universitat Ramon Llull

Participació en el projecte de recerca

Anàlisi comparatiu de mètodes d'avaluació d'alumnes en assignatures de ciències en el cas de l'assignatura de Fonaments Físics de la Fisioteràpia

El projecte de recerca adalt esmentat, i pel que es demana la teva col·laboració, té per objectius:

1. Fer una anàlisi comparativa de diferents mètodes d'avaluació dels coneixements dels alumnes d'assignatures de ciències.
2. Introduir, comparar i validar una nova t cnica d'avaluació basada en els mapes conceptuals
3. Esbrinar quina de les eines d'avaluació reflexa m s fidelment la persistència del coneixement.

La intervenció es desglossa en tres proves. La primera és la que es proposa en aquest moment amb aquest document, la segona es realitzarà en començar el segon quadrimestre del present curs 2005-06 i la tercera cap el final del mateix.

El que segueix a continuació és una avaluació dels mateixos coneixements de la prova que acabes de realitzar per un medi no habitual basat en la metodologia de mapes conceptuals. Pel seu tarannà innovador, aquesta part no s'ha incl s com a part de la prova de Biomec nica per a no influir en els resultats de la prova.  s per aix  que els resultats d'aquesta prova complementària no influiran en els resultats de la prova anterior.

La prova consisteix en respondre un conjunt de preguntes. Cada pregunta es respon en un full diferent. La resposta a cada pregunta es fa de forma guiada en tres fases. Abans de començar a contestar les preguntes consulta el full d'exemple que es presenta tot seguit.

Entre les preguntes trobar s algunes de Biomec nica i d'altres de coneixement general. Aquestes darreres son importants doncs serviran per validar l'eina avaluadora.

Si et resulta m s còmode, pots fer l'exercici a llapis.

La duració de la prova no excedirà els 40 minuts.

Aquesta prova es voluntària i per tant pots abandonar-la en qualsevol moment. Si decideixes abandonar-la, si us plau indica-ho en el requadre de peu d'aquesta p gina:

Moltes gràcies per la teva col·laboració.

Si acceptes participar, si us plau, omple aquest requadre amb les teves dades

Nom i Cognoms

Grup



Pregunta:

En què consisteix el Basketball?

L'objectiu d'aquest exercici és construir un mapa conceptual guiat, de forma que millor respongui a la pregunta formulada.

Aquest exercici el desglossem en tres fases.

- **1  fase:** es trien aquells conceptes, dels que s'ofereixen, que millor s'ajustin a la resposta a la pregunta que es fa. Has de triar **10 conceptes com a màxim**. Si consideres que falten conceptes pots afegir un màxim de dos, en aquest cas escriu els conceptes en les caselles en blanc.
- **2  fase:** els conceptes triats en la primera s'ordenen jeràrquicament del mes general al mes concret
- **3  fase:** construirem un mapa conceptual de la següent manera:
 - a) Omplirem els requadres amb el conceptes en el mateix ordre establert en la segona fase
 - b) Establirem enllaços entre els conceptes mitjançant fletxes. Pots posar tants com vulguis.
 - c) A cada enllaç escriurem alguna/es paraules que connectin els conceptes enllaçats de forma coherent segons el teu criteri

En el darrer full tens un exemple !!!

1  fase: Tria de 10 conceptes com a màxim

<input type="checkbox"/> futbol	<input type="checkbox"/> cistella	<input type="checkbox"/> basketball	<input type="checkbox"/> �rbitre
<input type="checkbox"/> afici�	<input type="checkbox"/> joc d'equip	<input type="checkbox"/> pluja	<input type="checkbox"/> estrat�gia
<input type="checkbox"/> pilota	<input type="checkbox"/> xarxa	<input type="checkbox"/> falta	<input type="checkbox"/> triple
<input type="checkbox"/> pista	<input type="checkbox"/> beguda isot�nica	<input type="checkbox"/> jugada	<input type="checkbox"/> entrenador
<input type="checkbox"/> Jugador/s	<input type="checkbox"/> porteria	<input type="checkbox"/> ...	<input type="checkbox"/> ...

2  fase: Ordenació jer rquica
(de més general a més concret)

3  fase: Construcció del mapa conceptual

columna ordenada

1		1
2		2
3		3
4	4	
5		5
6		6
7	7	
8		8
9		9
10		10

Pregunta:

En què consisteix la pluja?

L'objectiu d'aquest exercici és construir un mapa conceptual guiat, de forma que millor respongui a la pregunta formulada.

Aquest exercici el desglossem en tres fases.

- **1ª fase:** es trien aquells conceptes, dels que s'ofereixen, que millor s'ajustin a la resposta a la pregunta que es fa. Has de triar **10 conceptes com a màxim**. Si consideres que falten conceptes pots afegir un màxim de dos, en aquest cas escriu els conceptes en les caselles en blanc.
- **2ª fase:** els conceptes triats en la primera s'ordenen jeràrquicament del més general al més concret
- **3ª fase:** construirem un mapa conceptual de la següent manera:
 - a) Omplirem els requadres amb el conceptes en el mateix ordre establert en la segona fase
 - b) Establirem enllaços entre els conceptes mitjançant fletxes. Pots posar tants com vulguis.
 - c) A cada enllaç escriurem alguna/es paraules que connectin els conceptes enllaçats de forma coherent segons el teu criteri

En el darrer full tens un exemple !!!

1ª fase: Tria de 10 conceptes com a màxim

<input type="checkbox"/> pluja	<input type="checkbox"/> Sol	<input type="checkbox"/> terra	<input type="checkbox"/> núvol
<input type="checkbox"/> molècula	<input type="checkbox"/> Atmosfera	<input type="checkbox"/> caure	<input type="checkbox"/> calamarsa
<input type="checkbox"/> tempesta	<input type="checkbox"/> Lluna	<input type="checkbox"/> arc de Sant Martí	<input type="checkbox"/> llac
<input type="checkbox"/> àcida	<input type="checkbox"/> Gota	<input type="checkbox"/> condensació	<input type="checkbox"/> cascada
<input type="checkbox"/> aigua	<input type="checkbox"/> vent	<input type="checkbox"/> ...	<input type="checkbox"/> ...

