



Integración y sistematización de contenidos biomédicos y matemáticos.

Integration and systematization of biomedical and mathematical contents.

Luis Alberto Escalona Fernández,¹ Kenia Cuenca Font,² Erisley Marrero Navarro.³

1. MSc: Didáctica de la Matemática, Doctor en Ciencias Pedagógicas. Profesor Auxiliar. Universidad de Ciencias Médicas Holguín. Cuba.
2. MSc: Educación Médica Superior. Profesora Asistente. Universidad de Ciencias Médicas Holguín. Cuba.
3. Estudiante. Residente de 1er año de Anatomía. Universidad de Ciencias Médicas Holguín. Cuba.

Correspondencia: luisalbert@infomed.sld.cu

RESUMEN

La construcción y la interpretación de curvas de funciones elementales y sus razones de cambio, se convierten en un recurso para la solución de problemas profesionales del plan de estudio de la carrera de Medicina. Resolver problemas médicos, a través de tareas integradoras profesionales, diseñadas para desarrollar el proceso de enseñanza aprendizaje, desde las Ciencias Básicas Biomédicas, según la interpretación de los modelos matemáticos de fenómenos y/o procesos.

Se emplean métodos teóricos: análisis y síntesis, inducción y deducción, y abstracción y concreción. Métodos, procedimientos y algoritmos matemáticos, así como el método clínico y epidemiológico. Se aplican métodos empíricos como la observación, las entrevistas y las encuestas en el diagnóstico del estado inicial de este proceso. El diseño de las tareas integradoras profesionales, proporcionan el análisis comparativo de las curvas de las funciones elementales y sus razones de cambio, así se propician las soluciones, se comprueban, se generalizan y se consolidan contenidos biomédicos y matemáticos, como una vía alternativa para la preparación didáctica y científica metodológica, que singulariza el proceso de preparación de los residentes de estas Ciencias, según las exigencias y demandas sociales actuales. El estudio ha logrado una repercusión nacional e internacional, a través de publicaciones y de la participación en eventos.

Palabras claves: Resolución, problemas biomédicos, tareas integradoras profesionales.

ABSTRACT

The construction and interpretation of elementary function curves and their reasons for change become a resource for the solution of professional problems in the medical career. Solve medical problems, through professional integrative tasks, designed to develop the teaching-learning

process, from the Biomedical Basic Sciences, according to the interpretation of the mathematical models of phenomena. Theoretical methods are used: analysis and synthesis, induction and deduction, and abstraction and concretion. Methods, procedures and mathematical algorithms, as well as the clinical and epidemiological method. Empirical methods such as observation, interviews and surveys are applied in the diagnosis of the initial state of this process. The design of professional integrative tasks, provide a comparative analysis of the curves of elementary functions and their reasons for change, so solutions are procured, checked, generalized and consolidated biomedical and mathematical content, as an alternative way for the didactic and methodological scientific preparation, which singles out the process of preparing the residents of these Sciences, according to current social demands. The study has achieved a national and international impact, through publications and participation in events.

Keywords: Resolution, biomedical problems, tasks professional integrators.

INTRODUCCIÓN

La construcción de curvas de funciones elementales, así como la resolución de problemas de optimización, constituyen dos herramientas matemáticas fundamentales, cuyo conocimiento es muy importante que se aplique en las más diversas ramas del saber humano¹⁻³. En el artículo 9 de la (Resolución Ministerial No. 132, 2004)⁴ se enfatiza que *"La superación profesional tiene como objetivo la formación permanente y la actualización sistemática de los graduados universitarios, el perfeccionamiento del desempeño de sus actividades profesionales y académicas, así como el enriquecimiento de su acervo cultural."*

Es importante el dominio de nuevos recursos (herramientas) de trabajo que se aplican en la resolución de problemas de salud, fundamentalmente aquellos disímiles fenómenos y/o procesos de la ciencia y la técnica, en particular en las Ciencias Médicas; representados por modelos matemáticos para su comprensión, explicación e interpretación^{1 y 2}.

Los profesionales de las Ciencias Médicas requieren analizar e interpretar fenómenos y/o procesos biomédicos modelados por funciones elementales; así como el procesamiento de información para su interpretación, mediante métodos y procedimientos de trabajo de las Matemáticas, por lo cual emerge la necesidad de establecer la integración y la sistematización de contenidos biomédicos y matemáticos, desde la diversidad curricular en la carrera de Medicina, según los componentes: Académico, laboral e investigativo.

