

**ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE LOS CONCEPTOS COENZIMA Y  
APOENZIMA ASOCIADOS AL ESTUDIO DE ACTIVIDAD ENZIMÁTICA: UNA  
MIRADA DESDE EL MODELO DE APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS  
MEDIANTE LA METODOLOGÍA FLIPPED CLASSROOM**

**Luisa Fernanda Gonzalez Gomez  
Laura Yuliana Monguí Aponte  
Tania Daniela Hernández Guzmán**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
LICENCIATURA EN QUÍMICA  
BOGOTÁ, D. C.  
2020**

**ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE LOS CONCEPTOS COENZIMA Y  
APOENZIMA ASOCIADOS AL ESTUDIO DE ACTIVIDAD ENZIMÁTICA: UNA  
MIRADA DESDE EL MODELO DE APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS  
MEDIANTE LA METODOLOGÍA FLIPPED CLASSROOM**

**Luisa Fernanda Gonzalez Gomez  
Laura Yuliana Monguí Aponte  
Tania Daniela Hernández Guzmán**

Línea de investigación Enseñanza-Aprendizaje de Conceptos Químicos una  
Propuesta de Trabajo Práctico Semillero de investigación Chimeia Studen Chapter  
ACS-UPN

Director:  
**RODRIGO RODRÍGUEZ CEPEDA**  
Químico, MBA, MSc, Dr.

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
LICENCIATURA EN QUÍMICA  
BOGOTÁ, D. C.  
2020**

## DEDICATORIA

*El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios por darnos la sabiduría, idoneidad e inspiración.*

*A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, ya que, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertimos en lo que somos. Ha sido un orgullo y privilegio ser sus hijas.*


*A nuestros esposos, hijos, hermanos, abuelos, tíos, sobrinos y demás familiares por estar siempre presentes, acompañándonos en esta aventura, recordándonos a diario el valor del amor y de la persistencia para superar las dificultades.*

## AGRADECIMIENTOS

*Agradecemos a Dios y a todas las personas que hicieron posible esta investigación y que de alguna manera estuvieron con nosotras en los malos y buenos momentos. Estas palabras son para ustedes.*

*A nuestros padres por todo su amor, comprensión y apoyo. A nuestro director de tesis, el Dr. Rodrigo Rodríguez Cepeda, por la orientación, la amistad, la paciencia y la ayuda brindada para la realización de este trabajo de grado.*

*A todos nuestros docentes de la Licenciatura en Química, que nos enseñaron a ser profesionales sin perder el lado humano, impulsándonos siempre a seguir adelante. Finalmente, a la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia por ser nuestra casa formadora durante los últimos años.*

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Ministerio de Educación</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2012</b>	<b>Página 5 de 117</b>	
<b>1. Información General</b>		
<b>Tipo de documento</b>	Trabajo de grado	
<b>Acceso al documento</b>	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central	
<b>Título del documento</b>	Enseñanza aprendizaje de los conceptos coenzima y apoenzima asociados al estudio de actividad enzimática: una mirada desde el modelo de aprendizaje basado en problemas mediante la metodología Flipped Classroom.	
<b>Autor(es)</b>	Laura Yuliana Monguí Aponte Luisa Fernanda Gonzalez Gomez Tania Daniela Hernández Guzmán	
<b>Director</b>	Rodrigo Rodríguez Cepeda	
<b>Publicación</b>	Bogotá, 2020. Universidad Pedagógica Nacional	
<b>Unidad Patrocinante</b>	Universidad Pedagógica Nacional	
<b>Palabras Claves</b>	Apoenzima, aprendizaje basado en problemas, coenzima, Flipped Classroom, migraña	

<b>2. Descripción</b>
<p>El presente trabajo de grado, desarrollado en el semillero de investigación Chimeía, expone el diseño y aplicación de una unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje de los conceptos coenzima y apoenzima, asociados al estudio de la actividad enzimática. En este sentido, la aplicación didáctica siguió la metodología Flipped Classroom, enmarcada en el modelo de aprendizaje basado en problemas (ABP). Para el desarrollo de la propuesta, se planteó como problema general orientador la enfermedad de la migraña y se trabajó con población universitaria, registrada en el ciclo de profundización de la carrera de Licenciatura en Química.</p> <p>Para ésta investigación se tuvo en cuenta las dificultades sobre la comprensión de los conceptos coenzima y apoenzima, que se han evidenciado en los estudiantes que abordan la temática de enzimas. ya que los programas académicos no los incluyen, probablemente porque no son considerados como importantes en los modelos clásicos que explican el mecanismo enzimático, razón por la cual no se profundiza en dichos conceptos.</p> <p>Por lo tanto, el desarrollo de la unidad didáctica, propuesta en este trabajo de grado,</p>

se centra en la presentación de problemáticas, de las cuales el grupo de estudio debe asumir una postura crítico-argumentativa desde el conocimiento que adquiere a partir de las actividades explicativas, de discusión y las herramientas tecnológicas como es el uso de videos y foros, entre otros.

### 3. Fuentes

Alonso, J. (2016). Migrañas y cabello. Divulgación científica e historias de la Neurociencia. Recuperado el 20 de junio de 2020 de <https://jralonso.es/2016/07/10/migranas-y-cabello/>.

Alonso, M. J. (2018). Coenzima Q10: fuente de energía. *El farmacéutico*, 38-41. Recuperado de: [file:///C:/Users/BIENVENIDO/Downloads/EF561\\_FARMACOLOGIA\\_Q10.pdf](file:///C:/Users/BIENVENIDO/Downloads/EF561_FARMACOLOGIA_Q10.pdf)

Artuch, R., Colomé, C., Vilaseca, M., Pineda, M., & Campistol, J. (1999). Ubiquinona: Metabolismo y funciones. Deficiencia de ubiquinona y su implicación en las encefalomiopatías mitocondriales. Tratamiento con ubiquinona. *Revista de Neurología*, 29(1), 59–63. Recuperado de <https://doi.org/10.33588/rn.2901.99204>.

BARROWS H.S. (1986) A Taxonomy of problem based learning methods. *Medical Education*. 20 (6), 481-486. Recuperado de <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1986.tb01386.x>.

Battaner, E. (2005). Introducción a la Bioquímica, 2. Parte 2a: Enzimología. Recuperado 11 de junio de 2020, de <https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/119453/Enzimologia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Berg, J., Stryer, L., & Tymoczko, J. (2007). Diseño molecular de la vida, enzimas: conceptos básicos y cinética. En *Bioquímica* (pp. 205-240). Reverté.

Bowe, B., Cathal, F., & Daly, S. (2003). Teaching Physics to Engineering Students Using Problem-Based Learning. *International Journal of Engineering Education*. 19(5), 742-746.

Bravos, J. (2014). ¿Qué es el vídeo educativo? Recuperado 6 de junio de 2020, de <http://www.ice.upm.es/wps/jlbr/Documentacion/QueEsVid.pdf>

Bringas, L. D. (2010). La Migraña. *Acta Med Per*, 129-136. Recuperado de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1728-59172010000200009&lng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172010000200009&lng=es).

- Buonanotte, C., & Buonanotte, M. (2016). Migraña aguda en embarazo: oportunidades terapéuticas. *Neurología Argentina*. 8(4), 267-272. Recuperado de [10.1016/j.neuarg.2016.05.004](https://doi.org/10.1016/j.neuarg.2016.05.004).
- Caamiña, P., Blanco, P., & Díaz de Bustamante, J. (2016). El uso de modelos en una actividad de enzimas en secundaria. La enseñanza de las ciencias en el actual contexto educativo, 367-371. Recuperado de [https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/16050/2016\\_SIEC\\_Caami%C3%B1o\\_Modelos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/16050/2016_SIEC_Caami%C3%B1o_Modelos.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Campión, R. (2013). *Contenido para Flipped Classroom* [JPG]. Recuperado de <https://www.theflippedclassroom.es/wp-content/uploads/2013/09/fccmap.jpg>
- Carbonero, P. (1975). Enzimas. E.T.S.I. Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado el 24 de junio de 2020 de <http://oa.upm.es/54141/1/ENZIMAS.pdf>
- Carod, F. J., Irimia, P., & Ezpeleta, D. (2012). Migraña crónica: definición, epidemiología, factores de riesgo y tratamiento. *Rev Neurol*, 54(1), 629-37. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/224933458>.
- Castillo, E. (2019). Vitamina C en la salud y en la enfermedad. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 19(4), 95-100. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rfmh/v19n4/a14v19n4.pdf>.
- Deza, B. (2010). La Migraña. *Acta Médica Peruana*. 27(2), 129-136. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/amp/v27n2/a09v27n2.pdf>.
- Divulga Camp Tarragona, (2016). ¿Sabías que las migrañas afectan a más del 10% de la población mundial. Recuperado el 20 de junio de 2020 de <https://intargets.blogspot.com/2016/06/sabias-que-las-migrañas-afectan-mas-del.html>
- Egaña, T., Zuberogoitia, A., Pavón, A., & Brazo, L. (2012). ¿Cómo evalúan la información de internet los estudiantes universitarios? Lo que dicen los estudiantes y sus profesores. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (42), 9.
- Escobedo, J. (2009). El aprendizaje basado en problemas Como Técnica. *Didáctica Para estudiantes Universitarios*. Del Cuerpo Académico de la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Veracruzana, Campus Coatzacoalcos, Clave: P-UVER-CA-99.
- Europa Press. (2016). Asocian las migrañas a deficiencias de vitaminas. Recuperado de <https://www.infosalus.com/salud-investigacion/noticia-asocian-migrañas-deficiencias-vitaminas-20160613065233.html>.

Federación de Drogas y Alimentos (2018, febrero 26). El tratamiento de la migraña: más formas de combatir el dolor. Recuperado el 24 de junio de 2020 de <https://www.fda.gov/consumers/articulos-en-espanol/el-tratamiento-de-la-migrana-mas-formas-de-combatir-el-dolor>.

Franklin, B. (2011). Capítulo I. Las enzimas. Recuperado 11 de junio de 2020, de <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/14292/4-%20Cap%C3%ADtulo%20I.%20Las%20enzimas.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.

Garrido, M. (2003). Formación basada en las Tecnologías de la Información y Comunicación: Análisis didáctico del proceso de enseñanza-aprendizaje (Tesis de Doctorado, Universitat Rovira I Virgil). Recuperado de <https://www.tdx.cat/handle/10803/8909#page=1>.

Gonzales, F., Flores, B., García, J., & García, P. (2009). Del Cuerpo Académico de la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Veracruzana, Campus Coatzacoalcos, Clave: P-UVER-CA-99. Universidad Veracruzana. Recuperado de <https://www.uv.mx/coatza/admon/files/2013/02/MEMORIA5oFORO.pdf#page=46>

Gonzales, J. (2018). Método de aprendizaje basado en problemas para el aprendizaje en espectrofotometría en estudiantes Ing. Agroindustrial (Tesis de Maestría, Universidad San Pedro. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/288302679.pdf>.

Gonzalez, L., Monguí, L., Hernández, T. (2020). Rúbrica para la evaluación del instrumento 1. Mentefacto. Universidad Pedagógica Nacional.

Gonzalez, L., Monguí, L., Hernández, T. (2020). Rúbrica para la evaluación del instrumento 2. Cuestionario. Universidad Pedagógica Nacional.

Gómez, A. (2013). Unidad didáctica para la enseñanza de las enzimas apoyada en TIC bajo el modelo enseñanza para la comprensión. (Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia). Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/57870/1/1186835.2013.pdf>.

Gómez, M., & Isabel, B. (2018). Determinación de discapacidad y calidad de vida en pacientes con migraña que acuden a consulta de neurología en el hospital general de la plaza de la salud (Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña) Recuperado de



<https://repositorio.unphu.edu.do/handle/123456789/1135>.

Heredia, L. (2019). Programa guía de actividades para la enseñanza de conceptos asociados a inhibición enzimática a través del docking molecular en ambientes de aprendizaje blended learning. (Tesis de Pregrado). Universidad Pedagógica Nacional.

Hevia, E. (2011). Instituto del metabolismo celular. Obtenido de Sociedad para la investigación en Bioquímica, Biología Molecular y Nutrición.:  
<https://www.metabolismo.biz/web/vitamina-c/>

Labra, P., Kokaly, M. E., Iturra, C., Concha, A., Sasso, P., & Vergara, M. I. (2011). El enfoque ABP en la formación inicial docente de la Universidad de Atacama: el impacto en el quehacer docente. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 37(1), 167-185.

León, O. (2009). La ciencia y la tecnología en la sociedad del conocimiento: Ética, política y epistemología. *Revista iberoamericana de ciencia tecnología y sociedad*. 4(12), 117-120. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3045211>.

Martínez, W., Esquivel, I., & Martínez, G. (2014). Aula Invertida o Modelo Invertido de Aprendizaje: Origen, Sustento e Implicaciones. *Los modelos Tecnológico-Educativos, revolucionando el aprendizaje del siglo XXI*. 143-160.

Merla, A., & Yáñez, E. (2016). El aula invertida como estrategia para la mejora del rendimiento académico. *Revista mexicana de bachillerato a distancia*. 8 (16), 11. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.22201/cuaed.20074751e.2016.16.57108>.

Morales, P., & Landa, V. (2004). APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS. *Revista Bio-grafía Escritos sobre la biología y su enseñanza*. 13, 145-147.

National Institutes of Health. Datos sobre Vitamina C. (2016). Recuperado 6 de junio de 2020, de <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminC-DatosEnEspañol/>.

Nieves, S. (2020). TRANSFORMACIÓN DE PRÁCTICAS EVALUATIVAS EN EL LABORATORIO DE QUÍMICA INSTRUMENTAL. UNA PROPUESTA PARA HPLC (Tesis de Maestría, Universidad Pedagógica Nacional). Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12209/11533>.

Nielsen, L. (2012). Five reasons I'm not flipping over the flipped classroom. *Technology & Learning*, 32(10), 46-46.

- Osorio, M. J. A. (2020). Coenzima Q10: fuente de energía. Recuperado 20 de mayo de 2020, de <http://elfarmaceutico.es/index.php/la-revista/secciones-de-la-revista-el-farmaceutico/item/9019-coenzima-q10-fuente-de-energia#.XuL25NRKjIU>.
- Pereira (2018). Demencia cortical y subcortical, ¿qué las caracteriza? Recuperado el 12 de junio de 2020, de <https://infotiti.com/2018/06/demencias-corticales-y-subcorticales/>.
- Pole, K. (2009). Diseño de metodologías mixtas. Una revisión de las estrategias para combinar metodologías cuantitativas y cualitativas. REVISTA ARBITRADA EN CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES. 60, 37-42. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11117/252>.
- Rodríguez, R. (2019). Syllabus espacio académico Sistemas Bioquímicos. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá
- Ruiz, B., González Angulo, J., & Barba, N. (2011). Cofactor FeMco (M = Mo, V, Fe) en la nitrogenasa. Educación Química, 19(1), 34. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-893X2008000100006](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2008000100006).
- Sadker, M., & Sadker, D. (1993). Técnicas para la elaboración de preguntas. 173-228. Recuperado 11 de junio de 2020, de <http://circle.adventist.org/files/descarga/356.pdf>.
- Sanz, J. (2017). Una aproximación a la modalidad de Flipped Classroom en la asignatura de Bioquímica. REVISTA CIENTIFICA DE OPINIÓN Y DIVULGACIÓN. (35), 2-12. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6062599>.
- Schmidt, S. y Ralph, D. (2016). The flipped classroom: a twist on teaching. Contemporary Issues in Education Research (Online), 9(1), 1-6. Recuperado el 22 de junio de 2020 de: <http://search.proquest.com/openview/e79695261ac3ab2f626de837224d3afa/1?pq-riqsite=gscholar&cbl=2026881>.
- Smimport. (2018, mayo 23). El papel de los nutrientes en la patogenia y el tratamiento de las migrañas: Rev. Recuperado el 24 de junio de 2020 de <https://www.smimport.com/blog/el-papel-de-los-nutrientes-en-la-patogenia-y-el-tratamiento-de-las-migranas-rev-n19>
- Soto, I., Meléndez, L., & Jiménez, A. (2015). El tema de la catalasa en los diferentes

niveles de enseñanza de aprendizaje. *Revista Iberoamericana de producción académica y Gestión Educativa*. 2 (2), 1-15. Recuperado de <https://pag.org.mx/index.php/PAG/article/view/265>.

Sáez, R. (2017). Migraña: influencia de los estilos de vida y terapias alternativas Migraine: influence of lifestyles and alternative therapies (Trabajo Fin de Grado). Escuela Universitaria de Enfermería "Casa de Salud Valdecilla".

Sánchez, S. (2014). Fisiopatología de la migraña. Recuperado el 16 de 05 de 2020, de [https://teleduccion.medicinaudea.co/pluginfile.php/239234/mod\\_resource/content/2/Fisiopatologia%20de%20la%20migrana.pdf](https://teleduccion.medicinaudea.co/pluginfile.php/239234/mod_resource/content/2/Fisiopatologia%20de%20la%20migrana.pdf).

Takeuchi, Y. (2008). Actualización en migraña. Recuperado 11 de junio de 2020, de [https://www.acnweb.org/acta/2008\\_24\\_S3\\_44.pdf](https://www.acnweb.org/acta/2008_24_S3_44.pdf).

Trípodí, K., García, G., & Machado, C. (2015). Avances en el estudio de las dificultades en la enseñanza de actividad enzimática en el nivel superior (IV jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales) Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/58654>.

Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. (2019). *Plan de estudios ingeniería química*. Bogotá: UDCA.

Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. (2019). *Plan de estudios química farmacéutica*. Bogotá: UDCA.

Universidad de los Andes. (2019). *Plan de estudios licenciatura química*. Bogotá.

Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2015). *Plan de estudios licenciatura química*. Bogotá.

Velázquez, M. D., & Ordorica, M. Á. (2009). Termodinámica, Cinética y Enzimas. Recuperado el 11 de junio de 2020, de <https://es.slideshare.net/OswaldoAngeles/coenzimas-22595092>.

Walraven, A., Brand-Gruwel, S., & Boshuizen, H. (2009). How students evaluate information and sources when searching the World Wide Web for information. *Computers & education*, 52(1), 234-246. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.08.003>.

Worthington Biochemical Corporation. (2015). Las enzimas y el sitio activo. Recuperado 16 de mayo de 2020, de <https://es.khanacademy.org/science/biology/energy-and-enzymes/introduction-to-enzymes/a/enzymes-and-the-active-site>.

#### **4. Contenidos**

El trabajo de investigación está estructurado en cuatro momentos principales, el primero de ellos hace una contextualización de las dificultades halladas en el aprendizaje de los conceptos Coenzima y Apoenzima, en estudiantes universitarios, por tal razón se elabora una justificación y un planteamiento del problema a investigar.

En un segundo momento, se presentan los referentes teóricos disciplinares y didácticos que soporta la propuesta, donde se identifica la necesidad de abordar el estudio de los conceptos coenzima y apoenzima de forma holística, integrando su relación con los procesos enzimáticos y por tanto biológicos, igualmente, se analizan los mecanismos de acción enzimática para tener una mejor interpretación de la acción de las coenzimas y así mismo enfocar la pregunta problema que orienta el presente trabajo de grado.

En el tercer momento, se relacionan los antecedentes disciplinares y didácticos, tanto nacionales como internacionales, los cuales permiten mostrar un panorama actual de los desarrollos, propuestas y críticas planteadas por los investigadores en las temáticas propuestas en esta investigación.

Por último, se estructura la metodología de investigación enmarcada en los conceptos de recolección de datos cualitativos y cuantitativos, se plantean las fases de investigación, se hace un perfil aproximado de la población objeto de estudio y se aplican las actividades planteadas en el diseño de la secuencia, desde un enfoque de aprendizaje basado en problemas, se trabaja especialmente con el estudio de dos coenzimas como es la Q10 y la vitamina C que están íntimamente relacionadas con la enfermedad de la migraña. A través de metodología Flipped Classroom, los datos recolectados se sistematizan, analizan, y se elaboran algunas conclusiones de la investigación.

#### **5. Metodología**

Este trabajo está dirigido a estudiantes que se relacionan directamente con áreas de ciencia en especial la química y la bioquímica en educación superior, donde el interés de aprender va directamente relacionado a la enseñanza de actividad enzimática fomentando la importancia de las coenzimas y las apoenzimas en los procesos biológicos para el buen funcionamiento del organismo

La investigación está enfocada en modelo Aprendizaje Basado en Problemas, el

cual tiene como principio el uso de situaciones problema como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos a los ya establecidos, además de la metódica Flipped Classroom.

De este modo, la metodología aplicada a la investigación es de tipo mixta, “donde pueden conceptualizarse desde el uso o la combinación de metodologías de investigación provenientes de las tradiciones cuantitativa y cualitativa”. (Pole, 2009, p. 38)

La combinación de metodologías cuantitativas y cualitativas puede contribuir a los puntos fuertes y neutralizar las limitaciones que cada metodología posee, principalmente los investigadores sobre educación lo usan, ya que posibilita la construcción de estudios más sólidos.

La propuesta de este trabajo cuenta con las siguientes fases:

- **Fase 1:** diseño y aplicación de un instrumento inicial para identificar el nivel conceptual de coenzima y apoenzima que presentan los estudiantes.
- **Fase 2:** diseño y aplicación de una unidad didáctica estructurada bajo el modelo Aprendizaje Basado en Problemas desde actividades de aula invertida.
- **Fase 3:** diseño y aplicación de un instrumento final que dé cuenta de los avances en la construcción de los conceptos coenzima y apoenzima.
- **Fase 4:** sistematización de los resultados para el análisis y las correspondientes conclusiones que salga de la metodología mixta, así mismo la presentación de recomendaciones como ayuda a los futuros trabajos.

Hay que tener en cuenta revisión bibliográfica que soporta los antecedentes como los aspectos teóricos de la investigación, esta revisión se hace de manera permanente durante la investigación de acuerdo a la situación que lo amerite; de igual manera para hacer el respectivo análisis de los resultados.

## **6. Conclusiones**

Acorde a los objetivos propuestos y los resultados obtenidos, se puede concluir de la investigación que:

- Los resultados analizados de la prueba de entrada muestran que los estudiantes no identifican fácilmente los conceptos coenzima y apoenzima lo que indica, que la relación de estos conceptos con la actividad enzimática es muy mínima; por lo que se determina que los estudiantes lo ven de manera confusa o de forma imprecisa, sin presentar argumentos sólidos.

- Es evidente que la unidad didáctica, diseñada en el marco del aprendizaje basado en problemas y aplicada en un modelo Flipped Classroom, permitió mejorar la construcción de los conceptos coenzima y apoenzima en la población objeto de estudio de manera eficiente; sin embargo, de acuerdo a la comparación de los resultados obtenidos en el instrumento inicial y final se constata poca eficacia al presentar resultados favorables ya a lo último de la unidad.
- La aplicación de herramientas tecnológicas que fomentan ambientes de discusión para la enseñanza de la Bioquímica, incentivó y favoreció los procesos de aprendizaje en los estudiantes, desde la incorporación de problemas investigativos, fomentando el desarrollo de habilidades argumentativas, participativas y propositivas.
- Teniendo en cuenta que, los estudios realizados en el ámbito de la enseñanza y aprendizaje de los conceptos Coenzima y Apoenzima son muy pocos, por no decir nulos; el presente trabajo de grado ofrece la posibilidad de apertura para el abordaje de futuros estudios relacionados con la acción de las Coenzimas y Apoenzimas como tratamiento para enfermedades neurogénicas.

