

Tipo de artículo: Artículo original

## La preparación de los profesores en los contenidos químicos relacionados con la bioinformática

The preparation of teachers in chemical contents related to bioinformatics

Nilda Delgado Yanes <sup>1\*</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-3617-7719>

Pablo Enmanuel Ramos Bermúdez <sup>2</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-8439-948X>

Cecilia de la Caridad González González <sup>3</sup>, <https://orcid.org/0000-0003-0404-3449>

<sup>1</sup> Universidad de las Ciencias Informáticas. Cuba.

<sup>2</sup> Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología. Cuba.

<sup>3</sup> Centro de Inmunología Molecular. Cuba.

\*Autor para la correspondencia. [nildady@uci.cu](mailto:nildady@uci.cu)

---

### RESUMEN

La utilización de los entornos virtuales de aprendizaje en el proceso docente de la carrera Ingeniería en Bioinformática es una de las prioridades en la actualidad en la Universidad de las Ciencias Informáticas. La caracterización de los procesos formativos en varias disciplinas en el uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, arrojó uno de los resultados del proyecto de investigación “Estrategia didáctica de innovación que potencie la utilización de los entornos virtuales de aprendizaje en el montaje de las asignaturas en la carrera de Ingeniería en Bioinformática”, en el que se detectó inconsistencia en el uso



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

del entorno virtual de aprendizaje, manifestada en la escasa preparación de docentes y en la carencia de la identificación de los nodos integradores que permiten darle un enfoque a la enseñanza de la Química que sirven de base a otras disciplinas de la carrera como la Biología y la Bioinformática. El objetivo de este trabajo fue diseñar un sistema de acciones que permitan la preparación de los profesores en los contenidos químicos, en función de los procesos formativos de la carrera de Ingeniería en Bioinformática. Los métodos que se utilizaron fueron: el analítico sintético, el histórico lógico, el análisis documental, la observación y la entrevista, además, se utilizaron algunas herramientas informáticas. Los resultados alcanzados se concretaron en un conjunto de acciones para la preparación de los profesores de la carrera en los contenidos químicos y el uso de las bases de datos biológicas, de gran actualidad en el proceso docente.

**Palabras clave:** proceso; formativo; bioinformática; nodos; integradores.

## **ABSTRACT**

The use of virtual learning environments in the teaching process of the Bioinformatics Engineering career is one of the current priorities at the University of Informatics Sciences. The characterization of the formative processes in several disciplines in the use of Information and Communication Technologies, showed one of the results of the research project “Didactic strategy of innovation that enhances the use of virtual learning environments in the assembly of subjects in the career of Bioinformatics Engineering”, in which inconsistency was detected in the use of the virtual learning environment, manifested in the poor preparation of teachers and in the lack of identification of the integrating nodes that allow giving an approach to the teaching of Chemistry that serve as a basis for other disciplines of the career such as Biology and Bioinformatics. The objective of this work was to design a system of actions that allow the preparation of teachers in chemical contents, according to the formative processes of the Bioinformatics Engineering career. The methods used were: synthetic analytical, historical-logical, documentary analysis, observation and interview, and some computer tools were also used. The results achieved resulted in a set of actions for the preparation of the professors of the career in chemical contents.

**Keywords:** process; formative; bioinformatics; nodes; integrators.

**Recibido:** 16/09/2024



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional**  
(CC BY 4.0)

**Aceptado: 05/12/2024**

**En línea: 01/01/2025**

---

## Introducción

La utilización de los entornos virtuales de aprendizaje en el proceso docente de la carrera Ingeniería en Bioinformática es una de las prioridades en la actualidad en la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI). 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 el estudio de los contenidos relacionados con la química es especialmente útil pues facilita la comprensión de la complejidad de los organismos vivos.

La disciplina Química la integran las asignaturas “Química General y Orgánica” y “Macromoléculas” como parte del currículo propio y “Mecanismos de reacciones orgánicas” en el currículo optativo. El colectivo de profesores realizó un estudio de los principales contenidos que deben conocer los estudiantes para facilitar la adquisición de conocimientos y el desarrollo de habilidades de los temas de las demás asignaturas y en el contexto del proyecto de investigación “Estrategia didáctica de innovación que potencie la utilización de los entornos virtuales de aprendizaje en el montaje de las asignaturas en la carrera de Ingeniería en Bioinformática de la UCI”.

