

Correr y medir: El desarrollo del pensamiento métrico en el contexto de la Educación Física Militar a través del Modelo de Aprendizaje Alostérico y las Redes Asociativas Pathfinder



ISSN 1870-9095

Freddy Rodríguez Saza, Juan Sebastián Herrera Manosalva, Brayán Fabián Flórez Restrepo, Paula Janyn Melo Buitrago
Facultad de Educación Física Militar, Semillero CITIUS, Grupo de Investigación RENFIMIL, Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova, Calle 80 No. 38-00. Bogotá, D.C., Colombia.

E-mail: freddy.rodriguez@esmic.edu.co

(Recibido el 2 de julio de 2020, aceptado el 27 de septiembre de 2020)

Resumen

El pensamiento métrico es un elemento esencial para una adecuada formación del educador físico. El objetivo de este trabajo es analizar el desarrollo del pensamiento métrico en el contexto de la Educación Física a través del Modelo de Aprendizaje Alostérico y las Redes Asociativas Pathfinder en un grupo de estudiantes del programa de Educación Física Militar. Se identificaron los estilos de aprendizaje predominante y se compararon los conceptos nucleares en la estructura cognitiva de los estudiantes antes y después del desarrollo de la Unidad Didáctica. Se aplicó el MAA en el contexto de una carrera de 400 metros en la que los estudiantes debían resolver problemas sobre diferentes variables fisiológicas relacionadas con el pensamiento métrico, utilizando además el algoritmo de Rudnick y Krulik. Los resultados obtenidos en el PosTEST indican una tendencia positiva (nivel Bueno-Regular) en el aprendizaje significativo en contraste con el PreTEST inicial (nivel Bajo-Muy Bajo).

Palabras clave: Pensamiento métrico, estilos de aprendizaje, Redes Asociativas Pathfinder, Modelo Alostérico de Aprendizaje, algoritmo de Rudnick & Krulik.

Abstract

Metric thinking is an essential element for the proper training of the physical educator. The objective of this paper is to analyze the development of metric thinking in the context of Physical Education through the Allosteric Learning Model and Pathfinder Associative Networks in a group of students from the Military Physical Education program. The predominant learning styles were identified and the core concepts in the students' cognitive structure were compared before and after the development of the Didactic Unit. The MAA was applied in the context of a 400-meter race in which students had to solve problems about different physiological variables related to metric thinking, also using the Rudnick & Krulik algorithm. The results obtained in the PosTEST indicated a positive trend (Good-Regular level) in significant learning in contrast to the initial PreTEST (Low - Very Low level).

Keywords: Metric thinking, learning styles, Pathfinder Associative Networks, Allosteric Learning Model, Rudnick & Krulik algorithm.

I. INTRODUCCIÓN

“... Nada más grande ni más sublime ha salido de las manos del hombre que el sistema métrico decimal”.

Antoine Lavoisier.

En Colombia la formación profesional en Educación Física Militar (EFM) se ha caracterizado por una exigente preparación en la enseñanza de los deportes, así como un adecuado reconocimiento de la conformación, funcionamiento y cuidado del componente corporal humano y especialmente, una alta capacidad para brindar asesoría en

temas de entrenamiento físico y deportivo, tanto en el entorno militar como en el civil [1].

Y es precisamente, en la formación profesional del educador físico militar que se requiere del conocimiento del pensamiento métrico, como uno de los componentes matemáticos transversales en el binomio enseñanza-aprendizaje. Dada la recurrente necesidad de efectuar análisis de parámetros morfológicos o fisiológicos con unidades de medida estandarizadas, el educador físico estará en capacidad de gestionar adecuadamente los procesos relacionados con el entrenamiento físico y deportivo, toda vez que sus interpretaciones inciden de manera determinante en el logro de los objetivos propuestos en estos campos de acción [2].

Ahora bien, aun cuando las competencias relacionadas con el pensamiento métrico y los sistemas de medida constituyen uno de los objetivos prioritarios del proceso educativo en todo el mundo, en el contexto colombiano los puntajes máximos nacionales alcanzados en diferentes pruebas de matemáticas continúan siendo inferiores a los puntajes promedio internacionales, de tal manera que los mejores puntajes nacionales serían comparables solamente con los más bajos de los países de alto rendimiento [3]. Al respecto, se ha argumentado que entre las mayores dificultades en competencias matemáticas parecen estar aquellas relacionadas con el pensamiento métrico, de ahí que sean muy comunes las problemáticas vinculadas con: el reconocimiento de las unidades y la estimación de medidas que se utilizan para cada una de las distintas magnitudes, al igual que la identificación de los múltiplos y submúltiplos de las unidades básicas y finalmente, el establecimiento de equivalencias entre medidas cuando se expresan en diferentes unidades [4].

El proceso de formación del educador físico militar no es ajeno a estas problemáticas y la experiencia en la Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova (ESMIC), ha dejado al descubierto el bajo dominio del pensamiento métrico con el que ingresa una alta proporción de los estudiantes al primer semestre del Programa de Educación Física Militar (PEFM). Con el objetivo de hacer frente a esta situación, desde el año 2018 en el espacio académico *Biología Humana* se optó por incluir el tema *Magnitudes y Unidades de Medida*. En consecuencia, implicó la necesidad de identificar los estilos de aprendizaje, así como contrastar los conocimientos previos del estudiante y posteriormente, generar estrategias orientadas a potenciar el pensamiento métrico basado en la solución de problemas en el contexto de la actividad física y el deporte.

En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo analizar el desarrollo del pensamiento métrico en el contexto de la Educación Física a través del Modelo de Aprendizaje Alostérico y las Redes Asociativas Pathfinder.

II. PENSAMIENTO MÉTRICO

A través de los *Lineamientos Curriculares* [5] y los *Estándares Básicos de Matemáticas* [6] el Ministerio de Educación Nacional de Colombia ha evidenciado la necesidad de propender por procesos didáctico-pedagógicos en el aula que favorezcan el aprendizaje de las matemáticas en contextos significativos, enfocándose en situaciones problemáticas que den paso al desarrollo de múltiples tipos de pensamiento matemático (numérico, espacial, métrico, variacional y estadístico) y de diferentes procesos generales tales como el razonamiento, resolución y planteamiento de problemas, la comunicación, modelación, elaboración, comparación y ejercitación de procedimientos [5, 6, 7]. Centrados en el concepto de magnitud, los Estándares Básicos en matemáticas hacen referencia al pensamiento métrico como “...la comprensión general que tiene una persona sobre las magnitudes y las cantidades, su medición

y el uso flexible de los sistemas métricos o de medidas en diferentes situaciones...” [6]. En este caso, entre los conceptos y procedimientos asociados al pensamiento métrico se encuentran: la construcción de los conceptos de cada magnitud, la comprensión de los procesos de conservación de magnitudes, la estimación de magnitudes y los aspectos del proceso de capturar lo continuo de lo discreto, la apreciación del rango de las magnitudes, la selección de unidades de medida, de patrones e instrumentos, la diferencia entre unidad y el patrón numérico, la asignación numérica, la estimación y el papel del trasfondo social de la medición [5, 6, 7].