2ª fase: Ordenació jeràrquica
(de més general a més concret)
Columna ordenada

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

3ª fase: Construcció del mapa conceptual

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10



Pregunta:

Què es la fatiga de materials?

L'objectiu d'aquest exercici és construir un mapa conceptual guiat, de forma que millor respongui a la pregunta formulada.

Aquest exercici el desglossem en tres fases.

- **1^a fase:** es trien aquells conceptes, dels que s'ofereixen, que millor s'ajustin a la resposta a la pregunta que es fa. Has de triar **10 conceptes com a màxim**. Si consideres que falten conceptes pots afegir un màxim de dos, en aquest cas escriu els conceptes en les caselles en blanc.
- **2^a fase:** els conceptes triats en la primera s'ordenen jeràrquicament del mes general al mes concret
- **3^a fase:** construirem un mapa conceptual de la següent manera:
 - a) Omplirem els requadres amb el conceptes en el mateix ordre establert en la segona fase
 - b) Establirem enllaços entre els conceptes mitjançant fletxes. Pots posar tants com vulguis.
 - c) A cada enllaç escriurem alguna/es paraules que connectin els conceptes enllaçats de forma coherent segons el teu criteri

En el darrer full tens un exemple !!!

1^a fase: Tria de 10 conceptes com a màxim

<input type="checkbox"/> Area	<input type="checkbox"/> força	<input type="checkbox"/> Fractura	<input type="checkbox"/> material
<input type="checkbox"/> deformació	<input type="checkbox"/> repetitiu	<input type="checkbox"/> moment	<input type="checkbox"/> Corba esforç-deformació
<input type="checkbox"/> Fatiga	<input type="checkbox"/> Umbral de fatiga	<input type="checkbox"/> Compresi�	<input type="checkbox"/> Punt de fractura
<input type="checkbox"/> El�stic	<input type="checkbox"/> rotació	<input type="checkbox"/> traslaci�	<input type="checkbox"/> Esquerda
<input type="checkbox"/> Esforç	<input type="checkbox"/> microfractures	<input type="checkbox"/> ...	<input type="checkbox"/> ...

2^a fase: Ordenació jer rquica
(de més general a més concret)

Columna ordenada

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

3^a fase: Construcció del mapa conceptual

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

Pregunta:

En moments de rotació, què és la eficiència d'una força?

L'objectiu d'aquest exercici és construir un mapa conceptual guiat, de forma que millor respongui a la pregunta formulada.

Aquest exercici el desglossem en tres fases.

- **1ª fase:** es trien aquells conceptes, dels que s'ofereixen, que millor s'ajustin a la resposta a la pregunta que es fa. Has de triar **10 conceptes com a màxim**. Si consideres que falten conceptes pots afegir un màxim de dos, en aquest cas escriu els conceptes en les caselles en blanc.
- **2ª fase:** els conceptes triats en la primera s'ordenen jeràrquicament del més general al més concret
- **3ª fase:** construirem un mapa conceptual de la següent manera:
 - a) Omplirem els requadres amb el conceptes en el mateix ordre establert en la segona fase
 - b) Establirem enllaços entre els conceptes mitjançant fletxes. Pots posar tants com vulguis.
 - c) A cada enllaç escriurem alguna/es paraules que connectin els conceptes enllaçats de forma coherent segons el teu criteri

En el darrer full tens un exemple !!!

1ª fase: Tria de 10 conceptes com a màxim

<input type="checkbox"/> Moviment de rotació	<input type="checkbox"/> Acceleració angular	<input type="checkbox"/> Dinàmica	<input type="checkbox"/> Distància Perpendicular
<input type="checkbox"/> Eficiència	<input type="checkbox"/> Posició	<input type="checkbox"/> Moment d'inèrcia	<input type="checkbox"/> Energia
<input type="checkbox"/> Esforç	<input type="checkbox"/> Angle	<input type="checkbox"/> Fractura	<input type="checkbox"/> Eix de rotació
<input type="checkbox"/> Traslació	<input type="checkbox"/> Proporcionalitat	<input type="checkbox"/> Moment	<input type="checkbox"/> Comparació
<input type="checkbox"/> Força/es	<input type="checkbox"/> Ràpid	<input type="checkbox"/> ...	<input type="checkbox"/> ...

2ª fase: Ordenació jeràrquica
(de més general a més concret)

3ª fase: Construcció del mapa conceptual

Columna ordenada

1		1
2		2
3		3
4		4
5		5
6		6
7	7	
8		8
9		9
10		10



EXEMPLE

Pregunta:

Qu estudia la cinemàtica?

L'objectiu d'aquest exercici  construir un mapa conceptual guiat, de forma que millor respongui a la pregunta formulada.

Aquest exercici el desglossem en tres fases.

- **1ª fase:** es trien aquells conceptes, dels que s'ofereixen, que millor s'ajustin a la resposta a la pregunta que es fa. Has de triar **10 conceptes com a màxim**. Si consideres que falten conceptes pots afegir un màxim de dos, en aquest cas escriu els conceptes en les caselles en blanc.
- **2ª fase:** els conceptes triats en la primera s'ordenen jeràrquicament del mes general al mes concret
- **3ª fase:** construirem un mapa conceptual de la següent manera:
 - a) Omplirem els requadres amb el conceptes en el mateix ordre establert en la segona fase
 - b) Establirem enllaços entre els conceptes mitjançant fletxes. Pots posar tants com vulguis.
 - c) A cada enllaç escriurem alguna/es paraules que connectin els conceptes enllaçats de forma coherent segons el teu criteri