<b>Elaborado por:</b>	Gonzalez Gomez, Luisa Fernanda; Monguí Aponte, Laura Yuliana; Hernández Guzmán, Tania Daniela.
<b>Revisado por:</b>	

<b>Fecha de elaboración del Resumen:</b>	06	06	2020
--	----	----	------

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>21</b>
<b>2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>23</b>
<b>3. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>25</b>
<b>4. OBJETIVOS.....</b>	<b>26</b>
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	26
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26
<b>5. ANTECEDENTES.....</b>	<b>27</b>
5.1. ACTIVIDAD ENZIMÁTICA.....	27
5.2. APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS (ABP).....	29
5.3. AULA INVERTIDA O FLIPPED CLASSROOM.....	30
<b>6. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>32</b>
6.1. ENZIMAS Y ACTIVIDAD ENZIMÁTICA.....	32
6.2. APOENZIMA Y COFACTOR.....	33
6.3. COENZIMA.....	35
6.4. MIGRAÑA.....	36
<b>6.4.1. ¿QUÉ ES?.....</b>	<b>37</b>
<b>6.4.2. ¿CUÁL ES LA CAUSA DE LA MIGRAÑA?.....</b>	<b>37</b>
6.4.3. TRATAMIENTO FARMACOLÓGICO DE LA MIGRAÑA.....	40
6.4.4. TRATAMIENTO NO FARMACOLÓGICO DE LA MIGRAÑA.....	40
6.4.4.1. VITAMINA C.....	40
6.4.4.2. COENZIMA Q10.....	41
6.5. APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS (ABP).....	42
6.6. AULAS INVERTIDAS (FLIPPED CLASSROOM).....	44
<b>7. METODOLOGÍA.....</b>	<b>47</b>
7.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	47
7.2. POBLACIÓN.....	47
7.3. FASES DE LA INVESTIGACIÓN.....	47
<b>8. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>49</b>
8.1. FASE 1.....	49
8.2. FASE 2.....	53
8.3. FASE 3.....	71

**9. CONCLUSIONES.....77**  
**10. RECOMENDACIONES.....78**  
**11. BIBLIOGRAFIA.....79**  
**ANEXOS.....86**



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Ejemplo de las respuestas de los estudiantes al criterio que evalúa el Tipo de Información. Fuente: propia. ....	55
Tabla 2: Ejemplo de la respuesta del estudiante 11 al criterio que evalúa la apropiación del tema. Fuente: propia. ....	56
Tabla 3: Ejemplo de la respuesta del estudiante 7 al criterio que evalúa la relación coenzima-migraña. Fuente: propia. ....	58
Tabla 4: Ejemplo de las respuestas de los estudiantes al criterio que evalúa la relación alimentación-migraña. Fuente: propia. ....	58
Tabla 5: Ejemplo de las respuestas de los estudiantes al criterio que evalúa la relación ruta metabólica-actividad enzimática. Fuente: propia. ....	61
Tabla 6. Evidencias trabajo en equipo. ....	63

## TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Progreso de una reacción enzimática. ....	32
Ilustración 2: Modelo referente a apoenzima, coenzima, cofactor y holoenzima. ...	33
Ilustración 3: Diagrama explicativo de los tipos de enzima. ....	33
Ilustración 4: Mecanismo de acción de las coenzimas. ....	34
Ilustración 5: Coenzimas con su función. ....	35
Ilustración 6: Regiones cerebrales y sistema de sinapsis. ....	36
Ilustración 7: Mecanismo de vaso dilatación. ....	37
Ilustración 8: Localización específica de la vasodilatación. ....	38
Ilustración 9: Estructura de la Vitamina C. ....	40
Ilustración 10: Estructura de la coenzima Q10. ....	41
Ilustración 11: Componentes del Flipped Classroom. ....	44
Ilustración 12: Mapa conceptual contenido Flipped Classroom. ....	45
Ilustración 13: Mentefacto elaborado por estudiante 4. ....	50
Ilustración 14: Acercamiento al tema Actividad Enzimática, estudiante 13. ....	53
Ilustración 15: Mentefacto elaborado por estudiante 11. ....	75
Ilustración 16: Ejemplo de mentefacto para el tema de Reacción química. ....	115

## TABLA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Resultados del instrumento mentefacto. ....	48
Gráfico 2: Resultados criterio tema principal. Fuente: propia. ....	49
Gráfico 3: Respuestas al criterio conexión de conceptos. Fuente: propia. ....	51
Gráfico 4: Respuestas al criterio de organización. Fuente: propia.....	52
Gráfico 5: Respuestas al criterio de tipo de información. Fuente: propia.....	55
Gráfico 6: Respuestas al criterio apropiación del tema.....	56
Gráfico 7: Respuestas al criterio relación coenzima-migraña. Fuente: propia. ....	57
Gráfico 8: Respuestas al criterio relación alimentación-migraña. ....	60
Gráfico 9: Respuestas al criterio ruta metabólica-actividad enzimática. Fuente: propia.....	61
Gráfico 10: Respuestas al criterio ABP-Coenzima, apoenzima. Fuente: propia. ...	62
Gráfico 11: Respuestas al criterio ABP-trabajo en equipo. Fuente: propia. ....	62
Gráfico 12: Resultados del instrumento de cuestionario.....	64
Gráfico 13: Preguntas de conocimiento. ....	66
Gráfico 14: Preguntas de comprensión.....	67
Gráfico 15: Preguntas de aplicación. ....	68
Gráfico 16: Preguntas de análisis. ....	69
Gráfico 17: Resultados individuales quiz Kahoot.....	69
Gráfico 18: Nube de palabras pregunta uno. ....	72
Gráfico 19: Nube de palabras pregunta dos. ....	73
Gráfico 20: Nube de palabras pregunta tres. ....	74
Gráfico 21: Nube de palabras-comentarios. ....	74
Gráfico 22: Resultados correlación fase inicial y fase final. ....	75

## ANEXOS

ANEXO 1: UNIDAD DIDÁCTICA .....	86
ANEXO 2: RÚBRICA PARA LA EVALUACIÓN DE RESULTADOS DEL INSTRUMENTO N° 2 CUESTIONARIO .....	95
ANEXO 3: RÚBRICA PARA LA EVALUACIÓN DE RESULTADOS DEL INSTRUMENTO N° 1 PRUEBA DE ENTRADA.....	96
ANEXO 4: MENTEFACTOS ELABORADOS POR ESTUDIANTES.....	97
ANEXO 5: INSTRUMENTO N° 2 CUESTIONARIO .....	100
ANEXO 6: QUIZ PLATAFORMA KAHOOT .....	101
ANEXO 7: SISTEMATIZACIÓN DE RESULTADOS KAHOOT.....	105
ANEXO 8: RESPUESTAS CORRECTAS E INCORRECTAS POR TIPO DE PREGUNTA PARA CADA ESTUDIANTE QUIZ KAHOOT .....	106
ANEXO 9: PRÁCTICA DE LABORATORIO DETERMINACIÓN DE VITAMINA C POR LA TÉCNICA ANALÍTICA HPLC.....	107
ANEXO 10: INSTRUMENTO 1 MENTEFACTO. ....	115
ANEXO 11: PREGUNTAS INSTRUMENTO FINAL, FORO. ....	117

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, en el contexto de la enseñanza y aprendizaje de la actividad enzimática, específicamente asociada a la comprensión de conceptos como coenzima y apoenzima no existe un diseño o plan de acción para su correcta interpretación. Lo más cercano a una concepción de estos conceptos, se basa en la explicación del cómo sucede la actividad enzimática, mediante el uso de representaciones convencionales a partir del modelo llave-cerradura; el cual describe someramente la relación entre una porción proteica (apoenzima) y el cofactor, siendo éste último un componente no proteico termoestable y de baja masa molecular los cuales posteriormente interactúan con el sustrato y aceleran dicha reacción, esta representación no lleva a la profundización de las implicaciones químicas implícitas en el proceso de estudio.

Dicho lo anterior, la presente investigación está enfocada en la determinación del nivel de construcción de los conceptos coenzima y apoenzima asociados a la actividad enzimática; para el cual se propone un diseño y posterior aplicación de una unidad didáctica enfocada en el modelo de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) y el desarrollo de ambientes Flipped Classroom (aula invertida), lo cual propicia la aplicación de las metodologías diseñadas aparte de ser una herramienta que facilita la enseñanza con el uso de las TIC's, dirigido a una población universitaria; este trabajo de grado se realizó en conjunto con el semillero de investigación Chimeia Student Chapter UPN-ACS y el centro de investigaciones de la Universidad Pedagógica Nacional (DQU 027-2-020).

Para la ejecución del proyecto, se busca que el modelo Aprendizaje Basado en Problemas esté encaminado a que los procesos de aprendizaje sirvan para construir los conceptos de Coenzima y Apoenzima, de forma que se tenga en cuenta la función e importancia que cada uno desempeña en la eficacia de la actividad enzimática.

De esta manera, la siguiente propuesta se estructura en varios capítulos que muestran la ruta investigativa, enmarcada en una unidad didáctica diseñada para la enseñanza y aprendizaje de los conceptos coenzima y apoenzima. Para este fin, en el primer capítulo se realiza la justificación estructurada a partir de la problemática encontrada desde los antecedentes; donde se evidencia el contexto en torno a las dificultades halladas en el aprendizaje de los conceptos Coenzima y Apoenzima, los cuales se relacionan con algunos referentes bibliográficos que soportan la contextualización; complementando con una pregunta problema y el planteamiento del objetivo general y los objetivos específicos.

En un segundo momento, se presentan los referentes didácticos y disciplinares que soportan la propuesta, donde se identifica la necesidad de abordar el estudio de los conceptos coenzima y apoenzima de forma holística, integrando la relación que tiene con los procesos enzimáticos; se analizan los mecanismos de acción enzimática para tener una mejor interpretación del papel fundamental que desempeñan las coenzimas y así mismo enfocar el estudio.

En el tercer capítulo, se relacionan los antecedentes disciplinares y didácticos, tanto internacionales, nacionales y locales; los cuales permiten darle un soporte de otras investigaciones a la propuesta presentada en este documento. Por último, se estructura la metodología de investigación enmarcada en los conceptos de recolección de datos cualitativos y cuantitativos, se plantean las fases de investigación y se hace un perfil aproximado de la población objeto de estudio.

En el cuarto capítulo se presentan los resultados con su respectivo análisis obtenidos después de la aplicación de la unidad didáctica, los cuales mostraron un avance en los procesos de enseñanza y aprendizaje con respecto al nivel evaluativo de los conceptos apoenzima y coenzima; además de que promovió especialmente el aprendizaje reflexivo y crítico del conocimiento enmarcado a los diferentes procesos enzimáticos.

Finalmente, en el último capítulo se exponen las conclusiones y recomendaciones que pueden dar apertura al abordaje de futuras investigaciones relacionadas con los enfoques y temáticas propuestas en esta investigación.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la Universidad pedagógica Nacional se oferta la asignatura Sistemas Bioquímicos de carácter obligatorio para estudiantes que cursan octavo semestre de pregrado en Licenciatura en Química, esta tiene como eje central el comprender la diversidad de las moléculas biológicas y a partir de ello “alfabetizar científica y tecnológicamente en un contexto de significación, lo cual implica incentivar la curiosidad e interés del estudiante por acercarse desde un punto de vista científico a temáticas y tópicos que se convierten en cuestiones socialmente vivas”. (Rodríguez, 2019, p.12)

Debido a lo antes expuesto, como requisito obligatorio para cursar la asignatura de Sistemas Bioquímicos, el Departamento de Química oferta los espacios de Sistemas Biológicos I y II en sexto y séptimo semestre, de las cuales se espera que los estudiantes adquieran nociones fundamentales para la comprensión de temáticas básicas referentes a las rutas metabólicas de los seres vivos.

Hoy por hoy, los estudiantes universitarios que se hallan inmersos en el contexto de las ciencias exactas, específicamente aquellos que se encuentran aprendiendo el tema de reacciones bioquímicas catalizada por las enzimas, presentan una enseñanza somera, dado que, no se tiene en cuenta la vital importancia de que algunas enzimas (apoenzima) requieren de coenzimas para su funcionamiento en determinados y selectivos procesos biológicos. Por esta razón, en algunos casos el tema que corresponde a la actividad enzimática se les dificulta entender, debido al tipo de modelos (llave-cerradura o ajuste inducido) que se suelen utilizar. Así mismo, es fundamental tener presente la importancia de hacer reflexionar a los estudiantes sobre las limitaciones de estos modelos. (Caamiña, 2016, p.371)

Por tanto, nace la necesidad de diseñar una unidad didáctica que fomente el desarrollo del conocimiento y habilidades a través de situaciones problemáticas de la vida real en la población universitaria anteriormente descrita, centradas en la enseñanza de uno de los temas fundamentales de la Bioquímica como lo es la actividad enzimática, concretamente los conceptos coenzima y apoenzima, los cuales constituyen un factor importante en el desarrollo de procesos biológicos.

En consecuencia, de lo anterior, se formula la siguiente pregunta de investigación ¿En qué medida es posible facilitar la construcción de los conceptos coenzima y apoenzima, mediante el diseño y aplicación de una unidad didáctica basada en el modelo ABP a través del uso de metodologías virtuales (Flipped Classroom) en una población universitaria.

### 3. JUSTIFICACIÓN

A pesar de que la bioquímica es un campo importante de las ciencias, se ha observado que en los planes de estudio de formación profesional en áreas de las ciencias como son: Química, Química Farmacéutica y Licenciatura en Química, abordan esta temática en solamente un semestre, siendo el caso de universidades como la UDCA en la carrera de Ingeniería Farmacéutica en el cuarto semestre, la Distrital Francisco José de Caldas en la carrera de Licenciatura en Química en séptimo semestre por lo que, no es un tiempo suficiente para lograr una construcción significativa de los conceptos coenzima y apoenzima. Por otro lado, universidades como la de los Andes y la Nacional no lo abordan en las carreras de Licenciatura en Química e Ingeniería Química, respectivamente.

En este contexto, en la Universidad Pedagógica Nacional, en el espacio académico de sistemas bioquímicos, se aborda la temática de actividad enzimática, la cual involucra procesos asociados al metabolismo en cuanto a los mecanismos de síntesis y oxidación de las células, abordando los conceptos de obtención de energía a partir de glúcidos, rutas alternas de oxidación de glucosa y síntesis de glucosa; pero los mecanismos y conceptos asociados a coenzima y apoenzima no son desarrollados a profundidad. Estos conceptos son importantes porque son considerados factores determinantes en el funcionamiento apropiado de los sistemas catalíticos biológicos. (Rodríguez, 2019)

Teniendo en cuenta la problemática mencionada anteriormente, el presente trabajo de grado pretende analizar la importancia de la enseñanza y aprendizaje de los conceptos coenzima y apoenzima, establecido en el modelo Pedagógico Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), haciendo uso de las metodologías del Flipped Classroom; considerando que, este modelo junto con los ambientes de educación virtual e incorporando herramientas como las TIC's permiten centrar al estudiante en la construcción de conocimiento y el desarrollo de habilidades a través de situaciones de la vida real.



## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. OBJETIVO GENERAL**

- Determinar en qué nivel se construyen los conceptos Coenzima y Apoenzima asociados a la actividad enzimática mediante la aplicación de una unidad didáctica basada en el modelo ABP por medio de metodologías de Flipped Classroom en una población universitaria.

### **4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar los conceptos iniciales de la población objeto de estudio frente a coenzima y apoenzima, mediante el diseño y aplicación una prueba de entrada.
- Diseñar y aplicar una unidad didáctica en la metodología Flipped Classroom para la enseñanza y aprendizaje de los conceptos de Coenzima-apoenzima basada en el modelo ABP.
- Comparar y determinar el grado de construcción de los conceptos Coenzima y Apoenzima, el cual definirá la eficacia de la unidad didáctica.

## 5. ANTECEDENTES

A continuación, se realiza una breve descripción de los trabajos y artículos elegidos como documentos de apoyo que dan soporte al siguiente trabajo de grado, para el cual se tuvo en cuenta las bases de datos de revistas como: Revista Iberoamericana de producción académica y Gestión Educativa y Revista Científica de Opinión y Divulgación; trabajos de grado y maestría de la Universidad de la Plata, Universidad Nacional del Santa y la Universidad Pedagógica Nacional. De esta forma, los parámetros de búsqueda se apoyan en el planteamiento de la situación problema y los objetivos trazados.

En consecuencia, en la búsqueda de los antecedentes se tuvieron en cuenta tres aspectos, el primero se ocupa de las investigaciones realizadas en el área de la enseñanza de la bioquímica, específicamente las dificultades en la enseñanza de la actividad enzimática; el segundo, relacionado con los trabajos realizados en el campo de la pedagogía con respecto al Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) y; el tercero, enfocado a la implementación de las metodologías de aula invertida (Flipped Classroom).

### **Actividad enzimática**

La enseñanza de la bioquímica, específicamente la actividad enzimática ha sido un campo ampliamente estudiado, ya que ha aportado recursos intelectuales cada vez más elaborados (Mundo, Bacteri & Euca, 2005) para la investigación de algunas reacciones bioquímicas catalizadas por enzimas, como la síntesis y rutas metabólicas de algunas sustancias importantes en el tratamiento de enfermedades que deterioran la calidad de vida. Por lo anterior, cobra relevancia el hecho de identificar las dificultades asociadas a los modelos usualmente empleados en la enseñanza y aprendizaje en esta área y surge la necesidad de dar una explicación desde conceptos asociados como es la coenzima y la apoenzima.

Es así como Trípodi, García & Machado (2015), en su trabajo titulado “Avances en el estudio de las dificultades en la enseñanza de actividad enzimática en el nivel superior”, describen el estudio de la enseñanza del tema actividad enzimática en la asignatura Química Biológica, el cual tiene el propósito de identificar las principales dificultades en la enseñanza del tema y elaborar propuestas didácticas que superen esas dificultades.

Los autores, concluyen que las dificultades en la enseñanza giran en torno al énfasis marcado en los modelos matemáticos en detrimento de los aspectos fenomenológicos; un escaso acento en la explicitación de las ideas centrales, así como cierta falta de precisión en el lenguaje utilizado, el predominio de preguntas retóricas y de corroboración de aprendizajes.

De esta manera, este trabajo aporta a la presente investigación en la consideración de la persistencia de algunas dificultades que pueden presentarse en la población de estudio, debido a los modelos matemáticos que suelen emplearse para facilitar la enseñanza de la actividad enzimática y además una forma de llevar al estudiante a un contexto claro y definido para que logre articular la teoría y llevarlo a la práctica.

En esa misma dirección, el estudio realizado por Soto, Meléndez, & Jiménez (2015), titulado “El tema de la catalasa en los diferentes niveles de enseñanza aprendizaje”, describe un estudio con respecto a la catalasa y su acción como enzima antioxidante en tejidos vegetales y animales, que tiene como finalidad dar a conocer a los docentes el cómo impartirlo en los diferentes niveles de enseñanza escalando en el conocimiento de cada etapa de formación académica.

Llegando a la conclusión que, un mismo tema se puede impartir escalando en el conocimiento; es decir, tomando los conocimientos previos en cada caso hasta llegar a las aplicaciones prácticas lo cual se puede traducir como un conocimiento significativo.

La importancia de este trabajo en la presente investigación, se basa especialmente en escalar el conocimiento, facilitando la enseñanza de la actividad enzimática en un nivel profesional; por ejemplo, en el espacio académico Sistemas Bioquímicos donde se pueden llegar a introducir conceptos como cinética enzimática, cofactores metálicos, sustratos oxidados, e implicaciones clínicas; siendo el caso de la prevención y tratamiento de la migraña a partir de la implementación no farmacológica de coenzimas como la Q10 y la vitamina C.

De igual manera, el trabajo de Heredia (2019), titulado “Programa Guía De Actividades para la enseñanza de conceptos asociados a inhibición enzimática a través del Docking Molecular en Ambientes de aprendizaje Blended Learning”, recopila el diseño de un programa guía de actividades para la enseñanza de conceptos asociados a inhibición enzimática, a través del uso del Docking Molecular en ambientes de aprendizaje B-Learning, orientado a estudiantes de áreas de química y ciencias de la Salud en la Educación Superior Colombiana.

La autora concluye que, el diseño de un PGA enfocado en el uso del Docking Molecular como estrategia didáctica para la enseñanza de conceptos asociados a

los modelos de inhibición es pertinente y de gran contribución en la enseñanza de bioquímica, ya que presentan una influencia positiva en el aprendizaje de los conceptos asociados a la temática de introducción de enzimas. Además, innovador ya que no existe una base de datos de alcaloides provenientes de la familia botánica Amaryllidaceae, por lo que, a partir de esta se pueden plantear futuras investigaciones de metabolitos secundarios con fines terapéuticos.

El aporte de este trabajo radica en la persistencia de las limitaciones (llave cerradura – ajuste inducido) presentadas actualmente en la enseñanza de los modelos de inhibición enzimática, las cuales son derivadas de los diversos libros de texto. Así mismo, se presenta una alternativa innovadora que propicia la enseñanza contextualizada en torno al tratamiento sintomático de la enfermedad de Alzheimer, como una enfermedad neurogénica; al igual que, la cefalea primaria tipo migraña las cuales proporcionan un deterioro en la calidad de vida de las personas que lo padecen.

### **Aprendizaje basado en problemas (ABP)**

En su trabajo: Método de aprendizaje basado en problemas para el aprendizaje en espectrofotometría en estudiantes de Ing. Agroindustrial, Gonzales (2018), buscaba definir si el método de aprendizaje basado en problemas mejora el desarrollo del conocimiento en cuanto a las técnicas instrumentales analíticas como la espectrofotometría en estudiantes del sexto ciclo del curso de Análisis Instrumental de la Escuela Profesional de Ing. Agroindustrial, de la Universidad Nacional del Santa.

Los autores concluyen que hubo un incremento significativo en el nivel de aprendizaje y conocimiento sobre la espectrofotometría del curso de Análisis Instrumental con un nivel regular de 25% lo que representa a 7 estudiantes y nivel Bueno de 75% lo que representa a 21 estudiantes. Para un total de muestra de 28 estudiantes.

Este trabajo aporta elementos significativos, ya que los autores presentan las ventajas del uso del método de aprendizaje basado en problemas y los elementos presentes en este modelo pedagógico. De esta manera, se resalta la innovación del modelo de aprendizaje que propicia la aplicación de la temática del presente

trabajo de grado por medio de la incorporación y planteamiento de situaciones problema que facilitan la adquisición de nuevos y significativos conocimientos.

### **Aula invertida o Flipped Classroom**

El trabajo realizado por Velandia (2019) titulado “Desarrollo de habilidades argumentativas en el estudio anti cáncer de los flavonoides del té verde a través de un AVA mediante el modelo Flipped Classroom”, compila el diseño de una estrategia didáctica para el desarrollo de habilidades argumentativas en docentes en formación inicial mediante el diseño e implementación de un ambiente virtual de aprendizaje (AVA), desde el modelo pedagógico Flipped Classroom (aula invertida), a partir de las propiedades anti-cáncer de los flavonoides (catequinas) del té verde.

La autora concluye que, la estrategia didáctica en un ambiente virtual de aprendizaje permite fortalecer la habilidad argumentativa en docentes en formación inicial de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, a partir del vínculo generado entre el ambiente de aprendizaje y las temáticas realizadas. Y, además, que los ambientes Flipped Classroom propician mayor entendimiento de los conceptos a abordar, ya que se genera una contextualización de las temáticas previamente a la clase magistral.

Esta investigación aporta al presente trabajo los aspectos relacionados con la determinación de flavonoides del té verde y su acción antioxidante en radicales libres, asociados al cáncer de mama y su relación con la prevención y tratamiento al implementar moléculas orgánicas como las catequinas, un tipo de flavonoides. Al igual que, el uso de las metodologías de Flipped Classroom por medio de la incorporación y manejo de las TIC's.

El doctor Sanz, es su estudio descrito en un artículo titulado "Una aproximación a la modalidad de Flipped Classroom en la asignatura de Bioquímica" en el 2017 en Madrid, describe cómo se ha desarrollado la metodología Flipped Classroom mediante una actividad piloto en la asignatura de Bioquímica del Grado de Fisioterapia durante el curso académico 2015-2016. Aquí se implementó el aprendizaje autónomo mediante videos y con la elaboración de un mapa conceptual final en el aula y la realización de cuestionarios online.

Como conclusiones del estudio, Sanz menciona que el curso donde se implementó la metodología Flipped Classroom incrementó el proceso de aprendizaje obteniéndose unos mejores resultados que el otro grupo, menciona que para realizar esta práctica se requiere de una buena planificación y elección de las herramientas fomentando el trabajo en equipo que incide positivamente en la construcción de conocimiento.

Este trabajo aporta aspectos esenciales para la elección de las herramientas adecuadas de Flipped Classroom, lo que incluye dimensionar las actividades, también mantener un cronograma adecuado y buena planificación. La realización de actividades incide positivamente en la construcción de conocimiento, ya que permite afianzar los procesos cognitivos, como alternativa a las clases magistrales.

Hay que resaltar que, en la revisión bibliográfica para realizar los antecedentes no se encontró ningún estudio que enfatizara en la enseñanza y aprendizaje de los conceptos coenzima y apoenzima; en cuanto al enfoque Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), se encontraron varias investigaciones pedagógicas con relación a la Bioquímica, pero ninguno profundiza en la actividad enzimática y mucho menos en los conceptos coenzima y apoenzima; lo mismo ocurre con las metodologías Flipped Classroom.

## 6. MARCO TEÓRICO

Con el fin de presentar un soporte teórico para el presente proyecto de investigación, se describen los referentes teóricos los cuales abarcan temas relacionados a la actividad enzimática, a partir de lo cual se despliegan los conceptos de apoenzima y coenzima; a su vez, se describe el modelo pedagógico aprendizaje basado en problemas (ABP) y el aprendizaje a través de metodologías virtuales del Flipped Classroom. Dicho lo anterior, se asocia todo en el contexto de la enfermedad de la migraña y la repercusión de dos coenzimas pertinentes como la Q10 y vitamina C, para la prevención y/o tratamiento de esta.

### 6.1. Enzimas y Actividad enzimática.

Según Ruiz, González Angulo & Barba (2011), las enzimas son proteínas globulares solubles que catalizan reacciones biológicas en los organismos vivos, en su forma más esquemática, un *catalizador bioquímico*. Las enzimas actúan sobre sustancias denominadas sustratos, uniéndose a ellos por medio de interacciones tipo Van der Waals, electrostáticas e hidrofóbicas, o por medio de enlaces de hidrógeno, enlaces covalentes transitorios, reacciones ácido-base, reacciones de óxido-reducción o reacciones de transferencia de grupo. Forman complejos enzima-sustrato que dan como resultado productos de importancia biológica, así como la enzima regenerada. Así mismo, la actividad enzimática es, como su nombre lo indica, la encargada de la *actividad* catalítica responsable de la transformación de un micromol de sustrato por minuto en condiciones óptimas de la enzima. (Carbonero, 1975)

Una de las características destacables de las enzimas es la capacidad de disminuir la energía de activación, es decir, la cantidad de energía que se debe agregar a una reacción para que esta comience. Las enzimas funcionan al unirse a las moléculas del reactivo mediante los enlaces correspondientes; de tal manera que, los procesos de formación y ruptura de enlaces químicos sucedan más fácilmente. La ilustración 1, indica lo anteriormente descrito.

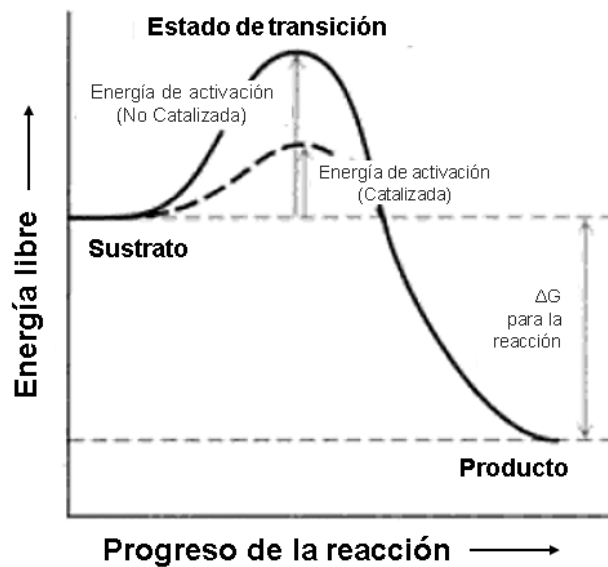


Ilustración 1: Progreso de una reacción enzimática.