Este último elemento se encuentra especialmente relacionado con el importante papel que han desempeñado las mediciones como parte del progreso y evolución de las sociedades, toda vez que constantemente se están buscando nuevos patrones y formas de medir [8]. Hecho que llevó al surgimiento de la metrología, como la ciencia de la medición encargada de estudiar y difundir las unidades estandarizadas de medida, que permitan obtener mediciones precisas [9]. Gracias a ella, los sistemas de medida se han ido refinando a través del tiempo, y es así que en la actualidad, se reconocen por lo menos tres: el sistema CGS, el MKS (metro-kilogramo-segundo) y el SI (Sistema Internacional de Unidades y Medidas) (Tabla I), este último, se ha convertido en el único sistema de unidades aceptado mundialmente constituyéndose como fruto de muchos años de esfuerzo y consenso científico [10].

TABLA I. Unidades básicas del Sistema Internacional de Unidades (SI).

Magnitud	Unidad	Símbolo
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	Kg
Tiempo	segundo	s
Corriente eléctrica	amperio	A
Temperatura termodinámica	kelvin	K
Intensidad luminosa	candela	cd
Cantidad de sustancia	mol	mol

Al interior de la metrología se ha desarrollado un área relativamente reciente conocida como metrología deportiva, encargada esta de aplicar la teoría y la práctica de la ciencia de la medición a los estándares deportivos, asegurándose que las mediciones de los múltiples elementos que conforman la actividad física y el deporte se encuentren en consonancia con la normatividad vigente [11, 12]. Actualmente se reconocen por lo menos cuatro líneas de acción de la metrología deportiva: la medición de cantidades físicas, la medición de indicadores de calidad, la medición de la condición y preparación de un atleta y la evaluación de resultados y pruebas deportivas [13].

III. ESTILOS DE APRENDIZAJE

Los estilos de aprendizaje han sido definidos como el conjunto de “rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos que indican cómo los estudiantes perciben y reaccionan en un

ambiente de aprendizaje” [14], y sus características particulares pueden diagnosticarse mediante una serie de instrumentos de reconocida validez y fiabilidad [15]. El presente estudio se fundamentó en los trabajos de Honey y Mumford [16] y Alonso [17] que toman como referencia cuatro estilos de aprendizaje: el activo, el teórico, el pragmático y el reflexivo (Tabla II); al igual y en consonancia con el empleo del Cuestionario Honey-Alonso de Estilos de Aprendizaje (CHAEA), considerado el instrumento de medición más relevante en el ámbito académico iberoamericano [18, 19, 20, 21].

TABLA II. Estilos de aprendizaje definidos de acuerdo con el Cuestionario Honey-Alonso [16].

Estilo	Características
Activo	Improvisación - Espontáneo - Arriesgado Práctico: discusión, explicación o aplicación. Actividades didácticas privilegiadas: desarrollo de guías de estudio, carteleras, trabajos, talleres.
Teórico	Objetivo - Crítico - Metódico - Disciplinado Lógico - Estructurado - Comprende sistemas complejos Método didáctico privilegiado: clases magistrales
Pragmático	Realismo - Eficacia - Práctico - Directo Planificación - Innovación - Abstracción Actividades didácticas privilegiadas: material visual (figuras, demostraciones, diagramas, imágenes), apoyo de material didáctico.
Reflexivo	Individualista - prudente - Reflexivo - Analítico Siguiendo secuencias Actividades didácticas privilegiadas: mapas conceptuales, diagramas de flujo, árboles de problemas.

IV. APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS

Diferentes perspectivas teóricas han brindado aproximaciones a la forma como un individuo aprende y los múltiples factores que pueden influir en dicho proceso. Como resultado, han surgido diversos enfoques ampliamente aplicados al análisis del proceso de desarrollo del pensamiento matemático, destacándose el aprendizaje contextual [22], el aprendizaje basado en el autodescubrimiento [23, 24], el aprendizaje basado en problemas [25, 26] y los enfoques constructivistas [27, 28]. Respecto al aprendizaje basado en problemas, Jansweijer, Jelshout & Wielinga introdujeron el concepto de “Umbral de problematización” afirmando que todas las personas tienen un umbral por encima del cual una situación llega a convertirse en un verdadero problema [29]. Asimismo, para Krulik y Rudnik “un problema es una situación, cuantitativa o no, de la que se pide una solución, para la cual los individuos implicados no conocen medios o caminos evidentes para obtenerla” [30]. De hecho, diferentes propuestas involucran los procedimientos, habilidades y competencias necesarios para resolver un problema. Entre estas, se encuentran los modelos instruccionales de Polya [31], el modelo ideal de Bransford y Stein [32], el modelo de Krulik y Rudnik [30] y

los modelos de Schoenfeld [33, 34] y Lester [35, 36]. No obstante, entre las principales críticas a estos modelos se destaca que el proceso de resolución de problemas es visto como un proceso lógico-matemático y no como un proceso de construcción personal donde confluyen diferentes factores. Por esta razón, se requiere tener en cuenta los conocimientos previos de los alumnos y adaptar el modelo a las características de los problemas a resolver [37].

V. TEORÍA DE LOS CONCEPTOS NUCLEARES

Desde un enfoque constructivista, Ausubel, Novak y Hanesian [38] han sustentado que el aprendizaje consiste en construir nuevas estructuras de conocimiento capaces de relacionar nodos previos con nodos nuevos. Al respecto, para Ausubel la estructura cognitiva puede entenderse como “el conjunto de conceptos e ideas que un individuo posee en un determinado campo del conocimiento, así como su organización” y por tanto, el aprendizaje significativo tendrá lugar cuando se conecta un concepto relevante preexistente en la estructura cognitiva con la nueva información [38, 39]. Con el fin de ampliar esta perspectiva, surge la propuesta de Casas y Luengo conocida como la *Teoría de los Conceptos Nucleares* [40, 41, 42]. De acuerdo con esta teoría, un individuo no incorpora conocimientos de manera aislada, sino que estos se van asociando a otros en forma de estructura y a su vez en forma de redes, agrupadas paulatinamente alrededor de menos conceptos (los más significativos), pero interrelacionados y con ciertos niveles de jerarquía [40, 41, 42], integrando entonces los “conceptos nucleares”. Estos corresponden a “aquellos conceptos en torno a los cuales, y de forma mayoritaria, se organizan las redes de los alumnos”, que les posibilita resolver eficazmente diferentes situaciones problema [40]. Siguiendo las ideas de Schvaneveldt [43], Casas [40] representa las relaciones entre conceptos nucleares a través de un método conocido como *Redes Asociativas Pathfinder (RAP)*, donde un grupo de conceptos aparecen como nodos y sus relaciones como segmentos que los unen, de mayor o menor longitud según el peso o fuerza de su proximidad semántica, pero identificando los senderos de mínimo coste.