El proyecto de investigación presentó como uno de los resultados: la caracterización de los procesos formativos que se sustentan en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones; en particular en la carrera, a partir de las dimensiones: pedagógica, tecnológica y comunicacional, que evidenció inconsistencia en el uso del entorno virtual de aprendizaje, mostrada en la escasa preparación de docentes en los contenidos químicos y en la carencia de la identificación de los nodos de integración que le dan un enfoque a la enseñanza de la Química y que sirven de base a otras disciplinas de la carrera como la Biología y la Bioinformática. A continuación, se abordan algunos aspectos teóricos que sirven de base al tema que se trata en este trabajo.



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional**  
(CC BY 4.0)

## Nodos

Los nodos se consideran en este trabajo como un contenido que propicia las relaciones entre las asignaturas en una disciplina, los cuales propician la integración entre todas las disciplinas y que contribuyen a la formación integral del futuro profesional.

En el proceso de interacción entre las disciplinas, como aspecto importante se debe tener en cuenta, la determinación de los nodos integradores que comprenden, tanto conceptos, como leyes, teorías, habilidades y valores de las disciplinas que se fundamentan en el proceso formativo a partir de un enfoque integrador. Es por eso que se abordará a continuación algunos aspectos relacionados con los nodos interdisciplinarios.

### Nodos de integración

El diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (1990), considera la palabra nexo como "vínculo, enlace, unión, relación, ligadura, atadura, afinidad, familiaridad" (Océano, 2008). 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, 2018)

En Cuba, los nodos en la enseñanza constituyen un camino, una guía para lograr la interdisciplinariedad. En (Fernández, 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)



El objetivo de este trabajo es diseñar un sistema de acciones que permitan la preparación de los profesores en los contenidos químicos, en función de los procesos formativos de la carrera de Ingeniería en Bioinformática.

Para ello, los autores de este trabajo realizaron un análisis exhaustivo de los programas de varias disciplinas en la búsqueda de los posibles nodos integradores y profundizaron en el estudio de procesos biológicos y de bases de datos biológicas que contienen los mecanismos de reacciones de acción enzimática principalmente, temas que sirvieron de base en la elaboración de las acciones de preparación de los profesores en contenidos químicos-biológicos que se presentan en este trabajo.

## **Métodos o Metodología Computacional**

En el proceso de interacción entre las disciplinas como aspecto principal se tuvo en cuenta la identificación de los nodos integradores a partir del análisis de los programas de las disciplinas y se determinaron en una primera aproximación las invariantes del conocimiento que podían considerarse nodos integradores.

Los nodos integradores identificados fueron: estructura de las sustancias, interacciones moleculares, propiedades de las sustancias macromoleculares o sustancias de interés biológico, mecanismos de reacciones químicas, el análisis cinético y energético de las reacciones orgánicas, los mecanismos de acción enzimática y las bases de datos biológicas que contienen los mecanismos de reacciones orgánicas en procesos biológicos.

Las herramientas con las que se trabajaron fueron: el ChemOffice, el Molecular Constructor y algunas bases de datos de proteínas y ácidos nucleicos como: BLAST, UNIPROT, EBI entre otras.

Una vez identificados los nodos integradores se procedió al diseño de las acciones para la preparación de los profesores en los contenidos químicos-biológicos a tener en cuenta en el proceso formativo de la carrera.

Las acciones que propuestas fueron:

- Análisis con los estudiantes de años anteriores los contenidos que consideran sean abordados en la asignatura Mecanismos de reacciones orgánicas.



- Selección de los mecanismos de reacciones orgánicas que ocurren en los sistemas biológicos y que se pueden abordar en clases ya sea en la asignatura Bioquímica como en la optativa Mecanismos de reacciones orgánicas.
- Diseño de la evaluación final de la asignatura Mecanismos de reacciones orgánicas en forma de taller donde se aborden los mecanismos seleccionados.
- Diseño un curso de posgrado con los temas identificados y su tratamiento didáctico.

