

**TÍTULO: La estructuración sistémica de los contenidos y su aplicación en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Matemática, en la formación de especialistas en Ciencias Básicas Biomédicas.**

**Autor**

González Rangel, Miguel Angel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> U.C.M - La Habana, Facultad de Ciencias Médicas ICBP Victoria de Girón, Departamento de Formación General para Postgrado, La Habana, Cuba, magrvirgo@yahoo.es.

<sup>2</sup> U.C.M – La Habana, Facultad de Ciencias Médicas ICBP Victoria de Girón, Departamento de Pregrado, La Habana, Cuba, rebecca.tano@infomed.sld.cu.

<sup>3</sup> U.C.M – La Habana, Facultad de Ciencias Médicas ICBP Victoria de Girón, Departamento de MGI, La Habana, Cuba, roxana.tano@infomed.sld.cu.

***Resumen:***

La Matemática, forma parte del currículo de la formación de especialistas en Ciencias Básicas Biomédicas. Sin embargo, los resultados del aprendizaje de la referida asignatura no han sido siempre los esperados. Con el objetivo de minimizar las causas de estos resultados, se comenzó a introducir, con buenos resultados en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Matemática, la estructuración sistémica de los contenidos, utilizando como estructura de conocimiento, la resolución de clases de problemas variando los instrumentos. Aquí los problemas matemáticos con enfoque biomédico, sirvieron para motivar, enriquecer y estructurar los contenidos esenciales del programas de estudio. La referida propuesta se está aplicando desde el curso 2012-2013 y la misma ha contribuido a la elevación de la motivación de los residentes por aprender Matemática, la aplicación integrada de los conocimientos en la resolución de los problemas matemáticos con enfoque biomédico, métodos, modos de actuación y la misma ha posibilitado que los residentes revelen relaciones interdisciplinarias y desarrollen habilidades profesionales asociadas a su futura profesión. La pertinencia de la propuesta se evaluó a partir de la utilización del método prospectivo conexo en dictámenes de especialistas y de acuerdo con los rangos definidos se comprobó la existencia de concordancia entre los criterios emitidos, en cuanto a los fundamentos teóricos, elementos que conforman la propuesta y su contribución a la dirección del proceso de enseñanza aprendizaje y al aprendizaje de los residentes, lo cual indicó que estos realizaron un análisis racional de la propuesta, garante de la objetividad del resultado.

***Palabras clave:*** Estructuración sistémica de los contenidos, resolución de problemas matemáticos con enfoque biomédico, ciencias básicas biomédicas.

## I. INTRODUCCIÓN

Los avances de la ciencia moderna han provocado la interrelación cada día más frecuente entre especialistas de distintas ramas del saber humano, y por lo tanto, la necesidad de un lenguaje común para el entendimiento entre ellos. La Matemática, ha ido ocupando un lugar cada vez más significativo en el ámbito laboral e investigativo de los profesionales de la salud, por citar una de las ramas donde este fenómeno se manifiesta.

Sin embargo, los profesionales de la salud que ingresan a la formación como especialistas en las Ciencias Básicas Biomédicas, en su mayoría han estado desvinculados del estudio sistemático de la Matemática, lo que ha creado en ellos un rechazo a esta disciplina y en especial fomentan la falsa concepción, que para ser un profesional de la salud, no hace falta saber Matemática.

Por otra parte, no es exagerado afirmar que en los programas tradicionales de los diferentes niveles de educación, incluyendo el de Matemática para residentes, se revela la intención central de pertrechar al estudiante de conocimientos imprescindibles para seguir adelante.

En la última década del siglo XX e inicios del siglo XXI, el Grupo  $\beta$  de Educación Matemática, dirigido por la Dra. C. H. Hernández, aglutinó a un grupo de profesores universitarios para investigar en torno a los problemas que existían en el proceso de enseñanza – aprendizaje (p.e.a) y en particular, los problemas de la solidez del conocimiento, la forma de organización de los contenidos en los programas y las dificultades con la resolución de problemas, considerando como posible alternativa de solución a estas problemáticas, la utilización en el p.e.a de la Matemática, de la Teoría General de Sistema y en particular de la estructuración sistémica del conocimiento.