Tomada de: (Berg, Stryer & Tymoczko, 2007)

Hay que tener en cuenta que, las enzimas no cambian el valor de  $\Delta G$  de una reacción. Es decir, no cambian la liberación o la absorción de energía de la reacción en general; solo se encargan de disminuir la energía del estado de transición, un estado inestable por el que deben pasar los reactivos para formarlos productos. La capacidad de las enzimas para catalizar reacciones está ligada directamente a factores como la temperatura y el pH. (Worthington Biochemical Corporation, 2015)

## 6.2. Apoenzima y Cofactor.

Todas las enzimas son proteínas, sin embargo, pueden estar formadas únicamente por cadenas polipeptídicas o contener, además, otro grupo no proteico. En este último caso, la parte proteica recibe el nombre de apoenzima, mientras que la parte no proteica se denomina cofactor. (Franklin, 2011)

La apoenzima se encarga de proporcionar la estructura espacial específica que permite la unión a los sustratos. El cofactor o el grupo prostético son los componentes enzimáticos que llevan a cabo la reacción propiamente dicha, es decir, la catálisis en sentido estricto. El cofactor, es la parte más importante de una enzima, ya que es el lugar donde se lleva a cabo la reacción con el sustrato, es decir el sitio activo. Éste puede estar constituido por iones metálicos (magnesio, zinc, cobre, etc.), o por moléculas orgánicas, en cuyo caso se denomina coenzima



(Ruiz, et al., 2011). En algunos casos, los enlaces entre los iones metálicos y los radicales de ciertos aminoácidos ayudan a mantener la estructura terciaria o a estabilizar la estructura cuaternaria de la proteína. Este tipo de enzimas con estas características son denominadas holoenzimas; en la Ilustración 2, se observa un modelo y en la Ilustración 3 un diagrama detallado.

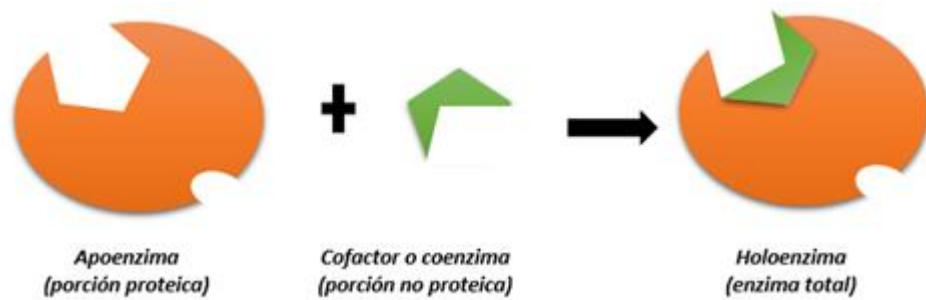


Ilustración 2: Modelo referente a apoenzima, coenzima, cofactor y holoenzima.

Fuente: propia.

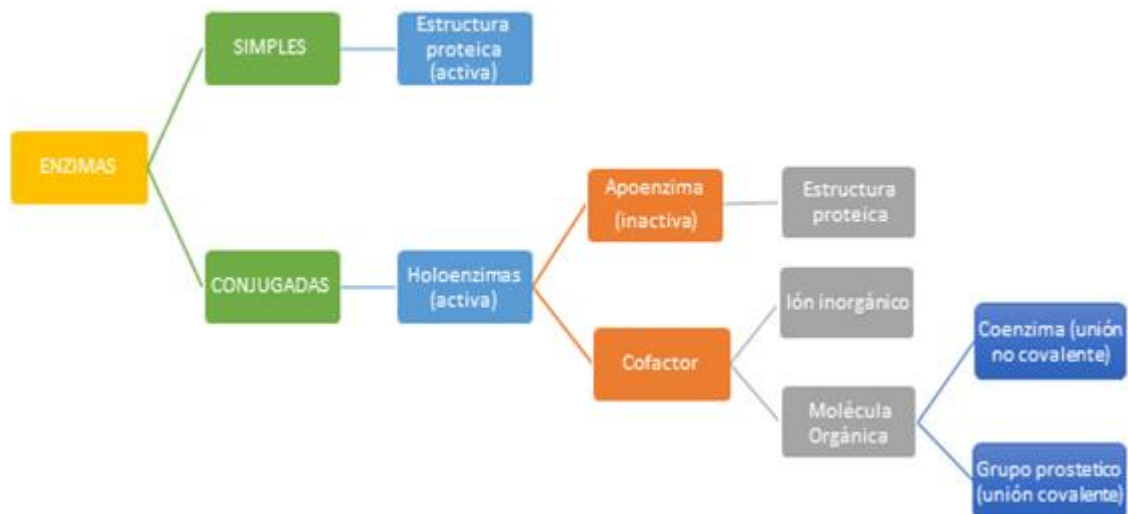


Ilustración 3: Diagrama explicativo de los tipos de enzima.

Fuente: propia.

Las coenzimas constituyen un grupo molecular muy diverso que comprende numerosos derivados vitamínicos. En los casos en que la enzima consta sólo de parte proteica, ésta se encarga tanto de fijar específicamente el sustrato como de

llevar a cabo la reacción sobre él. Para ello existen ciertas regiones de la cadena polipeptídica cuyos aminoácidos se unen a los sustratos, y otras zonas que interactúan con éstos para la realización de la reacción. (Battaner, 2005)

### 6.3. Coenzima

En 1907, Gabriel Bertrand propuso el término coenzima, para referirse a las moléculas orgánicas, de naturaleza no proteínica, necesarias para la actividad de las enzimas, que formaban parte de la coenzima, descubierta por Harde y Young. Tradicionalmente, las coenzimas se clasifican en dos grupos, según la fuerza con que se unen a su apoenzima, coenzimas libres, que se pueden separar por diálisis, y grupos prostéticos, que no se pueden separar por diálisis debido a que están unidos con enlaces covalentes. Sin importar el grupo a que pertenezcan, la función de las coenzimas es la misma, transportar grupos químicos o equivalentes reductores entre moléculas diferentes. Usando como criterio su función, las coenzimas se clasifican como enzimas de óxido-reducción, cuando transportan equivalentes reductores y coenzimas de transferencia, cuando transportan grupos químicos. En ambos casos, las coenzimas son transformadas en una reacción, y regeneradas en otra, como se describe en la ilustración 4. (Velázquez & Ordorica, 2009)

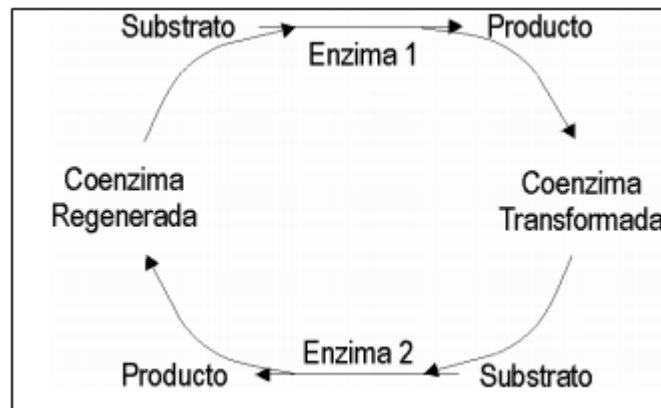


Ilustración 4: Mecanismo de acción de las coenzimas.

Tomado de: (Velázquez Monroy & Ordorica Vargas, 2009)

En el caso de las coenzimas libres, lo más común es que las reacciones de transformación y regeneración sean catalizadas por enzimas diferentes, mientras que para las coenzimas prostéticas ambas reacciones son catalizadas por la misma enzima. En la ilustración 5 se muestran algunos tipos de coenzimas con su determinada función incluyendo las de interés de esta investigación. (Gómez, 2013)

Ilustración 5: Coenzimas con su función.

Coenzima	Fuente vitamínica	Principales funciones metabólicas	Función mecanicista
<b>Trifosfato de adenosina (ATP)</b>	--	Transferencia de grupos fosforilo o nucleotídico	Cosustrato
<b>Coenzima A (CoA)</b>	Pantoteno (B5)	Transferencia de grupos acilo	Cosustrato
<b>Pirofosfato de tiamina (TPP)</b>	Tiamina (B1)	Transferencia de fragmentos de dos carbonos que contengan un grupo carbonilo	Grupo prostético
<b>Biotina</b>	Biotina	Carboxilación de sustratos dependiente de ATP, o transferencia de grupo carboxilo entre sustratos	Grupo prostético
<b>Adenosilcobalamina</b>	Cobalamina (B12)	Reorganizaciones intramoleculares	Grupo prostético
<b>Metilcobalamina</b>	Cobalamina (B12)	Transferencia de grupos metilo	Grupo prostético
<b>Retinal</b>	Vitamina A	Visión	Grupo prostético
<b>Vitamina K</b>	Vitamina K	Carboxilación de algunos residuos de glutamato	Grupo prostético
<b>Ubiquinona (Q10)</b>	--	Portador de electrones solubles en lípidos	Cosustrato
<b>Vitamina C</b>	Vitamina C	Hidroxilación, actividad inmunológica y antioxidante	Grupo prostético

Algunas de las coenzimas anteriormente mencionadas, particularmente la vitamina C y la coenzima Q10 son sustancias que presentan una actividad importante en la prevención y/o disminución de los dolores de cabeza, provocados por la cefalea tipo migraña, un diagnóstico que aunque no es mortal, si está estrechamente ligado al deterioro de la calidad de vida de las personas que lo padecen, principalmente por los episodios que presentan acompañados de náuseas, vómito, fotofobia, vértigo, entre otros.

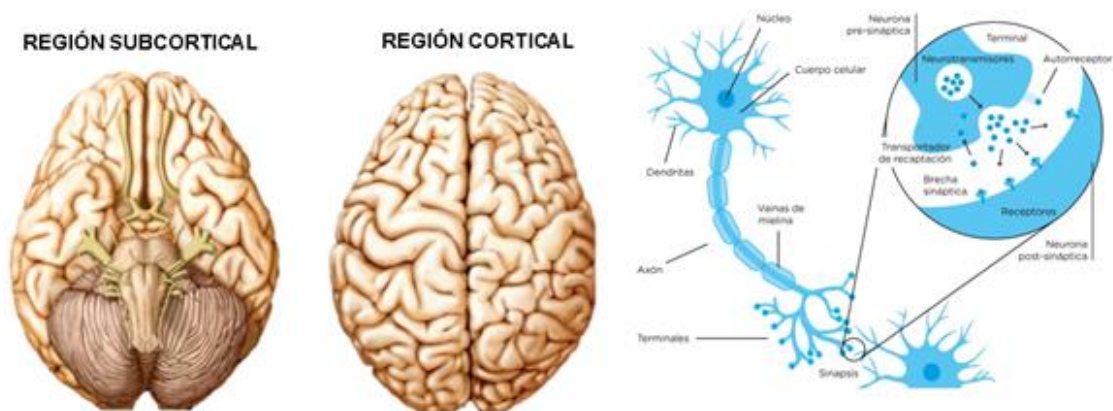
#### 6.4. Migraña

La migraña es un desorden crónico del sistema nervioso, caracterizado por la aparición de episodios, típicos, recurrentes, de dolor de cabeza, los cuales

usualmente se asocian a náusea, vómito, fotofobia, sonofobia, además de algunas otras molestias menos frecuentes (Gómez & Isabel, 2018) que afecta al 14,2 por ciento de las mujeres colombianas y al 5,0 por ciento de los colombianos. (Takeuchi, 2008). La clasificación Mundial de las cefaleas (IHS Siglas de la International Headache Society), comprende catorce diagnósticos, los cuales de forma esquemática pueden agruparse y quedar reducidos a cuatro tipos: cefaleas primarias, cefaleas secundarias, dolores faciales y neuralgias craneales. La migraña se encuentra en la clasificación de cefaleas primarias, que se caracteriza por presentar un dolor pulsátil; intolerancia a la luz, al brillo, al resplandor e incluso a los sonidos intensos; osmofobia o aversión a ciertos olores, así como la hiperosmia, son manifestaciones comunes en una crisis migrañosa. Los olores pueden además actuar como desencadenantes químicos. (Gómez & Isabel, 2018)

#### 6.4.1. ¿Cuál es la causa de la migraña?

En la actualidad, no se conoce con exactitud el mecanismo neural que “dispara” e inicia la crisis de migraña, sin embargo, el uso de técnicas radiológicas ha permitido visualizar la zona central del mesencéfalo, el cual se activa durante el inicio de la cefalea. Según Buonanotte & Buonanotte (2016), tal anomalía genera descargas de impulsos nerviosos (Ilustración 6), esto se atribuye a la desinhibición (descarga incontrolada de impulsos) sináptica cortical y subcortical (situado por debajo de la corteza cerebral) de la región mesencefálica, como consecuencia de uno o más factores desencadenantes de las crisis mencionados anteriormente.

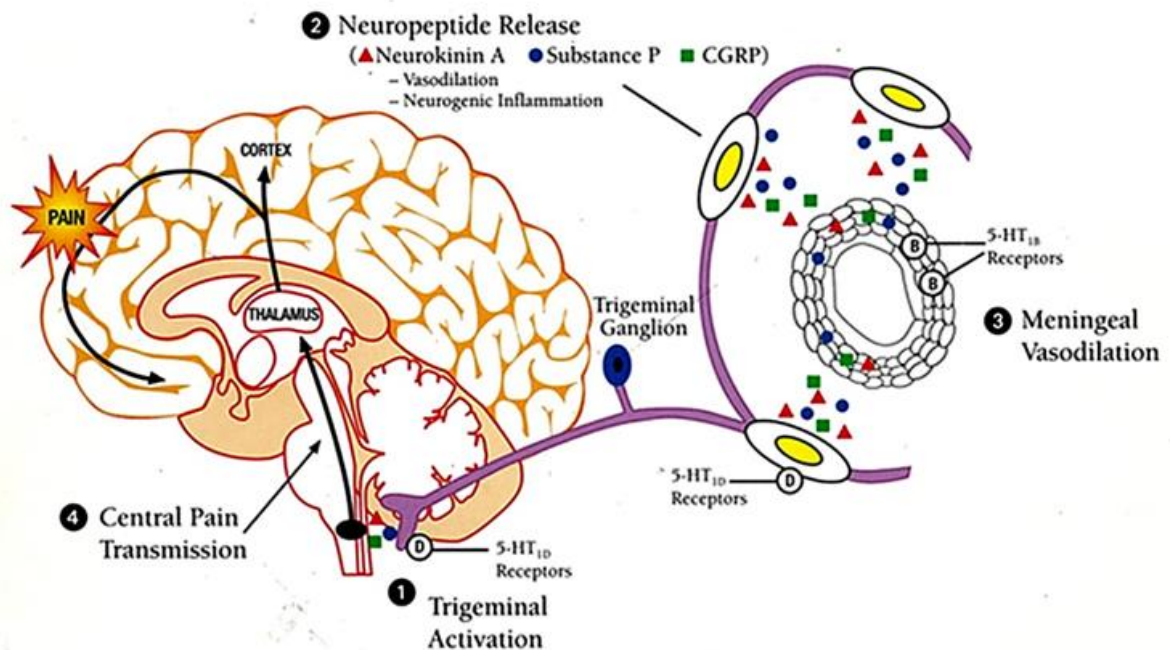


**Ilustración 6:** Regiones cerebrales y sistema de sinapsis.

Tomado de: (Pereira, 2018)

Producida la activación del “generador”, los impulsos nerviosos resultantes descienden hacia la parte inferior del tronco encefálico, mediante la vía del

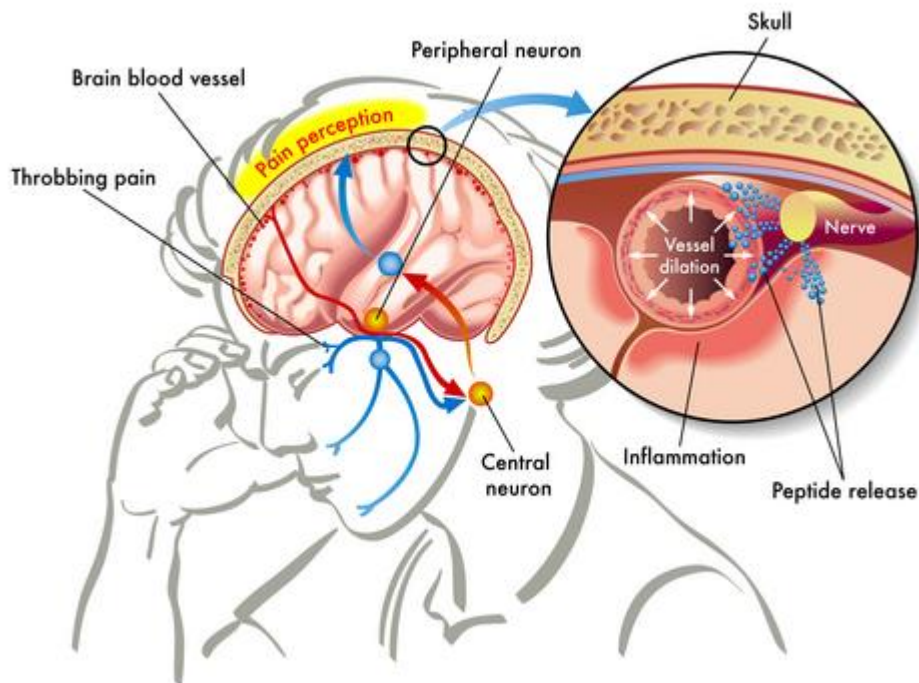
trigémino y llegan hasta las delgadas ramificaciones axonales periféricas, las cuales se distribuyen profusamente en las meninges y en las arterias extracraneales. Como resultado se liberan, localmente, varios compuestos que provocan inflamación tisular y neurogénica, además de vasodilatación de la arteriola, en el territorio inervado por la correspondiente rama del V par craneal. (Sánchez, 2014)



**Ilustración 7: Mecanismo de vaso dilatación.**

Tomado de: (Divulga Camp Tarragona, 2016)

El rol clave en el mecanismo mencionado, se relaciona a la liberación desde la membrana de los filetes nerviosos, de varios péptidos, siendo el mejor investigado, un potente vasodilatador llamado gen relacionado a la calcitonina. Esta sustancia ejerce intenso y duradero efecto dilatador sobre las arterias craneales. La dilatación anormal, provoca a su vez, la liberación de varios compuestos sanguíneos, como son la sustancia P, la bradicinina, la serotonina etc., los cuales activan a las terminaciones nerviosas del trigémino (receptores de dolor) y sumado a ello aumentan la sensibilidad de estas. Por lo señalado, es evidente, que el dolor de la migraña se relaciona tanto a la vasodilatación (ilustraciones 7 y 8) como a la inflamación aséptica local, que ocurre durante el episodio. (Bringas, 2010)



**Ilustración 8: Localización específica de la vasodilatación.**

Tomado de: (Alonso, 2016)

Además, estudios científicos donde se analizaron los historiales médicos de pacientes que padecían migraña; mostraron que los niveles de vitamina D, riboflavina y coenzima Q10, este último compuesto vital para la generación de energía y mantenimiento en la célula (la transferencia de electrones a través de la membrana mitocondrial y actuar como un antioxidante neutralizando el  $H_2O_2$ ), eran niveles deficientes en personas propensas a la aparición de episodios migrañosos. (Europa Press, 2016)

Por otro lado, estudios epidemiológicos han establecido un mayor riesgo de desarrollar un síndrome de dolor regional complejo entre los pacientes; provocando inflamación neurogénica, por la liberación de neuropéptidos que produce especies reactivas de oxígeno (ROS) el cual a su vez inducen al daño tisular y disfunción microvascular; la vitamina C "elimina" las ROS producidas durante la inflamación neurogénica en la migraña. Hasta la fecha, la eficacia de la vitamina C como tratamiento profiláctico para la migraña no se ha investigado a fondo, pero si se han realizado estudios que afirman que la administración de 1,000 mg de vitamina C al día reducirá la incidencia y la gravedad de los ataques de migraña. (Castillo, 2019)

#### **6.4.2. Tratamiento Farmacológico de la Migraña**

Desde hace muchos años, la estrategia farmacológica para frenar la crisis dolorosa de la migraña es orientada, ya sea al control de la vasodilatación, usando sustancias de conocido efecto vasoconstrictor o como alternativa, prescribir compuestos que frenan la excitación y/o la sensibilización de la membrana de los receptores de dolor, mediante sustancias bloqueadoras de la enzima ciclooxigenasa tisular. Los fármacos más utilizados son los  $\beta$ -Bloqueantes, Bloqueantes de los canales de calcio, Antidepresivos, Antagonistas de la Serotonina, Anticonvulsivantes, AINES (ácido acetilsalicílico y Naproxeno), entre otros. (Sáez, 2017). Sin embargo, el reto en la actualidad consiste en atender este tipo de cefalea con un tratamiento no farmacológico, el cual incluye la dosis de ciertas vitaminas y coenzimas. En particular, la dosis de coenzima Q10, ha mostrado buenos resultados en la prevención de esta enfermedad. (Osorio, 2020)

#### **6.4.3. Tratamiento no Farmacológico de la Migraña**

Dado que no existe un estudio exhaustivo que revise los efectos de los complementos alimenticios en pacientes con migraña, en la actualidad el reto consiste en hacer revisión exhaustiva para determinar el efecto de las deficiencias nutricionales en la patogénesis de la migraña y su potencial efecto terapéutico. Teniendo en cuenta la compleja patogenia de la migraña, se administran diversos fármacos para su tratamiento, pese a sus efectos adversos como cefalea por abuso de medicación, ritmo cardiaco lento, problemas para dormir, entre otros. (Federación de Drogas y Alimentos, 2018) Los nuevos enfoques para mejorar los síntomas de la cefalea en pacientes con migraña incluyen el uso de compuestos nutritivos como magnesio, CoQ10, ALA, L-carnitina y vitaminas (B2, B3, B12, C y D), todos ellos, con unos efectos adversos mínimos o nulos. Estos nutrientes reducen la frecuencia y la gravedad de los ataques de migraña a través de efectos positivos sobre la función mitocondrial, lo que reduce los factores inflamatorios y mejora el estado antioxidante. (Smimport, 2018).

##### **6.4.3.1. Vitamina C**

La mayoría de las vitaminas tienen como función general la de ser coenzimas en reacciones enzimáticas. Las coenzimas son moléculas orgánicas de naturaleza no proteíca, que se usan como transportadores de algún tipo de radical. Para realizar esta función, las coenzimas se transforman en una reacción y se regeneran en otra. Cuando la reacción de transformación es catalizada por una enzima y la de regeneración por otra, la coenzima es libre. Cuando la misma enzima cataliza ambas reacciones, se trata de una coenzima prostética o grupo prostético, el cual normalmente, está unido a la enzima en forma covalente. A pesar de esta diferencia, la función es la misma e incluso existen coenzimas que en un sistema son libres y en otras son prostéticas. (Velázquez & Ordorica, 2009)



Según la National Institutes of Health (2016), la vitamina C (ilustración 9), conocida como ácido ascórbico, es un nutriente hidrosoluble que se encuentra en ciertos alimentos. En el cuerpo, actúa como antioxidante, al ayudar a proteger las células contra los daños causados por los radicales libres. Los radicales libres, son compuestos que se forman cuando el cuerpo convierte los alimentos que consumimos en energía. Las personas también están expuestas a los radicales libres presentes en el ambiente por el humo del cigarrillo, la contaminación del aire y la radiación solar ultravioleta. Además, el cuerpo necesita vitamina C para producir colágeno, una proteína necesaria para la cicatrización de las heridas. La vitamina C, también mejora la absorción del hierro presente en los alimentos de origen vegetal y contribuye al buen funcionamiento del sistema inmunitario para proteger al cuerpo contra las enfermedades.

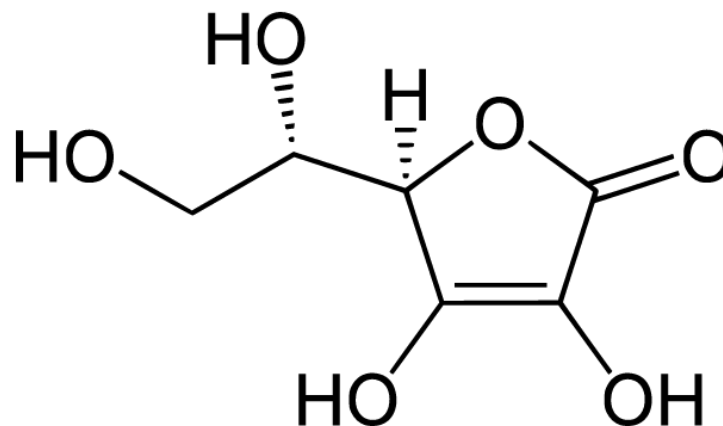


Ilustración 9: Estructura de la Vitamina C.

Tomado de: (Hevia, 2011)

### Coenzima Q10

La ubiquinona 10 (ilustración 10), es un lípido de síntesis endógena que se encuentra en una gran variedad de tejidos en los que cumple diversas funciones biológicas. (Artuch, Colomé, Vilaseca, Pineda, & Campistol, 1999). Su localización intracelular también es muy variada, ya que está presente en diversos orgánulos celulares. Debido a su estructura química, lipídica e hidrófoba, su presencia en la célula está asociada a moléculas fosfolípidicas (principalmente en las membranas celulares, como por ejemplo en la membrana plasmática o, en especial, en la mitocondrial). Asimismo, la ubiquinona también se encuentra en el plasma, asociada a las lipoproteínas de transporte del colesterol. Esta amplia distribución de la molécula por los diferentes tipos celulares le ha dado el nombre de



ubiquinona, en relación a su ubicuidad. Existen diferentes sinónimos para definir a esta molécula y de ellos el más conocido es coenzima Q10.