VI. MODELO ALOSTÉRICO DE APRENDIZAJE

Derivado del constructivismo, surgió también el *Modelo de Aprendizaje Alostérico (MAA)* propuesto por André Giordan [44, 45, 46]. El MAA debe su nombre a una metáfora relacionada con las enzimas conocidas como alosteronas, que tienen la propiedad de cambiar de forma y, por lo tanto, su actividad en función de las características del medio externo. De esta manera, como parte de un sistema complejo, sería la estructura mental del estudiante la que cambia en función del medio ambiente según va aprendiendo [35]. Para Giordan, el hecho de que el proceso de transmisión del conocimiento no genere los resultados esperados, está relacionado con la presencia en los estudiantes de un

determinado número de conceptos erróneos, que pueden presentarse de tres formas diferentes: antes del curso (en las ideas previas), al finalizar el curso (en el nuevo conocimiento integrado a las ideas previas) y en el conocimiento realmente aprendido (con la deformación de las ideas enseñadas) [47].

VII. METODOLOGÍA

De acuerdo con el objetivo planteado, se propuso una investigación mixta y de corte descriptivo. El proyecto fue avalado por el Comité de Ética de la Facultad de Educación Física Militar de la ESMIC (Acta de aprobación No. 1-300719).

A. Muestra

En esta muestra de tipo censal los individuos que hacen parte del estudio corresponden a un grupo de cadetes ($n=33$), de sexo masculino y edades entre los 18 y los 19 años, que cursaban en el segundo semestre del año 2019 la asignatura biología humana en el Programa de Educación Física Militar de la Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova (Bogotá, Colombia).

B. Fase Diagnóstica

Antes del desarrollo de la Unidad Didáctica (UD) sobre *Magnitudes y Sistemas de Medida*, se efectuó un diagnóstico de los *Estilos de Aprendizaje* predominantes en los estudiantes, de las *Redes Asociativas Pathfinder* y un *PreTEST* para evaluar el nivel de conocimientos previos en el tema, se diligenció el consentimiento informado, documento que explica a los participantes todo el proceso investigativo, y se asegura la anonimización y protección de los datos.

B.1. Identificación de estilos de aprendizaje

Se aplicó el Cuestionario Honey-Alonso de Estilos de Aprendizaje (CHAEA), que consta de ochenta ítems de respuesta dicotómica, con veinte preguntas distribuidas de manera aleatoria en cuatro secciones correspondientes a cada estilo de aprendizaje. El estudiante puntuó con un signo (+) o (-) si está de acuerdo o no con cada ítem. Una vez se obtuvieron las respuestas se generó la puntuación absoluta mediante la sumatoria de (+) que tenga en cada estilo. Finalmente, se grafican los totales de cada estilo: (I) activo, (II) reflexivo, (III) teórico y (IV) pragmático (IV) [16]. Con el fin de calcular la consistencia de la fiabilidad interna del instrumento se calculó el coeficiente α de Cronbach, el cual arrojó un índice de 0,78, siendo este un buen indicador [48, 49].

B.2. Redes Asociativas Pathfinder (RAP)

Para obtener las RAP de los estudiantes se aplicó un taller (antes y después de desarrollar la unidad didáctica) y así

determinar el valor que el estudiante asignaba a la relación entre diferentes conceptos del pensamiento métrico. Adicionalmente, se generó una Red Conceptual Básica (RCB) que sirvió como patrón de comparación. Los conceptos seleccionados, para efectuar el análisis fueron: magnitud, medir, unidades de medida, metrología, instrumentos de medición, Sistema Métrico Decimal (SMD), múltiplos/submúltiplos, aproximar, exactitud, cifras significativas, sistema de medidas, MKS, CGS, SI, metro, kilogramo, segundo, centímetro y gramo.

La selección de los conceptos se estableció en el criterio de tres docentes consultados, quienes tienen conocimiento en el área de desempeño, la institución educativa, y lo más importante, a los estudiantes: sus características, condiciones y contexto. De otro lado, se tuvieron en cuenta los reportes descritos previamente en trabajos similares, para mayor comprensión de la información obtenida y sus particularidades ya contextualizadas en el estudio. Los datos obtenidos se registraron en una hoja de cálculo y luego se corrieron en Python 3.8 generando una matriz de correlaciones que representa los pesos de los enlaces entre conceptos. Mediante diferentes algoritmos se identificaron los nodos nucleares, el índice de coherencia, el índice de complejidad estructural y el índice de similitud entre redes. Así mismo, se generaron las salidas gráficas de los datos obtenidos de las RAP.

B.3. PreTEST y PostTEST

Con el fin de evaluar los conocimientos previos y el desempeño final de los estudiantes se aplicaron un PreTEST y un PostTEST. Cada prueba constó de una batería de 25 preguntas construidas usando como referencia los Lineamientos Curriculares y los Estándares Básicos definidos por el Ministerio de Educación Nacional para el desarrollo y evaluación del pensamiento métrico. Cada instrumento fue validado, mediante el juicio de tres expertos y una vez obtenidos sus resultados los datos se corrieron en Python 3.8 para determinar el coeficiente Kappa [50].

El resultado $K = 0.651$ y $K = 0.71$, del PreTEST y del PostTEST, respectivamente, determinó que los dos instrumentos son válidos dado que presentan una fuerza de concordancia sustancial o considerable, de acuerdo a la clasificación de Landis y Koch [51]. Para el estudio se definieron cinco niveles de desempeño: Muy bajo (0-5), Bajo (6-10), Regular (11-15), Bueno (16-20) y Muy Bueno (21-25) dependiendo de la cantidad de ejercicios resueltos correctamente.

C. Unidad didáctica (UD)

La UD fue diseñada de acuerdo con el MAA usando la prueba de atletismo de 400 m como objeto de análisis, puesto que es una prueba exigente en el atletismo y en consecuencia, de especial interés por las características biológicas implicadas [52]. Además, en el diseño se tuvieron en cuenta los estudios sobre el diseño de unidades didácticas para el desarrollo del pensamiento métrico, que permiten comprender la importancia de estructurar tanto las

actividades del proceso enseñanza-aprendizaje, como la evaluación, todo a la luz de la correcta implementación del material didáctico diseñado para este propósito [53, 54, 55, 56, 57, 58, 59].