1ª fase: Tria de 10 conceptes com a màxim

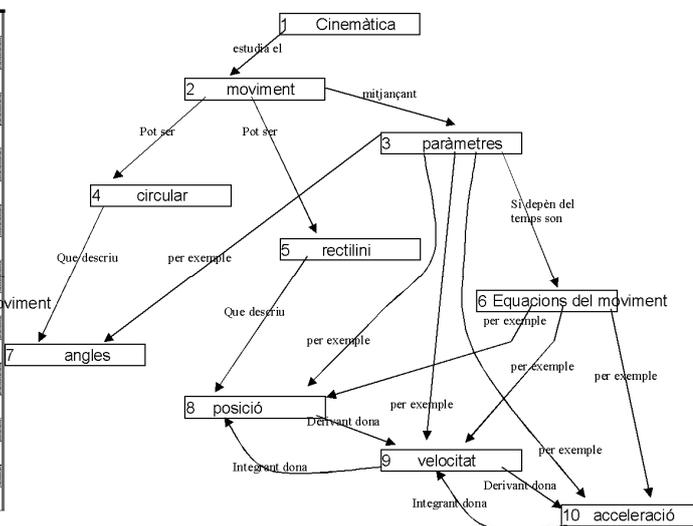
<input checked="" type="checkbox"/> Paràmetres	<input checked="" type="checkbox"/> Velocitat	<input type="checkbox"/> Esforç	<input checked="" type="checkbox"/> Posici
<input type="checkbox"/> Llei fonamental	<input type="checkbox"/> Eix de rotaci	<input type="checkbox"/> Ondulatori	<input checked="" type="checkbox"/> angle
<input checked="" type="checkbox"/> Cinemàtica	<input checked="" type="checkbox"/> Circular	<input checked="" type="checkbox"/> rectilini	<input checked="" type="checkbox"/> acceleraci
<input type="checkbox"/> Força	<input checked="" type="checkbox"/> Moviment	<input type="checkbox"/> moment	<input checked="" type="checkbox"/> Equacions del moviment
<input type="checkbox"/> Freqüència	<input type="checkbox"/> Braç de palanca	<input type="checkbox"/> ...	<input type="checkbox"/> ...

2ª fase: Ordenació jerrquica

(de més general a més concret)
Columna ordenada

1 Cinemàtica
2 Moviment
3 paràmetres
4 circular
5 rectilini
6 Equacions del moviment
7 angle
8 posició
9 velocitat
10 acceleració

3ª fase: Construcció del mapa conceptual



SEGUNDA INTERVENCIÓN

Día del examen de Biomecánica + 21 días



Escola Universitària
d'Infermeria i Fisioteràpia
Blanquerna



Universitat Ramon Llull

Participació en el projecte de recerca

Anàlisi comparatiu de mètodes d'avaluació d'alumnes en assignatures de ciències en el cas de l'assignatura de Biomec nica

El projecte de recerca adalt esmentat, i pel que es demana la teva col·laboració, té per objectius:

1. Fer una anàlisi comparativa de diferents mètodes d'avaluació dels coneixements dels alumnes d'assignatures de ciències.
2. Introduir, comparar i validar una nova t cnica d'avaluació basada en els mapes conceptuals
3. Esbrinar quina de les eines d'avaluació reflexa m s fidelment la persistència del coneixement.

La intervenció es desglossa en tres proves. La primera ja la vas fer el dia de l'examen de Biomec nica, la segona es aquesta mateixa i la tercera es farà en dos o tres mesos.

Aquesta prova es similar a l'anterior, però hem afegit un conjunt de preguntes test al principi. Després del test, i anàlogament a la primera prova, haur s de respondre un conjunt de preguntes. Cada pregunta es respon en un full diferent. La resposta a cada pregunta es fa de forma guiada en tres fases. Abans de començar a contestar les preguntes consulta el full d'exemple que es presenta tot seguit.

Entre les preguntes trobar s algunes de Biomec nica i d'altres de coneixement general. Aquestes darreres son importants doncs serviran per validar l'eina avaluadora.

Si et resulta m s còmode, pots fer l'exercici a llapis.

La duració de la prova no excedirà els 40 minuts.

Aquesta prova es voluntària i per tant pots abandonar-la en qualsevol moment.

Moltes gràcies per la teva col·laboració.

Si acceptes participar, si us plau, omple aquest requadre amb les teves dades

Nom i Cognoms

Grup



Preguntes test

Seguidament, en la columna del costat, respon si aquestes frases son veritables o falses.

Si us plau, llegiu amb atenció tota i cada una de les paraules de les qüestions de test abans de contestar.

PREGUNTA	V/F
1. La eficiència per produir moment d'una força aplicada sobre un segment que gira respecte a un eix de rotació depèn exclusivament de la distància perpendicular d'aquesta força a l'eix de rotació	
2. Donades dues forces que produeixen moment de rotació respecte a un eix donat, aquella força que tingui m�s braç de palanca ser� menys eficient	
3. El Gluti Mig es mes eficient en una coxa vara que en una valga	
4. La higiene de columna referida al disc L5-S1 es fonamenta en reduir la distància perpendicular del vector pes respecte a l'eix de rotació en el disc L5-S1.	
5. L'efecte biomecànic que té la r�tula sobre l'acció del Quàdriceps en una extensió de genoll, �s augmentar l'eficiència del Quàdriceps.	
6. En una flexió de colze a partir de 90� i avantbraç supinat, el b�iceps braquial �s més eficient que el braquial anterior.	
7. Per produir ABD d'espatlla, el supraespinós �s més eficient a 0� que a 30� d'ABD	
8. La fatiga de materials produeix fractures d'objectes en rebre esforços inferiors al de fractura de forma repetitiva	
9. La fatiga de materials es produeix per l'acumulació de les microfractures produides per alguns esforços encara que siguin inferiors al de fractura	
10. La causa principal de les metatars�lgies de 2n i 3r metatarsians, en individus sense patologia concreta ni alteracions morfològiques, és l'alt esforç de compressió generat per la força muscular sobre les petites àrees de contacte dels caps del 2n i 3r metatarsià.	
11. Una coxa valga te m�s tendència a la degeneració del cartil�g degut a un esforç de compressió superior	
12. Un tendó sotmès a qualsevol esforç repetitiu, per petit que sigui, sempre és lesionar� per fatiga del material després de les suficients repeticions continuades.	
13. Una distensió de lligament es produeix per fatiga del material	



Escola Universitària
d'Infermeria i Fisioteràpia
Blanquerna



Universitat Ramon Llull

Pregunta:

En què consisteix el Basketball?