La ubiquinona, proviene de dos moléculas diferentes: la parte quinona de la molécula procede del aminoácido tirosina, por medio de diferentes reacciones enzimáticas que requieren coenzimas esenciales (vitaminas hidrosolubles), y la cadena lateral (unidades de isopreno) proviene del acetil-CoA, por medio de la vía del mevalonato, que es una ruta metabólica común a la síntesis de colesterol. Esta vía metabólica, requiere la presencia de coenzimas (ATP) y cofactores (magnesio) en diferentes reacciones enzimáticas. (Osorio, 2020)

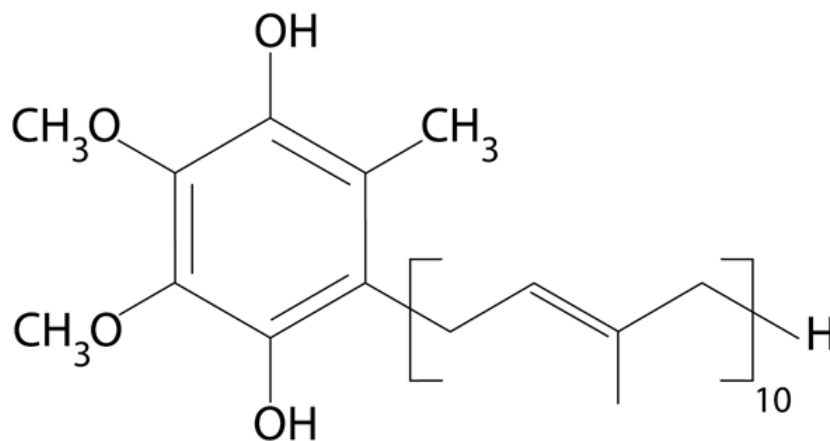


Ilustración 10: Estructura de la coenzima Q10

Tomado de: (Alonso, 2018)

En consecuencia de lo descrito, cobra relevancia el diseño de herramientas que propicien el aprendizaje significativo de estas temáticas, a partir de un proceso de enseñanza-aprendizaje basado en problemas (ABP), mediante la implementación de metodologías Flipped Classroom, que facilitan los procesos de autoaprendizaje de los componentes propuestos debido a su grado de complejidad en la comprensión de la acción y síntesis en el organismo de estas coenzimas por diferentes vías: endógena y exógena.

## 6.6 Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)

El Aprendizaje Basado en Problemas es una visión educativa que promueve el aprendizaje abierto, reflexivo y crítico, con un enfoque holístico del conocimiento que reconoce su naturaleza compleja y cambiante, e involucra a una comunidad de personas que interactúan en colaboración para tomar decisiones en relación a diferentes situaciones problemáticas que deben enfrentar. En este sentido, el ABP es el medio por el cual se hace posible establecer las condiciones que conducen

al aprendizaje activo, contextualizado, integrado y orientado a la comprensión, brindando oportunidades para reflexionar sobre la experiencia educativa y aplicar lo aprendido. Por lo tanto, está claro que los objetivos de aprendizaje van más allá de la mera adquisición de contenido disciplinario. (Morales y Landa, 2004)

El contexto de aprendizaje en la metodología ABP promueve la interacción de diferentes factores que involucran a estudiantes y profesores, pero manteniendo el rol central en los primeros. El docente no es responsable de entregar información, sino que dirige y guía al alumno en su búsqueda, brindando oportunidades para desarrollar habilidades de aprendizaje y pensamiento de orden superior, contribuyendo así a la formación de estudiantes autónomos, que es uno de los principales objetivos de la educación universitaria

Barrows (1986), describe las características centrales del modelo, así:

- El ABP es un enfoque centrado en el estudiante, quien es el que determina lo que necesita aprender. Corresponde a los alumnos identificar los aspectos clave de los problemas que enfrentan, definir sus necesidades de conocimiento y emprender la búsqueda del conocimiento faltante.
- El aprendizaje se produce en grupos pequeños de estudiantes, que llegan a conformar una pequeña comunidad de investigación, en donde los participantes se escuchan entre sí, están abiertos a diferentes puntos de vista y pueden trabajar en colaboración para llegar a conclusiones razonables.
- Los problemas que inician el proceso se presentan desestructurados y con un cierto nivel de incertidumbre para promover que los estudiantes pongan en práctica no sólo múltiples razonamientos vinculados a las posibles causas del problema, sino también múltiples razonamientos relacionados a la forma de resolverlo.
- La selección de problemas debe realizarse en función de su autenticidad, lo que implica que estén alineados a la práctica profesional o al mundo real.
- Los profesores actúan como facilitadores y tutores planteando a los estudiantes los tipos de preguntas metacognitivas que esperan que los estudiantes aprendan a formularse a sí mismos, de tal manera, que la intervención del tutor sea cada vez menor.

## **6.7 Aulas invertidas (Flipped Classroom)**

El aula invertida, Inverted o Flipped Classroom Model (ICM/FCM), por sus siglas en inglés), es una de las propuestas de enseñanza y aprendizaje mediadas por la tecnología, esta se ha extendido en las escuelas y ha ganado aceptación en las en el gremio educativo principalmente estadounidense y europeo (Martínez, Esquivel, & Martínez, 2014).

Según Bergmann y Sams (2012), citados por Merla y Yáñez (2016), el aula invertida o modelo invertido de aprendizaje, como su nombre lo indica, consiste en dos momentos que intervienen en la educación tradicional: el primero de ellos pretende invertir los momentos y roles de la enseñanza tradicional, donde la cátedra, habitualmente impartida por el profesor, pueda ser atendida en horas extra-clase por el estudiante mediante herramientas multimedia; de manera que las actividades de práctica, usualmente asignadas para el hogar, puedan ser ejecutadas en el aula a través de métodos interactivos de trabajo colaborativo, aprendizaje basado en problemas y realización de proyectos.

El modelo del aula invertida tiene el objetivo central de identificar las competencias que se han de desarrollar en el estudiante. En este punto, el profesor debe clasificar los contenidos que requieren ser aprendidos por instrucción directa (videoconferencia) y aquellos que se sitúan mejor en la experimentación. Para llegar a los objetivos planteados se debe proceder con una metodología centrada en el estudiante; lo que conlleva a la planeación de tareas activas y colaborativas que impliquen el despliegue de actividades mentales superiores dentro del aula, donde el profesor funge como auxiliar o apoyo. Además, requiere que, desde el inicio del ciclo, se notifiquen al estudiantado: los objetivos, la planificación del módulo, entrenamiento en el uso del modelo, lo cual permite el avance del grupo a ritmos personalizados e, idealmente, evaluaciones acordes al avance de cada estudiante. (Martínez, et al., 2014)

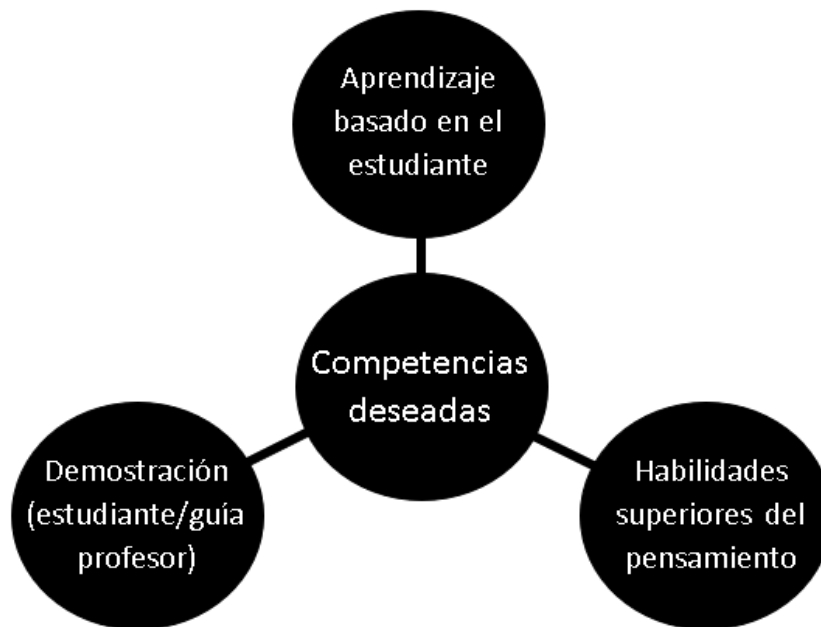


Ilustración 11: Componentes del Flipped Classroom.

Tomado de: (Gonzalez, 2020)

Como menciona Talbert (2012); citado por Martínez, et al., (2014), Dicha estructura provee al estudiante de numerosas oportunidades para demostrar, con la práctica, la aprehensión del contenido. Al igual que invertir los quehaceres del aula (contenidos extra-clase, tareas en el aula) se justifica en el hecho de que el repaso de contenidos declarativos se basa, conforme la Taxonomía de Bloom, en tareas cognitivas de bajo nivel, tales como recordar y entender, mientras que la práctica de actividades implica tareas de alto nivel como aplicar, analizar, evaluar y crear.

Por lo tanto, se dispone de un método que integra a los estudiantes con distintos niveles de competencia permitiéndoles avanzar a su ritmo fuera del aula, repitiendo el contenido tantas veces les sea necesario y, practicar presencialmente con el apoyo adecuado tanto del profesor como de sus pares, ofreciendo atención mayormente individualizada, así como el espacio para retroalimentar y enriquecer participaciones (ilustración 11). Son tales sus características que han situado al modelo como una instrucción relacionada con el aprendizaje activo, centrado en el estudiante. (Sanz, 2017)

En la ilustración 12 se presenta un mapa conceptual que intenta ayudar a los profesores a tomar decisiones sobre el tipo de contenido y las distintas opciones que tiene al seleccionar o plantear una herramienta a la hora de planear y desarrollar una buena sesión de Flipped Classroom.

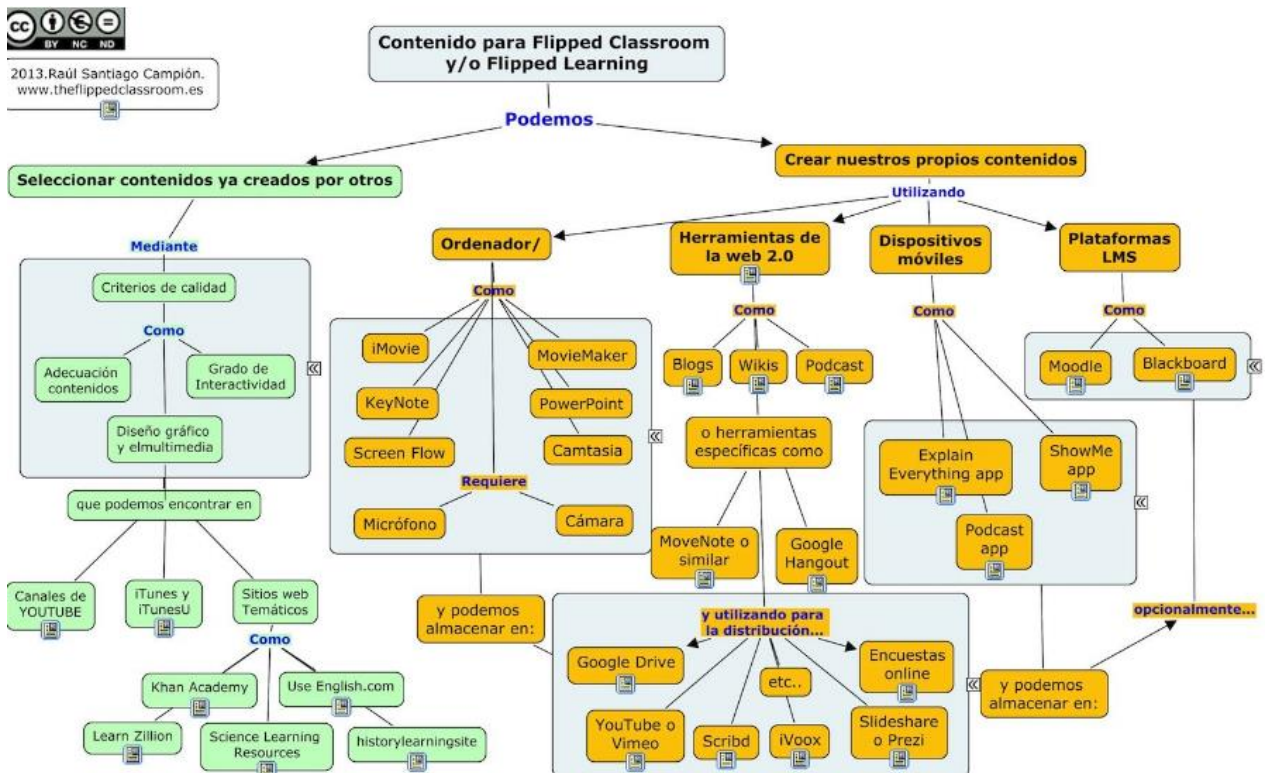


Ilustración 12: Mapa conceptual contenido Flipped Classroom.

Tomado de: (Campión, 2013)

Al crear contenidos propios ya sea a partir del ordenador o de las herramientas de la web 2.0 el más común en las clases de Flipped Classroom es el video educativo y, por tanto, es necesario tener en cuenta que de acuerdo con el contenido, los objetivos o competencias planteadas según Schmidt (1987) citado por Bravos (2014) estos se clasifican en:

- **Instructivos:** su misión está en lograr que los estudiantes dominen un determinado contenido.
- **Cognoscitivos:** pretenden dar a conocer diferentes aspectos relacionados con el tema que se está estudiando.
- **Motivadores:** tienen como fin, disponer positivamente al alumno hacia el desarrollo de una determinada tarea.
- **Modelizadores:** presentan modelos a imitar o a seguir.
- **Lúdicos o expresivos:** es utilizado por los estudiantes como un medio de expresión, a través de las habilidades y del conocimiento de la herramienta.

## 7. METODOLOGÍA

El presente proyecto se realizó en la Universidad Pedagógica Nacional en el departamento de Química y el cual está encaminado con un enfoque de aprendizaje basado en problemas (ABP) para la enseñanza de los conceptos coenzima y apoenzima desde la metodología Flipped Classroom.

### 7.1. Tipo de investigación

La investigación está enfocada en modelo Aprendizaje Basado en Problemas, el cual tiene como principio el uso de situaciones problema según el punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos a los ya establecidos.

De este modo, la metodología aplicada a la investigación es de tipo mixta, “donde pueden conceptualizarse como el uso o la combinación de metodologías de investigación provenientes de las tradiciones cuantitativa y cualitativa”. (Pole, 2009, p. 38)

La combinación de metodologías cuantitativas y cualitativas puede contribuir a los puntos fuertes y neutralizar las limitaciones que cada metodología posee, principalmente los investigadores sobre educación lo usan, ya que posibilita la construcción de estudios más sólidos.

### 7.2. Población

Este trabajo de investigación está dirigido a estudiantes que se relacionan con áreas de ciencia, en especial la química y la bioquímica en educación superior, por lo cual se realizó la aplicación a un grupo de 14 estudiantes que cursan la asignatura “Sistemas Bioquímicos” de pregrado en Licenciatura en Química, los cuales con anterioridad tuvieron una introducción al tema de actividad enzimática, en los espacios académicos “sistemas biológicos I y II” con el fin de obtener un resultado parcial sobre la efectividad de la unidad didáctica basada en el enfoque ABP a través de la metodología Flipped Classroom en la construcción de los conceptos coenzima y apoenzima.

### 7.3. Fases de la investigación

Para el desarrollo de la propuesta se tienen en cuenta las siguientes fases:

- **Fase 1:** diseño y aplicación de un instrumento inicial para identificar el nivel conceptual de coenzima y apoenzima que presentan los estudiantes.

- **Fase 2:** diseño y aplicación de una unidad didáctica estructurada bajo el modelo Aprendizaje Basado en Problemas desde actividades de Flipped Classroom.
- **Fase 3:** diseño y aplicación de un instrumento final que dé cuenta de los avances en la construcción de los conceptos coenzima y apoenzima.
- **Fase 4:** sistematización de los resultados para el análisis y las correspondientes conclusiones que salgan de la metodología mixta, así mismo la presentación de recomendaciones como ayuda a los futuros trabajos.

Hay que tener en cuenta la revisión bibliográfica que soporta los antecedentes como los aspectos teóricos de la investigación, esta revisión se hace de manera permanente durante la investigación de acuerdo a la situación que lo amerite; de igual manera, para hacer el respectivo análisis de los resultados obtenidos en cada de uno de los instrumentos aplicados los cuales fueron: un mentefacto como instrumento inicial, un cuestionario y un quiz como actividades de desarrollo además de un foro como instrumento de cierre.

## 8. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos durante las diferentes fases de la investigación, al igual que sus respectivos análisis:

### 8.1. Fase 1:

Para esta fase, se realizó el diseño y aplicación de un instrumento inicial (anexo 10), el cual consistió en la elaboración de un mentefacto que identificó el nivel de construcción conceptual de coenzima y apoenzima; además de la relación que tienen con la prevención, el desarrollo y el tratamiento de la migraña.

Para iniciar se le brindó al estudiante herramientas sobre elaborar un mentefacto, entre las que se incluyó un ejemplo de mentefacto relacionado con la química y por un texto sobre actividad enzimática que relaciona los conceptos de interés identificados como: actividad enzimática, coenzima y apoenzima. Se contó con la participación de 13 estudiantes. Para la evaluación de este instrumento se elaboró una rúbrica en la que se tuvo en cuenta criterios de evaluación: tema principal, conexión de conceptos y organización (Anexo 3). Los resultados obtenidos se resumen en el gráfico 1:

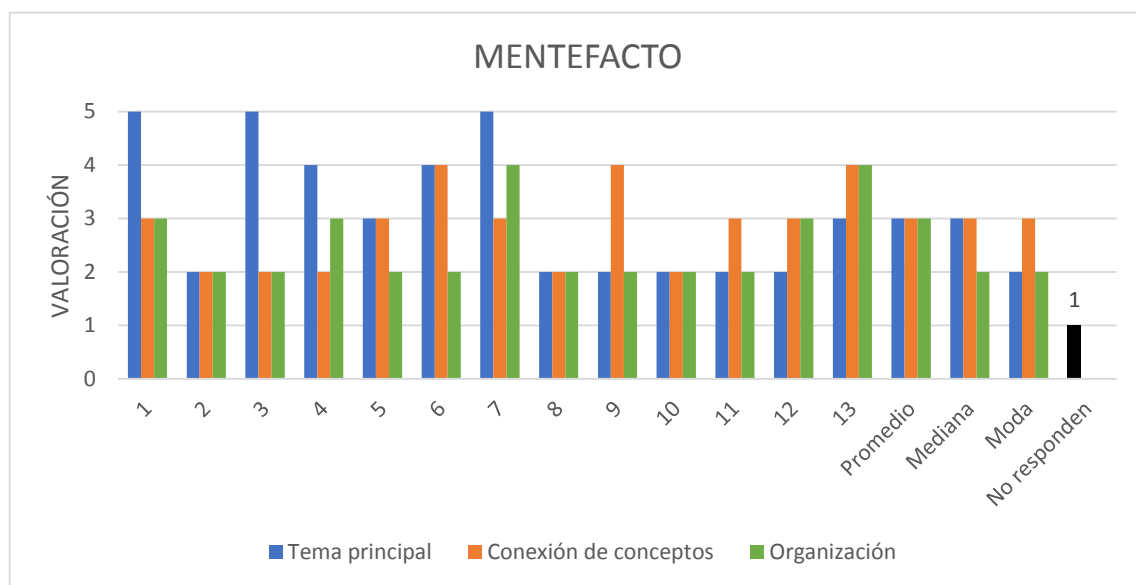


Gráfico 1: Resultados individuales para cada parámetro del instrumento mentefacto.

Los anteriores resultados permiten hacer un análisis detallado de cada uno de los criterios de evaluación planteados en la rúbrica, con el fin de conocer más a fondo



el nivel conceptual inicial de cada uno de los estudiantes, de esta manera, es posible mencionar:

- **Tema principal:** este criterio mide la capacidad del estudiante para identificar ampliamente los conceptos coenzima y apoenzima; en este parámetro, tres de los estudiantes (1, 3 y 7) no tuvieron dificultad al momento de establecer una correcta relación del tema principal con los demás términos; para los estudiantes 4 y 6 que, aunque identificaron medianamente el tema principal presentaban inconsistencias en el desarrollo del mentefacto.

En cuanto a los demás participantes, se observaron algunas dificultades, ya que no identificaban los conceptos que estaban plasmados en el texto que se les proporcionó como herramienta, diseñaban los mentefactos a partir de otros conceptos como son “actividad enzimática” o “enzima”, este fenómeno se debe a que estos términos eran con los cuales los estudiantes estaban más familiarizados a causa de que fue el último tema que se les presentó en el curso de Sistemas Bioquímicos; sobre el promedio y la mediana se da una valoración de 3, lo que significa que los participantes 2, 5, 8, 9, 10, 11, 12 y 13 no identifican fácilmente el tema principal; por otro lado, con respecto a la tendencia se encuentra que más de la mitad de los estudiantes (siete estudiantes) a los que se les aplicó el instrumento inicial ni siquiera logran identificar el tema principal colocando conceptos como “biomoléculas” como se ve en la ilustración 13, es decir que, los conceptos coenzima y apoenzima los ven confusamente o de forma imprecisa como se evidencia en el gráfico 2.

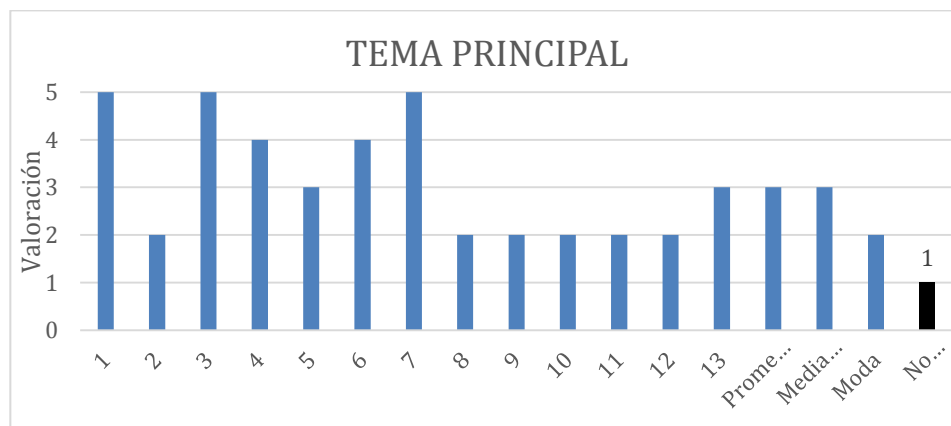


Gráfico 2: Resultados criterio tema principal. Fuente: propia.

Trípodi, García & Machado (2015), mencionan que, una de las principales dificultades en la enseñanza del tema de actividad enzimática radica en enfocarse más en los modelos matemáticos como la ecuación de la constante de Michaelis-Mentel ( $K_m = \frac{[S]([E]_T[ES])}{[ES]}$ ), la cual se aborda desde los modelos llave-candado y

ajuste inducido, sin proporcionar información de los fenómenos bioquímicos implicados en el correcto funcionamiento de este proceso. Al igual que, el escaso acento en la explicitación de las ideas centrales, así como cierta falta de precisión en el lenguaje utilizado.

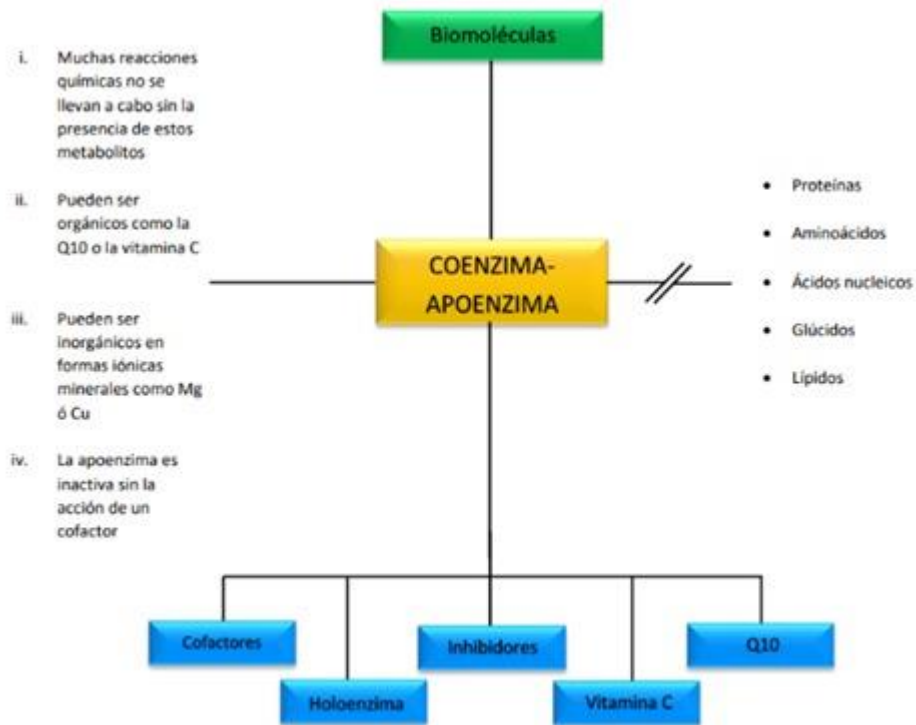


Ilustración 13: Mentefacto elaborado por estudiante 4.