Ind	Edad	Peso	Estatura	Niveles de Glucosa en Sangre	Frecuencia Cardíaca	Saturación Periférica de Oxígeno en Sangre	Temperatura
	años	Kg	m	mg/dl	ppm	% SpO2	°C
	18	68	1,75	93	68		
	meses	g	cm	mmol/l	pp/s	97	37
1	216	68000	175	5,16	1,61		
	semanas	mg	mm		pp/h	Normosaturación > 95%	°K
	938,571	68000000	1750		5820	Desaturación leve 93% - 95%	310,15
	días	libras	pulgadas		pp/día	Desaturación moderada 88% - 92%	°F
	6570	149,91	68,89		110580	Desaturación grave < 88%	98,6

FIGURA 1. Tabla de recolección de datos usada en la Unidad Didáctica a través de la plataforma virtual BlackBoard de la ESMIC.

TABLA III. Unidad didáctica diseñada según el MAA.

Tema: Magnitudes y Unidades de Medida
Periodo: Seis sesiones de 90 minutos.
Competencia: Establezco relaciones entre magnitudes y unidades de medida estandarizadas en situaciones propias de la actividad física y el deporte.
Método: Trabajo en equipo, experimentación y demostración.
Recursos: Guía de clase, manuales de física y química.
Instrumentos: Cronómetro, termómetro digital, glucómetro y pulsioxímetro digital.
Exploración. Taller: La prueba atlética. Discusión en grupos: ¿Qué es medir? ¿Qué magnitudes identifico en una prueba de atletismo? ¿Cómo puedo medir dichas magnitudes? ¿Qué sistemas de medida puedo usar? ¿Mis medidas son exactas?.
Introducción de nuevos puntos de vista. Taller: Correr y medir. La prueba de atletismo de 400 metros. Usando los instrumentos apropiados en cada caso, el estudiante registra en una tabla suministrada por el docente (Figura 1), los datos de edad (años), estatura (m), peso (kg) distancia (m), tiempo (min y s), frecuencia cardíaca (ppm), saturación periférica de oxígeno en sangre (%SpO ₂), niveles de glucosa (mg/dl), temperatura (°C). El estudiante debe identificar las magnitudes fundamentales o derivadas y los sistemas de medida involucrados.
Síntesis. Taller: Correr, medir y comparar. La prueba de atletismo de 400 metros. El estudiante expresa los datos obtenidos en diferentes unidades de medida, usando tablas y gráficos comparando los resultados obtenidos antes y después de la prueba, y con las tablas de referencia para variables fisiológicas. Como herramienta de apoyo en la solución de los problemas de conversiones, se instruye al estudiante el algoritmo de Rudnick & Krulik [25,30]: 1. Focalizar. 2. Analizar. 3. Resolver. 4. Validar. 5. Síntesis.
Generalización. Al finalizar, cada grupo de estudiantes presenta los resultados a sus compañeros y describen su percepción del proceso didáctico, indicando donde encontraron dificultades y si las dudas fueron resueltas a través del aprendizaje en contexto.

VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la tabla IV se presentan los resultados de la aplicación del CHAEA. En general, la distribución de las medias respecto al máximo alcanzable para cada estilo de aprendizaje (20 puntos) describe una tendencia heterogénea, donde predomina el estilo activo con 15,15 puntos, seguido del estilo reflexivo con 13,52 puntos, mientras que los estilos teórico y pragmático mostraron una media de 12,03 y 10,06 puntos, respectivamente (Figuras 2 y 3). En este sentido, los resultados mostraron la necesidad de apartarse de la tradicional clase magistral y acercarse a modelos de enseñanza más flexibles y propicios para el aprendizaje de los estudiantes.

Es así que se diseñó una unidad didáctica orientada especialmente hacia procesos de trabajo activo, que le proporcionen al grupo de estudiantes herramientas para identificar sus conocimientos sobre magnitudes y sistemas de medida, así como determinar sus falencias en el proceso de resolución de problemas usando un contexto que implique la conversión de unidades, y de hecho desarrollen destrezas que puedan ser aplicadas recurrentemente, tanto en la vida cotidiana como en su carrera profesional.

TABLA IV. Valor porcentual y frecuencia de cada estilo de aprendizaje.

	Media CHAEA ^a	Desviación estándar	Mediana	Coefficiente de variación
Activo	15,15	2,53	15,00	16,67
Teórico	12,03	3,32	12,00	27,61
Pragmático	10,06	3,57	9,00	35,49
Reflexivo	13,52	3,83	14,00	28,30

n=33, ^aValor máximo posible: 20

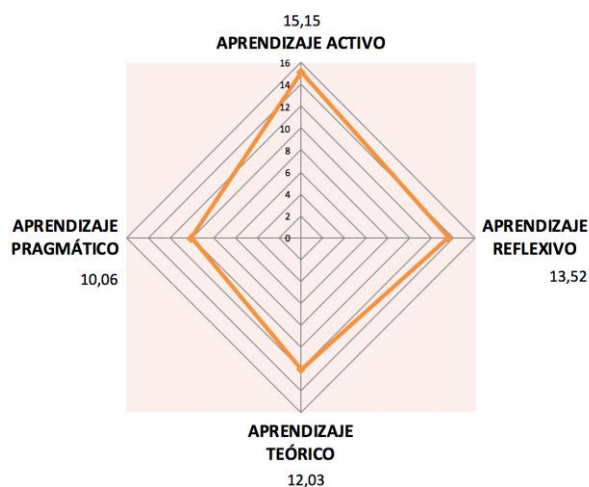


FIGURA 2. Perfil de aprendizaje del grupo de acuerdo con las medias determinadas para cada uno de los estilos de aprendizaje.

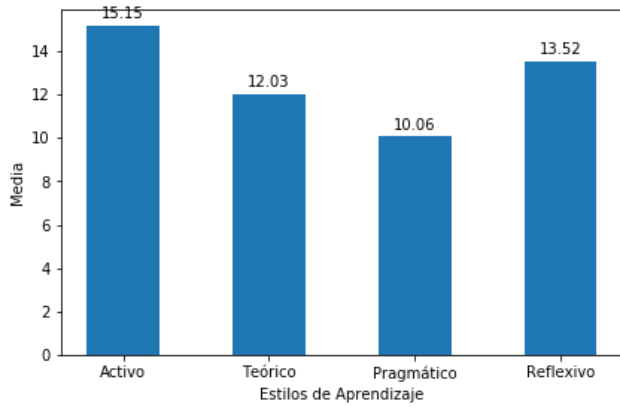


FIGURA 3. Relación entre la media y la distribución general de los estilos de aprendizaje.