L'objectiu d'aquest exercici és construir un mapa conceptual guiat, de forma que millor respongui a la pregunta formulada.

Aquest exercici el desglossem en tres fases.

- **1  fase:** es trien aquells conceptes, dels que s'ofereixen, que millor s'ajustin a la resposta a la pregunta que es fa. Has de triar **10 conceptes com a màxim**. Si consideres que falten conceptes pots afegir un màxim de dos, en aquest cas escriu els conceptes en les caselles en blanc.
- **2  fase:** els conceptes triats en la primera s'ordenen jeràrquicament del mes general al mes concret
- **3  fase:** construirem un mapa conceptual de la següent manera:
 - a) Omplirem els requadres amb el conceptes en el mateix ordre establert en la segona fase
 - b) Establirem enllaços entre els conceptes mitjançant fletxes. Pots posar tants com vulguis.
 - c) A cada enllaç escriurem alguna/es paraules que connectin els conceptes enllaçats de forma coherent segons el teu criteri

En el darrer full tens un exemple !!!

1  fase: Tria de 10 conceptes com a màxim

<input type="checkbox"/> futbol	<input type="checkbox"/> cistella	<input type="checkbox"/> basketball	<input type="checkbox"/> �rbitre
<input type="checkbox"/> afici�	<input type="checkbox"/> joc d'equip	<input type="checkbox"/> pluja	<input type="checkbox"/> estratégia
<input type="checkbox"/> pilota	<input type="checkbox"/> xarxa	<input type="checkbox"/> falta	<input type="checkbox"/> triple
<input type="checkbox"/> pista	<input type="checkbox"/> beguda isot�nica	<input type="checkbox"/> jugada	<input type="checkbox"/> entrenador
<input type="checkbox"/> Jugador/s	<input type="checkbox"/> porteria	<input type="checkbox"/> ...	<input type="checkbox"/> ...

2  fase: Ordenació jer rquica
(de m s general a m s concret)

3  fase: Construcció del mapa conceptual

columna ordenada

1		1
2		2
3		3
4	4	
5		5
6		6
7	7	
8		8
9		9
10		10

Segunda Intervención



Escola Universitària
d'Infermeria i Fisioteràpia
Blanquerna



Universitat Ramon Llull

Pregunta:

En què consisteix la pluja?

L'objectiu d'aquest exercici és construir un mapa conceptual guiat, de forma que millor respongui a la pregunta formulada.

Aquest exercici el desglossem en tres fases.

- **1^a fase:** es trien aquells conceptes, dels que s'ofereixen, que millor s'ajustin a la resposta a la pregunta que es fa. Has de triar **10 conceptes com a màxim**. Si consideres que falten conceptes pots afegir un màxim de dos, en aquest cas escriu els conceptes en les caselles en blanc.
- **2^a fase:** els conceptes triats en la primera s'ordenen jeràrquicament del mes general al mes concret
- **3^a fase:** construirem un mapa conceptual de la següent manera:
 - a) Omplirem els requadres amb el conceptes en el mateix ordre establert en la segona fase
 - b) Establirem enllaços entre els conceptes mitjançant fletxes. Pots posar tants com vulguis.
 - c) A cada enllaç escriurem alguna/es paraules que connectin els conceptes enllaçats de forma coherent segons el teu criteri

En el darrer full tens un exemple !!!

1^a fase: Tria de 10 conceptes com a màxim

<input type="checkbox"/> pluja	<input type="checkbox"/> Sol	<input type="checkbox"/> terra	<input type="checkbox"/> núvol
<input type="checkbox"/> mol�cula	<input type="checkbox"/> Atmosfera	<input type="checkbox"/> caure	<input type="checkbox"/> calamarsa
<input type="checkbox"/> tempesta	<input type="checkbox"/> Lluna	<input type="checkbox"/> arc de Sant Martí	<input type="checkbox"/> llac
<input type="checkbox"/> �cida	<input type="checkbox"/> Gota	<input type="checkbox"/> condensació	<input type="checkbox"/> cascada
<input type="checkbox"/> aigua	<input type="checkbox"/> vent	<input type="checkbox"/> ...	<input type="checkbox"/> ...

2^a fase: Ordenació jer rquica
(de més general a més concret)
Columna ordenada

3^a fase: Construcció del mapa conceptual

1		1
2		2
3		3
4		4
5		5
6		6
7	7	
8		8
9		9
10		10



Escola Universitària
d'Infermeria i Fisioteràpia
Blanquerna



Universitat Ramon Llull

Pregunta:

Què es la fatiga de materials?

L'objectiu d'aquest exercici és construir un mapa conceptual guiat, de forma que millor respongui a la pregunta formulada.

Aquest exercici el desglossem en tres fases.

- **1^a fase:** es trien aquells conceptes, dels que s'ofereixen, que millor s'ajustin a la resposta a la pregunta que es fa. Has de triar **10 conceptes com a màxim**. Si consideres que falten conceptes pots afegir un màxim de dos, en aquest cas escriu els conceptes en les caselles en blanc.
- **2^a fase:** els conceptes triats en la primera s'ordenen jeràrquicament del mes general al mes concret
- **3^a fase:** construirem un mapa conceptual de la següent manera:
 - a) Omplirem els requadres amb el conceptes en el mateix ordre establert en la segona fase
 - b) Establirem enllaços entre els conceptes mitjançant fletxes. Pots posar tants com vulguis.
 - c) A cada enllaç escriurem alguna/es paraules que connectin els conceptes enllaçats de forma coherent segons el teu criteri

En el darrer full tens un exemple !!!

1^a fase: Tria de 10 conceptes com a màxim

<input type="checkbox"/> Area	<input type="checkbox"/> força	<input type="checkbox"/> Fractura	<input type="checkbox"/> material
<input type="checkbox"/> deformació	<input type="checkbox"/> repetitiu	<input type="checkbox"/> moment	<input type="checkbox"/> Corba esforç-deformació
<input type="checkbox"/> Fatiga	<input type="checkbox"/> Umbral de fatiga	<input type="checkbox"/> Compresi�	<input type="checkbox"/> Punt de fractura
<input type="checkbox"/> El�stic	<input type="checkbox"/> rotació	<input type="checkbox"/> traslaci�	<input type="checkbox"/> Esquerda
<input type="checkbox"/> Esforç	<input type="checkbox"/> microfractures	<input type="checkbox"/> ...	<input type="checkbox"/> ...

