

Tipo de artículo: Artículo original
Temática: Formación del Ingeniero en Ciencias Informáticas
Recibido: 18/03/2019 | Aceptado: 29/06/2020 | Publicado: 01/08/2020

La Matemática y la Química en la carrera de Ingeniería en Bioinformática

Mathematics and Chemistry in the career of Engineering in Bioinformatics

Oristela Cuellar Justiz^{1*}, Nilda Delgado Yanes², Rosa Maria Marín Rodríguez³

¹ Departamento de Bioinformática, Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales, Universidad de las Ciencias Informáticas. oristelacj@uci.cu

² Departamento de Bioinformática, Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales, Universidad de las Ciencias Informáticas. nildady@uci.cu

³ Departamento de Bioinformática, Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales, Universidad de las Ciencias Informáticas. rmmarin@uci.cu

* Autor para correspondencia: oristelacj@uci.cu

Resumen

La Bioinformática es una ciencia transdisciplinar, en la que confluyen la Informática y las Ciencias de la Vida como la Biología, la Química y la Física, entre otras; que se enfoca en la investigación, desarrollo y/o aplicación de herramientas informáticas para la solución de problemas biológicos, médicos o biotecnológicos, donde la modelación matemática es especialmente útil al facilitar la comprensión de la complejidad de los organismos vivos. La disciplina matemática se relaciona estrechamente con otras disciplinas de la carrera entre ellas la Química. Los estudiantes de la carrera Ingeniería en Bioinformática presentan dificultades en el aprendizaje de las asignaturas de las disciplinas Matemática, Matemática Aplicada por la desmotivación por el estudio de la matemática. La carrera está en el segundo año de la implementación de su plan de estudio y esto hace que los profesores a pesar de su experiencia docente no hayan identificado todos los nodos interdisciplinarios que permitan darle un enfoque a la enseñanza de la matemática y ayude a los estudiantes a entender cómo serán aplicados los conocimientos que reciben en las otras disciplinas de la carrera. El objetivo de este trabajo es presentar una colección de ejercicios que muestran la articulación horizontal y vertical de las disciplinas de Matemática y Química que garanticen la motivación y el aprendizaje significativo de los estudiantes. Para ello las autoras realizaron un análisis exhaustivo de los programas de ambas disciplinas para identificar los posibles nodos interdisciplinarios que sirvieron de base para la elaboración de los ejercicios que se presentan.

Palabras clave: bioinformática, nodos interdisciplinarios, aprendizaje de la matemática, motivación

Abstract

Bioinformatics is a transdisciplinary science, in which Computer Science and Life Sciences such as Biology, Chemistry and Physics, among others, come together. It focuses on the research, development and/or application of computer tools for the solution of biological, medical or biotechnological problems, where mathematical modeling is especially useful in facilitating the understanding of the complexity of living organisms. The mathematical discipline is closely related to other disciplines of the career among them Chemistry. The students of the career Engineering in Bioinformatics present difficulties in the learning of the subjects of the disciplines Mathematics, Applied Mathematics for the lack of motivation for the study of mathematics. The career is in the second year of the implementation of its curriculum and this means that teachers despite their teaching experience have not identified all the interdisciplinary nodes that allow giving a focus to the teaching of mathematics that allows students to understand how the knowledge they receive will be applied in other disciplines of the career. The objective of this work is to present a collection of exercises that show the horizontal and vertical articulation of the disciplines of Mathematics and Chemistry that guarantee the motivation and significant learning of the students. To this end, the authors carried out an exhaustive analysis of the programs of both disciplines in order to identify the possible interdisciplinary nodes that served as the basis for the elaboration of the exercises presented.