En este proceso investigativo, se obtuvieron resultados muy interesantes que fueron socializados en Congresos Nacionales e Internacionales de Matemática, Congresos Internacionales de Pedagogía, Educación Superior y Congresos Internacionales de Didáctica de la Ciencias e introducidos en diferentes Programas de Matemática en el Sistema Nacional de Educación, las Carreras de Ingeniería, Arquitectura y de las Carreras de Licenciatura en Matemática del Ministerio de Educación Superior y sirvieron como investigaciones para la obtención del Grado de Doctores en Ciencias, de varios de los miembros del Grupo  $\beta$  <sup>(1-6)</sup>. La característica principal de los aportes presentados, estuvo en que la forma de concebir el p.e.a de la Matemática, representó un salto cualitativamente superior, en el tratamiento metodológico de los contenidos y la posibilidad de su asimilación sólida y eficiente con respecto a la forma tradicional utilizada anteriormente.

## II. MATERIAL Y MÉTODO

En la concepción de la propuesta didáctica se utilizaron, sobre la base del Método Dialéctico Materialista, diversos métodos: el método de analítico-sintético se utilizó para precisar los presupuestos teóricos de la propuesta, a partir de la sistematización del conocimiento científico relacionado con el objeto de investigación, el método histórico - lógico para hacer un análisis del desarrollo del objeto de investigación y revelar la lógica interna del mismo, el método sistémico para estudiar cada uno de los componentes del objeto de investigación como un proceso, haciendo énfasis en la estructuración sistémica del contenido a partir de la utilización de la estructura de conocimiento conocida como resolución de clases de problemas variando los instrumentos <sup>(3,6)</sup>, aquí los problemas con enfoque biomédico se convirtieron en objeto de enseñanza aprendizaje y fueron utilizados no sólo como medio para desarro-

llar habilidades, sino como herramientas para motivar, enriquecer y estructurar el sistema de conceptos e instrumentos necesarios para resolver nuevos problemas. Asimismo, se usó el método de modelación en el diseño de la propuesta didáctica y de cada uno de sus elementos componentes. Por último, en la valoración de la pertinencia de la propuesta didáctica y de su contribución al perfeccionamiento del p.e.a de la Matemática para residentes de las Ciencias Básicas Biomédicas se utilizó el método prospectivo Conexo en dictámenes de peritos, especialistas o expertos <sup>(7)</sup>.

Para realizar la valoración de la propuesta didáctica se utilizaron 11 especialistas. De ellos 11 son cuadros o funcionarios con más de 10 años de experiencia, como docentes universitarios: Dr.C.P (5), Dr.C.M (2), MSc (4), Profesores Titulares (5) y Profesores Auxiliares (6); se les aplicó el cuestionario que aparece en la tabla 1<sup>(8)</sup>, y que se resume en la tabla 1, con los resultados de las valoraciones de los especialistas y los cálculos las medianas y posteriormente valorar la factibilidad de la propuesta didáctica. Estos evaluaron los fundamentos teóricos, elementos que conforman la propuesta didáctica y su posible contribución al perfeccionamiento del p.e.a de la Matemática.

### III. RESULTADOS

El análisis realizado de los fundamentos filosóficos epistemológicos y psicológicos de las concepciones acerca del aprendizaje permitió concluir que las tesis fundamentales del Materialismo Dialéctico e Histórico brindan un enfoque metodológico suficiente para introducir transformaciones en el p.e.a de la Matemática en la formación de residentes en Ciencias Básicas Biomédicas. Asimismo, se consideró que la Teoría Marxista-Leninista del Conocimiento y los aportes del Enfoque Histórico-Cultural de Vigotsky y sus seguidores brindan el marco teórico adecuado para enfrentar las transformaciones de dicho proceso. Asimismo, se asume la necesidad de que el estudiante tenga un conocimiento bien estructurado, para que acceda a él en el menor tiempo posible, al recuperarlo, expresarlo o aplicarlo en cualquier situación <sup>(6)</sup>.

En este sentido se considera que **estructurar el conocimiento** significa: lograr que los estudiantes organicen (o reorganicen) internamente dicho conocimiento a partir de revelar los nexos y relaciones entre sus elementos componentes <sup>(6)</sup>. Para lograr esta organización, es necesario que los profesores reconozcan a sus estudiantes como centro de esta actividad, ya que no se trata de darles una aparente organización, sino de que él mismo sea capaz de buscar esos nexos y relaciones y en función de eso es que se debe planificar todo el trabajo.

Como se declaró, en la Educación Superior en Cuba, se han utilizado diferentes estructuras de conocimiento, para organizar los contenidos en los programas de estudio. Se destaca el uso de las Invariantes, las Células Generadoras, los Nodos Cognitivos, la Resolución de Clases de Problemas variando los Instrumentos, como las usadas con más frecuencia y, en menor escala, las Reglas y Unidades <sup>(6)</sup>.