**Conexión de conceptos:** mide la clasificación de los conceptos, los cuales se deben presentar de manera lógica, enfatizando la relación entre las ideas principales y secundarias. En cuanto a este parámetro, se identificó que los estudiantes en su gran mayoría, aun cuando tuvieron en cuenta los conceptos de interés para esta investigación no plasman la vinculación entre coenzima y apoenzima, asociándolos con actividad enzimática y migraña, como es el caso de los estudiantes: 2, 3, 4, 8 y 10, peculiarmente el estudiante ocho (anexo 4, d) presenta un buen esquema, pero solo logró conectar los conceptos con su acción general como catalizador bioquímico, no lo desarrolló desde una perspectiva funcional.

Los demás estudiantes consiguieron elaborar una construcción de los términos de interés a partir de las dos coenzimas (Q10 y Vitamina C) en concreto a la acción que presentan en la prevención o disminución de los dolores de cabeza provocados por la cefalea tipo migraña. Por tal motivo, se cuenta con un promedio de valoración de tres (3) al igual que la tendencia, lo que significa que no existe distinción entre las ideas principales de las secundarias para presentar los

conceptos; por tanto, falta mayor precisión al concretar ideas por parte de los estudiantes (gráfico 3).

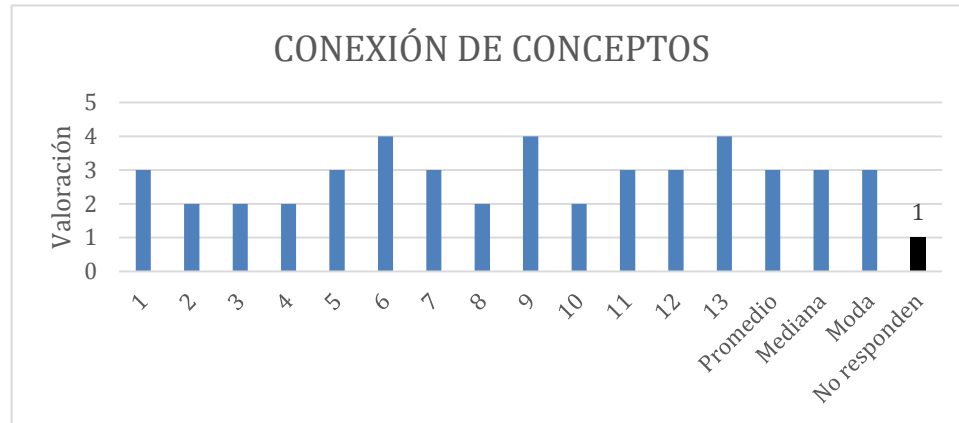


Gráfico 3: Respuestas al criterio conexión de conceptos. Fuente: propia.

Es así como describe Soto, Meléndez, & Jiménez (2015) los estudiantes no han escalonado del nivel de conocimiento, lo que indica, que la manera de impartirse los temas hasta el momento ha generado poca significancia en cuanto a los conceptos de apoenzima y coenzima (Anexo 4, d). Por lo cual, cobra relevancia el desarrollo de la unidad didáctica que incluya los conceptos de interés en pro al aprendizaje en contexto, además del uso de las herramientas que proporciona la metodología Flipped Classroom.

- **Organización:** este criterio mide la organización jerárquica y cognitiva que tienen al presentar las ideas supraordinadas (contiene por completo a otras ideas), excluyentes (niegan los nexos entre dos clases de proposiciones adyacentes), isoordinadas (correspondencia no total y vincula ideas entre sí) e infraordinadas (varias subclases o derivaciones). La población de estudio, en algunos casos presentó un mapa conceptual en lugar del mentefacto (estudiantes: 2, 5, 6, 9, 10 y 11), aun así, los participantes muestran una conexión de los conceptos con poca claridad, un ejemplo de esto es presentado por el estudiante 10 donde los conceptos de interés son plasmados de forma vaga y aislada (ver anexo 4, e). Por otra parte, los estudiantes que si diseñaron el mentefacto en su mayoría no identificaron de manera concreta la idea supraordinada como es el caso de los estudiantes: 1 (define coenzima y apoenzima), 3 (incluye holoenzima) y 4 (define biomoléculas), en cuanto a los estudiantes 7, 8, 12 y 13 si presentan la idea supraordinada más adecuada al mencionar el concepto de actividad enzimática.

En la posición de las ideas excluyentes el estudiante 1 alude a la “Separación de estos y por tanto en su acción (apoenzima igual a holoenzima y coenzima igual a holoenzima) transformación de enzima” (Anexo 4, a). El participante 4, en este

apartado presenta un listado de biomoléculas (anexo 4, b), lo que no es apropiado mencionar en este tipo de ideas e indica que los dos estudiantes no tienen claro la negación de los nexos que presentan, el estudiante 12 no presenta ninguna idea, mientras los estudiantes: 3, 7 y 8 se acercan a esta idea al mencionar “inhibidor” (anexo 4, c, d y f).

Para las ideas isoordinarias, singularmente los estudiantes que presentaron un mentefacto exhiben generalidades sobre la acción específica de los conceptos coenzima y apoenzima como lo presenta el estudiante 7 (anexo 4, f), entendiéndose que la aproximación de este grupo de participantes, con el hecho de presentar ideas donde asocian y ejemplifican los conceptos de interés, permite indicar que la presentación de conceptos en un contexto facilita que la construcción del conocimiento sea la más apropiada; como menciona Heredia (2019) una enseñanza contextualizada (gráfico 4).

Finalmente, con respecto a las ideas infraordinarias presentadas por los estudiantes: 8, 12 y 13 en particular exponen los conceptos de interés (apoenzima y coenzima) en esta categoría, indicando que para ellos estos conceptos en particular no tienen mucha relevancia en la actividad enzimática. Referente a los otros estudiantes, presentan parcialmente subclases correspondientes a los conceptos coenzima y apoenzima al mencionar vitamina (anexo 4, c); en general esta es la categoría que desarrollan los estudiantes con mayor dificultad, debido a que, no son las más pertinentes, por ejemplo, al nombrar “radical libre” (anexo 4, b). Destacando de nuevo que no ha habido una enseñanza significativa al momento de impartir el tema en cuestión sin profundizar en la actividad biológica. (Soto et al., 2015)



Gráfico 4: Respuestas al criterio de organización. Fuente: propia.

## 8.2. Fase 2:

Se diseñó la unidad didáctica estructurada bajo el enfoque Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) y aplicó siguiendo los lineamientos de la metodología de Flipped Classroom. (Anexo 1)

La unidad cuenta con un total de nueve actividades las cuales se clasifican en actividades de introducción, desarrollo y cierre; estas se describen a continuación con sus determinados análisis:

### Actividades de introducción

**Actividad I:** Clase virtual. Tema actividad enzimática.

Se presenta una introducción donde se abordó la temática de actividad enzimática, mencionando las enzimas y los diferentes factores que pueden afectar su funcionalidad (pH, temperatura, acidez, etc). Según la metodología Flipped Classroom, esta actividad posibilita que el docente les permita a los estudiantes generar un acercamiento, evidenciado en el desarrollo del instrumento inicial de evaluación (ilustración 14) introducción a la temática de los conceptos de estudio de igual modo, conservarla como una video-lección la cual podrán revisar más adelante según se requiera por medio de la plataforma virtual empleada, para este caso Teams.

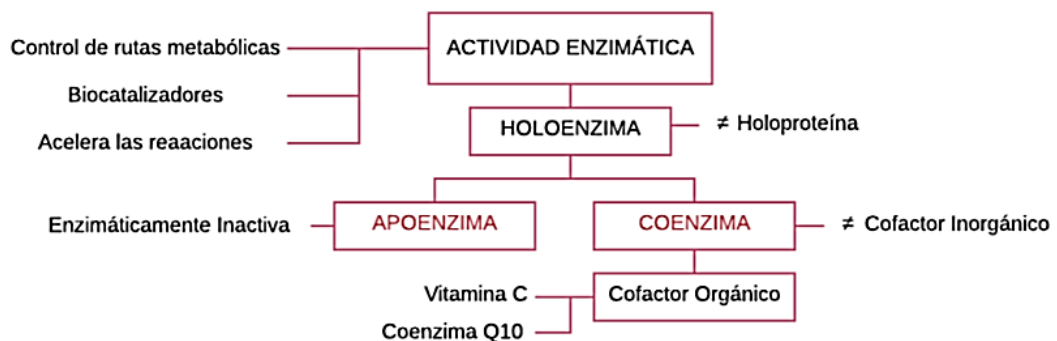


Ilustración 14: Acercamiento al tema Actividad Enzimática, estudiante 13.

**Actividad II:** Desarrollo de mentefacto.

Luego de la primera clase, se desarrolló el mentefacto el cual permitió identificar el nivel de construcción que presentan los estudiantes en cuanto a los conceptos coenzima y apoenzima en relación con la actividad enzimática y su conexión con el desarrollo la cefalea tipo migraña. Los resultados obtenidos y análisis se discuten en la fase uno de la presente investigación.

## **Actividades de desarrollo**

**Actividad III:** Para esta actividad se presentó un video explicativo (anexo 1, actividad 3), el cual tiene como objetivo dar a conocer al estudiante la importancia de las apoenzimas y coenzimas; en especial, las coenzimas Q10 y vitamina C como tratamiento para la cefalea primaria tipo migraña. Este video, proporcionó información valiosa acerca de la incidencia de las rutas metabólicas, así como la acción antioxidante y su relación con el estrés oxidativo, particularmente las especies reactivas del oxígeno (ROS) implicadas en la causa principal del dolor de cabeza, el cual se desencadena por la inflamación de los vasos sanguíneos cerebrales.

El diseño de este video sigue las recomendaciones de Bravo, (2014), quien recomienda que estas ayudas didácticas deben contar con una estructura breve, precisa y generar interés en los estudiantes, para que la información sea interiorizada, convirtiéndose así en un video tipo cognoscitivo y motivador, en virtud de que pretende dar a conocer diversos aspectos relacionados con el tema de estudio; es decir, la actividad enzimática asociada a la enseñanza de los conceptos Coenzima–Apoenzima; así mismo, disponer positivamente al estudiante hacia el desarrollo de las actividades que se realizaron.

### **Actividad IV: Cuestionario.**

El cuestionario se desarrolló como actividad evaluativa del video y se estructuró con nueve preguntas (anexo 5), las cuales buscaban desarrollar en los estudiantes habilidades de: indagación, apropiación, relación, investigación y trabajo en equipo; todo enfocado a la actividad enzimática de las coenzimas de estudio, su ruta metabólica y su uso profiláctico no farmacológico para la migraña.

Para evaluar este instrumento se diseñó una rúbrica (anexo 2) que consiste en siete (7) parámetros los cuales son: tipo de información, apropiación del tema, relación coenzima-migraña, relación alimentación-migraña, ruta metabólica-actividad enzimática (apoenzima y coenzima), ABP-(Coenzima-Apoenzima) y ABP trabajo en equipo. (Gonzalez, Monguí & Hernández 2020). Los resultados obtenidos se analizan como sigue:

- **Tipo de información:**

Los estudiantes presentaron respuestas basadas solamente en información suministrada en el video que se les proporcionó y no profundizaron en la temática, lo que indica, que no hubo una indagación alterna que apoyara sus ideas y respondiera a posibles interrogantes; un ejemplo claro de ello es presentado por el estudiante 6 (tabla 1). Por lo cual, se sostiene aun la investigación de Walraven,

Brand-Gruwel y Boshuizen (2009), donde se menciona que los estudiantes no buscan información confiable porque les demanda más esfuerzo evaluarla y seleccionarla, considerándolo un trabajo difícil. En términos generales, se puede apreciar que los estudiantes no sustentan sus ideas con fuentes confiables y abarcan las mismas sin indagar más allá del video que se les facilitó, encontrándose así en un nivel tres (3) que se muestra en el gráfico 5.

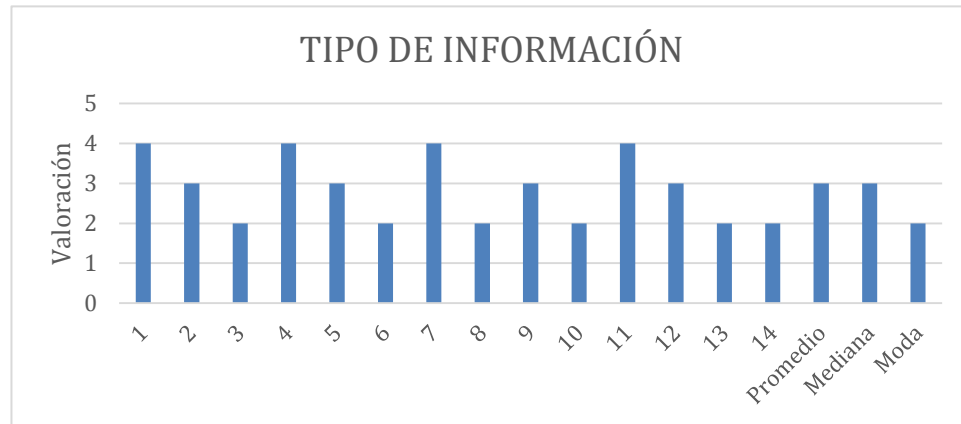


Gráfico 5: Respuestas al criterio de tipo de información. Fuente: propia.

Cabe resaltar que siete de los catorce estudiantes (participantes: 2, 3, 6, 8, 10, 13 y 14), exhiben una valoración deficiente (gráfico 5) en vista de que no generan argumentos con criterio al presentar información superficial. A continuación, se muestra un breve ejemplo de lo mencionado por el estudiante 6 y el estudiante 8 a la pregunta: ¿Conoce o ha escuchado de algún alimento y/o medicamento que alivie la migraña o ayude a prevenirla? ¿Cuál? ¿Por qué considera que lo alivia (principio activo)? (Gonzalez et al., 2020)

Tabla 1: Ejemplo de las respuestas de los estudiantes al criterio que evalúa el Tipo de Información. Fuente: propia.

Criterio	Argumento
Tipo de información	<p>“La migraña de acuerdo con lo explicado por las tres compañeras se reduce a un desorden crónico del sistema nervioso”</p> <p style="text-align: right;"><b>Estudiante 6</b></p> <p>“hígado por la presencia de Q10 que actúa como antioxidante”</p> <p style="text-align: right;"><b>Estudiante 8</b></p>

Las respuestas evidenciadas por los estudiantes son superficiales debido a que, por un lado, el estudiante 6 argumenta de forma global la causa de la migraña sin adentrarse en una solución farmacológica o no farmacológica que prevenga o alivie los constantes dolores producidos por la cefalea; adicionalmente, el estudiante 8 aborda la pregunta de manera trivial al mencionar un alimento con un importante contenido de CoQ10, sustancia importante en la prevención de la cefalea tipo migraña por su acción antioxidante; pese a ello, el estudiante no indaga alrededor de su principio activo. Ambos razonamientos son válidos, no obstante, la información no es sustentada bajo fuentes confiables y se limitan a información proporcionada durante las sesiones previas, sin ningún tipo de profundización con fuentes de información alterna.

### Apropiación del tema.

En este criterio, el grupo de estudiantes destacó al generar una mejor relación en cuanto a los aspectos de la vida cotidiana con las causas más frecuentes que producen migraña (gráfico 6), siendo el estrés oxidativo uno de los motivos más mencionados por los estudiantes, en el gráfico 6 se señala la tendencia con una valoración de cuatro (4) sustentada particularmente por el estudiante 11 cuya afirmación se encuentra en la tabla 2.

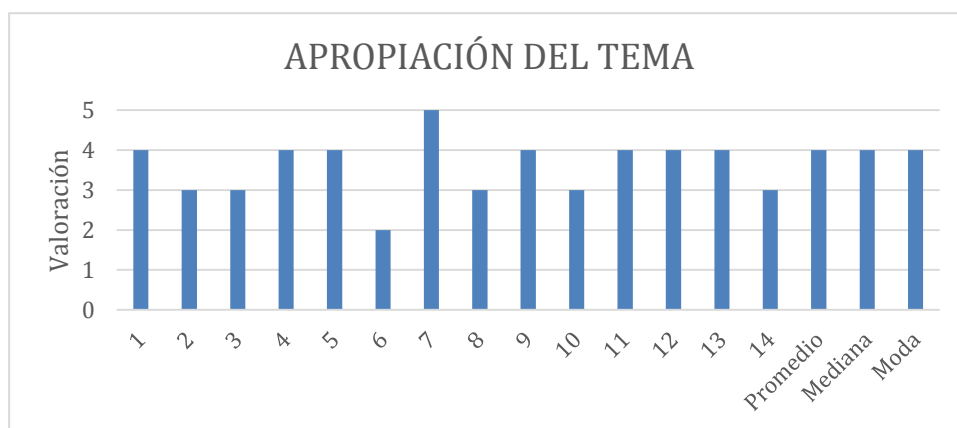


Gráfico 6: Respuestas al criterio apropiación del tema.

Tabla 2: Ejemplo de la respuesta del estudiante 11 al criterio que evalúa la apropiación del tema. Fuente: propia.

Criterio	Argumento
Apropiación del tema	“Las causas de la migraña aún están en discusión, pero está relacionado íntimamente con el estrés oxidativo, el cual es un aumento de radicales libres que son los que regulan el flujo



sanguíneo y su cantidad de oxígeno, además de ser un conjunto de síntomas en diferentes partes del cuerpo el cual es causado por una alteración del consumo de energía en el ser humano y desgaste mental. Los síntomas más latentes son nauseas, vómito, fotofobia, entre otras”

**Estudiante 11**

En este apartado, se puede evidenciar que el estudiante 11 posee un panorama más claro, ya que en su argumento presenta ideas claras y una conexión entre las mismas, destacando cuál es la causa de la migraña y los síntomas más latentes por la segregación de radicales libres, átomos que de manera desmesurada se traducen en enfermedades que llevan a un deterioro irrevocable en la calidad de vida del ser humano, puesto que, síntomas como nauseas, vómito y fotofobia impiden tener un desarrollo integral del ser humano en las actividades cotidianas.

En general, los procesos de argumentación presentan ideas más amplias y concretas, destacando el fortalecimiento de una cultura tecnológica, al igual que un adecuado tránsito para una sociedad con conocimiento y conciencia de su entorno. (León, 2009, p. 73)

- **Relación coenzima-migraña.**

Teniendo en cuenta que el video se centraba en la acción de las coenzimas frente a la migraña (anexo 1, actividad 3), los estudiantes en general solo deducen la acción de las coenzimas para tratar los dolores de cabeza producidos por la migraña, sin hacer énfasis en los mecanismos de síntesis y de acción que se llevan a cabo para contrarrestar este síntoma. Por tal motivo, los estudiantes presentan una tendencia de tres (3) en su valoración (gráfico 7); por otro lado, solo tres personas lograron un nivel cuatro (4), ya que alcanzan a inducir y deducir un poco el mecanismo de acción de las coenzimas; lo que se puede contrastar a partir del planteamiento descrito por el estudiante 7 que se visualiza en la tabla número 3.

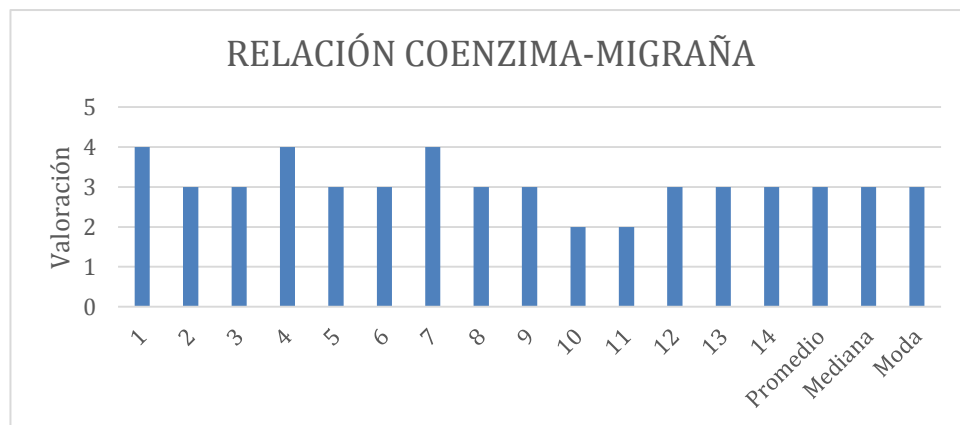


Gráfico 7: Respuestas al criterio relación coenzima-migraña.  
Fuente: propia.

Así que, todavía la mayoría de los estudiantes no logran establecer una relación profunda frente a la acción que realizan las coenzimas (Q10 y vitamina C) para prevenir o disminuir el dolor de cabeza producido por la cefalea tipo migraña, el cual es el síntoma que más aqueja a las personas que padecen esta enfermedad.

Tabla 3: Ejemplo de la respuesta del estudiante 7 al criterio que evalúa la relación coenzima-migraña. Fuente: propia.

Criterio	Argumento
Relación coenzima-migraña	<p>“Se ha propuesto un tratamiento farmacológico y uno no farmacológico para la migraña. En el tratamiento farmacológico se ha establecido una estrategia para frenar las crisis dolorosas a través del control de la vasodilatación, usando sustancias de efecto vasoconstrictor. Como alternativa, se prescriben compuestos que frenen la excitación o la sensibilización de la membrana de los receptores de dolor; esto mediante sustancias bloqueadoras de la enzima ciclooxigenasa tisular. Los fármacos generalmente utilizados son los Beta-bloqueantes, bloqueantes de canales de calcio, antidepresivos, antagonistas de la serotonina, anti-convulsionantes y en ocasiones el ácido acetil silícico y naproxeno. Actualmente, se intenta tratar esta enfermedad con métodos no farmacológicos; por eso se incluye la dosis de ciertas vitaminas y coenzimas, en particular algunos estudios han demostrado que la dosis de vitamina C y la coenzima Q10 muestran buenos resultados para la prevención de esta enfermedad.”</p> <p style="text-align: right;"><b>Estudiante 7</b></p>

- **Relación alimentación-migraña.**

Para este criterio, singularmente los estudiantes: 5, 7 y 11 presentaron las siguientes acotaciones, respectivamente:

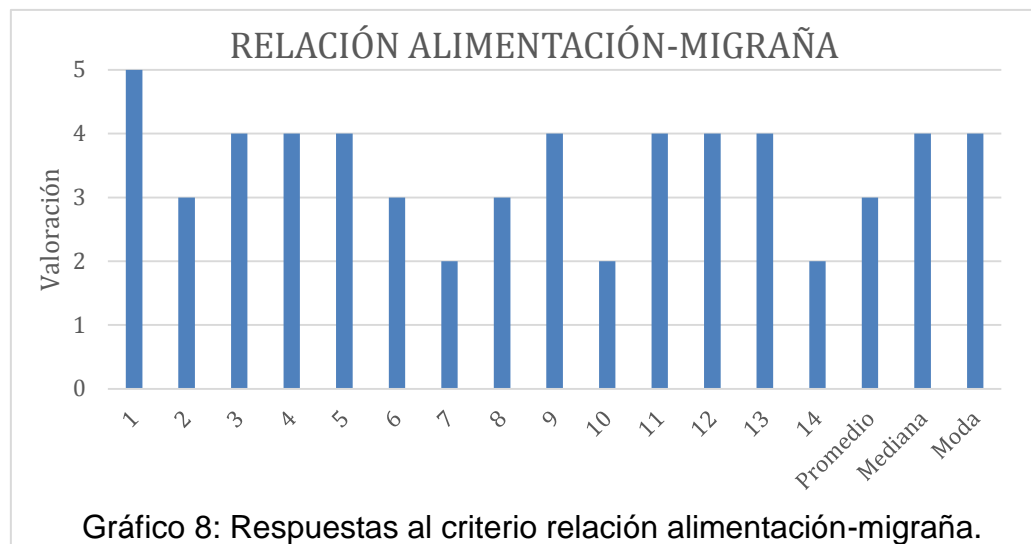
Tabla 4: Ejemplo de las respuestas de los estudiantes al criterio que evalúa la relación alimentación-migraña. Fuente: propia.

Criterio	Argumento
Relación alimentación-migraña	<p>“Frutos rojos en las mañanas, ya sea picada o en jugo, en las noches una porción de frutas amarillas: mango, papaya, piña. Carnes rojas cada tres día. Salmón, si la condición económica</p>

	<p>lo permite, consumo de granos diarios, consumo de frutos secos entre comidas, alternar proteína blanca con las rojas”</p> <p style="text-align: right;"><b>Estudiante 5</b></p> <p>“El consumo regular de pescado graso o azul como el salmón, el atún, las sardinas, el arenque, la caballa y el pez espada son excelentes fuentes de coenzima Q10. La carne como por ejemplo de ternera, cerdo, buey, cordero (en general las carnes rojas) al ser más ricas en grasas también contienen un mayor porcentaje de coenzima Q10. Pero esta coenzima se encuentra en mayor porcentaje en vísceras como el corazón, el hígado o los riñones. Los frutos secos como almendras, pistachos, cacahuates, avellanas son buenas fuentes. Los granos como la soja y las semillas de sésamo o judías tienen coenzima Q10. Los aceites vegetales como el de oliva, girasol o soja. Verduras como el brócoli, el ajo, las zanahorias, las espinacas, los guisantes o pimientos también tienen coenzima Q10. En cuanto a la vitamina C, se recomienda consumir naranja, limón, uvas, guayaba, perejil, pimiento rojo, coles de Bruselas, kiwi, papaya, fresas, albahaca, mandarina y mango”</p> <p style="text-align: right;"><b>Estudiante 7</b></p> <p>“La dieta debe ser esencialmente de verduras, y como proteína primar la ingesta de cerdo el cual, aparte de poseer la vitamina Q10, es una de las que es más fácil procesar por el sistema digestivo, al igual que la ingesta de brócoli y el jugo de naranja de ser posible todos los días”</p> <p style="text-align: right;"><b>Estudiante 11</b></p>
--	---

Por lo que concierne a los estudiantes anteriormente mencionados y al grupo de estudio en general, se percibe la comprensión y la repercusión de los alimentos, al igual que sus propiedades para el tratamiento de la migraña. No obstante, los participantes no profundizan en la importancia de estos a partir de los procesos metabólicos para la síntesis de las coenzimas implicadas, visualizándose la tendencia a una valoración de cuatro (4), como se ve en el gráfico 8, indicando que; aunque se interesan por la buena alimentación, deben profundizar más en los hábitos alimenticios e igualmente reconocer el principio activo en la acción

específica de dichas sustancias para detener o evitar un padecimiento como es la migraña en cuanto a sus síntomas, ya que la mayoría no indaga en este factor; por lo cual, no generan una reflexión frente a los demás aspectos que pueden ser perjudiciales y afectar más el organismo. (Egaña, Zuberogotia, Pavón y Brazo, 2012)



- **Ruta metabólica- actividad enzimática (coenzima-apoenzima).**

Para el grupo de estudio, bajo este criterio presentan un desempeño que los ubica en un nivel tres (3) ver gráfico 9, ya que solo mencionan la acción biológica de algunos alimentos y/o medicamentos teniendo presente la ruta metabólica en especial la actividad enzimática (Coenzima-Apoenzima), en algunos casos, considerando las enzimas implicadas para la síntesis de carácter exógeno y endógeno; y muy someramente la capacidad del ser humano de sintetizar Q10, pero no vitamina C. Como se muestra en la respuesta a la pregunta 6 del anexo 5 por el estudiante 9, descrita en la tabla 5.