Keywords: bioinformatics, interdisciplinary nodes, mathematical learning, motivation

Introducción

La Bioinformática es una ciencia transdisciplinar, en la que confluyen la Informática y las Ciencias de la Vida como la Biología, la Química y la Física, entre otras; que se enfoca en la investigación, desarrollo y/o aplicación de herramientas informáticas para la solución de problemas biológicos, médicos o biotecnológicos, donde la modelación matemática es especialmente útil al facilitar la comprensión de la complejidad de los organismos vivos. que se enfoca en la investigación, desarrollo y/o aplicación de herramientas informáticas para la solución de problemas biológicos, médicos o biotecnológicos, en general aquellos que impliquen la adquisición, almacenamiento, organización, análisis y visualización de datos químico-biológico-estructurales.(Colectivo de autores, 2017a)

Los profesionales de la Bioinformática, deben estar dotados de herramientas interdisciplinarias con base en la Biología molecular, la Química, la Informática y la Matemática; y poseer competencias específicas de la Bioinformática con un enfoque desde la ingeniería del conocimiento, para apoyar el desarrollo biotecnológico, químico-farmacéutico, agropecuario y biomédico del país desde esta área del saber(Colectivo de autores, 2017a).

La modelación matemática es especialmente útil en la Bioinformática pues la matemática juega un rol fundamental en la comprensión de la complejidad de los organismos vivos.

La disciplina matemática (Colectivo de autores, 2017b) se relaciona estrechamente con otras disciplinas de la carrera entre ellas la Química. Los estudiantes de la carrera Ingeniería en Bioinformática presentan dificultades en el aprendizaje de las asignaturas de las disciplinas Matemática, Matemática Aplicada por la desmotivación por el estudio de la matemática.

Por su parte los contenidos de las asignaturas de la disciplina Química (Colectivo de autores, 2017c) contribuyen a dar respuesta en primer lugar a dos aspectos de los objetivos instructivos plasmados en el Modelo del Profesional (Colectivo de autores, 2017a)

- a. Comprender problemas biológicos, bioquímicos, ambientales o biomédicos y reformularlos como problemas matemáticos con solución computacional.
- b. Dar propuestas de solución a estos problemas usando las herramientas matemáticas e informáticas disponibles, pues no es posible cumplirlos si el egresado no dispone de las herramientas teóricas fundamentales de la química, las cuales constituyen premisas indispensables para la comprensión de los fenómenos químico-biológicos que pretende resolver la bioinformática, así como para la comunicación e intercambio con otros especialistas de las ciencias de la vida.

La carrera está en el tercer año de la implementación de su plan de estudio y esto hace que los profesores a pesar de su experiencia docente no hayan identificado todos los nodos de interdisciplinariedad que permitan darle un enfoque a la enseñanza de la matemática que les posibilite a los estudiantes entender cómo serán aplicados los conocimientos que reciben en otras disciplinas de la carrera.

El objetivo de este trabajo es presentar una colección de ejercicios que muestran la articulación horizontal y vertical de las disciplinas de Matemática y Química que garanticen la motivación y el aprendizaje significativo de los estudiantes. Para ello las autoras realizaron un análisis exhaustivo de los programas de ambas disciplinas para identificar los posibles nodos interdisciplinarios que sirvieron de base para la elaboración de los ejercicios que se presentan.

En este trabajo se consideran los nodos como un elemento integrador que propicia las relaciones interdisciplinarias en una disciplina, los cuales garantizan la integración entre todas las disciplinas, facilitando la formación integral del futuro profesional.(Fernández Vivet, 2015)

Materiales y métodos o Metodología computacional

En el proceso de interacción entre las disciplinas, como aspecto importante se debe tener en cuenta, la determinación de los nodos evaluativos integradores que comprenden, tanto conceptos, como leyes, teorías, habilidades y valores de las disciplinas que pueden ser fundamentados en el proceso de enseñanza a partir de un enfoque integrador.

Es por eso que abordaremos algunos aspectos relacionados con los nodos interdisciplinarios.

Nodos de interdisciplinariedad

Según el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (1990), nexos significa "vínculo, enlace, unión, relación, ligadura, atadura, afinidad, familiaridad" (Océano, 2008)(Práctico, 2000)

En (Baglan Favier & Portuondo, 2016) los autores expresan que "todas las acciones a desarrollar en el componente académico y laboral facilitan la sistematización e integración de las asignaturas y deben determinarse los nodos de articulación intra e interdisciplinarios y sus relaciones, o sea las relaciones de precedencia, sincronía y consecutiva de los contenidos, en primer lugar, de la propia disciplina y luego con el resto de las disciplinas en especial con la didáctica particular".