Lo común de estos enfoques está, en que orientan a la búsqueda de las regularidades, por alcanzar un elevado grado de generalización en poco tiempo, por la no particularización de los conocimientos, por el estudio de sus conexiones y su integridad, por considerar los conceptos, relaciones y procedimientos particulares como manifestaciones de otros, los cuales una vez asimilados, se reflejarán como resultado de la aplicación del principio general con determinadas variaciones.

Este tipo de orientación libera al que aprende de la necesidad de estudiar cada fenómeno particular de la rama dada; ... el paso al nuevo modo de almacenamiento de la información, o sea, en vez de abordar una multitud de hechos particulares, analizados a través de métodos también particulares, se da un mé-

todo único de análisis con el cual se abordan algunos casos representativos del conjunto, en número preciso, necesario para la asimilación de este método para que posteriormente el estudiante construya de forma independiente, a partir de él, cualquier fenómeno del sistema dado.

Sobre la base de estos presupuestos teóricos, se introduce en el p.e.a de la Matemática para residentes de las Ciencias Básicas Biomédicas la referida propuesta didáctica, donde se concretan armónicamente las siguientes ideas esenciales:

- Asumir una concepción del diagnóstico integral de la personalidad.
- Reformular los objetivos en los niveles jerárquicos: unidad, subunidad y clase; en términos de aprendizaje, teniendo en cuenta los aspectos: instructivo, educativo y desarrollador. En particular, se considera el aprendizaje de la resolución de problemas matemáticos con enfoque biomédico, como objeto de enseñanza - aprendizaje.
- Estructurar sistémicamente el p.e.a de los contenidos matemáticos a partir de la resolución de clases de problemas, variando los instrumentos <sup>(3,6)</sup>.
- Utilizar métodos y formas de enseñanza que potencian la actividad productiva y creativa de los estudiantes. En particular, se introduce, la resolución de problemas en grupo pequeños – trabajo en equipos, realización de tareas docentes - trabajos investigativos cuyos resultados se discuten en seminarios.
- Asumir el control y la evaluación como un proceso sistémico, continuo y participativo.

Para su introducción, se realizó un estudio detallado de los resultados de la exploración inicial realizada como parte del diagnóstico integral concebido en el colectivo de profesores y se analizaron los contenidos matemáticos que aparecen en el programa de la asignatura. Se valoraron las posibles situaciones teóricas y prácticas a las que deberán enfrentarse los residentes al culminar su formación. A partir de este análisis se asumió como objetivo general de la asignatura:

**Resolver problemas matemáticos con enfoque biomédico, con un nivel medio de dificultad donde se apliquen de forma integrada las operaciones con números reales y sus subconjuntos, las propiedades de las funciones reales en una variable, el cálculo diferencial e integral y las ecuaciones diferenciales.**

Seguidamente, se realizó un análisis del contenido del programa y se estructuró el p.e.a de la Matemática a partir de la resolución de clases de problemas variando los instrumentos <sup>(3,6)</sup>.

En este punto de la propuesta didáctica se concentran las acciones relacionadas con la estructuración sistémica de los contenidos. En particular, se realizaron las siguientes acciones de carácter metodológico:

- I. Determinar los conocimientos o instrumentos que provee el contenido de la asignatura para la resolución de problemas con enfoque biomédico relativos a él.
- II. Determinar todos los problemas que pueden ser considerados como aplicaciones inmediatas del contenido objeto de estudio, siempre que estos no rebasen los límites establecidos en los objetivos del programa.
- III. Agrupar dichos problemas en el menor número de clases de problemas posibles, considerando la exigencia del objeto de estudio del problema y no por el instrumento con que se resuelve.
- IV. Seleccionar los problemas que serán utilizados para enriquecer el sistema de conocimientos o de instrumentos <sup>(6)</sup>.

V. Organizar los contenidos de forma tal que se lleve de frente la resolución de las distintas clases de problemas con enfoque biomédico y en cada tema permanezca invariable el sistema de instrumentos a utilizar.

Se destaca que los problemas con enfoque biomédico constituyen el punto inicial de discusión para demostrar la insuficiencia del contenido. Asimismo, facilitan la reestructuración de los contenidos alrededor de estas clases de problemas, que se irán ampliando en la medida que se enriquecen los conocimientos o instrumentos.