2^a fase: Ordenació jer quica
(de m s general a m s concret)

Columna ordenada

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

3^a fase: Construcció del mapa conceptual

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

Segunda Intervención



Escola Universitària
d'Infermeria i Fisioteràpia
Blanquerna



Universitat Ramon Llull

Pregunta:

En moments de rotació, qu   s la eficiència d'una força?

L'objectiu d'aquest exercici és construir un mapa conceptual guiat, de forma que millor respongui a la pregunta formulada.

Aquest exercici el desglossem en tres fases.

- **1  fase:** es trien aquells conceptes, dels que s'ofereixen, que millor s'ajustin a la resposta a la pregunta que es fa. Has de triar **10 conceptes com a màxim**. Si consideres que falten conceptes pots afegir un màxim de dos, en aquest cas escriu els conceptes en les caselles en blanc.
- **2  fase:** els conceptes triats en la primera s'ordenen jeràrquicament del mes general al mes concret
- **3  fase:** construirem un mapa conceptual de la següent manera:
 - a) Omplirem els requadres amb el conceptes en el mateix ordre establert en la segona fase
 - b) Establirem enllaços entre els conceptes mitjançant fletxes. Pots posar tants com vulguis.
 - c) A cada enllaç escriurem alguna/es paraules que connectin els conceptes enllaçats de forma coherent segons el teu criteri

En el darrer full tens un exemple !!!

1  fase: Tria de 10 conceptes com a màxim

<input type="checkbox"/> Moviment de rotació	<input type="checkbox"/> Acceleració angular	<input type="checkbox"/> Din�mica	<input type="checkbox"/> Distància Perpendicular
<input type="checkbox"/> Eficiència	<input type="checkbox"/> Posició	<input type="checkbox"/> Moment d'inercia	<input type="checkbox"/> Energia
<input type="checkbox"/> Esforç	<input type="checkbox"/> Angle	<input type="checkbox"/> Fractura	<input type="checkbox"/> Eix de rotació
<input type="checkbox"/> Traslaci�	<input type="checkbox"/> Proporcionalitat	<input type="checkbox"/> Moment	<input type="checkbox"/> Comparaci�
<input type="checkbox"/> Força/es	<input type="checkbox"/> R�pid	<input type="checkbox"/> ...	<input type="checkbox"/> ...

2  fase: Ordenació jer rquica
(de més general a més concret)

3  fase: Construcció del mapa conceptual

Columna ordenada

1		1
2		2
3		3
4		4
5		5
6		6
7	7	
8		8
9		9
10		10

EXEMPLE

Pregunta:

Què estudia la cinemàtica?

L'objectiu d'aquest exercici és construir un mapa conceptual guiat, de forma que millor respongui a la pregunta formulada.

Aquest exercici el desglosem en tres fases.

- **1ª fase:** es trien aquells conceptes, dels que s'ofereixen, que millor s'ajustin a la resposta a la pregunta que es fa. Has de triar **10 conceptes com a màxim**. Si consideres que falten conceptes pots afegir un màxim de dos, en aquest cas escriu els conceptes en les caselles en blanc.
- **2ª fase:** els conceptes triats en la primera s'ordenen jeràrquicament del més general al més concret
- **3ª fase:** construirem un mapa conceptual de la següent manera:
 - a) Omplirem els requadres amb el conceptes en el mateix ordre establert en la segona fase
 - b) Establirem enllaços entre els conceptes mitjançant fletxes. Pots posar tants com vulguis.
 - c) A cada enllaç escriurem alguna/es paraules que connectin els conceptes enllaçats de forma coherent segons el teu criteri

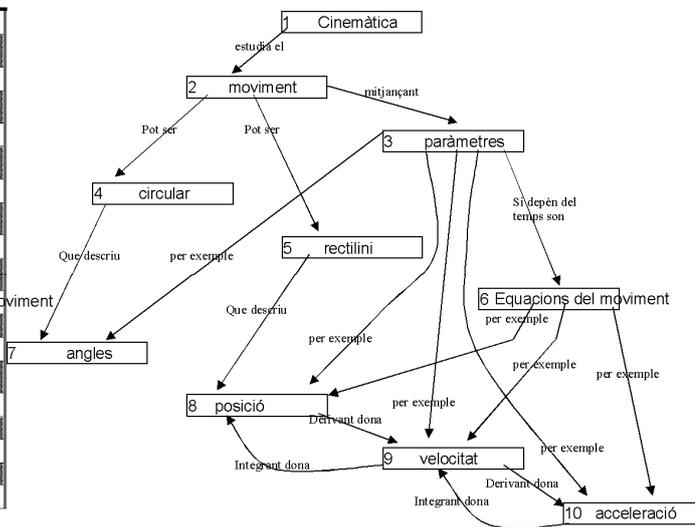
1ª fase: Tria de 10 conceptes com a màxim

<input checked="" type="checkbox"/> Paràmetres	<input checked="" type="checkbox"/> Velocitat	<input type="checkbox"/> Esforç	<input checked="" type="checkbox"/> Posició
<input type="checkbox"/> Llei fonamental	<input type="checkbox"/> Eix de rotació	<input type="checkbox"/> Ondulatori	<input checked="" type="checkbox"/> angle
<input checked="" type="checkbox"/> Cinemàtica	<input checked="" type="checkbox"/> Circular	<input checked="" type="checkbox"/> rectilini	<input checked="" type="checkbox"/> acceleració
<input type="checkbox"/> Força	<input checked="" type="checkbox"/> Moviment	<input type="checkbox"/> moment	<input checked="" type="checkbox"/> Equacions del moviment
<input type="checkbox"/> Freqüència	<input type="checkbox"/> Braç de palanca	<input type="checkbox"/> ...	<input type="checkbox"/> ...