En(Sagó Massó, 2016)se definen los nexos comunes "como invariantes de la carrera para determinar las líneas directrices y los nodos formativos en función del modelo del profesional" (p.119). La autora considera que "los nexos comunes constituyen un momento previo a la determinación de los nodos y, por tanto, no concibe que los nexos y los nodos signifiquen lo mismo, o sea, la determinación de los nexos entre las disciplinas permite el desarrollo de los nodos de integración" (Sagó Massó D., 2018)

En Cuba, los nodos en la Enseñanza constituyen un camino una guía para lograr la interdisciplinariedad.

En (Fernández Vivet, 2015) el autor aborda que "los nodos son considerados aquellos contenidos de un tema de una disciplina o asignatura, que incluye conocimientos, habilidades y los valores asociados a él y que sirven de base a un proceso de articulación interdisciplinaria en una carrera universitaria dada para lograr la formación más completa del egresado, es decir el futuro profesional" (p.25).

Teniendo en cuenta los aspectos antes valorados se procedió a identificar los nodos integradores de las disciplinas Matemática y Química de la carrera Ingeniería en Bioinformática.

Luego del análisis de los programas analíticos de las dos disciplinas, se determinaron en una primera aproximación las invariantes del conocimiento que pudieran considerarse nodos integradores. Por ejemplo: estructura de las sustancias y problemas químicos con cálculo.

La estructura de las sustancias es el eje principal integrador en las asignaturas de “Química General y Orgánica” y “Macromoléculas” donde los estudiantes deben reconocer, identificar y modelar las sustancias de interés biológico, para lo cual deben tener como antecedente un dominio de la geometría del espacio, tema en la asignatura Álgebra Lineal y Geometría Analítica de la disciplina Matemática.

Otro de los nodos integradores lo constituye los problemas químicos con cálculo, aspecto que se aborda en la asignatura “Química General y Orgánica” en el tratamiento termoquímico y cinético de las sustancias y en el tema que trata sobre “Las Disoluciones” y el “Equilibrio químico”.

Al abordar los temas de “Termoquímica” y “Cinética Química” se recuerdan las derivadas al utilizar la expresión cinética de la velocidad de la reacción en la que la concentración varía con el transcurso del tiempo en una reacción química. Además, se utilizan gráficas cuyo contenido se imparte en la asignatura Matemática I de la disciplina Matemática.

Por otra parte, en el tema “Disoluciones” se utilizan expresiones de las fracciones másica, molares y volumétricas, al igual que en el tema “Equilibrio químico” se llega a los resultados finales mediante la resolución de ecuaciones de segundo grado.

Una Ecuación Química es la representación gráfica o simbólica de una reacción que muestra las transformaciones que sufren las sustancias, elementos o compuestos, bajo ciertas condiciones específicas. De esta manera, las sustancias reaccionantes sufren una serie de transformaciones en el curso de una reacción química para dar origen a los productos de la reacción.

"En una reacción química, la masa de los reactantes es igual a la masa de los reactivos" esto reafirma el hecho de que "La materia no se crea ni se destruye, solo se transforma" (González Rangel, García Bacallao, García González, Travieso González, & Puldón Seguí, 2015)

Se dice entonces que la reacción está igualada o balanceada. Una ecuación estará correctamente escrita cuando esté balanceada.

El procedimiento de igualar el número de átomos que existe en ambos lados de la ecuación se denomina “Balanceo de Ecuaciones”. Existen diversos métodos de igualación de ecuaciones químicas: método por tanteo; método algebraico o aritmético y métodos de igualación de reacciones de óxido reducción, también conocidos como Redox. (Colectivo de autores, 2015)

El método de balanceo algebraico se basa en el planteamiento de un sistema de ecuaciones lineales en el cual los coeficientes estequiométricos participan como incógnitas. El tema de los sistemas de ecuaciones lineales se aborda en la asignatura Álgebra Lineal y Geometría Analítica de la disciplina matemática.