Esta forma de organización permite mostrar al estudiante la secuencia lógica de presentación de las partes de la asignatura como un sistema, ya que se revela y fundamenta su lógica, lo que facilita la presentación del objeto de estudio a partir de las ideas esenciales que lo constituyen, el mecanismo que permite explicar su origen y su desarrollo, con las diferentes formas particulares de su existencia como expresión de lo general.

Al analizar los problemas que se resolverían, en función de los contenidos, se revelaron las clases de problemas siguientes: **problemas de cálculo, problemas de aproximación, problemas de graficación.** Por ejemplo, al comenzar el estudio de las funciones y sus propiedades, se presentaron problemas como los siguientes:

1. Se estudiaron los efectos nutricionales sobre ratas que fueron alimentadas con una dieta de alto contenido de proteína. La proteína consistía en levadura de harina de maíz. Variando el porcentaje  $p$  de la levadura en la mezcla de proteína se estimó que la masa promedio ganado en gramos de una rata en un período fue  $f(p) = -\frac{1}{50}p^2 + 2p + 20$ . Calcule la masa máxima alcanzada por la rata.

2. Una de las causas por lo que una persona tose puede ser la existencia de un objeto extraño en su tráquea. La velocidad de la tos depende del tamaño del objeto. Supongamos que una persona tiene una tráquea cuyo radio es 20 mm. Si un objeto extraño tiene un radio  $r$  (en milímetros), entonces la velocidad ( $V$ ) en (mm/s), necesaria para eliminar el objeto, está dada por:  $V(r) = k(20r^2 - r^3)$ :  $0 \leq r \leq 20$  y  $k$  es una constante positiva. Calcula para qué tamaño del objeto se necesita la velocidad máxima para removerlo.

Estos problemas están en la clase de problemas de cálculo. La solución del primer problema se encontraría fácilmente al calcular el vértice de la parábola y su segunda coordenada sería el valor máximo de la masa alcanzada por la rata.

Sin embargo, el segundo, aunque pertenece a la misma clase de problemas, los conocimientos e instrumentos estudiados sobre funciones no son suficientes para resolverlo. Aquí se produce un conflicto cognitivo... es necesario enriquecer el sistema de conocimientos o de instrumentos, se necesita un nuevo conocimiento o instrumento: **el cálculo diferencial.**

Por tanto, el segundo problema sirvió para motivar la necesidad de ampliar el sistema de contenidos, para después poder resolver nuevos problemas. Los problemas son modelados a partir de la utilización de datos y situaciones reales y se discuten con un enfoque interdisciplinar. La interdisciplinariedad es una estrategia didáctica<sup>(9)</sup> que prepara al estudiante para realizar transferencias de contenidos que les permite solucionar holísticamente los problemas. En particular, para el caso de los residentes los prepara para enfrentar la solución de problemas relacionados con su futuro desempeño profesional.

Otro elemento esencial de la propuesta didáctica es la utilización de métodos y formas de enseñanza que potencian la actividad productiva y creativa de los estudiantes. En particular, se organizó la resolución en equipos, de problemas biomédicos y de otras ciencias<sup>(8)</sup>, haciendo énfasis en la argumentación de los pasos a dar y el porqué de las acciones que realizan para llegar a la solución, se

elaboraron resúmenes que facilitaron una parte significativa del proceso de orientación, y reorganización de sus conocimientos, lo que disminuyó el tiempo de los bloqueos y facilitó la recuperación efectiva de la información.

Asimismo, se orientaron tareas docentes que incluían la realización de trabajos investigativos, sobre la aplicación de los contenidos matemáticos, en las Ciencias Básicas Biomédicas <sup>(8, 10)</sup>, resultados que se discutieron en los seminarios. Al concluir la discusión de los diferentes ejemplos se reflexionó colectivamente y se llegó a un consenso en el grupo sobre la importancia de la Matemática en las Ciencias Básicas Biomédicas, opinión que difiere de la emitida por la mayoría del grupo al inicio del curso escolar.

Estas ideas planteadas por los residentes se corroboraron cuando se sometió la propuesta didáctica a la valoración de un grupo de 11 especialistas y se utilizó el método prospectivo “*Conexo en dictámenes de peritos, especialistas*” <sup>(7)</sup>. Los resultados de la valoración realizada por los 11 especialistas de los aspectos consultados y los valores de la mediana de cada aspecto para datos agrupados, con los que se logra mayor precisión y discriminación del análisis, aparecen en la tabla 1 que se muestra a continuación:

Tabla 1. Resultados de la valoración realizada por los 11 especialistas.