Por otra parte, seis de los catorce estudiantes: 2, 5, 8, 10, 11 y 13; están presentando una valoración deficiente (2), porque no especifican la acción biológica de algunos alimentos y/o medicamentos de los que mencionan como es el caso del estudiante 5 (tabla 5). Este tipo de situaciones, se están mostrando ya que como expone Egaña et al. (2012) los estudiantes no les gusta evaluar ni seleccionar la información que encuentran, debido a que este proceso requiere de mucho esfuerzo, y lo consideran un trabajo difícil.

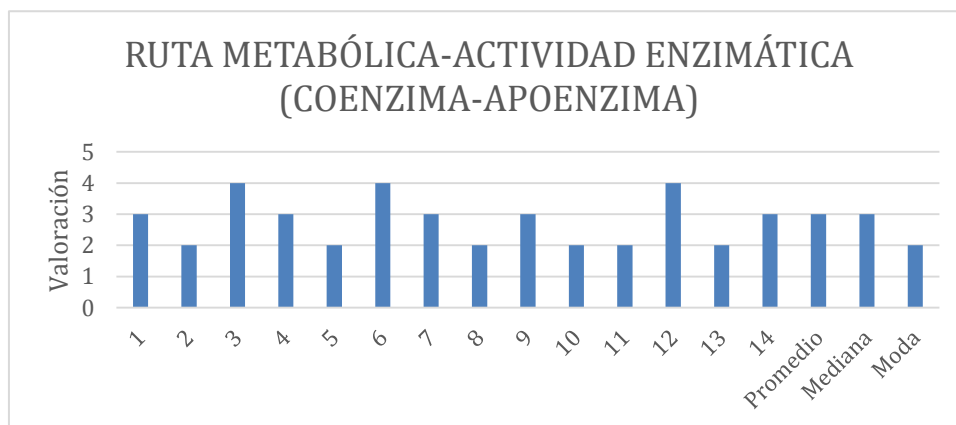


Gráfico 9: Respuestas al criterio ruta metabólica-actividad enzimática.  
Fuente: propia

Tabla 5: Ejemplo de las respuestas de los estudiantes al criterio que evalúa la relación ruta metabólica-actividad enzimática. Fuente: propia.

Criterio	Argumento
Ruta metabólica-actividad enzimática (apoenzima y coenzima),	<p>“La fresa, naranja, algunos frutos secos, carnes rojas, pescado azul, o medicamentos como antidepresivos o anticonvulsivos esto se debe a que presentan coenzimas o enzimas con alto poder antioxidante”</p> <p style="text-align: right;"><b>Estudiante 9</b></p> <p>“Consumo de banano en agua todos los días en ayunas, gracias a la presencia de antioxidantes como la vitamina C, A y E”</p> <p style="text-align: right;"><b>Estudiante 5</b></p>

- **ABP-(Coenzima-Apoenzima).**

Reconocen y desarrollan la importancia de los procesos de investigación asociados a la migraña, su prevención y tratamiento; una enfermedad muy común que afecta agudamente a la población, pese a ello, no se encuentran aspectos referidos a la profundización de esta problemática, por lo que los estudiantes se ubican en un nivel deficiente que corresponde a una valoración de dos (2), concretamente hay estudiantes (1, 2, 3, 4, 9, 10, 13 y 14) como se evidencia en el gráfico 10, donde solo presentan cuestiones asociadas simplemente a preguntas de búsqueda (anexo 5, pregunta 10), más no de investigación; un ejemplo de ello se contempla exactamente por el estudiante 1, el cual, plantea las siguientes preguntas: ¿En qué consiste el estrés oxidativo?, ¿Qué son los radicales libres y

cómo la coenzima Q10 nos protege de estos? y ¿Cómo es la síntesis de la coenzima Q10?.

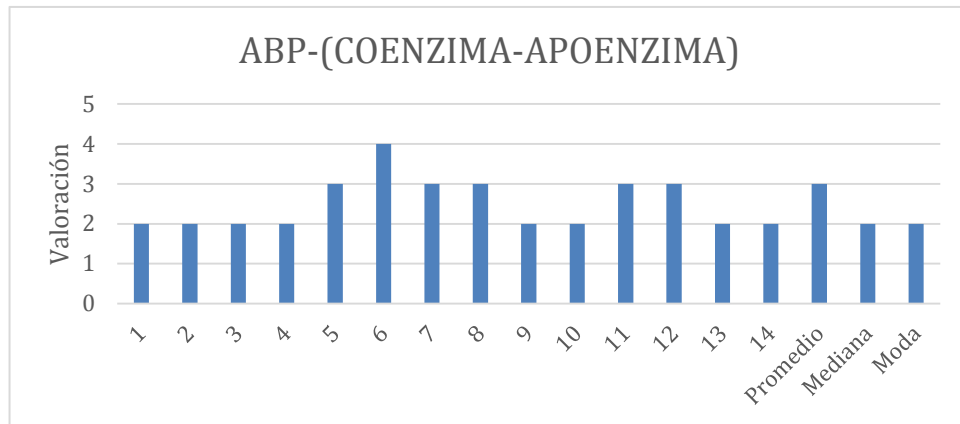


Gráfico 10: Respuestas al criterio ABP-Coenzima, apoenzima.

Fuente: propia.

- **ABP-Trabajo en equipo.**

En particular, este criterio estaba enfocado al trabajo en equipo para la recopilación de los aspectos más importantes del cuestionario, a groso modo puede apreciarse que los estudiantes se encuentran en un término medio, sin embargo, hay que resaltar que desarrollaron muy pocas habilidades de pensamiento sistémico, crítico reflexivo y metacognitivo, además de ser muy poco introspectivos y proactivos (gráfico 11).

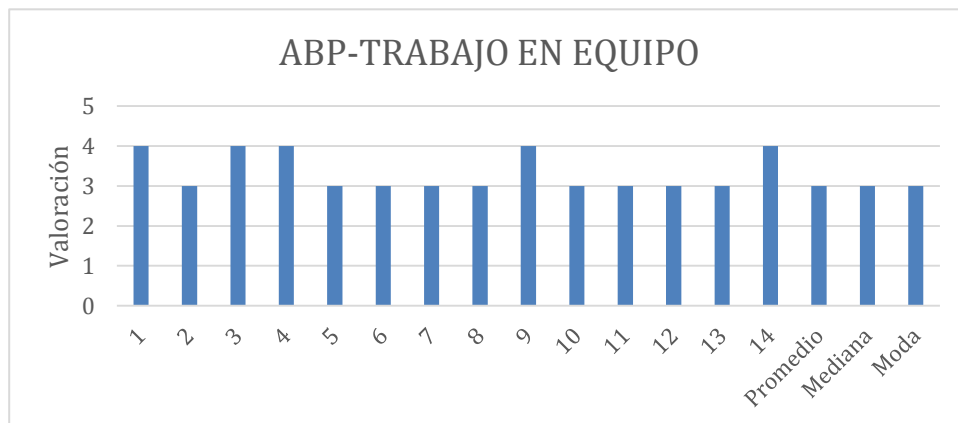



Gráfico 11: Respuestas al criterio ABP-trabajo en equipo. Fuente: propia.

En lo observado en este apartado, se identifica claramente que la mayoría de los estudiantes realmente lo que hicieron fue copiar y pegar la información que ya habían realizado en la búsqueda individual, de igual modo, no se observó un

acoplamiento genuino y crítico al mostrarse una construcción de aportes arbitrarios (Tabla 6).

Tabla 6. Evidencias trabajo en equipo. Fuente propia.

Estudiante	Trabajo en equipo
<p>“En caso de presentar migraña las compañeras nos cuentan que existen dos tipos de tratamiento, lo clasifican en farmacológico y no farmacológico, ellas recomiendan el no farmacológico, con el consumo de algunas coenzimas y vitaminas, como lo son la coenzima Q10 y la vitamina C para la prevención de estos”</p> <p style="text-align: right;"><b>Estudiante 6</b></p>	<p>¿Qué hacer en caso de presentar síntomas de migraña?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>En caso de presentar migraña las compañeras nos cuentan que existen dos tipos de tratamiento, lo clasifican en farmacológico y no farmacológico, ellas recomiendan el no farmacológico, con el consumo de algunas coenzimas y vitaminas, como lo son la coenzima Q10 y la vitamina C para la prevención de estos.</li> </ul>  <p style="text-align: right;"><b>Estudiantes 5 y 6</b></p>
<p>“Comer pescado o tomar leche ayudan a evitar las migrañas ya que contienen riboflavina conocida como vitamina B12 ya que es un precursor hidrosoluble, necesario para la producción de ATP, lo que indica estabilidad de la membrana y por tanto sus funciones relacionadas con la energía celular dentro de la mitocondria. "Su uso se fundamenta en una posible disfunción mitocondrial dentro del cerebro con migraña. Esta disfunción sería consecuencia de una potencial reducción de la fosforilación mitocondrial, defectos de la fosforilación oxidativa cerebral, bajos niveles de fosfocreatina, todos fenómenos que llevarían a la ineficiencia mitocondrial donde la riboflavina tendría su acción mejorando la eficiencia respiratoria"</p> <p style="text-align: right;"><b>Estudiante 3</b></p>	<div style="background-color: #e0e0e0; padding: 10px; border: 1px solid #ccc;"> <p><b>RIBOFLAVINA O VITAMINA B12</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Comer pescado o tomar leche ayudan a evitar las migrañas ya que contienen riboflavina conocida como vitamina B12 ya que es un precursor hidrosoluble, necesario para la producción de ATP, lo que indica estabilidad de la membrana y por tanto sus funciones relacionadas con la energía celular dentro de la mitocondria. "Su uso se fundamenta en una posible disfunción mitocondrial dentro del cerebro con migraña. Esta disfunción sería consecuencia de una potencial reducción de la fosforilación mitocondrial, defectos de la fosforilación oxidativa cerebral, bajos niveles de fosfocreatina, todos fenómenos que llevarían a la ineficiencia mitocondrial donde la riboflavina tendría su acción mejorando la eficiencia respiratoria"</li> </ul> </div> <p style="text-align: right;"><b>Estudiante 3 y 4</b></p>

Los resultados anteriores se sintetizan en el gráfico 12, donde se muestra la valoración por cada criterio del grupo en general:

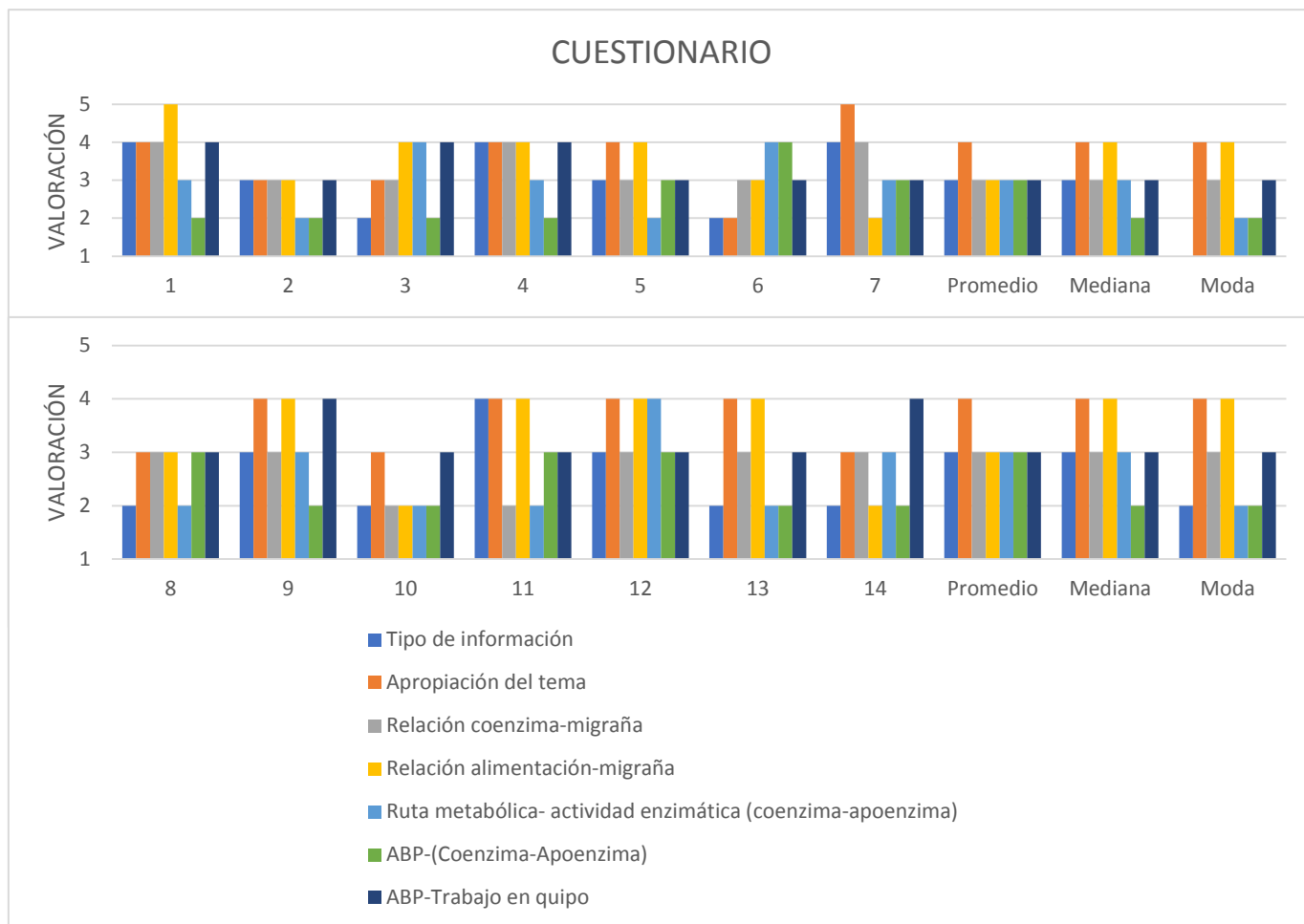


Gráfico 12: Resultados del instrumento de cuestionario.

**Actividad V:** Clase virtual. Retroalimentación.

Esta clase consistió en aclarar algunas dudas referentes a las temáticas desarrolladas anteriormente, que abarca la actividad enzimática referida la relación coenzima-apoenzima y su beneficio directo en el tratamiento de la migraña, a partir de la Vitamina C y CoQ10.

**Actividad VI:** Determinación de vitamina C por medio de la técnica de HPLC. Video explicativo.

En este video se abordaron temas relacionados a la determinación de la Vitamina C por técnica de HPLC, entre lo cual se destacaron la caracterización del equipo:



su función esencial, sus principales componentes, en qué consiste la práctica de laboratorio y los estándares que se deben cumplir para un correcto análisis, etc. La evaluación de esta actividad se realizó a partir de un quiz elaborado en Kahoot, lo cual permitió una sistematización (anexo 7) de los contenidos presentes en el video con respecto a lo entendido y comprendido por los estudiantes.

**Actividad VII:** Quiz realizado en la aplicación Kahoot.

El quiz se llevó a cabo en la aplicación de Kahoot, donde se evaluó el contenido abordado en las clases virtuales pasadas, para ello se desarrolló una evaluación con 12 preguntas (anexo 6), las cuales incluían preguntas de: conocimiento, comprensión, aplicación y análisis.

Se contó con la participación de 9 estudiantes de los catorce (14) totales, para los cuales en el anexo 8 se recopila el número de respuestas correctas e incorrectas; los resultados obtenidos de cada tipo de pregunta se presentan a continuación con su respectivo análisis.

**Conocimiento:** Las preguntas de conocimiento son aquellas que exploran la memoria y/o capacidad de recordar del estudiante. Para responder una pregunta del nivel de conocimiento, el estudiante simplemente debe recordar datos, observaciones y definiciones que previamente hayan aprendido. (Sadker & Sadker, 1993, p. 179). Para este caso puntual, se plantearon 3 preguntas (ver anexo 6, preguntas: 1, 2 y 3), asociadas a la función del HPLC, un tipo de detector de HPLC y la importancia de la actividad bioquímica de las enzimas; para las cuáles solo el 44% de los estudiantes respondió todas las preguntas sin excepción, mientras que el 56% de los estudiantes sólo respondió dos de las preguntas planteadas (gráfico 13); conjuntamente se evidenció la presencia de dificultad en la pregunta 2 (estudiantes: 2, 4, 6, 7) y en la pregunta 3 (estudiante 12) (anexo 8). Lo que permite determinar que más de la mitad de la población de estudio realizó un ejercicio superfluo con la finalidad de captar las ideas generales de los videos proporcionados y lo trabajado durante las clases virtuales.

## CONOCIMIENTO

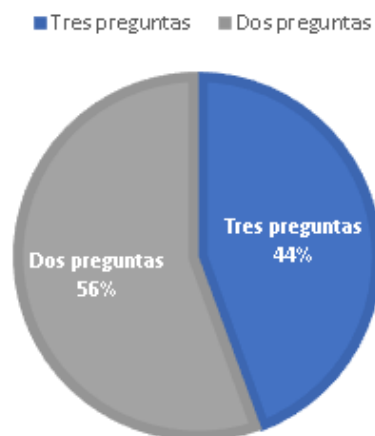


Gráfico 13: Preguntas de conocimiento.

**Comprensión:** Se suministraron tres preguntas que corresponden al segundo nivel, el cual busca saber si los estudiantes poseen una comprensión suficiente para organizar y ordenar mentalmente el video que se les dio como material de apoyo. (Sadker y Sadkcr, 1993, pg. 182). Las preguntas para este nivel consistieron en analizar la principal ventaja y desventaja de la técnica instrumental de la cromatografía, la organización lógica funcional de los componentes de un cromatógrafo y la clasificación de las coenzimas a partir de su función (anexo 6), concretamente para la pregunta 4 (estudiantes: 1, 2, 4, 6, 7 y 12), pregunta 5 (1, 2, 3, 6 y 11) y pregunta 6 (1, 2, 3, 4, 7, 8 y 12) (anexo 8) los estudiantes exhiben un desempeño bajo acorde con lo que responden.

La gráfica muestra que la gran mayoría no logró alcanzar este nivel con total satisfacción, (78% respondió una pregunta o ninguna), mostrando que es una de las habilidades que se deben fortalecer en el curso (gráfico 14).

El ABP al no ser un método rápido para evidenciar un logro de los estudiantes frente a lo aprendido se ratifica lo que menciona Labra, Kokaly, Iturra, Concha, Sasso, & Vergara, (2011) en cuanto a que se siguen presentando dificultades en el razonamiento crítico; puntualmente en la toma de decisiones.

## COMPRESIÓN

■ Tres preguntas ■ Dos preguntas ■ Una pregunta ■ Ninguna pregunta



Gráfico 14: Preguntas de comprensión.

**Aplicación:** Las preguntas de aplicación consisten en reforzar e interpretar lo que los estudiantes han memorizado y así poder aplicarla. (Sadker y Sadkcr 1993, p. 184). Este tipo de preguntas constituye a un nivel tres de aprendizaje, el cual requiere que el estudiante aplique una información aprendida previamente para obtener una respuesta frente a un problema planteado. Particularmente, se plantean tres tipos de preguntas enfocadas a posibles situaciones problema a las que se puede enfrentar al ser analista químico, entre esas se encuentran la presencia de partículas que pueden interferir con la calidad del análisis y cómo tratarlas; la utilización de un equipo específico para el tratamiento de la muestra y, por otro lado, la necesidad de implementar un accesorio adicional para elongar la vida útil del corazón de un cromatógrafo. (Anexo 6, preguntas: 7,8 y 9). En este nivel, el 56% de los estudiantes respondió sólo una pregunta, el 22% respondió las tres preguntas planteadas y el 22% solo respondió una pregunta (gráfico 15). Basados en estos resultados, se puede apreciar que más del 50% de la población de estudio se le dificulta articular los conocimientos para darles aplicabilidad y resolver problemas asociados. Exactamente, en la pregunta 7 (los estudiantes: 1, 7, 8 y 9), en la pregunta 8 (estudiantes: 2, 6 y 8) y en la pregunta 9 (los estudiantes: 2 y 12). (Anexo 7).

Por lo anterior, es pertinente mencionar que según Gonzales, Flores, García, & García, (2009) se está desarrollando medianamente una de las principales características del ABP, la cual radica en fomentar en el estudiante la actitud positiva hacia el aprendizaje, en el método se respeta la autonomía del estudiante, quien aprende sobre los contenidos y la propia experiencia de trabajo en la

dinámica del método, los estudiantes tienen además la posibilidad de observar en la práctica aplicaciones de lo que se encuentran aprendiendo en torno al problema. La transferencia pasiva de información es algo que se elimina en el ABP, por el contrario, toda la información que se vierte en el grupo es buscada, aportada, o bien, generada por el mismo grupo. Así mismo, la falta de aplicabilidad de los conocimientos en este momento comienza a ser un problema para la construcción de los conceptos coenzima y apoenzima.

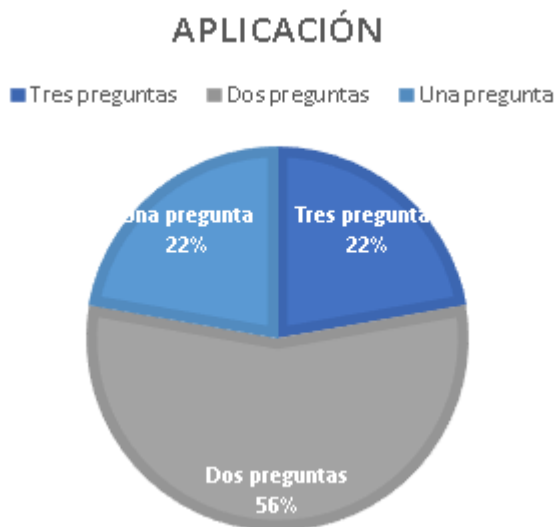


Gráfico 15: Preguntas de aplicación.

**Análisis:** Este tipo de preguntas son de un alto nivel de complejidad, debido a que busca que el estudiante pueda considerar y analizar la información disponible para llevar a una conclusión, inferencia o generalización con base en dicha información. (Garrido, 2003). Para este nivel, se plantearon tres preguntas, las cuales determinaron si los estudiantes están pensando de manera crítica y profunda en cuanto al entender algunas estructuras de los componentes del equipo HPLC, la acción antioxidante y la presencia en los alimentos de algunas enzimas fundamentales para el correcto funcionamiento del organismo. En este nivel, el 33% de los estudiantes respondió todas las preguntas, el 22% respondió dos preguntas planteadas y el 45% solo logro responder una pregunta (gráfico 16). Estos resultados están mostrando que más de la mitad del grupo de estudio está presentando una gran dificultad en los procesos cognitivos que requieren este tipo de preguntas, presentando falencias a la hora de identificar, analizar y concluir para tomar una decisión. Especialmente respondieron en la pregunta 10 (los estudiantes: 1, 4, 8 y 9), la pregunta 11 (los estudiantes: 2, 4, 8, 9 y 12) y en la pregunta 12 (el estudiante 2). (Anexo 8).

Por lo anterior, Escobedo (2009) plantea que, aunque el modelo ABP permite alcanzar la autonomía por parte del estudiante para realizar un aprendizaje significativo de igual forma el tiempo de desarrollo de la unidad didáctica no se prestó para alcanzar un nivel alto de análisis por parte de los estudiantes.

### ANÁLISIS

■ Tres preguntas ■ Dos preguntas ■ Una pregunta



Gráfico 16: Preguntas de análisis.

En cuanto a éste instrumento, se percibe que al no contar con la participación de 5 estudiantes todavía se encuentra latente la brecha digital enfatizando lo que menciona Nielsen (2012) frente a los posibles factores vinculados a las limitaciones en la aplicación de la metodología Flipped Classroom que deben controlarse para que sea un modelo eficaz y se mitigue la segregación de estudiantes; puesto que, no todos tienen el acceso a la tecnología en casa dado el costo de estos recursos, quedándose al margen de la dinámica que defiende este modelo.