Así, el estudio del origen de los distintos fenómenos que se explican mediante modelos matemáticos, para estos profesionales en formación como profesores de las Ciencias Básicas Biomédicas (residentes de las Ciencias Básicas Biomédicas (CBB)) es ineludible, partir de la planificación, organización, orientación y ejecución de tareas integradoras profesionales, cuyo cumplimiento y control propicie se alcancen los objetivos previstos en el plan de estudio de la

carrera de Medicina, desde las funciones sustantivas: Académica, laboral, investigativa y extensionista.

Las observaciones realizadas a residentes de CBB, mediante las encuestas y entrevistas realizadas, a partir de los cursos escolares 2015-2016, 2016-2017 y 2017-2018, confirman las siguientes insuficiencias:

1. Los residentes de las CBB no tienen la preparación requerida para desarrollar un pensamiento lógico en los alumnos que les permita comprender, explicar e interpretar los fenómenos y/o procesos biomédicos, a partir de la continuidad y la profundidad de los contenidos de manera concatenada, integrada y sistematizada por conocimientos y habilidades de las CBB y matemáticos.
2. Se aplican generalmente los métodos tradicionales en el proceso de enseñanza aprendizaje (PEA) de las asignaturas de las CBB. No siempre se aprovecha la participación activa de los estudiantes en la búsqueda de la solución de problemas profesionales. La actividad del alumno no transita de la dependencia a la independencia en este proceso.
3. Insuficiente información acerca de las posibilidades de la construcción de curvas de funciones elementales y la resolución de problemas de optimización en la solución de problemas profesionales en la carrera de Medicina, así como su desempeño en las decisiones. No se emplean los medios informáticos con frecuencia para estos fines.
4. Insuficiente orientación de tareas docentes con exigencias especiales, las cuales integren y sistematicen contenidos biomédicos y matemáticos, relacionados con la solución de problemas profesionales médicos.
5. Se obvia la integración y sistematización de contenidos biomédicos y matemáticos, lo cual provoca en ocasiones adoptar decisiones profesionales sin sólidos argumentos y fundamentos científicos, sin corresponderse adecuadamente con el modo de actuación del Médico General.

Desde las investigaciones médicas se destacan investigadores como Flexner, Harasym, Cañizares, Sarasa y Labrada ^{5, 7}, entre otros, ^{8- 10} donde se evidencian la importancia de las CBB y la Didáctica de estas, como fundamento teórico científico de las Ciencias Clínicas, sin embargo estos autores no especifican en particular la integración y sistematización de los contenidos de las CBB y matemáticos, concerniente a la toma de decisiones según el método clínico y epidemiológico.

MÉTODOS

Se emplean los métodos teóricos como: análisis y síntesis asociado al estudio de informes de investigaciones y fuentes bibliográficas relacionadas con el tema; con el método de inducción y deducción se determinaron las regularidades para explicar el desarrollo de la interpretación de los modelos matemáticos en la carrera de Medicina. Al procesar la información se utiliza la abstracción y concreción, se relacionan las regularidades del desarrollo de la integración y sistematización de contenidos de las CBB.

El método histórico lógico fundamenta el estudio de la evolución de las alternativas de la resolución de problemas de optimización y sus antecedentes. Así el enfoque del método para construir curvas de funciones elementales, sin el uso de derivadas, es fundamental en el método desde los procesos de comprensión, explicación e interpretación ^{11- 13}, se aplican métodos y algoritmos matemáticos de trabajo.

Métodos empíricos y técnicas: Se aplican entrevistas y encuestas para el diagnóstico del estado actual con respecto a la aplicación de la integración y sistematización de contenidos biomédicos y matemáticos, en la búsqueda y constatación de regularidades.

Análisis documental del modelo del profesional de la carrera de Medicina, el perfil ocupacional, planes de estudios y programas; también como elementos esenciales. Análisis documental de los profesores de las CBB en formación, planes de estudio y programas de estos especialistas. Taller de socialización, criterios de especialistas para enriquecer la factibilidad, flexibilidad y pertinencia de la aplicación de las tareas integradoras profesionales propuestas, se conceptualizan a continuación:

Se caracteriza la tarea integradora profesional como una:

- Situación de aprendizaje orientado, organizado y estructurado por este orden lógico a seguir;
- Integración y sistematización de contenidos de varias especialidades;
- Según la comprensión, explicación e interpretación inherente al objeto de estudio de una profesión específica para su solución, con relación a los fenómenos, procesos y hechos de esa profesión;
- En la evolución del proceso pedagógico con respecto a la actividad del alumno orientada previamente a transitar de la dependencia a la independencia, según las particularidades cognitivas y afectivas de la personalidad de los estudiantes de la carrera de Medicina.