En lo referente a las redes cognitivas de los estudiantes (Tabla V), en las 33 Redes de Asociación Pathfinder iniciales (RAP1) la media de nodos múltiples identificados fue de 5. Estos nodos corresponden a aquellos que tienen más de dos enlaces, por lo tanto, permiten identificar los llamados *conceptos nucleares*. En contraste, en las 33 RAP finales (RAP2) aumentó considerablemente el número de nodos múltiples a 12.

TABLA V. Comparación de los valores de las medias obtenidas para los RAP1 y los RAP2.

	<i>n</i>	RAP1	RAP2
Conceptos nucleares	33	5	12
Índice de Coherencia	33	0,09	0,55
Índice de Complejidad	33	0,21	0,64
Índice de Similitud	33	0,06	0,49

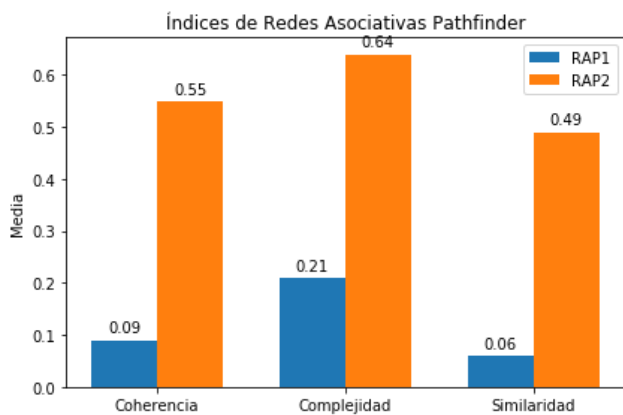


FIGURA 4. Variación de los diferentes índices comparando las medias estimadas para las RAP1 y las RAP2.

En las imágenes de las figuras 5 y 6 se presentan dos ejemplos de salidas gráficas de las RAP antes y después del desarrollo de la unidad didáctica. Respecto a los índices de las RAP (Figura 4), el *índice de coherencia*, que oscila entre

-1 y 1 y mide la consistencia entre las relaciones de conceptos y el grado de atención y concentración del estudiante, se observa un incremento de 0,09 en la media de las RAP1 a 0,55 en las RAP2, se constituye en un indicador del aumento en el enfoque y atención del estudiante sobre los diferentes conceptos del pensamiento métrico.

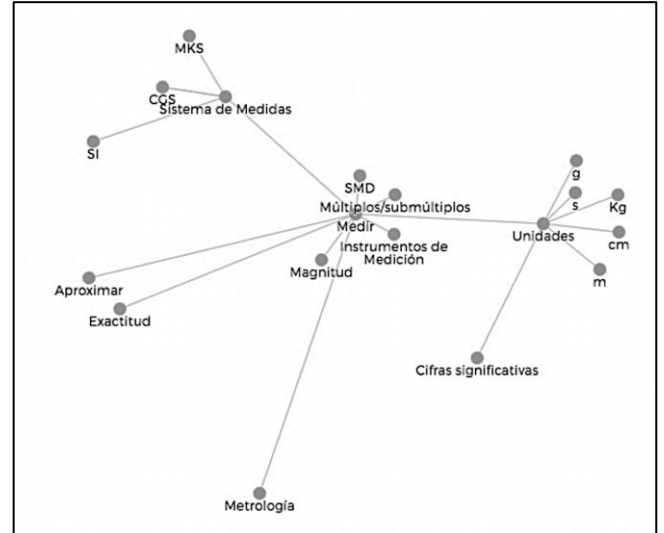


FIGURA 5. Ejemplo de una Red de Asociación Pathfinder previo al desarrollo de la Unidad Didáctica.

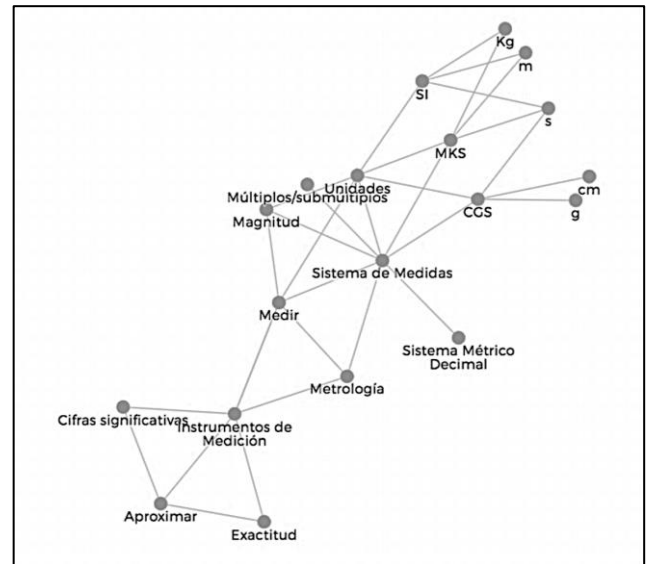


FIGURA 6. Ejemplo de una Red de Asociación Pathfinder posterior al desarrollo de la Unidad Didáctica.

Por otro lado, el aspecto que mejoró notablemente fue el índice de *complejidad estructural* de las RAP. Dado que su valor oscila entre 0 y 1 (siendo 0 la más simple y compleja), se estimó un índice de complejidad con una media de 0,21 en las RAP1, mientras que en las RAP2 se estimó un índice de 0,64. Es decir, que la estructura cognitiva de los

estudiantes cambió notoriamente al incorporar adecuadamente nuevas asociaciones entre los conceptos.

Ahora bien, respecto del índice de similaridad, este identifica la cercanía entre dos redes. Para el caso entre las RAP de los estudiantes y la Red Conceptual Básica (RCB) diseñada previamente (a mayor similitud se aproximará a 1 y en caso contrario a 0). El valor de la media estimado para este índice en las RAP1 fue de 0,06 y en las RAP2 de 0,49, mostrando una tendencia creciente a acercarse a la estructura de la RCB; no obstante, en las RAP2 el índice no llega ni al valor medio de similitud. Este hallazgo puede indicar la necesidad de aumentar el tiempo de trabajo del grupo para el desarrollo del pensamiento métrico, o bien reforzarlo con nuevas actividades en otros espacios académicos, en procura de mejorar y fortalecer los desempeños de los estudiantes.

Un hallazgo significativo a nivel general, se encuentra relacionado con el concepto de magnitud (elemento central del pensamiento métrico propuesto en los Lineamientos Curriculares y los Estándares Básicos del MEN), como un componente ausente de los conceptos nucleares identificados en la mayoría de las RAP1 de los estudiantes; mientras la estructura cognitiva parece estar más anclada al nodo múltiple que representa el concepto nuclear de *medir*, situación que puede atender a las experiencias vividas por el estudiante previo a iniciar la carrera profesional, asociando la educación física con la medición y mejoramiento de las capacidades físicas, que con la comprensión e interpretación de las unidades de medida.