La descripción de las acciones aparece a continuación:

El análisis de los contenidos que se impartieron en la asignatura optativa Mecanismos de reacciones orgánicas se realizó mediante una entrevista grupal con diecisiete estudiantes de cuarto año de la carrera que recibieron los contenidos en su tercer año y con trece estudiantes de cuarto año en el período de elaboración de su informe de trabajo de diploma. En la entrevista realizada coincidieron en un alto por ciento en que los temas abordados fueron desde el punto de vista químico, con carencia en el análisis de los mecanismos de reacciones orgánicas en sistemas biológicos de gran importancia en la explicación de algunos procesos en las investigaciones que realizaban.

Por lo anterior se procedió a la selección de algunos ejemplos que utilizaron en sus investigaciones. Posteriormente, se procedió al diseño de los temas a evaluar en el examen de premio de la asignatura Mecanismos de reacciones orgánicas y que constituyó un ensayo para el taller final de la asignatura.

Por último, se realizó un análisis de la información obtenida hasta el momento y se procedió a la identificación de los temas a tratar en el programa de postgrado.

## Resultados y discusión

En la búsqueda de los contenidos sobre los principales nodos integradores se identificaron las definiciones y una parte de los conocimientos sobre cada uno de los conceptos. A continuación, se describen cada uno de ellos.

### Estructura química



La definición de *estructura química de una sustancia* se asume como: la composición, el orden de enlace de los átomos en las moléculas y su disposición espacial. A continuación, se dan algunas sugerencias en el estudio de la estructura de algunas sustancias, por ejemplo:

**Ejemplo 1:** la molécula metano:

- Composición: un átomo de carbono y cuatro átomos de hidrógeno
- Orden de enlace: los cuatro átomos de hidrógeno se unen por enlace covalente polar al átomo central que es el carbono.
- Disposición espacial: forma un tetraedro regular
- Análisis de su estructura: la forma que adopta la molécula de metano es también tetraédrica, ya que los cuatro enlaces carbono-hidrógeno ejercen un efecto simétrico cuya resultante del momento dipolo es nulo.

La figura 1 muestra la estructura de la molécula de metano.



**Fig 1.** Estructura tetraédrica de la molécula de metano.

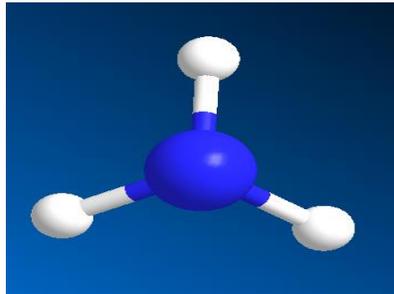
Fuente: (Addlink Software Científico)

**Ejemplo 2:** la molécula de amoníaco

- Composición: un átomo de nitrógeno y tres átomos de hidrógeno
- Orden de enlace: los tres átomos de hidrógeno se unen por enlace covalente polar al átomo central que es el nitrógeno.
- Disposición espacial: forma una pirámide
- Análisis de su estructura: la forma que adopta la molécula de amoníaco es también tetraédrica, pero deformada, por eso se dice que es piramidal, ya que los tres enlaces nitrógeno-hidrógeno ejercen un efecto cuya resultante del momento dipolo es igual a 1,63 D (Debyes).

La figura 2 muestra la estructura de la molécula de amoníaco.





**Fig 2.** Estructura de la molécula de amoníaco.

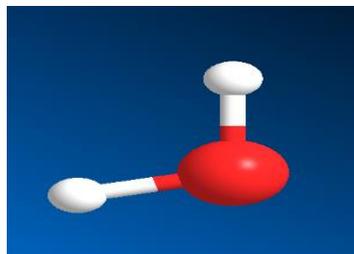
Fuente: (Addlink Software Científico)

De forma similar se realiza el análisis de la molécula de agua.