2ª fase: Ordenació jeràrquica
(de més general a més concret)
Columna ordenada

1 Cinemàtica
2 Moviment
3 paràmetres
4 circular
5 rectilini
6 Equacions del moviment
7 angle
8 posició
9 velocitat
10 acceleració

3ª fase: Construcció del mapa conceptual



Segunda Intervención

TERCERA INTERVENCIÓN

Día del examen de Biomecánica + 135 días



Escola Universitària
d'Infermeria i Fisioteràpia
Blanquerna



Universitat Ramon Llull

Participació en el projecte de recerca

Anàlisi comparatiu de mètodes d'avaluació d'alumnes en assignatures de ciències en el cas de l'assignatura de Biomec nica

El projecte de recerca adalt esmentat, i pel que es demana la teva col·laboració, té per objectius:

1. Fer una anàlisi comparativa de diferents mètodes d'avaluació dels coneixements dels alumnes d'assignatures de ciències.
2. Introduir, comparar i validar una nova t cnica d'avaluació basada en els mapes conceptuals
3. Esbrinar quina de les eines d'avaluació reflexa m s fidelment la persistència del coneixement.

La intervenció es desglossa en tres proves. La primera ja la vas fer el dia de l'examen de Biomec nica, i la segona dues setmanes després. La tercera i darrera és aquesta mateixa.

Aquesta prova és igual a la segona, però **hem afegit una petita enquesta al final del dossier** per controlar algunes variables que podrien crear un biaix en l'estudi.

Recorda que si et resulta m s còmode, pots fer l'exercici a llapis.

La duració de la prova no excedirà els 40 minuts.

Aquesta prova es voluntària i per tant pots abandonar-la en qualsevol moment.

Moltes gràcies per la teva col·laboració.

Si acceptes participar, si us plau, omple aquest requadre amb les teves dades

Nom i Cognoms

Grup



Preguntes test

Seguidament, en la columna del costat, respon si aquestes frases son veritables o falses.

Si us plau, *lllegiu amb atenció tota i cada una de les paraules de les qüestions de test abans de contestar.*

PREGUNTA	V/F
1. La eficiència per produir moment d'una força aplicada sobre un segment que gira respecte a un eix de rotació depèn exclusivament de la distància perpendicular d'aquesta força a l'eix de rotació	
2. Donades dues forces que produeixen moment de rotació respecte a un eix donat, aquella força que tingui m�s braç de palanca ser� menys eficient	
3. El Gluti Mig es mes eficient en una coxa vara que en una valga	
4. La higiene de columna referida al disc L5-S1 es fonamenta en reduir la distància perpendicular del vector pes respecte a l'eix de rotació en el disc L5-S1.	
5. L'efecte biomecànic que té la r�tula sobre l'acció del Quàdriceps en una extensió de genoll, �s augmentar l'eficiència del Quàdriceps.	
6. En una flexió de colze a partir de 90� i avantbraç supinat, el b�iceps braquial �s més eficient que el braquial anterior.	
7. Per produir ABD d'espatlla, el supraespinós �s més eficient a 0� que a 30� d'ABD	
8. La fatiga de materials produeix fractures d'objectes en rebre esforços inferiors al de fractura de forma repetitiva	
9. La fatiga de materials es produeix per l'acumulació de les microfractures produïdes per alguns esforços encara que siguin inferiors al de fractura	
10. La causa principal de les metatars�lgies de 2n i 3r metatarsians, en individus sense patologia concreta ni alteracions morfològiques, és l'alt esforç de compressió generat per la força muscular sobre les petites àrees de contacte dels caps del 2n i 3r metatarsià.	
11. Una coxa valga te m�s tendència a la degeneració del cartil�g degut a un esforç de compressió superior	
12. Un tendó sotmès a qualsevol esforç repetitiu, per petit que sigui, sempre és lesionar� per fatiga del material després de les suficients repeticions continuades.	
13. Una distensió de lligament es produeix per fatiga del material	



Escola Universitària
d'Infermeria i Fisioteràpia
Blanquerna



Universitat Ramon Llull

Pregunta:

En què consisteix el Basketball?

L'objectiu d'aquest exercici és construir un mapa conceptual guiat, de forma que millor respongui a la pregunta formulada.

Aquest exercici el desglossem en tres fases.

- **1  fase:** es trien aquells conceptes, dels que s'ofereixen, que millor s'ajustin a la resposta a la pregunta que es fa. Has de triar **10 conceptes com a màxim**. Si consideres que falten conceptes pots afegir un màxim de dos, en aquest cas escriu els conceptes en les caselles en blanc.
- **2  fase:** els conceptes triats en la primera s'ordenen jeràrquicament del mes general al mes concret
- **3  fase:** construirem un mapa conceptual de la següent manera:
 - a) Omplirem els requadres amb el conceptes en el mateix ordre establert en la segona fase
 - b) Establirem enllaços entre els conceptes mitjançant fletxes. Pots posar tants com vulguis.
 - c) A cada enllaç escriurem alguna/es paraules que connectin els conceptes enllaçats de forma coherent segons el teu criteri

En el darrer full tens un exemple !!!

1  fase: Tria de 10 conceptes com a màxim

<input type="checkbox"/> futbol	<input type="checkbox"/> cistella	<input type="checkbox"/> basketball	<input type="checkbox"/> �rbitre
<input type="checkbox"/> afici�	<input type="checkbox"/> joc d'equip	<input type="checkbox"/> pluja	<input type="checkbox"/> estratégia
<input type="checkbox"/> pilota	<input type="checkbox"/> xarxa	<input type="checkbox"/> falta	<input type="checkbox"/> triple
<input type="checkbox"/> pista	<input type="checkbox"/> beguda isot�nica	<input type="checkbox"/> jugada	<input type="checkbox"/> entrenador
<input type="checkbox"/> Jugador/s	<input type="checkbox"/> porteria	<input type="checkbox"/> ...	<input type="checkbox"/> ...

2  fase: Ordenació jer rquica
(de m s general a m s concret)

3  fase: Construcció del mapa conceptual

columna ordenada

1		1
2		2
3		3
4	4	
5		5
6		6
7	7	
8		8
9		9
10		10



Pregunta:

En què consisteix la pluja?