Elementos evaluar	Especialistas											Md
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<b>Sobre los fundamentos teóricos</b>												
1. Filosóficos	5	5	5	4	4	4	5	3	5	5	3	4,82
2. Epistemológicos y Psicológico	4	4	4	4	4	4	5	3	5	5	4	3,93
<b>Sobre los elementos que conforman la Propuesta Didáctica</b>												
3. Utilización de los problemas Biomédicos para motivar el estudio de la Matemática.	5	5	5	4	4	4	5	3	5	5	4	4,82
4. Utilización de la estructuración sistémica de los contenidos.	4	4	4	4	4	4	5	3	5	5	3	3,93
5. La utilización de la resolución de problemas con enfoque biomédico en el tratamiento de los contenidos.	5	5	4	4	4	4	5	3	5	5	3	3,97
6. La utilización de los métodos activos, los seminarios y el trabajo en pequeños grupos	5	5	5	4	4	4	5	3	4	5	3	3,97
<b>Sobre la contribución de la propuesta didáctica a la dirección p.e.a y al aprendizaje.</b>												
7. Contribución de la propuesta didáctica a la dirección p.e.a.	5	5	5	5	4	4		3	4	5	4	4,82
8. La propuesta didáctica contribuye al cumplimiento de los objetivos de la asignatura.	5	4	4	4	4	4	4	3	4	5	4	3,91
9 La propuesta didáctica contribuye a que los estudiantes se formen un cuadro integral de la Matemática y revelen su importancia para las Ciencias Básicas Biomédicas.	5	5	5	5	4	4	5	4	4	5	4	4,91
10. La propuesta didáctica favorece la participación activa de los residentes dentro del proceso de p.e.a de la Matemática y se familiaricen con los conocimientos y métodos de la ciencia, revelen relaciones interdisciplinarias y desarrollen habilidades profesionales asociadas a su futura profesión.	5	5	5	4	4	4	5	4	4	5	4	4,09

**Leyenda:** 5: Muy Adecuado 4: Bastante Adecuado 3: Adecuado 2: Poco Adecuado 1: No Adecuado

La objetividad del método comenzó desde la selección adecuada de los 11 especialistas, de los que se espera, por su alto grado de experticia en la materia, la realización de un estudio en profundidad que aseguren la emisión de criterios y juicios acertados sobre los aspectos que se ponen a su consideración. Sin embargo, ello en sí mismo no garantiza que se cumplan absolutamente dichas expectativas y una vez consultados, el método científico exige la aplicación de un procedimiento lógico para valorar el grado de fiabilidad con que han emitido sus opiniones. Para determinar el grado de conexo entre las opiniones de los especialistas, se aplica el coeficiente de correlación multidimensional  $r_{pj}$  cuya fórmula tipificada es:

$$r_{pj} = 1 - \frac{12 \sum_{p=1}^n \sum_{j=1}^N d_{pj}^2}{(n^2 - n)(N^3 - N)}$$

Donde:

$n$  Cantidad de peritos.

$N$  Número de ítems.

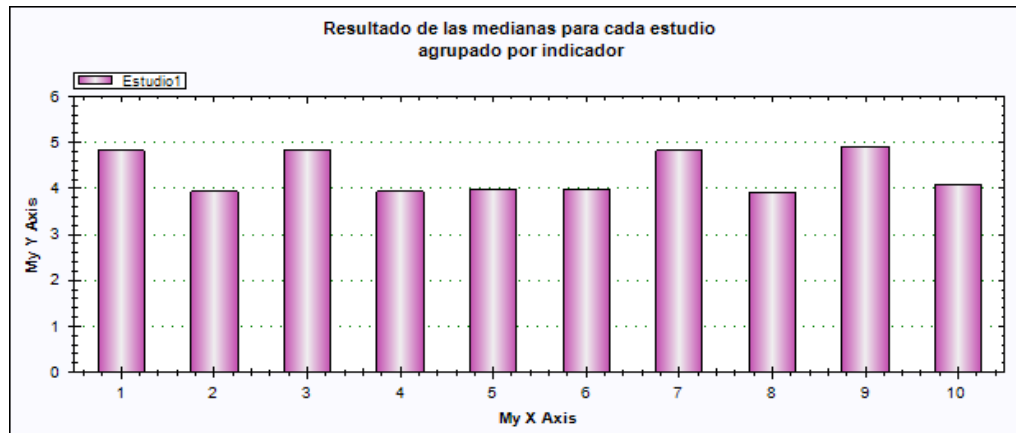
$d_{pj}$  Distancia entre los rangos dados por los peritos a cada par de ítems.