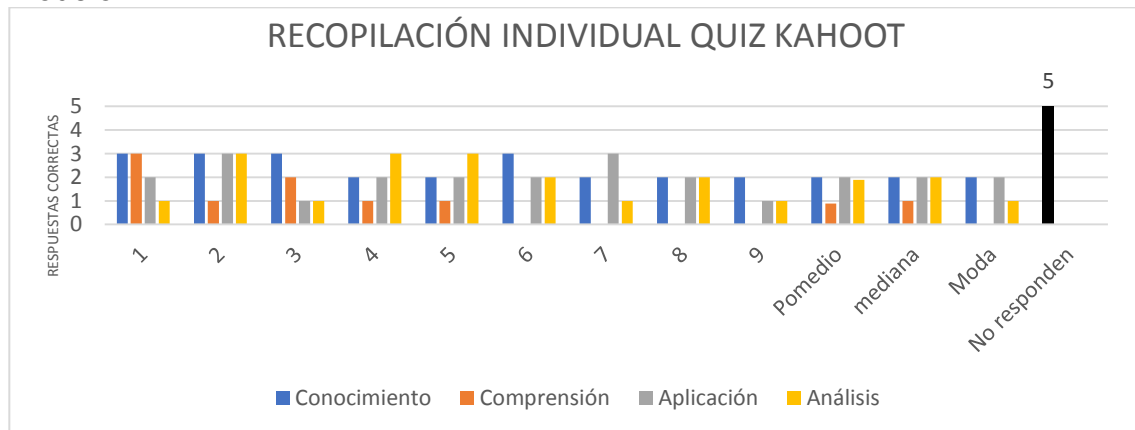


Gráfico 17: Resultados individuales quiz Kahoot.

En un panorama general, la gráfica 17 sintetiza que los estudiantes, aunque no presentan niveles muy bajos en tareas cognitivas de nivel inferior, tales como recordar y entender; si presentan amplias dificultades en la práctica de tareas de alto nivel como aplicar y analizar. Sadker y Sadker (1993), exponen la principal causa de este fenómeno mencionando que los maestros aun cuando pueden usar preguntas de aplicación y análisis para ayudar al desarrollo de las habilidades de indagación, apropiación, relación, investigación y creación de los estudiantes; prefieren desafortunadamente, evitar ese tipo de preguntas con gran frecuencia y favorecen las preguntas de niveles más simples, en particular de conocimiento que no requiere una mayor complejidad.

### **8.3. FASE 3:**

**Actividad VIII:** Clase virtual, síntesis y conclusiones de actividad enzimática.

La clase virtual abordó temas relacionados a la actividad enzimática, a partir de la cual se hace énfasis en la relación a los conceptos coenzima y apoenzima, su repercusión e incidencia directa para comprender fenómenos asociados a los distintos tipos de cefalea que pueden presentarse por déficit de algunas coenzimas como la Vitamina C y la CoQ10. En esta clase, se abordó la relevancia de una dieta rica en alimentos (coenzimas) con propiedades antioxidantes que permitan disminuir la inflamación en el torrente sanguíneo por la síntesis de neurotransmisores y a la neutralización de especies reactivas que inhiben el dolor provocado durante los episodios migrañosos para así finalizar con la última actividad de cierre descrita a continuación.

**Actividad IX:** Foro de discusión.

El foro de discusión se desarrolló en la plataforma Moodle, donde a partir de tres preguntas (anexo 11) se buscó que los estudiantes pudieran tomar una postura crítica frente a varias problemáticas que surgieron a partir de las actividades desarrolladas previamente. Las problemáticas aquí planteadas se justifican a partir de la capacidad no sólo de las coenzimas (Vitamina C y Q10), sino de otras posibles sustancias de prevención y/o disminución del dolor causado por los episodios de migraña y sus posibles contraindicaciones; la eficiencia y eficacia de la actividad enzimática asociada a cada coenzima para el tratamiento de la migraña a partir de su ruta metabólica y la capacidad de uno de los estados de la CoQ10 de tener acción antioxidante y su repercusión en la peroxidación lipídica.

Esta actividad en general, permitió resaltar en los estudiantes una postura crítica, pues se pudo evidenciar tras sus argumentos la importancia de tratar la cefalea tipo migraña bajo dos escenarios, uno más favorable que otro por los efectos producidos y las posibles secuelas como es la dependencia a los fármacos;

además, permitió generar argumentos de lo fundamental que resulta saber cómo prevenir esta enfermedad con medidas sanas que empieza a partir de una buena alimentación y en caso de padecerla poder manejar el dolor de la manera más pertinente. A continuación, se examinan detenidamente los resultados obtenidos para cada pregunta del foro:

Pregunta 1: “Los seres humanos no tienen la capacidad de sintetizar vitamina C en el organismo, pero si la Coenzima Q10, se han realizado estudios que determinaron que el uso de estas dos coenzimas permite disminuir y/o prevenir la principal molestia de la migraña que consiste en fuertes dolores de cabeza. ¿Aparte de estos dos compuestos, qué otros podrían disminuir y/o prevenir los ataques de migraña? ¿Por qué?”

Para esta pregunta; la mayoría de los estudiantes resaltan de forma insistente el uso de compuestos farmacológicos (ácido valproico), identificando la acción de los mismos en el organismo y además mencionando los efectos existentes con el abuso de un grupo de medicamentos de venta libre; donde las personas que padecen la cefalea tipo migraña en su desespero de acabar con el dolor abusan de los medicamentos, ocasionando peores consecuencias a corto y mediano plazo.

Solo dos personas mencionan la importancia de una buena alimentación, especialmente rica en antioxidantes y la consideran como la mejor alternativa que los métodos farmacológicos.

Por otro lado, también se destaca la riboflavina (vitamina B2), siendo este un componente integral de las coenzimas, flavín adenín dinucleótido (FAD) y flavín mononucleótido (FMN) (producción de energía celular), (Carod, Irimia & Ezpeleta, 2012) y, a partir de ello, se determina que la mayoría de los estudiantes fueron capaces de proponer otros tipos de coenzimas, al igual que su acción para prevenir o aliviar los dolores de cabeza causados por la migraña. Los estudiantes presentan argumentos más sólidos de fuentes confiables que soportan sus afirmaciones. En el gráfico 18, se destaca una nube de las palabras que los estudiantes usaron con más frecuencia para responder a esta pregunta; siendo las de mayor tamaño las más empleadas para dar cuenta del manejo del tema principal y la conexión de conceptos.



Gráfico 18: Nube de palabras pregunta uno.

Pregunta 2: “Determine ¿cuáles son las ventajas y desventajas en el proceso de actividad enzimática de cada coenzima (coenzima Q10 y vitamina C) y a partir de la acción metabólica; ¿cuál considera que es la más eficiente y eficaz como un tratamiento para la migraña?”

En este apartado, gran parte de los estudiantes destacaron a la coenzima Q10 como el compuesto de mayor eficiencia y eficacia, principalmente por tener una síntesis corta en comparación con la de la vitamina C; y, por estar presente en el organismo sin que se requiera obligatoriamente una fuente externa para adquirirla (gráfico 19).

En general, todos los estudiantes lograron establecer bajo distintos aspectos una postura crítica, ya que la búsqueda de información confiable les brindó más herramientas a la hora de tomar una decisión. De igual modo, el manejo de varios factores que presentaron para concluir, indica que gran parte del grupo de estudio está alcanzando niveles de complejidad, como es el nivel de evaluación. (Sadker y Sadker 1993)





Gráfico 19: Nube de palabras pregunta dos.

Pregunta 3: “La coenzima Q10 se presenta en el cuerpo humano en tres estados de óxido/reducción: 1) La forma oxidada denominada «ubiquinona» (Q), la forma reducida «ubiquinol» (QH<sub>2</sub>) y existe un estado intermedio de óxido-reducción en el que la molécula se denomina «ubisemiquinona» (Q<sup>1</sup>). Describa cuál de las tres formas de la CoQ10 desarrolla actividad antioxidante y qué papel desempeña en el proceso de peroxidación lipídica”.

Para este apartado, la mayoría de los estudiantes definieron, en primera instancia lo que es la peroxidación lipídica y en seguida la relación que desempeña la acción antioxidante de la coenzima Q10, en cuanto a el proceso oxidativo que ocurre en la mitocondria. Puntualizaron que el estado reducido de la Ubiquinona (Ubiquinol), va a ser el encargado de proteger las membranas celulares del estrés oxidativo que a fin de cuentas llega a producir los dolores de cabeza característicos de la migraña. Además, les permitió establecer relaciones con las rutas metabólicas que fueron explicadas en los instrumentos de la unidad didáctica y las clases virtuales; que constituyeron un aspecto clave para concretar y acercar a un tema nuevo para ellos, como lo es la síntesis del ATP (gráfico 20).

Por otro lado, dos estudiantes no lograron responder a esta pregunta lo que puede indicar que no utilizaron las herramientas de búsqueda y no profundizaron en el tema central con las herramientas que anteriormente se les facilitó. De igual forma, no debatieron ni opinaron las respuestas de sus compañeros mostrando una falta del desarrollo de habilidades fomentadas por el ABP.



Gráfico 20: Nube de palabras pregunta tres.

Por último, en el gráfico 21 se muestra la nube de palabras, las cuales fueron las más utilizadas por los estudiantes para debatir las posturas entre ellos, la mayoría de los comentarios fueron de complemento y uno específicamente de discusión. Esto quiere decir que, el grupo de estudio enfatiza más en un trabajo cooperativo que propicia la construcción de conceptos a partir del aprendizaje basado en problemas y que dan apertura al diseño de nuevas investigaciones.



Gráfico 21: Nube de palabras-comentarios.

A continuación, se presentan los resultados que comparan el manejo del tema principal y la conexión de conceptos, dos parámetros evaluados con el fin de

determinar el nivel de construcción de los conceptos coenzima y apoenzima en el instrumento inicial (mentefacto) con respecto al instrumento final (foro).

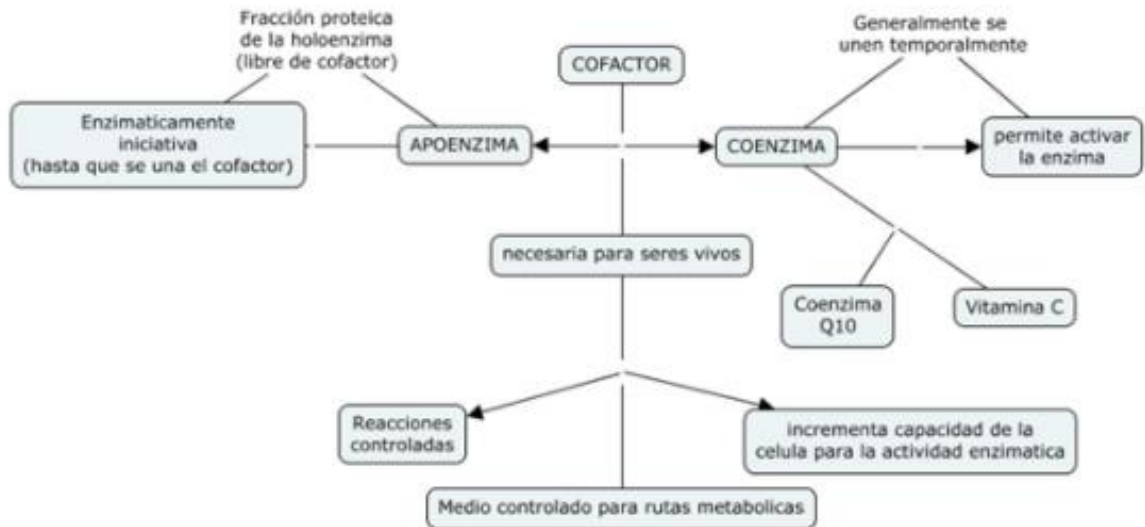


Ilustración 15: Mentefacto elaborado por estudiante 11.

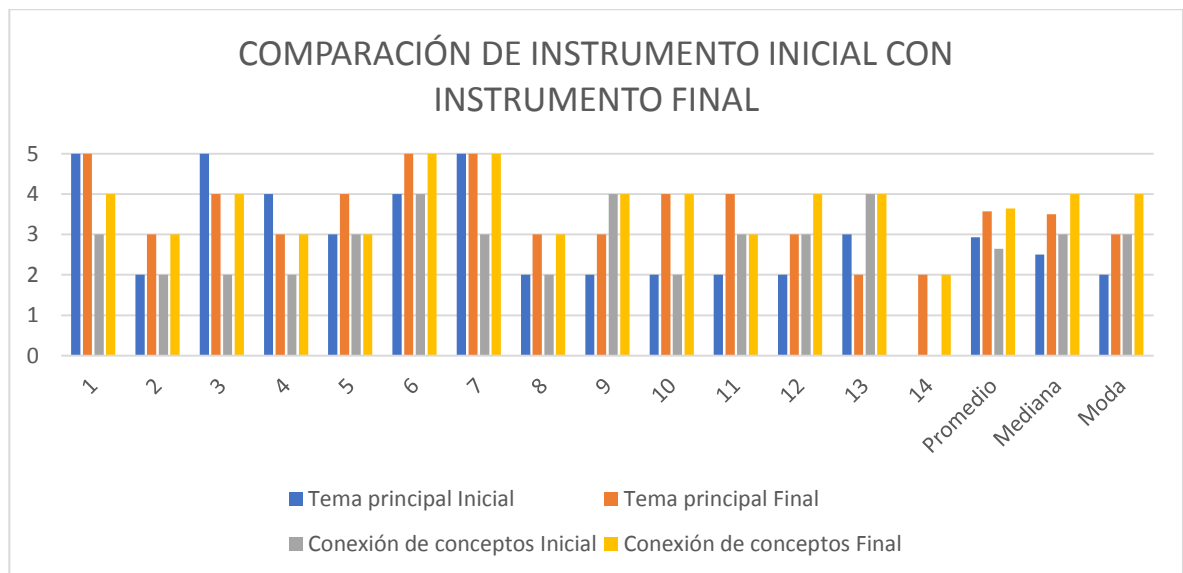


Gráfico 22: Resultados correlación fase inicial y fase final.

De acuerdo al gráfico 22, se observa que los estudiantes en general presentan un aumento en cuanto a la valoración cuantitativa; superando la valoración inicial, lo que da garantía de la eficiencia de los instrumentos y herramientas aplicadas en la

unidad didáctica basada en el modelo ABP y la metodología Flipped Classroom; pero falta de eficacia, corroborando la afirmación de Escobedo (2009) con respecto a que el tiempo es un factor determinante para lograr desde el modelo ABP una construcción significativa que permita alcanzar la autonomía en el estudiante y en consecuencia de ello, desarrollar habilidades como la argumentación, la reflexión, el trabajo en equipo y la toma de decisiones.

## 9. CONCLUSIONES

Acorde a los objetivos propuestos y los resultados obtenidos, se puede concluir de la investigación que:

- Los resultados analizados de la prueba de entrada muestran que los estudiantes no identifican fácilmente los conceptos coenzima y apoenzima lo que indica, que la relación de estos conceptos con la actividad enzimática es muy mínima; por lo que se determina que los estudiantes lo ven de manera confusa o de forma imprecisa, sin presentar argumentos sólidos.
- Es evidente que la unidad didáctica, diseñada en el marco del aprendizaje basado en problemas y aplicada en un modelo Flipped Classroom, permitió mejorar la construcción de los conceptos coenzima y apoenzima en la población objeto de estudio de manera eficiente; sin embargo, de acuerdo a la comparación de los resultados obtenidos en el instrumento inicial y final se constata poca eficacia al presentar resultados favorables ya a lo último de la unidad.
- La aplicación de herramientas tecnológicas que fomentan ambientes de discusión para la enseñanza de la Bioquímica, incentivó y favoreció los procesos de aprendizaje en los estudiantes, desde la incorporación de problemas investigativos, fomentando el desarrollo de habilidades argumentativas, participativas y propositivas.
- Teniendo en cuenta que, los estudios realizados en el ámbito de la enseñanza y aprendizaje de los conceptos Coenzima y Apoenzima son muy pocos, por no decir nulos; el presente trabajo de grado ofrece la posibilidad de apertura para el abordaje de futuros estudios relacionados con la acción de las Coenzimas y Apoenzimas como tratamiento para enfermedades neurogénicas.

## 10. RECOMENDACIONES

Con el fin de apoyar los procesos de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes mediante la metodología Flipped Classroom, se hace necesario la adecuación técnica de los recursos TIC's de los estudiantes en sus hogares, ya que muchos no cuentan con todos los recursos para poder utilizarlos, convirtiéndose como principal limitante a la falta de oportunidades de acceso.

Es necesario plantear un estudio que se dedique a conocer las percepciones de los estudiantes frente a las opiniones en cuanto a las actividades que se realizaron, con el fin de analizar y evaluar, en pro al mejoramiento de los procesos de enseñanza donde el estudiante sea el protagonista de su propia formación.

Para futuras investigaciones en el campo disciplinar, se sugiere realizar estudios frente a la acción de otras posibles coenzimas además de la Q10 y la vitamina C en los alimentos, que actúen como tratamiento en la prevención o disminución de los dolores de cabeza producidos por la migraña, con el fin de evitar la utilización de analgésicos.

Por último, se recomienda la realización de actividades prácticas de laboratorio, de esta manera, se deja planteada la posibilidad de llevar a cabo la práctica de laboratorio propuesta (anexo 9), teniendo presente la importancia del desarrollo de habilidades motoras y las buenas prácticas de laboratorio (BPL) en los estudiantes, especialmente en aquellos que están estrechamente relacionados con las ciencias fácticas.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, J. (2016). Migrañas y cabello. Divulgación científica e historias de la Neurociencia. Recuperado el 20 de junio de 2020 de <https://jralonso.es/2016/07/10/migranas-y-cabello/>.
- Alonso, M. J. (2018). Coenzima Q10: fuente de energía. *El farmacéutico*, 38-41. Recuperado de: [file:///C:/Users/BIENVENIDO/Downloads/EF561\\_FARMACOLOGIA\\_Q10.pdf](file:///C:/Users/BIENVENIDO/Downloads/EF561_FARMACOLOGIA_Q10.pdf)
- Artuch, R., Colomé, C., Vilaseca, M., Pineda, M., & Campistol, J. (1999). Ubiquinona: Metabolismo y funciones. Deficiencia de ubiquinona y su implicación en las encefalomiopatías mitocondriales. Tratamiento con ubiquinona. *Revista de Neurología*, 29(1), 59–63. Recuperado de <https://doi.org/10.33588/rn.2901.99204>.
- BARROWS H.S. (1986) A Taxonomy of problem based learning methods. *Medical Education*. 20 (6), 481-486. Recuperado de <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1986.tb01386.x>.
- Battaner, E. (2005). Introducción a la Bioquímica, 2. Parte 2a: Enzimología. Recuperado 11 de junio de 2020, de <https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/119453/Enzimologia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Berg, J., Stryer, L., & Tymoczko, J. (2007). Diseño molecular de la vida, enzimas: conceptos básicos y cinética. En *Bioquímica* (pp. 205-240). Reverté.
- Bowe, B., Cathal, F., & Daly, S. (2003). Teaching Physics to Engineering Students Using Problem-Based Learning. *International Journal of Engineering Education*. 19(5), 742-746.
- Bravos, J. (2014). ¿Qué es el vídeo educativo? Recuperado 6 de junio de 2020, de <http://www.ice.upm.es/wps/jlbr/Documentacion/QueEsVid.pdf>
- Bringas, L. D. (2010). La Migraña. *Acta Med Per*, 129-136. Recuperado de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1728-59172010000200009&lng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172010000200009&lng=es).
- Buonanotte, C., & Buonanotte, M. (2016). Migraña aguda en embarazo: oportunidades terapéuticas. *Neurología Argentina*. 8(4), 267-272. Recuperado de 10.1016/j.neuarg.2016.05.004.

- Caamiña, P., Blanco, P., & Díaz de Bustamante, J. (2016). El uso de modelos en una actividad de enzimas en secundaria. La enseñanza de las ciencias en el actual contexto educativo, 367-371. Recuperado de [https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/16050/2016\\_SIEC\\_Caama%C3%B1o\\_Modelos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/16050/2016_SIEC_Caama%C3%B1o_Modelos.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Campión, R. (2013). *Contenido para Flipped Classroom* [JPG]. Recuperado de <https://www.theflippedclassroom.es/wp-content/uploads/2013/09/fccmap.jpg>
- Carbonero, P. (1975). Enzimas. E.T.S.I. Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado el 24 de junio de 2020 de <http://oa.upm.es/54141/1/ENZIMAS.pdf>
- Carod, F. J., Irimia, P., & Ezpeleta, D. (2012). Migraña crónica: definición, epidemiología, factores de riesgo y tratamiento. *Rev Neurol*, 54(1), 629-37. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/224933458>.
- Castillo, E. (2019). Vitamina C en la salud y en la enfermedad. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 19(4), 95-100. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rfmh/v19n4/a14v19n4.pdf>.
- Deza, B. (2010). La Migraña. *Acta Médica Peruana*. 27(2), 129-136. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/amp/v27n2/a09v27n2.pdf>.
- Divulga Camp Tarragona, (2016). ¿Sabías que las migrañas afectan a más del 10% de la población mundial. Recuperado el 20 de junio de 2020 de <https://intargets.blogspot.com/2016/06/sabias-quelas-migranas-afectan-mas-del.html>
- Egaña, T., Zuberogoitia, A., Pavón, A., & Brazo, L. (2012). ¿Cómo evalúan la información de internet los estudiantes universitarios? Lo que dicen los estudiantes y sus profesores. *Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (42), 9.
- Escobedo, J. (2009). El aprendizaje basado en problemas Como Técnica. *Didáctica Para estudiantes Universitarios. Del Cuerpo Académico de la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Veracruzana, Campus Coatzacoalcos, Clave: P-UVER-CA-99.*
- Europa Press. (2016). Asocian las migrañas a deficiencias de vitaminas. Recuperado de <https://www.infosalus.com/salud-investigacion/noticia-asocian-migranas-deficiencias-vitaminas-20160613065233.html>.
- Federación de Drogas y Alimentos (2018, febrero 26). El tratamiento de la migraña: más formas de combatir el dolor. Recuperado el 24 de junio de



2020 de <https://www.fda.gov/consumers/articulos-en-espanol/el-tratamiento-de-la-migrana-mas-formas-de-combatir-el-dolor>.

Franklin, B. (2011). Capítulo I. Las enzimas. Recuperado 11 de junio de 2020, de <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/14292/4-%20Cap%C3%ADtulo%20I.%20Las%20enzimas.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.

Garrido, M. (2003). Formación basada en las Tecnologías de la Información y Comunicación: Análisis didáctico del proceso de enseñanza-aprendizaje (Tesis de Doctorado, Universitat Rovira I Virgil). Recuperado de <https://www.tdx.cat/handle/10803/8909#page=1>.

Gonzales, F., Flores, B., García, J., & García, P. (2009). Del Cuerpo Académico de la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Veracruzana, Campus Coatzacoalcos, Clave: P-UVER-CA-99. Universidad Veracruzana. Recuperado de <https://www.uv.mx/coatza/admon/files/2013/02/MEMORIA5oFORO.pdf#page=46>

Gonzales, J. (2018). Método de aprendizaje basado en problemas para el aprendizaje en espectrofotometría en estudiantes Ing. Agroindustrial (Tesis de Maestría, Universidad San Pedro. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/288302679.pdf>.

Gonzalez, L., Monguí, L., Hernández, T. (2020). Rúbrica para la evaluación del instrumento 1. Mentefacto. Universidad Pedagógica Nacional.

Gonzalez, L., Monguí, L., Hernández, T. (2020). Rúbrica para la evaluación del instrumento 2. Cuestionario. Universidad Pedagógica Nacional.

Gómez, A. (2013). Unidad didáctica para la enseñanza de las enzimas apoyada en TIC bajo el modelo enseñanza para la comprensión. (Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia). Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/57870/1/1186835.2013.pdf>.

Gómez, M., & Isabel, B. (2018). Determinación de discapacidad y calidad de vida en pacientes con migraña que acuden a consulta de neurología en el hospital general de la plaza de la salud (Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Pedro Henriquez Ureña) Recuperado de <https://repositorio.unphu.edu.do/handle/123456789/1135>.

Heredia, L. (2019). Programa guía de actividades para la enseñanza de conceptos asociados a inhibición enzimática a través del docking molecular en

ambientes de aprendizaje blended learning. (Tesis de Pregrado). Universidad Pedagógica Nacional.

- Hevia, E. (2011). Instituto del metabolismo celular. Obtenido de Sociedad para la investigación en Bioquímica, Biología Molecular y Nutrición.: <https://www.metabolismo.biz/web/vitamina-c/>
- Labra, P., Kokaly, M. E., Iturra, C., Concha, A., Sasso, P., & Vergara, M. I. (2011). El enfoque ABP en la formación inicial docente de la Universidad de Atacama: el impacto en el quehacer docente. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 37(1), 167-185.
- León, O. (2009). La ciencia y la tecnología en la sociedad del conocimiento: Ética, política y epistemología. *Revista iberoamericana de ciencia tecnología y sociedad*. 4(12), 117-120. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3045211>.
- Martínez, W., Esquivel, I., & Martínez, G. (2014). Aula Invertida o Modelo Invertido de Aprendizaje: Origen, Sustento e Implicaciones. Los modelos Tecnológico-Educativos, revolucionando el aprendizaje del siglo XXI. 143-160.
- Merla, A., & Yáñez, E. (2016). El aula invertida como estrategia para la mejora del rendimiento académico. *Revista mexicana de bachillerato a distancia*. 8 (16), 11. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.22201/cuaed.20074751e.2016.16.57108>.
- Morales, P., & Landa, V. (2004). APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS. *Revista Bio-grafía Escritos sobre la biología y su enseñanza*. 13, 145-147.
- National Institutes of Health. Datos sobre Vitamina C. (2016). Recuperado 6 de junio de 2020, de <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminC-DatosEnEspañol/>.
- Nieves, S. (2020). TRANSFORMACIÓN DE PRÁCTICAS EVALUATIVAS EN EL LABORATORIO DE QUÍMICA INSTRUMENTAL. UNA PROPUESTA PARA HPLC (Tesis de Maestría, Universidad Pedagógica Nacional). Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12209/11533>.
- Nielsen, L. (2012). Five reasons I'm not flipping over the flipped classroom. *Technology & Learning*, 32(10), 46-46.
- Osorio, M. J. A. (2020). Coenzima Q10: fuente de energía. Recuperado 20 de mayo de 2020, de <http://elfarmaceutico.es/index.php/la-revista/secciones->

de-la-revista-el-farmaceutico/item/9019-coenzima-q10-fuente-de-energia#.XuL25NRKjIU.