Veamos algunas aplicaciones de los modelos matemáticos que se estudian en las asignaturas de la disciplina matemática en la disciplina química.

Matemática I y II

Interpretar físicamente los conceptos básicos del cálculo infinitesimal en su aplicación termodinámica.

Formular e interpretar la expresión diferencial, para una función de estado del sistema. Expresión de la velocidad de la reacción en cinética.

Evaluación de integrales. Método de Simpson, de los trapecios. Se utiliza en la evaluación de parámetros termodinámicos como la entropía.

Modelación de procesos cinéticos aplicando ecuaciones diferenciales ordinarias.

Álgebra Lineal y Geometría Analítica:

Análisis de los autovalores y autofunciones, soluciones de la ecuación de Schrodinger. Propiedades de los operadores lineales.

Matemática Discreta

La teoría combinatoria en la solución de problemas de química Combinatoria

La teoría de grafos en los grafos moleculares (Química Grafo Teórica)

Resultados y discusión

A modo de resultados de este trabajo presentamos una serie de ejercicios que ya hemos elaborado para la confección de un folleto complementario para la enseñanza de las asignaturas de la disciplina. Estos ejemplos no solo muestran la relación interdisciplinaria sino a su vez muestran las aplicaciones de la Matemática en la Química.

Ejemplos de problemas que conducen a sistemas de ecuaciones lineales

Ejemplo 1

Calcular los coeficientes de la siguiente reacción química

1. $a Fe S_2 + b S_2 \rightarrow c Fe_2 O_3 + d S O_2$
2. $a K Mn O_4 + b K Cl + c H_2 S O_4 \rightarrow d Mn S O_4 + e K_2 S O_4 + f Cl_2 + g H_2 O$
3. $a_1 H Cl + a_2 K Mn O_4 + a_3 H_3 As O_3 \rightarrow a_4 H_3 As O_4 + a_5 Mn Cl_2 + a_6 K Cl + a_7 H_2 O$
4. $a_1 H Cl + a_2 K Mn O_4 + a_3 H_3 As O_3 \rightarrow a_4 H_3 As O_4 + a_5 Mn Cl_2 + a_6 K Cl + a_7 H_2 O$

El cálculo de los coeficientes conduce a la solución de sistemas de ecuaciones lineales homogéneas. Que siempre tienen solución. Los sistemas que se obtienen tienen infinitas soluciones

Para el primer caso



$$K: \quad a + b = 2e$$

$$Mn: \quad a = d$$

$$O: \quad 4a + 4c = 4d + 4e + g$$

$$Cl: \quad b = 2f$$

$$H: \quad 2c = 2g$$

$$S: \quad c = d + e$$

El sistema de ecuaciones lineales homogéneo a resolver sería:

$$\begin{cases} a + b - 2e = 0 \\ a - d = 0 \\ 4a + 4c - 4d - 4e - f = 0 \\ b - 2f = 0 \\ c - g = 0 \\ c - d - e = 0 \end{cases}$$

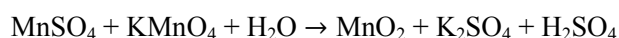
Este sistema de ecuaciones tiene 6 ecuaciones y 7 incógnitas. Como el sistema tiene menos ecuaciones que incógnitas el rango de la matriz asociada al sistema va a ser menor o igual que el min (6,7) tiene infinitas soluciones

Ejemplo 2

Un camión de químicos transporta permanganato de potasio (KMnO₄) hacia un poblado. Sin embargo, justo al pasar por una de las lagunas de evaporación sufre un accidente y vierte toda su carga en ésta. El proceso de evaporación del

agua de mar hace que se precipiten muchas sales, una de las cuales es el sulfato de manganeso (MnSO_4). Al encontrarse el KMnO_4 con el MnSO_4 se produce una reacción que tiene como producto óxido de manganeso (MnO_2), sulfato de potasio (K_2SO_4) y ácido sulfúrico (H_2SO_4). Los primeros dos no son tóxicos, pero el tercero puede ser sumamente desastroso para el medio ambiente, matando todo tipo de vida en la laguna de evaporación.