RESULTADOS

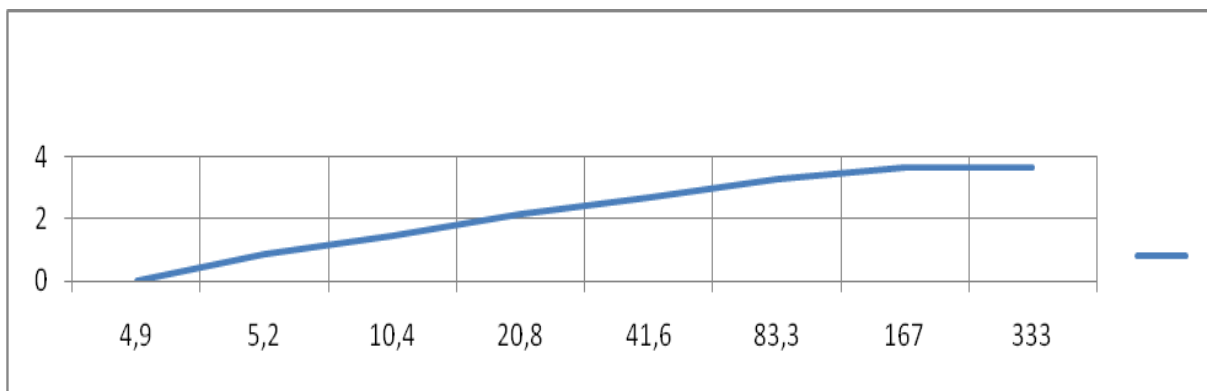
Como resultados se proponen las siguientes tareas integradoras profesionales, las cuales en general han sido elaboradas por el autor de ese estudio:

1. Determinar experimentalmente el coeficiente de Michaelis-Mentes K_M , según:

Tabla **1**. Valores experimentales del sustrato **[s]** (variable independiente) y la variable dependiente: velocidad de la reacción **v(s)**.

[s]	5.2	10.4	20.8	41.6	83.3	167	333
v(s)	0.866	1.466	2.114	2.666	3.236	3.636	3.636

Figura **1**. Gráfica de la curva cuyas abscisas representa los valores del sustrato: **[s]** y las ordenas de los valores de la velocidad de la reacción: **v(s)**.



$$v(K_M) = \frac{v_{\max}}{2}, \text{ es decir } v(K_M) = 2; K_M = 14$$

El coeficiente de Michaelis-Mentes $K_M = 14$. Se ha determinado a través de la visualización, se observa en la curva construida el valor correspondiente a la ordenada 2 (mitad de la velocidad máxima), la abscisa que le corresponde por acercamiento es 14.