El coeficiente de correlación multidimensional  $r_{pj}$ , toma valores entre 0 y 1, en la medida que se acerque a 1, habrá mayor concordancia entre los criterios emitidos por especialistas.

Al aplicar el coeficiente de correlación multidimensional al conjunto de datos registrados, se obtiene el valor:  $r_{pj} = 0,75$

Valor para el coeficiente que tipifica que se encuentra en los rangos en que existe conexo <sup>(9)</sup>, lo cual significa que el análisis realizado por los especialistas fue objetivo y en esa medida confiable. En la figura 1 se representan los resultados de las medianas para cada estudio agrupado por indicador.

Fig. 1. Resultado de las medianas para cada estudio agrupado por indicador.



#### IV. CONCLUSIONES

1. La propuesta didáctica, basada en la estructuración sistémica de los contenidos a partir de la resolución de clases de problemas variando los instrumentos, constituye una alternativa viable del perfeccionamiento del p.e.a de la Matemática, para residentes de Ciencias Básicas Biomédicas.
2. Su puesta en práctica desde el curso 2012 – 2013 reveló un cambio en el modo de dirigir el p.e.a de la Matemática, y ha contribuido a la elevación de la motivación y la aplicación integrada de los conocimientos, métodos, modos de actuación y la posibilidad de que los residentes revelaran relaciones interdisciplinarias.
3. Los resultados obtenidos en la consulta a especialistas sobre la pertinencia de la propuesta didáctica reveló la existencia de concordancia en los criterios emitidos por estos, en cuanto a los fundamentos teóricos, elementos que la conforman y su contribución a la dirección del p.e.a y al aprendizaje de los residentes, indicando que los mismos realizaron un análisis racional de la propuesta didáctica, lo que garantiza la objetividad del resultado.

#### REFERENCIAS

1. Rodríguez, T. Enfoque sistémico en la dirección de la asimilación de los conceptos básicos de la disciplina Matemática Superior. Tesis Doctoral, Ciudad de la Habana, Cuba. 1991.
2. Hernández, H. Vigotsky y la estructuración del conocimiento matemático. Experiencia cubana/ Herminia Hernández. En: Conferencia Magistral RELME 11. México. 1997.
3. Delgado, R. La enseñanza de la resolución de problemas matemáticos: Dos elementos fundamentales para lograr su eficiencia: la estructuración de contenido de enseñanza y el desarrollo de habilidades generales matemáticas. Tesis de Doctoral. Ciudad de la Habana, 1999.
4. Llivina, M. Una propuesta metodológica para contribuir al desarrollo de la capacidad para resolver problemas matemáticos. La Habana: Tesis doctoral, 1999.
5. Jiménez, H. Propuesta didáctico metodológica para mejorar, en los estudiantes, la disposición de los conocimientos del Análisis Matemático tanto para su referencia como aplicación. Tesis Doctoral, Ciudad de la Habana, 2000.
6. González, M A. Propuesta didáctica para perfeccionar el proceso de enseñanza aprendizaje de los problemas geométricos. Tesis Doctoral. La Habana, Cuba, 2002.
7. Pérez, O A. Un coeficiente de correlación multidimensional para las investigaciones educativas. IV Congreso Internacional Didáctica de las Ciencias. Sello Editor Educación Cubana. ISBN 978-959-18-0541-6. La Habana, Cuba, 2010.
8. González, M A, Mendoza, R, García, L, Mendoza, R, Travieso Y. Propuesta didáctica para perfeccionar el p.e.a de la Matemática en la formación de especialistas en Ciencias Básicas Biomédicas. Aceptado para publicar en la Revista de Educación Médica Superior, ISSN 1561-20902, La Habana, Cuba, 2015.
9. González, M A, Mendoza, R, García, L, Mendoza, R, Travieso Y. Propuesta de actividades con un enfoque interdisciplinario que favorezca la integración de las disciplinas de Ciencias Básicas. Aceptado para publicar en la Revista de Educación Médica Superior, ISSN 1561-20902, La Habana, Cuba, 2014.
10. Rosa, J. Variante de cálculo de infusión de midazolam en la TIVA manual. En: Revista Cubana de Anestesiología y Reanimación, ISSN 1726-6718, La Habana, Cuba, 2013.