Por otra parte, conceptos relacionados con aproximar, exactitud y cifras significativas, que en la mayoría de los casos se observaron como nodos aislados en las RAP1, luego del proceso de aprendizaje en contexto, se empiezan a vincular en un nivel más alto de asociación con otros nodos como medir, instrumentos de medición o sistema de medidas. En el caso de las RAP2 es notorio el aumento en la complejidad estructural de los RAP y del número de nodos múltiples.

En lo que concierne a los resultados obtenidos en la prueba diagnóstica (PreTEST), muestran una media grupal que ha sido clasificada en un nivel Bajo-Muy Bajo. Es decir, el 63,64% de los estudiantes resolvió adecuadamente entre 6 a diez de los ejercicios propuestos, al igual que el 15,15% logró resolver cinco o menos ejercicios. Por otra parte, los resultados obtenidos luego de la fase de intervención mediante el MAA (PosTEST) indican que los estudiantes alcanzan una media grupal que los ubica entre un nivel Bueno (39,39%) a Regular (33,33%), y se incrementó el porcentaje de los estudiantes clasificados en el nivel Muy Bueno (15,15%).

En cuanto a la clasificación de los estudiantes por niveles de acuerdo con el número de ejercicios resueltos se presenta en la Tabla VI, mientras en la Figura 7 se comparan los resultados del PreTEST y el PosTEST. Desestimando totalmente la hipótesis de homogeneidad (Valor $P = 0.0 < 0.05$). En otras palabras, en el grupo analizado los resultados obtenidos al inicio del estudio en el PreTEST no son homogéneos en relación con los resultados obtenidos en el cuestionario final.

TABLA VI. Frecuencia y valor porcentual para cada nivel alcanzado en el PreTEST y PosTEST.

Nivel según el No. de ejercicios resueltos	PreTEST	%	PosTEST	%
Muy bajo (0-5)	5	15,15	1	3,03
Bajo (6-10)	21	63,64	3	9,09
Regular (11-15)	3	9,09	11	33,33
Bueno (16-20)	2	6,06	13	39,39
Muy bueno (21-25)	2	6,06	5	15,15
Total	33	100,00	33	100,00

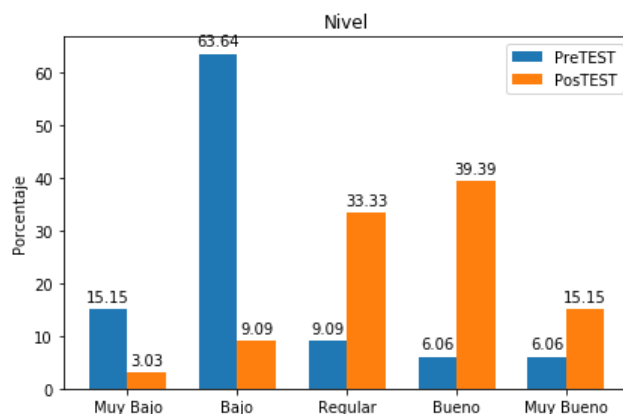


FIGURA 7. Comparación del nivel alcanzado entre el PreTEST y PosTEST.

Vale la pena resaltar que, a través del desarrollo de talleres efectuados en la Unidad Didáctica, la observación y orientación del docente permitió también identificar las dificultades que presentaron los estudiantes respecto al tema. Principalmente, se identificaron las dudas constantes sobre la escritura correcta de cada unidad de medida, la confusión entre unidades de medida de diferentes magnitudes (masa y volumen, por ejemplo) y los problemas para usar, el Sistema Métrico Decimal y, por ende, los múltiplos y submúltiplos de las unidades.

No obstante, la gran mayoría de los estudiantes, quienes participaron activamente en el desarrollo de los talleres, consiguieron adquirir las competencias necesarias para resolver los problemas propuestos en contexto.

Igualmente, los datos apuntan a que pese al corto tiempo, la estrategia didáctica aplicada generó resultados positivos en la estructura cognitiva de los estudiantes respecto al desarrollo del pensamiento métrico y de las competencias relacionadas con los Sistemas de Medida, demostrando comprensión en las magnitudes de cada variable física y fisiológica y su relación con el esfuerzo realizado en la prueba de 400m planos. Es sumamente probable que al incorporar en distintos espacios académicos actividades relacionadas con el pensamiento métrico pueda mejorarse el nivel que cada estudiante ha alcanzado hasta el momento.

Es preciso señalar que en el proceso de aprendizaje del ser humano intervienen una multiplicidad de factores tales como la motivación del estudiante y sus actitudes ante el acto mismo de aprender, obviamente diverso y variable en cada

individuo. El desarrollo de la unidad didáctica en el contexto de una prueba atlética se convirtió también en un espacio propicio para recoger algunas de las apreciaciones de los estudiantes, como, por ejemplo:

"(...) No entiendo para que tengo que ver matemáticas si estoy estudiando educación física...(...)",

"(...) en el colegio tuve muchos problemas con la física, la química y la matemática...no soy bueno para esas cosas...(...)",

(...) uno aprende un montón de cosas de matemáticas...pero en la vida real nunca las usa..."

"(...) yo quisiera entender, pero no puedo, me cuesta mucho trabajo entender el manejo de unidades (...).

En este caso fue posible observar una característica preponderante, y es que debido a sus experiencias previas, la mayoría de los alumnos que participaron en el estudio muestran actitudes negativas hacia las matemáticas, presentando rasgos como miedo, confusión y frustración; así como un bajo autoconcepto y motivación respecto a su posible rendimiento en cuanto al pensamiento métrico, hecho que puede influir en su desempeño académico. Es importante tener presente este aspecto para que sea profundizado en futuras investigaciones.

IV. CONCLUSIONES

Actualmente es clara la problemática generalizada respecto al bajo nivel del pensamiento matemático que afecta todas las esferas de la educación en Colombia, y el proceso de formación del Educador Físico Militar no está exento a esta situación, razón por la cual se hace necesario identificar estrategias que favorezcan el desarrollo de las competencias matemáticas y que propendan por convertirse en soluciones a largo plazo, además de transversalizarse en diferentes ámbitos.

La experiencia obtenida en el presente estudio destaca el valor significativo y la preponderancia que adquieren tanto el Modelo Alostérico de Aprendizaje, como las Redes Asociativas Pathfinder en el entorno formativo de la educación física para el desarrollo del pensamiento métrico.

Por otro lado, la identificación de los estilos de aprendizaje Activo y Reflexivo, como los prevalentes en este estudio, así como la estructura cognitiva y los conocimientos previos de los estudiantes, lograron que se constituyera una unidad didáctica prioritaria que respondiera a las necesidades inmediatas del entorno académico y se contextualizará en una carrera atlética de 400 metros. En este sentido, los talleres efectuados relacionados con diferentes aspectos de la praxis del educador físico confrontaron al estudiante con sus preconcepciones, con los conocimientos adquiridos y con los mecanismos necesarios para resolver situaciones problemáticas.