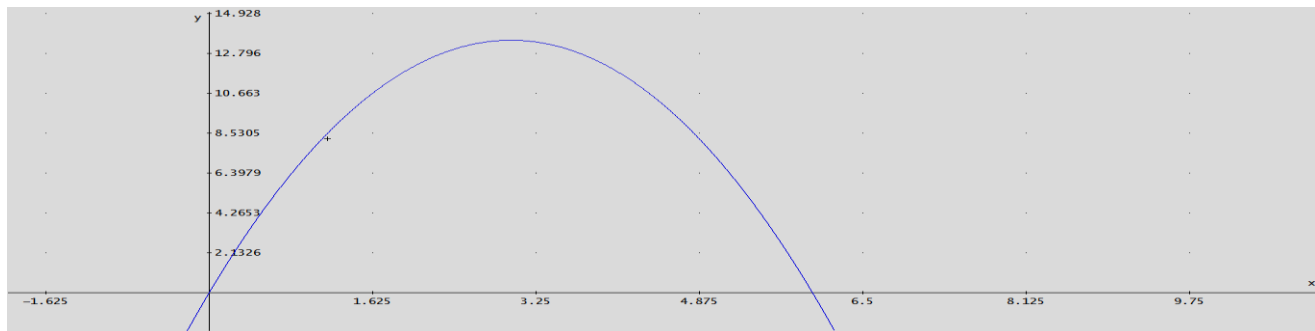
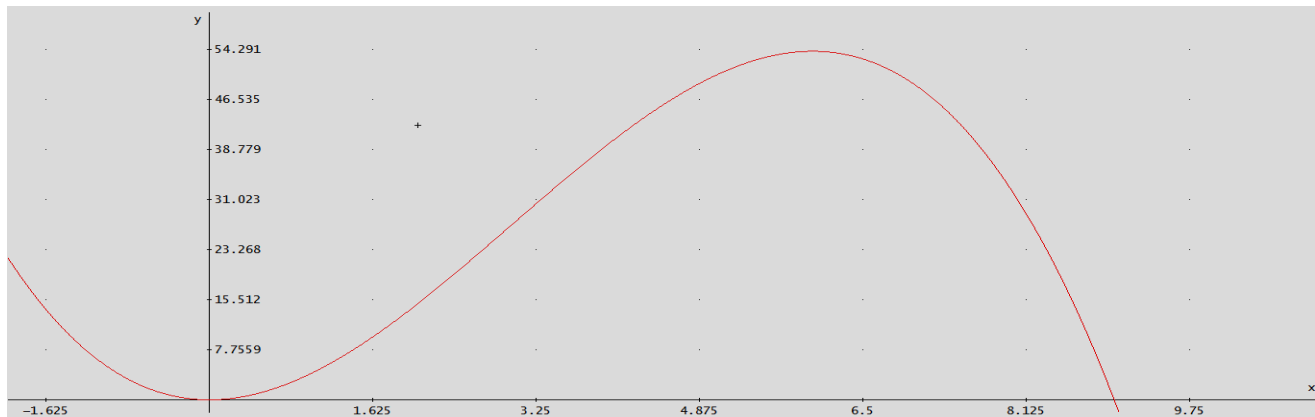
2. Se asume que el decrecimiento de la presión sanguínea en una persona depende en particular de la cantidad de medicamento suministrado. Por lo tanto si x miligramos de un medicamento han sido suministrado, el decrecimiento de la presión sanguínea está en función de x . Se define la

función tal que $f(x) = \frac{1}{2}x^2(9 - x); 0 \leq x \leq 9$ $f(x) = \frac{1}{2}x^2(9 - x); 0 \leq x \leq 9$.

Determine el valor del medicamento en miligramos (dosis exacta) de forma que cause el mayor decrecimiento en la presión sanguínea.

Trace rectas verticales que pasan por los ceros y los extremos de los gráficos de la función decrecimiento de la presión sanguínea y la función razón de cambio del decrecimiento de la presión sanguínea con respecto a la dosis suministrada Auxiliarse de programas informáticos (Derive).

Figura 2. Trozos de curva que representan la presión sistólica (P) que depende del peso (w: en libras) y la razón de cambio de la presión sistólica con respecto al peso.



3. El cambio de la temperatura $T(x)$ en grados Fahrenheit esta dado aproximadamente por la

ecuación $T(x) = x^2 - \frac{x^3}{9,0} \leq x \leq 7$ $T(x) = x^2 - \frac{x^3}{9,0} \leq x \leq 7$ (trazo de la curva en color rojo). La razón en la cual el cambio con respecto a la dosis x , es denominado la sensibilidad del cuerpo para la dosis (trazo de la curva en color azul).

Trace rectas verticales que pasan por los ceros y los extremos de los gráficos de las funciones $T(x)$ y $T'(x)$.

Aproxime gráficamente el valor de la dosis para la sensibilidad del cuerpo. Se auxilia de programas informáticos (Derive).

4. El promedio de pulsaciones por minutos en una persona sana: y , cuya talla es medida en

pulgadas: x , se aproxima por la ecuación $y = \frac{1590}{\sqrt{x}}, 35 \leq x \leq 75$ $y = \frac{1590}{\sqrt{x}}, 35 \leq x \leq 75$ (entre 87,5 cm y 187,5 cm inclusive).

Describir la evolución del proceso. Mediante una análisis comparativo de la función y la función razón de cambio del promedio de las pulsaciones por minutos de un paciente sano con respecto a

su talla (primera derivada de la función)

$$\frac{dy}{dx} = \frac{-\sqrt{2\sqrt{9\sqrt{5}}}}{x\sqrt{x}}, \sqrt{35} \leq x \leq \sqrt{75}$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{-\sqrt{2\sqrt{9\sqrt{5}}}}{x\sqrt{x}}, \sqrt{35} \leq x \leq \sqrt{75}$$