**Ejemplo 3:** molécula de agua

- Composición: un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno
- Orden de enlace: los dos átomos de hidrógeno se unen por enlace covalente polar al átomo central que es el oxígeno.
- Disposición espacial: forma angular
- Análisis de su estructura: la forma que adopta la molécula de agua es también tetraédrica, pero deformada, por eso se dice que es angular, ya que los dos enlaces oxígeno-hidrógeno ejercen un efecto cuya resultante del momento dipolo es igual a 1,9 D (Debyes).

La figura 3 muestra la estructura de la molécula de agua.

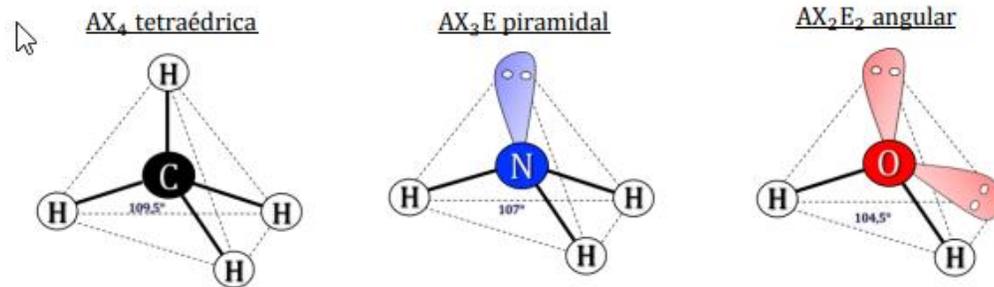


**Fig 3.** Estructura de la molécula de agua.

Fuente: (Addlink Software Científico)

Al analizar las tres moléculas además de los aspectos que contiene la definición de estructura química de la molécula, se debe tener presente la forma que adopta producto de las interacciones resultantes. Para resumir los ejemplos tratados se muestra la figura 4 que representa las estructuras de las tres moléculas.





**Fig 4.** Estructuras de las moléculas de metano, amoníaco y agua.

### Interacciones moleculares

En el estudio de las interacciones moleculares se identificaron como contenidos a tener en cuenta: las interacciones moleculares por puente de hidrógeno y las fuerzas de Van der Waals ya que son las principales en el estudio de los procesos biológicos identificadas por los estudiantes.

### Propiedades de las moléculas

En el caso de las propiedades de las macromoléculas se determinó que hacer énfasis en las propiedades físicas como la temperatura de fusión y de ebullición, la densidad y la solubilidad.

### Mecanismo de reacción

El mecanismo por el cual transcurre una reacción química, se define como: secuencia de pasos elementales mediante los que se produce una reacción química, entendido como paso elemental la reacción que ocurre en un solo paso. (Llanes, 2009)

### Análisis cinético y energético de las reacciones químicas

El análisis cinético y energético de las reacciones químicas contempla los conceptos: reacciones endotérmicas, reacciones exotérmicas, variación de entalpía de una reacción química, energía de activación, complejo activado, velocidad de la reacción química, así como, la expresión cinética de la velocidad de la reacción y los gráficos de energía cinética contra avance de la reacción.

### Mecanismos de acción enzimática

Los mecanismos de acción enzimáticas identificados para el estudio de los procesos biológicos fueron: acción catalítica de la quimotripsina; catálisis enzimática de la proteasa en el virus de inmunodeficiencia adquirida; hidrólisis de las aspartilpeptidasas; la reacción de trans ciclación para estabilizar el anillo



tiosuccinimida en el estudio de sustancias consideradas como conjugados p64k-Cys<sup>1</sup>pP0 y la síntesis del D-glutamato.