El resultado fue el fortalecimiento de las habilidades metacognitivas en cada estudiante, dado que se generó una participación que sirvió de puente en la identificación de las distorsiones o errores presentes en los conocimientos previos. Así mismo, las actividades en contexto favorecieron

el trabajo en equipo, la estructuración del pensamiento procedimental usando el algoritmo de Rudnick & Krulik que le permitiera llegar a resolver un problema dado, teniendo en cuenta los cambios en las condiciones de las unidades, y le orientó hacia la construcción de un nuevo pensamiento métrico útil tanto en el ámbito civil como en el ámbito militar.

En este caso, la evidenciable y previa ausencia de motivación real para el desarrollo del pensamiento métrico y un bajo auto-concepto de su posible desempeño hacia las matemáticas parecen ser las principales limitantes en el proceso de aprendizaje, puesto que condicionan y limitan la perspectiva que cada estudiante tenga acerca de sí mismo y de las formas como concibe el conocimiento. Al respecto, los resultados del PostTEST presentan un aprendizaje significativo, dada la proporción de estudiantes que mejoraron notoriamente su pensamiento métrico.

Finalmente, vale la pena señalar, que el aprendizaje del pensamiento métrico en el contexto de la educación física, el deporte y la biología, al hacer participe al estudiante de la estructuración de su propio conocimiento, lo estimula y lo motiva hacia un aprendizaje realmente significativo; además, tales contextos constituyen espacios propicios para llevar a cabo una reflexión sobre la formación en pensamiento matemático en contextos no matemáticos, e igualmente, el estudiante se convierte en sujeto autocrítico de su proceso de aprendizaje, más reflexivo y, además, asume con mayor responsabilidad y empeño sus nuevos retos académicos.

AGRADECIMIENTOS

Los investigadores agradecen al profesor de Jorge Humberto Arrieta por brindar el espacio para el desarrollo de la unidad didáctica en el marco de la prueba de atletismo. Así mismo, deseamos agradecer al Mayor Santiago Cortes y a los profesores Omar Guerrero de la ESMIC, Jairo Acosta de la Universidad de Cundinamarca, Alfonso Martín de la Universidad Pedagógica, al Licenciado en Matemáticas Carlos Naranjo y a la Magistra en Educación Gloria Doris Torres por los valiosos comentarios y sugerencias sobre el texto.

REFERENCIAS

- [1] Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova. <<https://www.esmic.edu.co/index.php?idcategoria=3469>>, consultado el 27 de marzo de 2020.
- [2] Hernández, T. y Sarria, A., *El desarrollo del pensamiento estadístico en el postgrado del profesional de la cultura física y el deporte*, Ciencia y Actividad Física **3**, 54-63 (2017).
- [3] Rojas, P., Barón, C. y Rodolfo Vergel. *Pensamiento métrico y sistemas de medidas: una revisión a la propuesta de estándares curriculares*, 25-33 (2012).
- [4] Callejas, R., *Magnitud y medida: propuesta didáctica desde el desarrollo de habilidades de pensamiento científico*. Diss, (Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2012).

- [5] Ministerio de Educación Nacional de la República de Colombia. *Lineamientos Curriculares para el Área de Matemáticas* (1998).
- [6] Ministerio de Educación Nacional de la República de Colombia. *Estándares Básicos de Matemáticas* (2003).
- [7] Obando, G., *Sobre los lineamientos curriculares y los estándares básicos en matemáticas*, Memorias del sexto Encuentro Colombiano de Matemática Educativa, 35-40 (2004).
- [8] Marbán, R. and Pellecer, J., *Metrología para no-metrologos* (2001).
- [9] Kind, D. and Quinn, T. *Metrology: quo vadis?*, Transactions on Instrumentation and Measurement E **44**, 85-89 (1995).
- [10] del Castillo, J., *El Sistema Internacional de unidades: aspectos prácticos para la escritura de textos en el ámbito de las ciencias de la salud*, Equipo Técnico **5**, 200-207 (2004).
- [11] Godic, M., *Fundamentos metroológicos del control integral en la Educación Física y el Deporte. Metrología deportiva*, (Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1989).
- [12] Zatsiorsky, V., *Metrología deportiva: libro de texto*, (Editorial Planeta, Moscú, 1989).
- [13] Kononenko, A., Doronina, M. and Zuyenok, I., *Features of metrology when evaluating sports results* (2017).
- [14] Keefe J., *Profiling and Utilizing Learning Style*, (NASSP, Virginia, 1988).
- [15] García, J., Santizo, J. y Alonso, C., *Instrumentos de medición de estilos de aprendizaje*, Revista de estilos de aprendizaje **2**, No. 4 (2009).
- [16] Bautista, J., *Identificación de los estilos de aprendizaje en los estudiantes de fisiología del ejercicio de la Facultad de Rehabilitación y Desarrollo Humano*, Revista ciencias de la salud **4**, 41-53 (2006).
- [17] Alonso, R., Pacheco, J., Vigoa, L., & León, Y., *Experiencia en la adaptación de actividades a los estilos de aprendizaje desde la educación de posgrado a distancia*, Educación Médica Superior **31**, No. 2 (2017).
- [18] Honey, P., Mumford, A., *Using your learning styles*, (Peter Honey, Maidenhead, 1986).
- [19] Villalobos, E., Guerrero, M., Pérez, R., Avendaño, A., Ceballos, A., Ortiz, J., and Parra, C., *Estilos de aprendizaje y metodologías de enseñanza en estudiantes de obstetricia*. Educación médica **12**, 43-46 (2009).
- [20] Vivas, A. M., Salas, E. A. and Garcés, L., *Los estilos de aprendizaje según Honey y Mumford y su relación con las estrategias didácticas para Matemáticas*, REIRE: revista d'innovació i recerca en educació **12**, 1-16 (2019).
- [21] Amaya, T., Alarcón, A., Aldana and Callejas, M., *Cuestionario Honey Alonso de estilos de aprendizaje una herramienta que fomenta el mejoramiento del proceso enseñanza-aprendizaje en la informática*, Revista Politécnica **10**, 115-124 (2014).
- [22] Mikula, B. D. & Heckler, A. F., *The Effectiveness of Brief, Spaced Practice on Student Difficulties with Basic and Essential Engineering Skills*, In 2013 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), pp. 1059-1065 (2013).
- [23] Allen, G. A., & Rashotte, M. A., *Training metric accuracy in distance estimation skill: Pictures versus words*, Applied Cognitive Psychology **20**, 171-186 (2006).
- [24] Jones, G., Taylor, A., Broadwell, B., *Estimating linear size and scale: Body rulers*, International Journal of Science Education **31**, 1495-1509 (2009).
- [25] Sandoval, M., García, M. and Mora, C. *Problemas en contexto para la enseñanza de conversiones de unidades en estudiantes universitarios*, Latin-American Journal of Physics Education **13**, 3303-1 (2019).
- [26] Castaño, V. and Montante, M., *El método del aprendizaje basado en problemas como una herramienta para la enseñanza de las matemáticas/The method of problem-based learning as a tool for teaching mathematics*, Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo **6**, 381-392 (2015).
- [27] Minarni, A. and Napitupulu, E., *The role of constructivism-based learning in improving mathematical high order thinking skills of indonesian students*, Infinity. Journal of Mathematics Education **9**, 111-132 (2020).
- [28] Gravemeijer, K., *A Socio-Constructivist Elaboration of Realistic Mathematics Education*, National Reflections on the Netherlands Didactics of Mathematics, (Springer, Cham, 2020), pp. 217-233.
- [29] Jansweijer, W., Elshout, J. and Wielinga, B., *On the Multiplicity of Learning to Solve Problems*. Learning and Instruction: European Research in an International Context, (Pergamon Press, Oxford, 1990).
- [30] Krulik, S. and Rudnik, K., *Problem solving in school mathematics*. National Council of Teachers of Mathematics. Year Book, (Reston, Virginia, 1980).
- [31] Polya, G., *How to solve it*, (Princeton University Press, Princeton, 1945).
- [32] Bransford, J. and Stein, B., *Solución ideal de problemas. Guía para mejor pensar, aprender y crear*, (Labor, Barcelona, 1986).
- [33] Schoenfeld, A., *Mathematical problem solving*, (Academic Press, Nueva York, 1985).
- [34] Schoenfeld, A., *Learning to think mathematically: problem solving, metacognition, and sense making in mathematics*. Handbook for research on mathematics teaching and learning, (MacMillan Publishing Company, Nueva York, 1992), pp. 334-370.
- [35] Lester, F., *Methodological considerations in research on mathematical problem-solving instruction*, Teaching and learning mathematical problem solving: Multiple research perspectives (Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, 1985), pp. 41-69.
- [36] Lester, F., *Musings about mathematical problemsolving research: 1970-1994*, Journal for Research in Mathematics Education **25**, 660-675 (1994).
- [37] Pifarré, M., and Jaume, S., *La enseñanza de estrategias de resolución de problemas matemáticos en la ESO: un ejemplo concreto*, Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas **19**, 297-308 (2001).
- [38] Ausubel, D., Novak, J and Hanesian, H., *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo* **3**, (Trillas, México, 1976).