5. Si se designa el radio normal de la tráquea como R , expresado en centímetros y el radio de la tráquea durante una tos como r , expresado en centímetros, donde R es una constante y r es una variable. La velocidad del aire a través de la tráquea puede darse en función de r y si $v(r)$ en centímetros por segundos es la velocidad, r está en el intervalo $\left[\frac{1}{2}R, R\right]$.

a) Determine el valor del radio r aproximadamente, cuando la velocidad es máxima. Dados los datos experimentales de la velocidad del aire en la tráquea de un paciente, según:

Tabla 2. Valores experimentales de la variable independiente: r_0 (radio de la tráquea durante la tos) y la variable dependiente: $v(r)$ (velocidad del aire).

r_0	$v(r_0)$	$v(r_0 + 0.01) - v(r_0)$
0,50	0.125	0,002449
0,51	0,127449	0,002343
...	...	...
0,65	0,147875	0,000229
0,66	0,148104	-0,000202
0,67	0,148137	-0,000169
0,68	0,147968	-0,000377
0,69	0,147591	-0,000591
0,07	0,147	

Utilizar hojas de cálculo.

6. Diagnosticar el caso ^{11 y 12}, en el cual se monitorea la secreción de estrógeno de una paciente, dada en la siguiente tabla, según la edad en años (E^*). La Secreción de estrógeno (Producción) en $\mu\text{g}/24\text{h}$ (**). Diferencias de la secreción de estrógeno (se realiza un acercamiento gráfico de la razón de cambio de la secreción de estrógeno con respecto a la edad (***)).

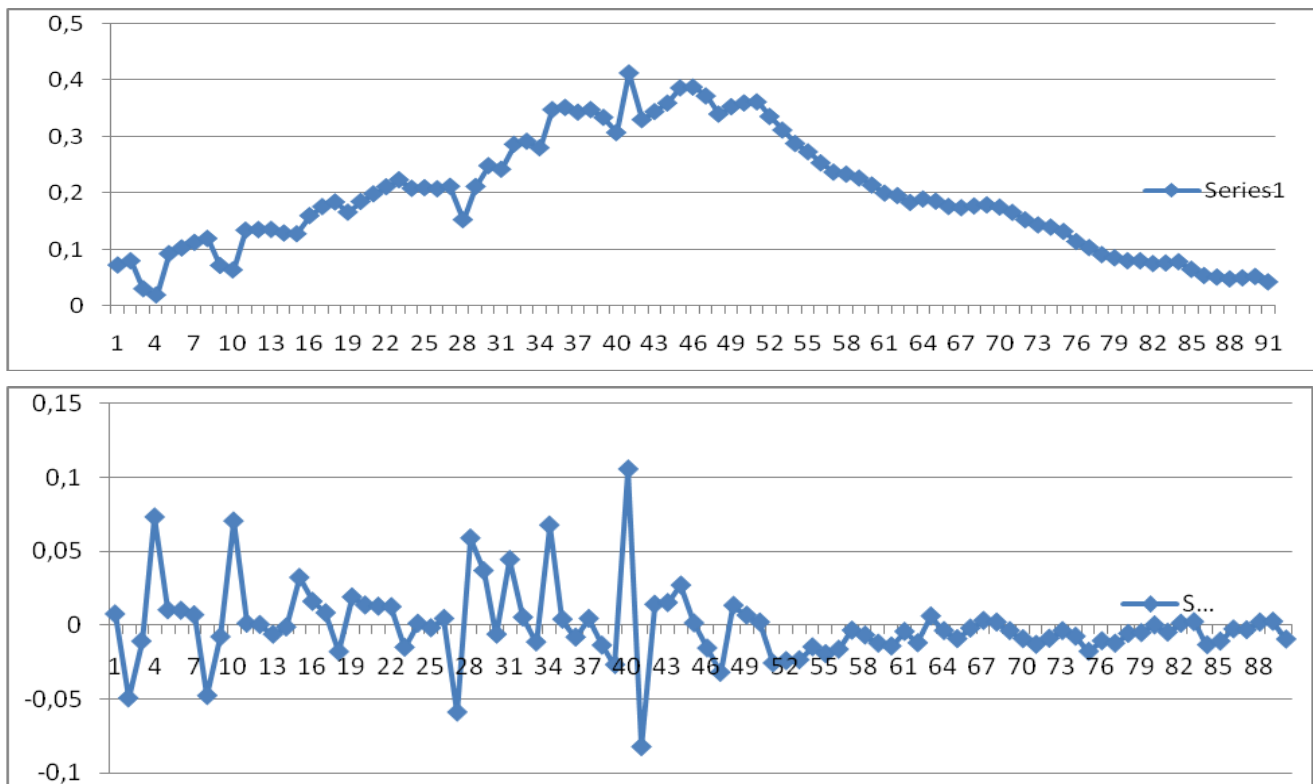
Tabla 3. Monitoreo de la Secreción (producción) de estrógeno de una paciente, según la edad.