### Bases de datos biológicas que contienen los mecanismos de reacciones orgánicas en procesos biológicos

Luego de la búsqueda de bases de datos biológicas se identificó que la más adecuada para el estudio de los mecanismos de reacciones fue la base de datos de mecanismos de catálisis enzimática del Instituto Europeo de Bioinformática (EBI) y específicamente el Atlas de mecanismos de sitios catalíticos (M-CSA) la que se muestra en la figura 5. (EBI, 2023)

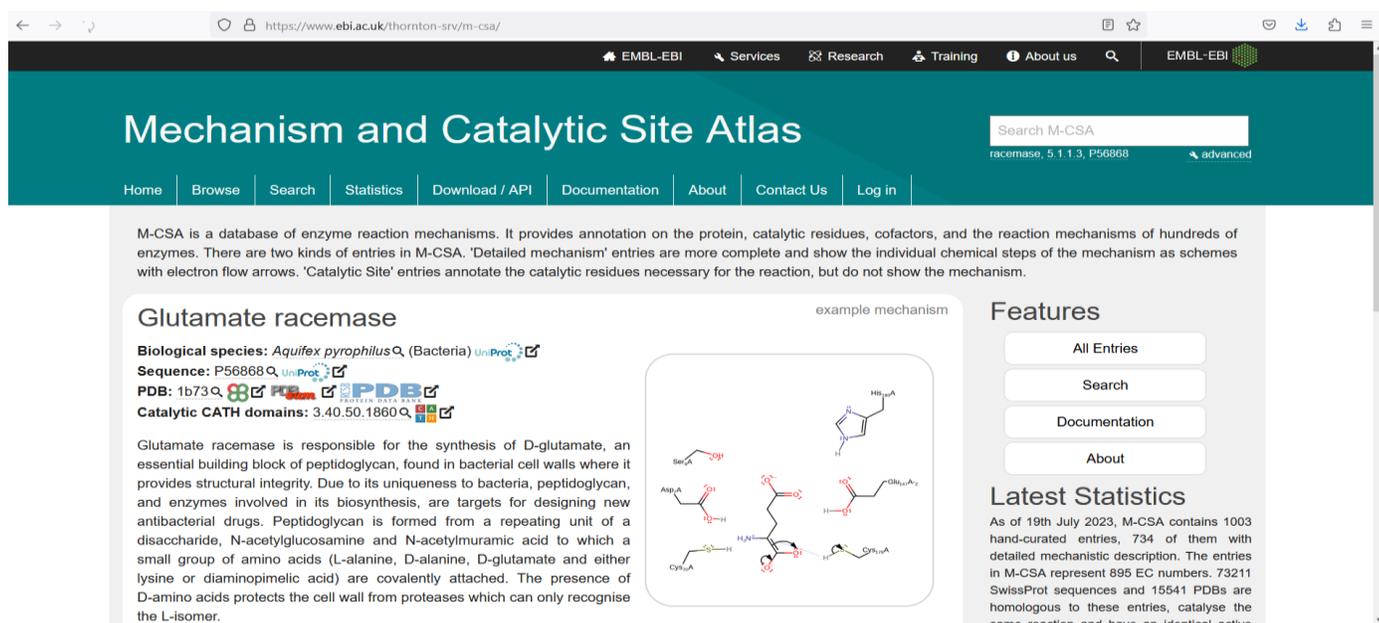


Fig 5. Base de datos sobre los mecanismos de reacciones en sistemas biológicos.

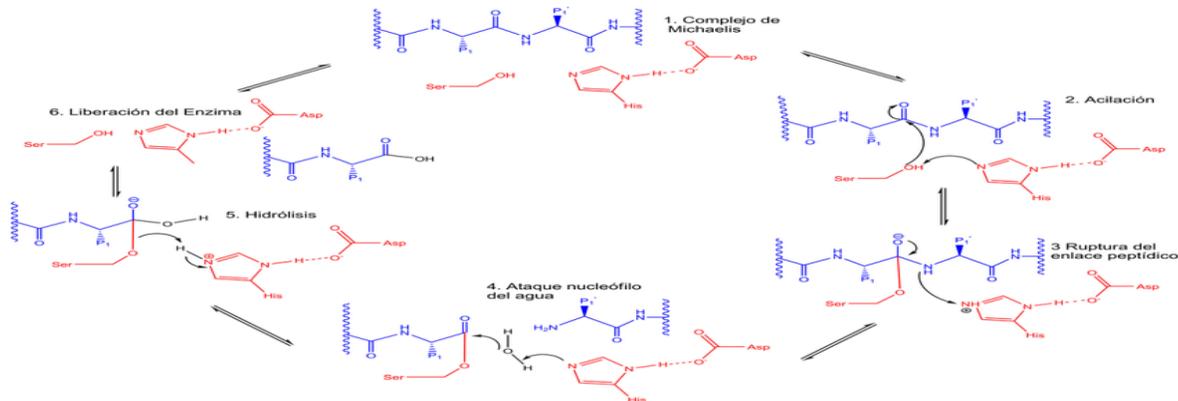
Una vez determinado las definiciones y algunos conocimientos de los nodos integradores principales en el estudio de contenidos químicos e identificada la base de datos, se procedió a realizar un estudio de los principales mecanismos de reacciones orgánicas en macromoléculas, por ejemplo, el mecanismo de acción catalítica de la quimotripsina, el cual consta de los pasos siguientes:

1. La histidina cede un protón al aspartato y lo recupera de la serina. Visto de otro modo: el aspartato capta un protón de la serina a través de la histidina.



2. a) La serina (desprotonada) es así capaz de atacar al enlace peptídico (ataque nucleófilo al carbonilo) y forma un intermediario tetraédrico; el sustrato queda así unido a la enzima de modo covalente (ahora es un estado de transición).  
b) Se rompe el enlace peptídico y el extremo amino liberado (R) recupera un protón de la histidina.  
c) La histidina, a su vez, lo recupera del aspártico.
3. a) El aspartato capta de nuevo un protón de la histidina, con lo que ésta puede captarlo a su vez del agua.  
b) Se genera así un anión hidróxido que ataca al intermediario éster entre la serina y la parte carboxilo (R') del péptido sustrato.  
c) Se forma un nuevo intermediario tetraédrico unido a la enzima (vía residuo de serina).
4. a) Se regenera el grupo carboxilo del péptido, separándose la serina y quedando así libre el otro fragmento peptídico (la parte R' con extremo carboxilo libre).  
b) La serina recupera el protón a costa de la histidina, que a su vez lo capta del aspártico.  
c) Se ha regenerado la tríada catalítica (Asp, His, Ser) en su estado original.

La figura 6 muestra el mecanismo descrito.



**Fig 6.** Estudio del mecanismo de las reacciones de la proteasa NS3 del virus de la hepatitis C con sus sustratos principales.

Luego del análisis de los nodos integradores se identificó como el eje principal integrador la estructura de las sustancias en las asignaturas de “Química General y Orgánica” y “Macromoléculas” donde los estudiantes deben reconocer, identificar y modelar las sustancias de interés biológico y en la asignatura “Mecanismos de reacciones orgánicas” es donde deben concretar el nexo con los contenidos bioquímicos.



La evaluación final de la asignatura Mecanismos de reacciones orgánicas se realizó en la forma de organización Taller, donde con anterioridad se orientó a los estudiantes la formación de cinco equipos en la que a cada equipo se le asignó uno de los temas que fueron seleccionados y en el taller expusieron las presentaciones de las reacciones y estructuras moleculares de las sustancias que se involucran en cada proceso.

El diseño del curso de postgrado para los profesores del departamento consta de los temas siguientes:

- Los mecanismos de las reacciones orgánicas (sustitución electrofílica, sustitución nucleofílica, eliminación, adición)
- Los mecanismos de acción enzimática de importancia biológica: catálisis enzimática de la proteasa en el virus de inmunodeficiencia adquirida reacción de trans ciclación para estabilizar el anillo tiosuccinimida en el estudio de sustancias consideradas como conjugados p64k-Cys<sup>1</sup>pP0; mecanismo de acción catalítica de la quimotripsina; mecanismo de hidrólisis de las aspartilpeptidasas y el mecanismo de la síntesis del D-glutamato.
- Información que brindan las bases de datos biológicas sobre el estudio de los mecanismos de reacción.

El curso se propone que se imparta de forma semipresencial y se incorpore en una de las esiciones de las escuelas de postgrados de la universidad.

## Conclusiones

Los temas que fueron identificados como nodos integradores facilitaron el diseño de las acciones a seguir en la preparación de los profesores en contenidos químicos y su relación con los contenidos biológicos.