Una manera de comprender el efecto del ácido en la vida marina, sus consecuencias y las medidas de mitigación apropiadas, es empezar por conocer las reacciones químicas involucradas, así como el balanceo químico correspondiente.



Para el balanceo de la ecuación química se utiliza el procedimiento descrito en el ejemplo anterior.

Ejemplo 3

Se desea producir 50 litros de ácido muriático, para ello se necesita la mezcla de 3 diferentes proporciones A, B y C de HCl. La A al 10%, la B al 30% y la C al 50%, de tal modo que la sustancia final sea con 28% de HCl. Sabiendo que se usará el doble del volumen de la sustancia B en relación a la C y que el costo de cada una de las soluciones es de 4, 6 y 8 soles respectivamente. ¿Cuántos litros de cada solución se utilizarán para obtener los 50 litros de ácido muriático?

Este problema conduce a un sistema de 3 ecuaciones con tres incógnitas.

Ejemplos de problemas de Teoría Combinatoria vinculados con la Química

Ejemplo 4

Los aminoácidos son compuestos orgánicos que se combinan para formar proteínas. Los aminoácidos y las proteínas son los pilares fundamentales de la vida. Los aminoácidos se dividen en esenciales y no esenciales. Los aminoácidos esenciales no los puede producir el cuerpo, deben provenir de los alimentos. Los 9 aminoácidos esenciales son: histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina. Los 11 aminoácidos no esenciales son: alanina, arginina, asparagina, ácido aspártico, cisteína, ácido glutámico, glutamina, glicina, prolina, serina y tirosina.

- ¿Cuántas cadenas de aminoácidos de longitud n existen?
- ¿Cuántas cadenas de aminoácidos distintos de longitud 7 pueden construirse?

- c. ¿De cuántas maneras diferentes pueden seleccionarse 7 aminoácidos de manera que exactamente 4 de ellos sean esenciales?
- d. Demuestre que un grupo de nueve aminoácidos al menos cinco son de la misma clasificación.
- e. ¿De cuántas formas distintas se pueden conformar cadenas de aminoácidos de longitud 6 si se desea que estas comiencen con uno de los aminoácidos (alanina, arginina, asparagina) o terminen con uno de los aminoácidos (histidina, isoleucina, leucina)?
- f. ¿De cuántas formas distintas se pueden conformar cadenas de aminoácidos de longitud 7 si se desea que las cadenas comiencen con 3 de los aminoácidos esenciales y terminen con 2 de los aminoácidos no esenciales?

Ejemplo 5

En la Química Combinatoria se busca producir moléculas de gran diversidad de manera rápida y confiable, y con un denominador común, los farmacóforos, y que por ejemplo pertenezcan a una misma familia de compuestos análogos. Por otro lado, en la síntesis combinatoria se toma un grupo diferente de compuestos similares, y se combina con otro grupo distinto también de compuestos similares. Así se obtiene de manera eficiente, simultánea y rápida un número grande de nuevos compuestos estructuralmente análogos. (Barbero, Furlan, & Mata, 2011) (Arellano Palma, 2012)

Se parte de un compuesto A que se combina con otros cuatro diferentes en cada etapa, para obtener toda una biblioteca de diferentes compuestos. ¿Cuántos compuestos diferentes se obtienen al cabo de 10,20 y n etapas?