E^*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
**	8	17	29	41	53	67	79	99	139	180	205	235	212
***	9	12	12	12	14	12	20	40	41	25	30	-23	

7. Describir el comportamiento de la epidemia dengue¹³⁻¹⁵, a partir del 1ro de julio de 2015 hasta el 30 de septiembre de 2015. Municipio: Holguín. Provincia: Holguín. Cuba, según los resultados representados en las figuras 2 y 3:

Figura 3. Se representa mediante una línea poligonal, porcentajes diarios de ingresos permanentes por dengue (eje vertical) y el tiempo medido en días (eje horizontal). Se representa

mediante una línea poligonal, la razón de cambio porcentajes diarios de ingresos permanentes por dengue por días (eje vertical) y el tiempo medido en días (eje horizontal).



DISCUSIÓN

A continuación se sugieren aspectos didácticos y científico-metodológicos, según las tareas integradoras profesionales propuestas. Se realizan acciones didácticas y científico-metodológicas, en las cuales:

- Se generalizan los contenidos de las CBB en función de resolver problemas profesionales, a partir de la aplicación de combinar contenidos biomédicos y matemáticos para la comprensión, explicación e interpretación de los fenómenos y/o procesos de las CBB.
- Se aplican métodos, procedimientos, algoritmos y técnicas de trabajo, las cuales constituyen vías para adoptar decisiones, según el método clínico y epidemiológico.
- Se comprueban, verifican y se reorientan contenidos biomédicos, cuyas generalizaciones son esenciales en las decisiones que se adoptan, a partir de la aplicación de contenidos matemáticos en correspondencia con la resolución de problemas profesionales y desde las asignaturas CBB.
- La aplicación de métodos para el desarrollo de la integración y sistematización de diferentes disciplinas, los cuales trascienden desde los procesos: instructivos, educativos y desarrolladores, según los componentes: Académico, laboral e investigativo.
- Consolidación, fijación, integración y sistematización de contenidos biomédicos de la diversidad curricular, mediante la solución de tareas integradoras profesionales, en las cuales se adoptan decisiones, en consecuencia con el modo de actuación profesional del Médico General.

1. Se determina experimentalmente el coeficiente de Michaelis-Mentes K_M . Se denota la importancia en los tratamientos de algunos tipos de Leucemia. Michaelis-Mentes. Esta ecuación relaciona la velocidad inicial, la velocidad máxima y la concentración inicial del sustrato a través de la constante de Michaelis-Mentes.

Se observa una relación numérica importante: en el caso de que la velocidad inicial de la reacción sea la mitad de la velocidad máxima. La constante de Michaelis-Mentes es igual a la concentración del sustrato en la que la velocidad inicial de la reacción es la mitad de la velocidad máxima. La constante se expresa en moles/litro y es independiente de la concentración de enzima. La constante de Michaelis-Mentes no es un valor fijo, puede variar con la estructura del sustrato, con el PH y con la temperatura^{16 y 17}.

La importancia de esta constante se denota en el siguiente ejemplo: algunos tipos de leucemia (proliferación anormal de glóbulos blancos) pueden suprimirse por administración de asparginasa, que cataliza la reacción: la asparagina es vital para el crecimiento de leucocitos malignos. La asparginasa produce la hidrólisis de asparagina en aspartato, que no satisface las necesidades de las células malignas.

Sin embargo no todas las asparginasas son eficaces. Sucede que las asparginasas de diferentes fuentes: animales, vegetales, bacterias; tienen distinto K_M . Como la concentración de asparagina en la sangre es muy baja, la asparginasa solo será efectiva si su K_M es lo suficientemente bajo como para hidrolizar la asparagina rápidamente, dada su pequeña concentración en sangre.

2. Consiste en decidir la dosis exacta a suministrar al paciente.

3. Se describe la evolución del proceso y se determina gráficamente la sensibilidad del cuerpo para la dosis del medicamento.

4. Se describe (se caracteriza, se interpreta) la evolución del proceso, mediante un análisis comparativo de la función promedio de las pulsaciones de personas sanas por minutos, según la talla, la cual oscila entre 35 y 75 pulgadas (entre 87,5 cm y 187,5 cm inclusive) y la función razón de cambio pulsaciones por minutos de personas sanas, con respecto a la talla. La ecuación que modela el proceso está dada (es conocida).