L'objectiu d'aquest exercici és construir un mapa conceptual guiat, de forma que millor respongui a la pregunta formulada.

Aquest exercici el desglossem en tres fases.

- **1^a fase:** es trien aquells conceptes, dels que s'ofereixen, que millor s'ajustin a la resposta a la pregunta que es fa. Has de triar **10 conceptes com a màxim**. Si consideres que falten conceptes pots afegir un màxim de dos, en aquest cas escriu els conceptes en les caselles en blanc.
- **2^a fase:** els conceptes triats en la primera s'ordenen jeràrquicament del mes general al mes concret
- **3^a fase:** construirem un mapa conceptual de la següent manera:
 - a) Omplirem els requadres amb el conceptes en el mateix ordre establert en la segona fase
 - b) Establirem enllaços entre els conceptes mitjançant fletxes. Pots posar tants com vulguis.
 - c) A cada enllaç escriurem alguna/es paraules que connectin els conceptes enllaçats de forma coherent segons el teu criteri

En el darrer full tens un exemple !!!

1^a fase: Tria de 10 conceptes com a màxim

<input type="checkbox"/> pluja	<input type="checkbox"/> Sol	<input type="checkbox"/> terra	<input type="checkbox"/> n�vol
<input type="checkbox"/> mol�cula	<input type="checkbox"/> Atmosfera	<input type="checkbox"/> caure	<input type="checkbox"/> calamarsa
<input type="checkbox"/> tempesta	<input type="checkbox"/> Lluna	<input type="checkbox"/> arc de Sant Martí	<input type="checkbox"/> llac
<input type="checkbox"/> �cida	<input type="checkbox"/> Gota	<input type="checkbox"/> condensació	<input type="checkbox"/> cascada
<input type="checkbox"/> aigua	<input type="checkbox"/> vent	<input type="checkbox"/> ...	<input type="checkbox"/> ...

2^a fase: Ordenació jer rquica
(de més general a més concret)
Columna ordenada

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

3^a fase: Construcció del mapa conceptual

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

Pregunta:

Què es la fatiga de materials?

L'objectiu d'aquest exercici és construir un mapa conceptual guiat, de forma que millor respongui a la pregunta formulada.

Aquest exercici el desglossem en tres fases.

- **1ª fase:** es trien aquells conceptes, dels que s'ofereixen, que millor s'ajustin a la resposta a la pregunta que es fa. Has de triar **10 conceptes com a màxim**. Si consideres que falten conceptes pots afegir un màxim de dos, en aquest cas escriu els conceptes en les caselles en blanc.
- **2ª fase:** els conceptes triats en la primera s'ordenen jeràrquicament del més general al més concret
- **3ª fase:** construirem un mapa conceptual de la següent manera:
 - a) Omplirem els requadres amb el conceptes en el mateix ordre establert en la segona fase
 - b) Establirem enllaços entre els conceptes mitjançant fletxes. Pots posar tants com vulguis.
 - c) A cada enllaç escriurem alguna/es paraules que connectin els conceptes enllaçats de forma coherent segons el teu criteri

En el darrer full tens un exemple !!!

1ª fase: Tria de 10 conceptes com a màxim

<input type="checkbox"/> Area	<input type="checkbox"/> força	<input type="checkbox"/> Fractura	<input type="checkbox"/> material
<input type="checkbox"/> deformació	<input type="checkbox"/> repetitiu	<input type="checkbox"/> moment	<input type="checkbox"/> Corba esforç-deformació
<input type="checkbox"/> Fatiga	<input type="checkbox"/> Umbral de fatiga	<input type="checkbox"/> Compensió	<input type="checkbox"/> Punt de fractura
<input type="checkbox"/> Elàstic	<input type="checkbox"/> rotació	<input type="checkbox"/> traslació	<input type="checkbox"/> Esquerda
<input type="checkbox"/> Esforç	<input type="checkbox"/> microfractures	<input type="checkbox"/> ...	<input type="checkbox"/> ...

2ª fase: Ordenació jeràrquica
(de més general a més concret)

3ª fase: Construcció del mapa conceptual

Columna ordenada

1		1
2		2
3		3
4	4	
5		5
6		6
7	7	
8		8
9		9
10		10

Tercera Intervenció



Escola Universitària
d'Infermeria i Fisioteràpia
Blanquerna



Universitat Ramon Llull

Pregunta:

En moments de rotació, qu   s la eficiència d'una força?

L'objectiu d'aquest exercici és construir un mapa conceptual guiat, de forma que millor respongui a la pregunta formulada.

Aquest exercici el desglossem en tres fases.

- **1  fase:** es trien aquells conceptes, dels que s'ofereixen, que millor s'ajustin a la resposta a la pregunta que es fa. Has de triar **10 conceptes com a màxim**. Si consideres que falten conceptes pots afegir un màxim de dos, en aquest cas escriu els conceptes en les caselles en blanc.
- **2  fase:** els conceptes triats en la primera s'ordenen jeràrquicament del mes general al mes concret
- **3  fase:** construirem un mapa conceptual de la següent manera:
 - a) Omplirem els requadres amb el conceptes en el mateix ordre establert en la segona fase
 - b) Establirem enllaços entre els conceptes mitjançant fletxes. Pots posar tants com vulguis.
 - c) A cada enllaç escriurem alguna/es paraules que connectin els conceptes enllaçats de forma coherent segons el teu criteri

En el darrer full tens un exemple !!!

1  fase: Tria de 10 conceptes com a màxim

<input type="checkbox"/> Moviment de rotació	<input type="checkbox"/> Acceleració angular	<input type="checkbox"/> Din�mica	<input type="checkbox"/> Dist�ncia Perpendicular
<input type="checkbox"/> Efici�ncia	<input type="checkbox"/> Posició	<input type="checkbox"/> Moment d'inercia	<input type="checkbox"/> Energia
<input type="checkbox"/> Esforç	<input type="checkbox"/> Angle	<input type="checkbox"/> Fractura	<input type="checkbox"/> Eix de rotació
<input type="checkbox"/> Traslaci�	<input type="checkbox"/> Proporcionalitat	<input type="checkbox"/> Moment	<input type="checkbox"/> Comparació
<input type="checkbox"/> Força/es	<input type="checkbox"/> Ràpid	<input type="checkbox"/> ...	<input type="checkbox"/> ...