- [39] Roldán, I., González, R., Soto, L. and Carvalho, J., *Evolución de las redes cognitivas en el aprendizaje del Sistema Métrico Decimal utilizando Redes Asociativas Pathfinder*, CIAIQ **1**, (2017).
- [40] Casas, L., *El estudio de la estructura cognitiva de alumnos a través de Redes Asociativas Pathfinder. Aplicaciones y posibilidades en Geometría*. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura (2002).
- [41] García, L. and Luengo, R., *Redes Asociativas Pathfinder y Teoría de los Conceptos Nucleares. Aportaciones a la investigación en Didáctica de las Matemáticas*. Investigación en educación matemática: séptimo Simposio de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática. Universidad de Granada (2003).
- [42] Casas, L. and Luengo, R., *Representación del conocimiento y aprendizaje. Teoría de los Conceptos Nucleares*, Revista Española de pedagogía, 59-84 (2004).
- [43] Schvaneveldt, R., *Pathfinder associative networks: Studies in knowledge organization*, (Ablex Publishing, USA, 1990).
- [44] Giordan, A., *Los nuevos modelos de aprendizaje: ¿más allá del constructivismo?*. Perspectivas **1**, 107-124 (1995).
- [45] Giordan, A., *De las concepciones de los alumnos a un modelo de aprendizaje alostérico*, Revista Investigación en la Escuela **8**, 3-13 (1989).
- [46] Giordan, A., *Le modèle allostérique et les théories contemporaines sur l'apprentissage*, Conceptions et connaissances, (Peter Lang, Berne, 1994).
- [47] Angeletti, A., *El Modelo de Aprendizaje Alostérico de André Giordan y su aplicación a la capacitación de adultos*, Rev Psicol Hered **6**, 26-37 (2011).
- [48] Escobar, J. and Cuervo, A., *Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización*, Avances en medición **6**, 27-36 (2008).
- [49] Soto, C. & Lautenschlager, G., *Comparación estadística de la confiabilidad alfa de Cronbach: aplicaciones en la medición educacional y psicológica*, Revista de Psicología **12**, 127-136 (2003).
- [50] Cerda, J. & Villarroel, L. *Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa*, Revista chilena de pediatría **79**, 54-58 (2008).
- [51] Landis, J. and Koch, G., *The measurement of observer agreement for categorical data*. Biometrics **33**, 159-74 (1977).
- [52] Bombú, R. M., Toro, V. H., Ortiz, P. O. & Acosta, W., C., *Contribuciones al control físico-pedagógico del rendimiento deportivo de los corredores de 400 m planos*, Ciencia Digital **3**, 32-45 (2019).
- [53] López, D., *El entorno, pieza fundamental en el momento de desarrollar el pensamiento métrico en los estudiantes de grado octavo a través de situaciones problema contextualizadas en su realidad*. Departamento de Matemáticas y Estadística (2013).
- [54] Camino, A. & César, R., *Metodologías en la enseñanza de las magnitudes y la medida en educación: la longitud*. Avances en Ciencias de la Educación y del Desarrollo (2016).
- [55] Rojas, P. J., *Pensamiento Métrico: Construcción del concepto de medida*, Memorias Tercer Encuentro Colombiano de Matemática Educativa (2001).
- [56] Escorcía, J., Chaucañés, A., Medrano, A. and Therán, E., *Estrategias didácticas para potenciar el pensamiento matemático a partir de situaciones del entorno métrico en estudiantes de educación básica y media del municipio de Sincelejo*, Revista Científica **13**, 389-393 (2013).
- [57] Lamilla, F., *Propuesta de un AVA para afianzar los conceptos básicos sobre medidas de longitud y sistema métrico aplicados a la asignatura de Artes Plásticas y otras*. Universidad Pedagógica Nacional (2016).
- [58] Latorre, H., *Sistema métrico en el desarrollo del pensamiento matemático*, Revista Científica **1**, 3-14 (2013).
- [59] Correa, E., *Diseño de un proyecto de aula que contribuya al desarrollo de la competencia de razonamiento cuantitativo a partir del uso del cálculo y la estimación en el pensamiento métrico y sistema de medidas*, Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín (2019).