5. Se realiza acercamiento gráfico, mediante la construcción de las curvas de las funciones: velocidad del aire en la tráquea en dependencia del radio de la tráquea de un paciente y la razón de cambio de la velocidad con respecto al radio de la tráquea: se aproxima el valor máximo de la velocidad del aire, mediante mediciones experimentales de la velocidad del aire en la tráquea y el radio de la tráquea.

6. Se desconoce la ecuación de la función que modela la secreción de estrógeno. Se diagnostica un caso, en el cual se monitorea la secreción de estrógeno de una paciente, según la edad en años (E). Se realizó un acercamiento gráfico, mediante la construcción de las curvas de la función secreción de estrógeno y la función razón de cambio de la secreción de estrógeno con respecto a

la edad. El análisis comparativo de ambas curvas evidencia la decisión a adoptar, la cual se relaciona con la aplicación del método clínico para adoptar la decisión.

El comportamiento monótono creciente estrictamente de la producción de estrógeno; no ofrece una información precisa acerca de la secreción máxima de estrógeno, es decir si continúa su crecimiento o si decrece (desciende); sin embargo al comparar con el comportamiento de la razón de cambio de la secreción del estrógeno con respecto al tiempo, se observa que la curva corta el eje horizontal, es decir la ordenada se anula (es cero), cuando su abscisa (tiempo) es 12 años.

La producción de estrógeno alcanza su máximo valor. Por tanto es posible predecir que la secreción de estrógeno es óptima, cuando su abscisa (tiempo) es igual a los 12 años. Se concluye que la producción de estrógeno del estudio de la paciente es normal, esta evidencia es de incalculable valor en la evaluación del caso, por eso es necesario el seguimiento exhaustivo, mediante este procedimiento, el cual es ratificado por el inicio de la pubertad de la paciente.

7. Se describe (se caracteriza, se interpreta) el comportamiento de la epidemia dengue, a partir de datos experimentales registrados del 1ro de julio de 2015 hasta el 30 de septiembre de 2015. En el municipio de Holguín. Cuba ^{16- 18}. Es posible realizar predicciones a partir de los registros reales de la evolución de una epidemia dengue, la cual está sometida a medidas epidemiológicas permanentes, las cuales se refuerzan en la medida que el porcentaje de enfermos crece, hasta observar el decrecimiento sostenido de la epidemia. Se realizan predicciones acerca de la evolución de esta ¹⁹.

En general en estas situaciones problemáticas se desconocen las ecuaciones que modelan los procesos y/o fenómenos, por lo tanto el investigador debe recolectar información para construir estas curvas y compararlas, la visualización de los datos experimentales representados, le permiten adoptar decisiones y realiza predicciones.

Se indica una vía, un método, un procedimiento de trabajo de incalculable valor metodológico en la búsqueda de soluciones de problemas biomédicos, donde el proceso y/o fenómeno en estudio no posee referencia, acerca de su comportamiento.

CONCLUSIONES

Se resuelven problemas profesionales de la carrera de Medicina, a través del diseño de tareas profesionales integradoras, para desarrollar el proceso de enseñanza aprendizaje de las disciplinas de las CBB, las cuales se comprenden, explican e interpretan, según la representación gráfica de los modelos matemáticos, desde la integración y sistematización de contenidos estas asignaturas.

Se diseña un método de trabajo de incalculable valor metodológico en la búsqueda de soluciones de problemas médicos, donde el proceso y/o fenómeno en estudio no posee una referencia clara y precisa acerca de su comportamiento. Por lo que es necesario realizar indagaciones, a partir de datos experimentales, y su correcta comprensión, explicación e interpretación, ya que se desconoce las ecuaciones del modelo matemático que los representa.