El análisis de los contenidos abordados en la asignatura Mecanismos de reacciones orgánicas y su posterior consulta con los estudiantes que la recibieron permitió la selección de los temas a tratar en la evaluación final de la misma.

La selección de la base de datos de mecanismos de catálisis enzimática del Instituto Europeo de Bioinformática (EBI) y específicamente el Atlas de mecanismos de sitios catalíticos (M-CSA) permitió el estudio de los mecanismos de reacciones orgánicas que ocurren en los sistemas biológicos y que se pueden



abordar en clases ya sea en la asignatura Bioquímica como en la optativa Mecanismos de reacciones orgánicas.

La identificación de los nodos integradores, los temas a abordar en las evaluaciones de la asignatura Mecanismos de reacciones orgánicas y la selección de la base de datos M-CSA permitió la selección de los temas para un curso de posgrado que permite la preparación de los profesores en los procesos formativos de la carrera de Ingeniería en Bioinformática.

## Referencias

- Addlink Software Científico (s.f.). ChemOffice. Addlink-Software Científico. Disponible en: <https://www.addlink.es/productos/chembiooffice#descripcion>
- Baglan Favier, & S. M, Portuondo, L. M. (2016). Programa de la disciplina Didáctica de la Química. Disciplina Química. Guantánamo. Cuba.
- European Bioinformatics Institute. (2023). Mechanism and Catalytic Site Atlas. Recuperado el 20 de marzo de 2023, de Mechanism and Catalytic Site Atlas. Disponible en: <https://www.ebi.ac.uk/thornton-srv/m-csa/>
- Fernández Vivet, M. (2015). Las relaciones interdisciplinarias desde la disciplina principal integradora Formación Laboral Investigativa. (Tesis doctoral). Instituto Central de Ciencias Pedagógicas. Cuba.
- Llanes Lazo, F. y otros (2009). Química Orgánica 1. Material en soporte digital. Disponible en:
- Océano, G. (2008). Diccionario de la Lengua Española y de Nombres Propios. Océano Grupo Editorial, SA, España, 150.
- 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?searhword...ordering=newest](http://www.revista.iplac.rimed.cu/index.php?searhword...ordering=newest). Revista IPLAC. Cuba.
- 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. (Tesis doctoral). Instituto Central de Ciencias Pedagógicas. Cuba.

## Conflicto de interés



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

Los autores autorizan la distribución y uso de su artículo.

### **Contribuciones de los autores**

1. Conceptualización: Nilda Delgado Yanes, Pablo Ramos Bermúdez, Cecilia de la Caridad González
2. Curación de datos: Nilda Delgado Yanes, Pablo Ramos Bermúdez, Cecilia de la Caridad González
3. Análisis formal: Nilda Delgado Yanes, Pablo Ramos Bermúdez, Cecilia de la Caridad González
4. Investigación: Nilda Delgado Yanes, Pablo Ramos Bermúdez, Cecilia de la Caridad González
5. Metodología: Nilda Delgado Yanes, Pablo Ramos Bermúdez, Cecilia de la Caridad González
6. Administración del proyecto: Nilda Delgado Yanes
7. Recursos: Pablo Enmanuel Ramos Bermúdez, Cecilia de la Caridad González González
8. Software: Nilda Delgado Yanes, Pablo Ramos Bermúdez, Cecilia de la Caridad González
9. Supervisión: Nilda Delgado Yanes, Pablo Ramos Bermúdez, Cecilia de la Caridad González
10. Validación: Nilda Delgado Yanes, Pablo Ramos Bermúdez, Cecilia de la Caridad González
11. Visualización: Nilda Delgado Yanes, Pablo Ramos Bermúdez, Cecilia de la Caridad González
12. Redacción – borrador original: Nilda Delgado Yanes, Pablo Ramos Bermúdez, Cecilia de la Caridad González
13. Redacción – revisión y edición: Nilda Delgado Yanes, Pablo Ramos Bermúdez, Cecilia de la Caridad González

### **Financiación**

La investigación no requirió fuente de financiamiento.