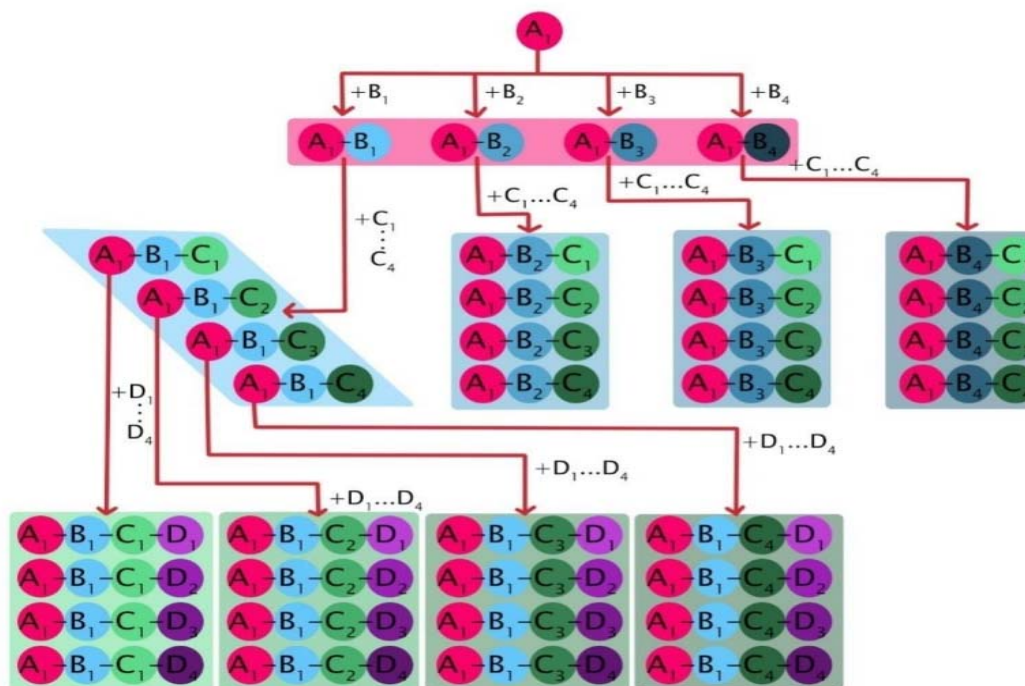


Figura1: Síntesis combinatoria

Otros ejemplos de aplicación de la Matemática a la Química

Ejemplo 6

Un tanque cuya capacidad es de 600 L. contiene agua pura, si entra una solución 0.8 gramos por litro, con un flujo de entrada igual al flujo de salida de 10 L/min.

- Al cabo de cuánto tiempo la Concentración será 0.4 g/L.
- Que concentración habrá al cabo de 20 minutos.

Este es un problema de aplicación de las derivadas

Ejemplo 7

La ley de Boyle para los gases perfectos establece que a temperatura constante $PV=K$ donde P es la presión, V el volumen y K una constante. Si la presión está dada por la expresión: $P(t) = 30 + 2t$ con P en cm de Hg, t en seg.; y el volumen inicial es de 60 cm³, determina la razón de cambio del volumen V con respecto al tiempo t a los 10 segundos. (Colo Herrera & Patrìtti, 2004)

Ejemplo 8

Un globo esférico se llena con gas con un gasto constante $Q = 100$ litros /minuto. Suponiendo que la presión del gas es constante, halla la velocidad con que está aumentando el radio R del globo en el instante en que $R=0.3$ m. (Colo Herrera & Patrìtti, 2004)

Ejemplo 9

La masa m de agua que a 0°C ocupa un volumen de 1 litro, ocupará a $T^\circ\text{C}$ un volumen V en litros dado por la expresión: $V(T) = 10^{-5} (-6.8 \cdot 10^{-3}T^3 + 8.5 \cdot 10^{-1}T^2 - 6.4 \cdot T + 10^5)$, $0 \leq T \leq 10$

Recordando que la densidad ρ de una sustancia homogénea es: $\rho = \frac{m}{V}$

- Encuentra la temperatura T para la cual la densidad ρ del agua es máxima.
- Grafique $V(t)$ para $0 \leq T \leq 10$ (Hernández Saborio, 2016)(Stewart, 2011)

Los ejemplos 6, 7, 8 y 9 son ejemplos de aplicaciones del Cálculo Diferencial en la Química y se trabajan en la Matemática I.