RECOMENDACIONES

Continuar el estudio del desarrollo teórico de la integración y sistematización de contenidos biomédicos y matemáticos en correspondencia con las necesidades de la asignatura principal. Realizar investigaciones desde la didáctica de las CBB, encaminadas a profundizar en la integración y sistematización de estos contenidos, desde el proceso de enseñanza aprendizaje de las carreras de las Ciencias Médicas. Introducir los resultados de la investigación, mediante la generalización de estos, en otras Universidades de las Ciencias Médicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Barnett, R. y Ziegler M. Applied Calculus for business and economics, life sciences, and social sciences, San Francisco, California, United States of America, Dellen Macmillan, 2013. [Internet] [citado 16 Dic 2017]: [aprox. 670 p.] Disponible en: <http://www.pearsonhighered.com>
2. Poblete, V. Matemática en Salud. Universidad de Santiago de Chile, 2016. [Internet] [citado 14 May 2017]: [aprox. 116 p.]. Disponible en: <http://www.uchile.cl/portafolio-academico/impresion.jsf?username=vpoblete>
3. Stewart, I. Las 17 ecuaciones matemáticas que cambiaron al mundo. Editorial Robert Laffont, 2013. [Internet] [citado 15 May 2017]: [aprox. 366 p.] Disponible en: <http://www.librosmaravillosos.com/17ecuacionesquecambiaronelmundo/pdf/17%20ecuaciones%20que%20cambiaron%20el%20mundo%20-%20Ian%20Stewart.pdf>
4. Resolución Ministerial NO. 132. Reglamento de la Educación de Posgrado en la República de Cuba, 2004.
5. Flexner, A. Medical Education in the United States and Canada. A Report to the Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching, 1910.
6. Harasym, P. Medical curriculum reform in North America, 1765 to the present: a cognitive science perspective. Academic Medicine 1999;74(2):154-164.
7. Cañizares, O., Sarasa, N. y Labrada, C. Enseñanza integrada de las ciencias básicas biomédicas en medicina integral comunitaria, 2006. Educ Med Sup, Vol 20, No. 1.
8. Cañizares, O. y Sarasa, N. Universidad Barrio Adentro. Enseñanza integrada de las Ciencias Básicas Biomédicas en Medicina Integral Comunitaria, 2006. Revista Cubana Educación Médica Superior, 20(1). Disponible en: http://bvs.sld.cu/revistas/ems/vol14_2_00/ems04200.htm
9. Spencer, A. Brosenitsch, T. y Levine, A. Back to the basic science: An innovative approach to teaching senior medical students how best to integrate basic science and clinical medicine, 2008. Academic Medicine Vol.83, No. 7 pp 662-669.
10. Morales, X. La preparación de los docentes de las ciencias básicas biomédicas para la enseñanza de la disciplina morfofisiología con enfoque integrador, 2012. Tesis presentada

en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas. Universidad de Ciencias Pedagógicas "Capitán Silverio Blanco Núñez" Sancti Spíritus.

11. Guyton, A. C. Tratado de Fisiología Médica II, 2014. Editorial Pueblo y Educación.
12. López, L. Muñoz-Loaiza, A. Olivar-Tost, G. y Betancourt-Bethencourt, J. Modelo matemático para el control de la transmisión del Dengue. Rev. Salud Pública. June, 2012. [Internet] 14(3) [citado 16 Dic 2017]: [aprox. 12 p.]. Disponible en: <http://www.scielo.org/scielo>
13. Olmedo, H. y Ariza, R. Matemáticas en medicina: una necesidad de capacitación. MedIntMéx, 2012. [Internet]. [citado 22 Feb 2018];28(3):[aprox. 4 p.]. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/medintmex/mim-2012/mim123l.pdf>
14. Rebollar A, Ferrer M. La enseñanza basada en problemas y ejercicios: una concepción didáctica para estimular la gestión aprendizaje del docente y del alumno, (2014). Atenas. [citado 29 Oct 2018], 2(26). Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/4780/478047202003/>
15. Triana, Z. M. La enseñanza de las ciencias básicas médicas, 2013. Retos de la educación médica en México.
16. Calero, M. Rodríguez, O. Armas, Y. y Núñez, Y. Propuesta de tareas docentes para fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Metodología de la Investigación. CCM. 2013 [citado 16 Jun 2016];(1)Supl1. Disponible en: <http://www.revcoemed.sld.cu/index.php/cocmed/article/view/1265/306>
17. Zimmermann, W. y Cunningham, S. Visualization in Teaching and Learning Mathematics (editors), 1991. [Internet] [citado 20 Feb 2018]: [aprox. 27 p.]. (Mathematical Association of America, Notes, 19). Disponible en: <http://www.sciepub.com/reference/106471>
18. Lipkus, I. M. y Peters, E. Understanding the role of numeracy in health: proposed theoretical framework and practical insights, 2009. Health EducBehav. 36(6):1065-1081.
19. Rodríguez, M. La matemática y su relación con las ciencias como recurso pedagógico, 2011. Números. Revista de Didáctica de las Matemáticas, 77, 35-49.