2  fase: Ordenació jer rquica
(de més general a més concret)

Columna ordenada

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

3  fase: Construcció del mapa conceptual

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

EXEMPLE

Pregunta:

Què estudia la cinemàtica?

L'objectiu d'aquest exercici és construir un mapa conceptual guiat, de forma que millor respongui a la pregunta formulada.

Aquest exercici el desglosem en tres fases.

- **1ª fase:** es trien aquells conceptes, dels que s'ofereixen, que millor s'ajustin a la resposta a la pregunta que es fa. Has de triar **10 conceptes com a màxim**. Si consideres que falten conceptes pots afegir un màxim de dos, en aquest cas escriu els conceptes en les caselles en blanc.
- **2ª fase:** els conceptes triats en la primera s'ordenen jeràrquicament del més general al més concret
- **3ª fase:** construirem un mapa conceptual de la següent manera:
 - a) Omplirem els requadres amb el conceptes en el mateix ordre establert en la segona fase
 - b) Establirem enllaços entre els conceptes mitjançant fletxes. Pots posar tants com vulguis.
 - c) A cada enllaç escriurem alguna/es paraules que connectin els conceptes enllaçats de forma coherent segons el teu criteri

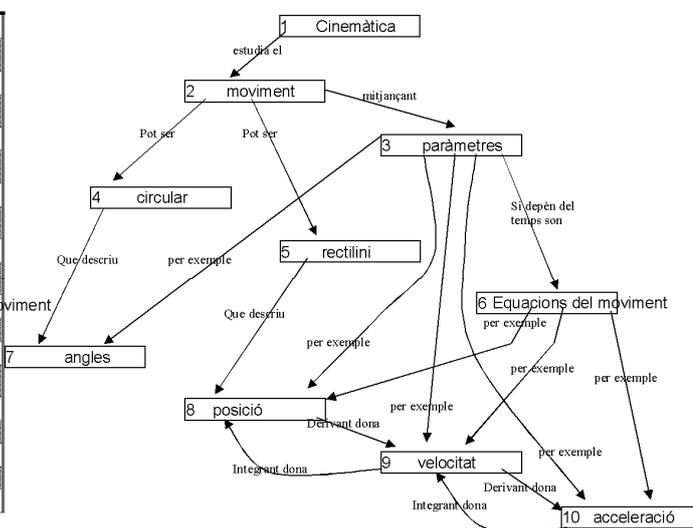
1ª fase: Tria de 10 conceptes com a màxim

<input checked="" type="checkbox"/> Paràmetres	<input checked="" type="checkbox"/> Velocitat	<input type="checkbox"/> Esforç	<input checked="" type="checkbox"/> Posició
<input type="checkbox"/> Llei fonamental	<input type="checkbox"/> Eix de rotació	<input type="checkbox"/> Ondulatori	<input checked="" type="checkbox"/> angle
<input checked="" type="checkbox"/> Cinemàtica	<input checked="" type="checkbox"/> Circular	<input checked="" type="checkbox"/> rectilini	<input checked="" type="checkbox"/> acceleració
<input type="checkbox"/> Força	<input checked="" type="checkbox"/> Moviment	<input type="checkbox"/> moment	<input checked="" type="checkbox"/> Equacions del moviment
<input type="checkbox"/> Freqüència	<input type="checkbox"/> Braç de palanca	<input type="checkbox"/> ...	<input type="checkbox"/> ...

2ª fase: Ordenació jeràrquica
(de més general a més concret)
Columna ordenada

1 Cinemàtica
2 Moviment
3 paràmetres
4 circular
5 rectilini
6 Equacions del moviment
7 angle
8 posició
9 velocitat
10 acceleració

3ª fase: Construcció del mapa conceptual





ENQUESTA

Aquesta enquesta pretén recollir informació sobre dos aspectes:

- la teva actuació respecte als coneixements de Biomec nica en el temps que ha passat des de l'examen de gener, i
- el teu grau de contacte i utilització dels mapes conceptuals.

Respon a les següents preguntes marcant les caselles pertinents.

1.- Des de que vas fer l'examen de Biomec nica al gener, has repassat els continguts de l'assignatura?

- No, ni tan sols he tocat els apunts
- Només he fet una ullada
- He estudiat una mica (menys d'2 hores a la setmana de mitjana)
- He dedicat temps a estudiar (més d'2 hores a la setmana de mitjana)
- Altres, especificar: _____

2.- Si has estudiat, encara que sigui una mica, has dedicat temps a estudiar el següents conceptes?

	No	He fet una ullada	L'he estudiat una mica	L'he estudiat bastant
- Fatiga de materials				
- Concepte de moment				
- Concepte d'eficiència d'una fòrça per produir moment				

Respecte als mapes conceptuals,

3.- abans d'arribar a l'escola

	SI	NO
- <u>havies sentit parlar</u> de mapes conceptuals ?		
- <u>havies vist</u> algun mapa conceptual fet ?		
- algú t' <u>havia explicat el que és</u> un mapa conceptual?		
- algú t' <u>havia explicat com es fa</u> un mapa conceptual?		
- <u>havies fet</u> algun mapa conceptual ?		
- <u>havies fet</u> quelcom que es sembles a un mapa conceptual, sense ser-ho ?		

4.- I en la teva estada a l'escola

	SI	NO
- Algú t'ha explicat <u>qu� són</u> els mapes conceptuals ?		
- Algú t'ha explicat <u>com es fan</u> els mapes conceptuals ?		
- Has utilitzat els mapes conceptuals per estudiar?		

5.- Si has fet mapes conceptuals abans d'arribar a l'escola o en la teva estada en ella, valora la teva t cnica actual en la realització de mapes conceptuals tot posant-te una nota de 0 a 10 en el quadre del costat, on 0 indica que no sabries fer un mapa i 10 que ets un expert.

--