Hemos mostrado solo algunos de los ejemplos que hemos elaborado o seleccionado de la bibliografía.

Conclusiones

Hemos mostrado en este trabajo solo ejercicios que muestran la relación interdisciplinaria entre las disciplinas Matemática y Química de la carrera Ingeniería en Química. Ya se ha trabajado la relación interdisciplinaria de las disciplinas Matemática, Química y Biología con ejemplos concretos que serán incluidos en la propuesta de folleto, que presentaremos el próximo semestre, para el trabajo en la carrera. Varias asignaturas de estas disciplinas incluyen en su plan calendario y sistema de evaluación la realización de talleres de aplicación de los contenidos que se imparten en otras disciplinas de la carrera, en la Bioinformática y otras ramas de la ciencia y la técnica de manera general y los trabajos presentados por los estudiantes fueron tenidos en cuenta en la elaboración de los ejercicios que hemos propuesto.

Referencias

1. Arellano Palma, I. de J. (2012). *La biblioteca de la química. La química combinatoria / CIENCIORAMA I*. Recuperado de www.cienciorama.unam.mx › pdf › 521_cienciorama
2. Baglan Favier, S. M., & Portuondo, L. M. (2016). *Programa de la disciplina Didáctica de la Química. Carrera Licenciatura Educación Química. Guantánamo*.
3. Barbero, C., Furlan, R., & Mata, E. (2011). Química Combinatoria. *Cenciorama, Volumen 21*(Numero 124). Recuperado de <http://www.cienciorama.unam.mx/>
4. Colectivo de autores. (2015). *Química General I*. La Habana ,Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
5. Colectivo de autores. (2017a). *Plan de Estudio “E” Carrera.Ingeniería en Bioinformática 2017*. Ministerio de Educación Superior .Cuba.
6. Colectivo de autores. (2017b). *Programa de la disciplina Matemática. Plan de Estudios «E».*Carrera Ingeniería en Bioinformática. Ministerio de Educación Superior .Cuba.
7. Colectivo de autores. (2017c). *Programa de la disciplina Química. Plan de Estudios «E».*Carrera Ingeniería en Bioinformática. Ministerio de Educación Superior .Cuba.
8. Colo Herrera, A., & Patriitti, H. (2004). *Aplicaciones de la derivada. Ejercicios resueltos*. Recuperado de <http://www.acienciasgalilei.com/alum/mat/aplicaciones-derivadas.pdf>
9. Fernández Vivet, M. (2015). *Las relaciones interdisciplinarias desde la disciplina principal integradora Formación Laboral Investigativa*. tesis]. Instituto Central de Ciencias Pedagógicas. Guantánamo.
10. González Rangel, M. Á., García Bacallao, L., García González, J. E., Travieso González, Y., & Puldón Seguí, G. (2015). Proposal of interdisciplinary focused-activities encouraging the integration of basic science disciplines. *Revista Cubana de Educación Médica Superior*, 29(3).
11. Océano, G. (2008). Diccionario de la Lengua Española y de Nombres Propios. *Océano Grupo Editorial, SA, España*, 150.
12. Práctico, O. (2000). Diccionario de la Lengua Española y de nombres propios. *España: Ed. Grupo Editorial Océano*.

13. Sagó Massó D. (2018). *Una metodología para la evaluación del aprendizaje con enfoque integrador en la disciplina química general en la formación de profesores licenciados en Educación Química*. Recuperado de Tesis de Doctorado.
14. Sagó Massó, D. (2016). Sagó Massó, D. (2016). Acciones metodológicas para la concreción de la evaluación del aprendizaje en la disciplina Química General. . Recuperado de www.revista.iplac.rimed.cu/index.php?searchword...ordering=newest. *Revista IPLAC*, 3. Recuperado de <http://www.revista.iplac.rimed.cu/>
15. Stewart, J. (2011). *Calculus, Early Transcendentals, AP ed.* Cengage Learning.