- Pereira (2018). Demencia cortical y subcortical, ¿qué las caracteriza? Recuperado el 12 de junio de 2020, de <https://infotiti.com/2018/06/demencias-corticales-y-subcorticales/>.
- Pole, K. (2009). Diseño de metodologías mixtas. Una revisión de las estrategias para combinar metodologías cuantitativas y cualitativas. REVISTA ARBITRADA EN CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES. 60, 37-42. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11117/252>.
- Rodríguez, R. (2019). Syllabus espacio académico Sistemas Bioquímicos. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá
- Ruiz, B., González Angulo, J., & Barba, N. (2011). Cofactor FeMco (M = Mo, V, Fe) en la nitrogenasa. Educación Química, 19(1), 34. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-893X2008000100006](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2008000100006).
- Sadker, M., & Sadker, D. (1993). Técnicas para la elaboración de preguntas. 173-228. Recuperado 11 de junio de 2020, de <http://circle.adventist.org/files/descarga/356.pdf>.
- Sanz, J. (2017). Una aproximación a la modalidad de Flipped Classroom en la asignatura de Bioquímica. REVISTA CIENTIFICA DE OPINIÓN Y DIVULGACIÓN. (35), 2-12. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6062599>.
- Schmidt, S. y Ralph, D. (2016). The flipped classroom: a twist on teaching. Contemporary Issues in Education Research (Online), 9(1), 1-6. Recuperado el 22 de junio de 2020 de: <http://search.proquest.com/openview/e79695261ac3ab2f626de837224d3afa/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026881>.
- Smimport. (2018, mayo 23). El papel de los nutrientes en la patogenia y el tratamiento de las migrañas: Rev. Recuperado el 24 de junio de 2020 de <https://www.smimport.com/blog/el-papel-de-los-nutrientes-en-la-patogenia-y-el-tratamiento-de-las-migranas-rev-n19>
- Soto, I., Meléndez, L., & Jiménez, A. (2015). El tema de la catalasa en los diferentes niveles de enseñanza de aprendizaje. Revista Iberoamericana de producción académica y Gestión Educativa. 2 (2), 1-15. Recuperado de <https://pag.org.mx/index.php/PAG/article/view/265>.

- Sáez, R. (2017). Migraña: influencia de los estilos de vida y terapias alternativas Migraine: influence of lifestyles and alternative therapies (Trabajo Fin de Grado). Escuela Universitaria de Enfermería "Casa de Salud Valdecilla".
- Sánchez, S. (2014). Fisiopatología de la migraña. Recuperado el 16 de 05 de 2020, de [https://teleduccion.medicinaudea.co/pluginfile.php/239234/mod\\_resource/content/2/Fisiopatologia%20de%20la%20migraña.pdf](https://teleduccion.medicinaudea.co/pluginfile.php/239234/mod_resource/content/2/Fisiopatologia%20de%20la%20migraña.pdf).
- Takeuchi, Y. (2008). Actualización en migraña. Recuperado 11 de junio de 2020, de [https://www.acnweb.org/acta/2008\\_24\\_S3\\_44.pdf](https://www.acnweb.org/acta/2008_24_S3_44.pdf).
- Trípodí, K., García, G., & Machado, C. (2015). Avances en el estudio de las dificultades en la enseñanza de actividad enzimática en el nivel superior (IV jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales) Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/58654>.
- Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. (2019). *Plan de estudios ingeniería química*. Bogotá: UDCA.
- Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. (2019). *Plan de estudios química farmacéutica*. Bogotá: UDCA.
- Universidad de los Andes. (2019). *Plan de estudios licenciatura química*. Bogotá.
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2015). *Plan de estudios licenciatura química*. Bogotá.
- Velázquez, M. D., & Ordorica, M. Á. (2009). Termodinámica, Cinética y Enzimas. Recuperado el 11 de junio de 2020, de <https://es.slideshare.net/OswaldoAngeles/coenzimas-22595092>.
- Walraven, A., Brand-Gruwel, S., & Boshuizen, H. (2009). How students evaluate information and sources when searching the World Wide Web for information. *Computers & education*, 52(1), 234-246. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.08.003>.
- Worthington Biochemical Corporation. (2015). Las enzimas y el sitio activo. Recuperado 16 de mayo de 2020, de <https://es.khanacademy.org/science/biology/energy-and-enzymes/introduction-to-enzymes/a/enzymes-and-the-active-site>.



## ANEXOS

### ANEXO 1: UNIDAD DIDÁCTICA

# UNIDAD DIDÁCTICA

ACTIVIDAD ENZIMÁTICA  
ASOCIADA A LOS  
CONCEPTOS APOENZIMA Y  
COENZIMA PARA EL  
TRATAMIENTO DE LA  
MIGRAÑA, BASADA EN ABP



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA  
NACIONAL

*Educadora de educadores*

LAURA YULIANA MONGUÍ APONTE  
LUISA FERNANDA GONZALEZ GOMEZ  
TANIA DANIELA HERNÁNDEZ GUZMÁN

## INTRODUCCIÓN

### caracterización de la asignatura

**Asignatura:** Sistemas bioquímicos

**Tema general:** Actividad enzimática

### Caracterización de los estudiantes:

Está dirigido a estudiantes que se relacionan directamente con áreas de química y bioquímica en educación superior; donde el interés de aprender va direccionado específicamente a enseñar actividad enzimática fomentando la importancia de las coenzimas y de las apoenzimas en las rutas metabólicas para el buen funcionamiento del organismo.

### Duración de la unidad y número de sesiones:

La presente unidad didáctica tiene como finalidad la Enseñanza y aprendizaje mediante la metodología Flipped Classroom de los conceptos coenzima y apoenzima asociados al estudio de la actividad enzimática una mirada desde el modelo de aprendizaje basado en problemas (ABP), bajo una organización en la que se enfatice el tema de biomoléculas como lo son las enzimas y la actividad biológica que cumplen en las rutas metabólicas. Permitiendo explicar coherente y comprensivamente cada temática y la óptima organización y planeación de las actividades, se debe tener en cuenta que dicha unidad didáctica se desarrolla en un tiempo estimado de 4 semanas, teniendo en cuenta que se contarán de 6 sesiones de clase, para dos días de la semana con una intensidad horaria de 5 horas semanales.

### Profesores que elaboraron la unidad:

Gonzalez Gomez Luisa Fernanda

Monguí Aponte Laura Yuliana

Hernández Guzmán Tania Daniela

### Contenido

#### Actividades de introducción

- ❖ **Actividad I:** Clase virtual. Tema actividad enzimática.

Se presenta una introducción de lo que es la actividad enzimática, haciendo mención de las enzimas y los diferentes factores que pueden afectar su funcionalidad (pH, temperatura, acidez, etc). **Tiempo 1:30 min.** Se pueden presentar preguntas de los estudiantes frente a la explicación **Tiempo 30 min.**

- ❖ **Actividad II:** Desarrollo de mentefacto.

El mentefacto se está diseñado con el fin de identificar las ideas previas relacionadas al tema de actividad enzimática y su relación con enfermedades como la migraña. Se le brinda al estudiante herramientas como se realiza un artefacto, un ejemplo de un mentefacto relacionado con la química y por último un texto sobre actividad enzimática que relaciona los conceptos de interés coenzima y apoenzima. **Tiempo 50 min (anexo 1).**

#### Actividades de desarrollo

- ❖ **Actividad III:** Conoce la importancia de las apoenzimas y coenzimas, en especial la coenzima Q10 y vitamina C como tratamiento para la cefalea tipo migraña. Video explicativo.

El video se presenta con una explicación amplia frente a lo que es la migraña, lo que son coenzimas y apoenzimas y la relación que tiene, por otro lado, se enfatiza en las rutas metabólicas especialmente de las coenzimas Q10 y vitamina C, así como las síntesis de la Q10 en el organismo y las síntesis de vitamina C por otros organismos diferentes al ser humano resaltando la importancia de que este debe ser aportado en la dieta humana. **Tiempo 30 min (anexo 2).**

- ❖ **Actividad IV:** Cuestionario

El cuestionario se desarrolla en la plataforma de Google encuestas, donde a partir de nueve preguntas se busca que el estudiante desarrolle habilidades de indagación, apropiación, relación, investigación y trabajo en equipo; todo con relación a la actividad enzimática de las coenzimas de estudio (Vitamina C y CoQ10), su ruta metabólica y su uso como tratamiento profiláctico para la migraña. **Tiempo 2:30 min (anexo 3).**

- ❖ **Actividad V:** Clase virtual. Despeje de dudas.

Esta clase consiste en aclarar algunas dudas referentes a las temáticas desarrolladas anteriormente, que abarca la actividad enzimática referida la relación coenzima y apoenzima y su beneficio directo en el tratamiento de la migraña, a partir de la Vitamina C y CoQ10.

- ❖ **Actividad VI:** Determinación de vitamina C por medio de la técnica de HPLC. Video explicativo.

En este video de YouTube se abordaron temas relacionados a la síntesis de la Vitamina C, entre lo cual se destaca la caracterización del equipo: su función principal, sus principales componentes y como tal en qué consiste la práctica de laboratorio, los estándares que se deben cumplir para un correcto análisis, etc. **Tiempo 34 min (anexo 4).**

- ❖ **Actividad VII:** Quiz realizado en la aplicación Kahoot.

El quiz se llevó a cabo en la aplicación de Kahoot, donde se evaluó el contenido abordado en las clases virtuales pasadas, para ello se desarrolló una evaluación con 12 preguntas, las cuales incluían preguntas de conocimiento, comprensión, aplicación, análisis y síntesis. **Tiempo 30 min (anexo 5).**



#### Actividad de cierre

- ❖ **Actividad VIII:** Clase virtual, síntesis y conclusiones de actividad enzimática.

La clase virtual aborda temas relacionados a la actividad enzimática, a partir de la cual se hace énfasis en la relación a los conceptos coenzima y apoenzima, su repercusión e incidencia directa para comprender fenómenos asociados a los distintos tipos de cefalea que pueden presentarse por déficit de algunas coenzimas como la Vitamina C y la CoQ10. En esta, se aborda la relevancia de una dieta rica en alimentos (coenzimas) con propiedades antioxidantes que permitan disminuir la inflamación en el torrente sanguíneo por la síntesis de neurotransmisores que inhiben el dolor provocado durante los episodios migrañosos.

- ❖ **Actividad IX:** Foro de discusión.

El foro de discusión se desarrolla en la plataforma Moodle, donde a partir de tres preguntas se busca que los estudiantes puedan tomar una postura crítica frente a varias problemáticas que surgieron a partir de las actividades desarrolladas previamente. Estas problemáticas planteadas se basan en: la capacidad no sólo de las coenzimas (Vitamina C y Q10), sino de otras posibles sustancias de prevenir y/o disminuir el dolor causado por los episodios de migrañas y sus posibles contraindicaciones; la eficiencia y eficacia de la actividad enzimática asociada a cada coenzima para el tratamiento de la migraña a partir de su ruta metabólica y la capacidad de uno de los estados de la CoQ10 de tener acción antioxidante y su repercusión en la peroxidación lipídica. Tiempo 40 min (Anexo 6).

#### Objetivos de la unidad

##### Objetivo de enseñanza

Fortalecer habilidades de pensamiento crítico-reflexivo, resolución de problemas, toma de decisiones, mejorar niveles de comunicación (argumentación, y presentación de la información) y enfatizar el trabajo en equipo, específicamente en la acción e importancia de las coenzimas y apoenzimas en el organismo.

##### Objetivos conceptuales

- Identificar en los procesos enzimáticos el papel que desempeñan las enzimas, coenzimas y apoenzimas.
- Reconocer la capacidad de algunas coenzimas como la Q10 y la vitamina C para combatir enfermedades neurológicas como la migraña.
- Comprender la ruta metabólica de la Coenzima Q10 y la vitamina C y su efecto antioxidante.
- Analizar la acción del estrés oxidativo como principal factor que desencadena episodios de migraña.

##### Objetivos procedimentales

- Demostrar habilidades argumentativas desde un pensamiento crítico.
- Generar ambientes de discusión que propicien debate sobre la importancia de una dieta rica en coenzimas Q10 y vitamina C en

comparación al uso de medicamentos para prevenir y/o aliviar los dolores de cabeza.

- Manejar el conocimiento adquirido sobre el equilibrio que debe tener las rutas metabólicas para su correcto desarrollo desde la alimentación y aplicarlo en su vida cotidiana.

#### Objetivos actitudinales

- Interesarse por el conocimiento científico y llevarlo a contextos de la cotidianidad.
- Concientizarse de la importancia de los tratamientos profilácticos no farmacológicos (Vitamina C y CoQ10) para la prevención de la migraña como enfermedad que aqueja fuertemente a la población.
- Atender con su participación activa, de forma individual como en equipo el aprendizaje de los contenidos.
- Cumplir con valores de respeto, responsabilidad, ayuda mutua y colaboración utilizando los recursos tecnológicos planteados en un entorno virtual.

#### Recursos

Computador, conexión a internet, Moodle y Microsoft Teams.

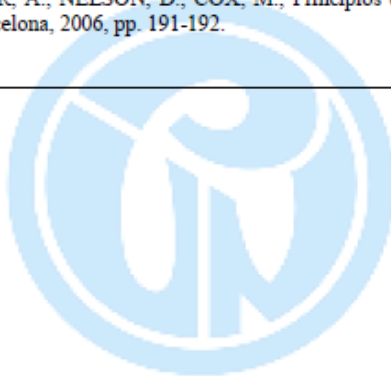
#### Evaluación de aprendizaje y sus evidencias

Se realizan las respectivas rúbricas para la evaluación de las actividades planteadas, cada una de las cuales se califica de 2 a 5 y se definen las actitudes y aptitudes requeridas para cada una de ellas. Adicionalmente se plantea una actividad que permitirá identificar el nivel de comprensión de los contenidos, la cual consiste en una evaluación en la plataforma Kahoot.

#### Bibliografía

- Skoog, D., Holler, J., Nieman, T., (1992). Cromatografía de líquidos de alta eficacia (pp. 785-830). Principios de análisis instrumental. España: Edigrafos, S.A.
- Cromatografía líquida de alta resolución (hplc).pdf.(sf) n/a. Tomado de: <http://www.icp.csic.es/abgroup/web3/documentos/HPLC-2011.pdf>
- Cromatografía líquida de alta eficacia pdf, (sf) n/a. Tomado de: [https://www.mncn.csic.es/docs/repositorio/es\\_ES/investigacion/cromatografia/cromatografia\\_liquida\\_de\\_alta\\_eficacia.pdf](https://www.mncn.csic.es/docs/repositorio/es_ES/investigacion/cromatografia/cromatografia_liquida_de_alta_eficacia.pdf)
- Pinilla, M. I. (2006). Mentefactos conceptuales como estrategia didácticopedagógica de los conceptos básicos de la teoría de. Mentefactos conceptuales como estrategia didáctico-pedagógica, 63.
- Lera Santín, A. (2011). Aplicaciones enzimáticas en procesos de conservación y restauración de obras de arte. Consolidación de celulosa. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatearen Argitalpen Zerbitzua. Pagina 46.

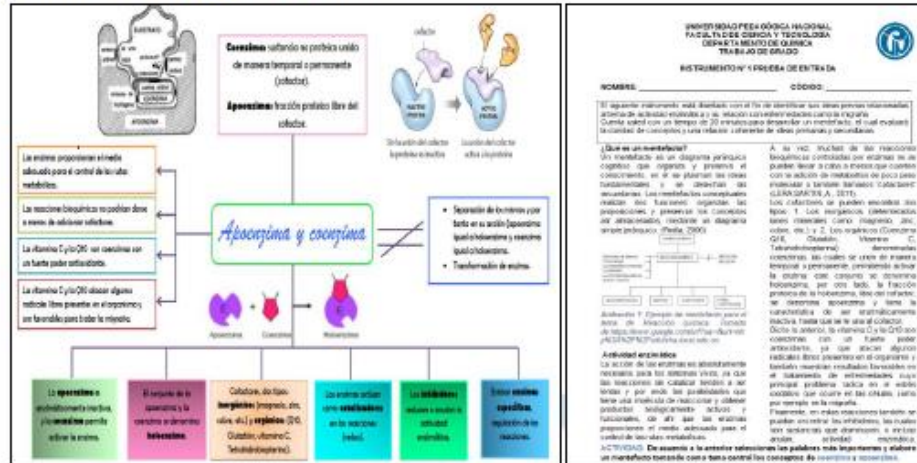
- Artuch, R., Colomé, C., Vilaseca, M. A., Pineda, M., & Campistol, J. (1999). Ubiquinona: Metabolismo y funciones. Deficiencia de ubiquinona y su implicación en las encefalomiopatías mitocondriales. Tratamiento con ubiquinona. *Revista de Neurología*, 29(1), 59–63. <https://doi.org/10.33588/m.2901.99204>
- Coenzima, D. D. E., Una, Q., & Huérfana, E. (n.d.). Deficiencia de coenzima q10: ¿una enfermedad huérfana en argentina? 155, 81–88.
- Mataix, B., & Granada, A. (2005). Universidad de granada instituto de nutrición y tecnología de alimentos.
- Seminario, F. D. F. (2012). Revisión Sistemática Meta-análisis Requerimientos de inótrópos Conclusiones Con los resultados obtenidos en esta revisión se puede concluir que la administración preoperatoria de Coenzima Q10 a los pacientes que van a ser sometidos a una cirugía cardíaca. 10(18), 2012.
- LEHNINGER, A., NELSON, D., COX, M., Principios de Bioquímica, 4° Edición, Ed. Omega, Barcelona, 2006, pp. 191-192.



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA  
NACIONAL

*Educadora de educadores*

## Anexo 1. Desarrollo de mentefacto.



## Anexo 2. Video explicativo.

GONZALEZ LUISA FERNANDA  
 HERNÁNDEZ TANIA DANIELA  
 MONGUÍ LAURA YULIANA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
 DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

RUTA METABÓLICA Y MECANISMO DE ACCIÓN DE LAS COENZIMAS Q10 Y VITAMINA C EN RELACIÓN CON LA MIGRAÑA

Monguí, Gonzalez & Hernández (Microsoft OneDrive). (2020, 06, 02). Síntesis y metabolismo de la Vitamina C y CoQ10. Recuperado de: [https://pedagogicaedu-my.sharepoint.com/:p/g/personal/dqu\\_lfgonzalezg913\\_pedagogica\\_edu\\_co/EUFO1bQh3HFNqE1CkBU0vugBS5yD5ZFywAh28k-rlzDK-Q?e=MrRJM5](https://pedagogicaedu-my.sharepoint.com/:p/g/personal/dqu_lfgonzalezg913_pedagogica_edu_co/EUFO1bQh3HFNqE1CkBU0vugBS5yD5ZFywAh28k-rlzDK-Q?e=MrRJM5)



### Anexo 3. Cuestionario.

The image shows a presentation slide on the left and an Excel spreadsheet on the right. The slide is titled 'Migraña' and lists the authors 'Juan Linsnes - Camilo Martínez'. The Excel spreadsheet contains a questionnaire with the following questions:

**INSTRUMENTO N° 2 CUESTIONARIO**

**NOMBRE:** OOOOO

El presente instrumento pretende determinar o analizar procesos de migración, que permitan construir conocimientos, habilidades y actitudes orientadas a:

A continuación, responder a un cuestionario, el cual evaluará la calidad de migración, la capacidad de adaptación y bienestar.

Responda en siguientes condiciones:

1. ¿Qué es la migración?
2. ¿Qué proceso la migraña y cuáles son los síntomas más importantes?
3. ¿Qué hacer en caso de presentar síntomas de migraña?
4. ¿Cómo se ha involucrado de algún alimento en el desarrollo que abase la migraña o sople a prevenirlo? ¿Cuál? ¿Por qué considera que no abase (prevención actual)?
5. ¿Migraña o no para los alimentos, vegetales C y otros que vive para la prevención en el futuro de un persona que se abase a la migraña.
6. ¿Por qué el ser humano puede consumir CVD, pero no la vitamina C? Cite la vitamina C en el proceso de abase para migración de las personas CVD y vitamina C, en el ser humano afectado o transición para que se demuestre la capacidad de migración?
7. ¿Qué parte del proceso de abase para migración de las personas CVD y vitamina C, en el ser humano afectado o transición para que se demuestre la capacidad de migración?
8. De acuerdo a lo discutido y visto, desarrolle sus propuestas de investigación que al menos abase:
9. Por favor, realizar una presentación sobre el tema y explicar los roles de los autores.

### Anexo 4. Determinación de vitamina C por medio de la técnica de HPLC. Video explicativo.



Monguí, Gonzalez & Hernández (Laura Monguí). (2020, 06, 02). HPLC Vitamina C (VIDEO TAPE 87). Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=pgmbYHOGkxE&feature=youtu.be>.

### Anexo 5. Quiz realizado en Kahoot.



INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN # 3		
1 Quiz	Lea atentamente	
Correct answers	FASE ESTACIONARIA-FASE Biotog.MÓVUL Arroyo	
Players correct (%)	83,33%	
Question duration	30 seconds	
Answer Summary		
Answer options	FASE ESTACIONARIA-FASE Biotog.MÓVUL Arroyo	FASE LI
Is answer correct?	✓	
Number of answers received	0	
Average time taken to answer (seconds)	12,88	

### Anexo 6. Foro de discusión.

#### PREGUNTAS FORO

**Para el desarrollo de este foro se debe responder de forma individual y comentar la opinión por lo menos de dos compañeros.**

- Los seres humanos no tienen la capacidad de sintetizar vitamina C en el organismo, pero si la Coenzima Q10, se han realizado estudios que determinaron que el uso de estas dos coenzimas permite disminuir y/o prevenir la principal molestia de la migraña que consiste en fuertes dolores de cabeza. ¿Aparte de estos dos compuestos, qué otros podrían disminuir y/o prevenir la migraña? ¿Por qué? Tenga en cuenta que los compuestos también presentan contraindicaciones y tome una postura crítica.
- Determine ¿cuáles son las ventajas y desventajas en el proceso de actividad enzimática de cada coenzima (coenzima Q10 y vitamina C) y a partir de la acción metabólica; ¿cuál considera que es la más eficiente y eficaz como un tratamiento para la migraña? Argumente.
- La coenzima Q10 se presenta en el cuerpo humano en tres estados de óxido/reducción: 1) La forma oxidada denominada «ubiquinona» (Q), la forma reducida «ubiquinol» (QH<sub>2</sub>) y existe un estado intermedio de óxido-reducción en el que la molécula se denomina «ubisemiquinona» (Q<sub>1</sub>). Describa cuál de las tres formas de la CoQ10 desarrolla actividad antioxidante y qué papel desempeña en el proceso de peroxidación lipídica.

## ANEXO 2: RÚBRICA PARA LA EVALUACIÓN DE RESULTADOS DEL INSTRUMENTO N° 2 CUESTIONARIO

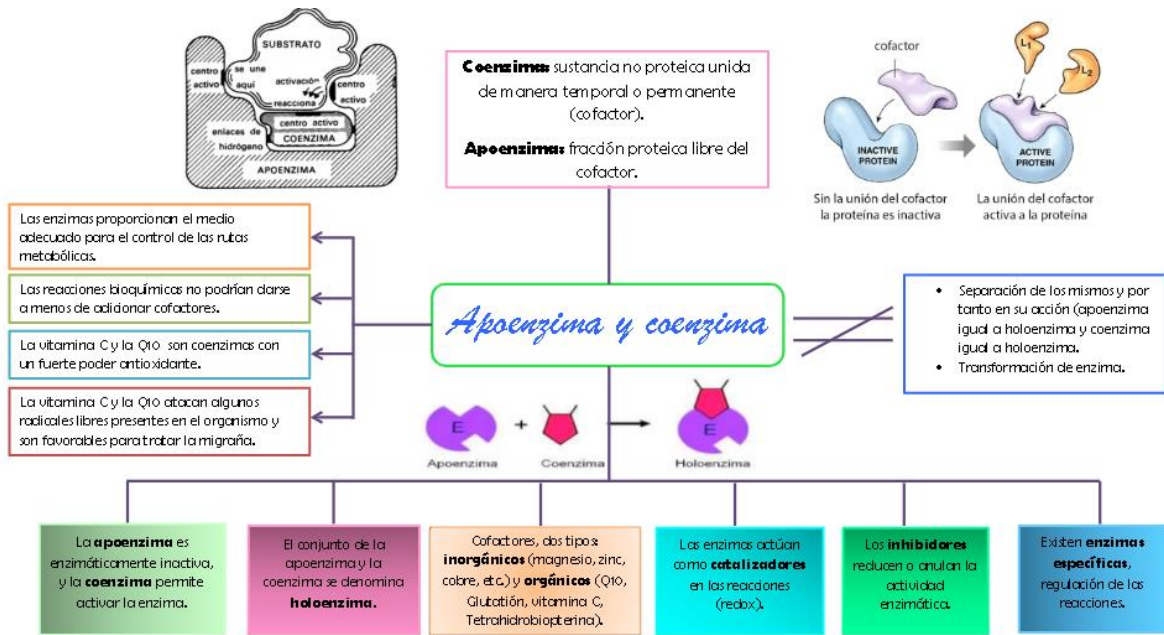
VALORACIÓN CRITERIOS	EXCELENTE 5	BUENO 4	SUFICIENTE 3	DEFICIENTE 2
<b>Tipo de información</b>	La indagación presentada está sustentada por fuentes confiables y abarca opiniones frente a ellas.	La indagación presentada está sustentada por fuentes confiables y abarca opiniones sin profundizar.	La indagación presentada está sustentada por fuentes no confiables y abarca opiniones sin profundizar.	La indagación presentada está sustentada por fuentes no confiables y sin opiniones.
<b>Apropiación del tema</b>	Relacionar aspectos de la vida cotidiana con las causas más frecuentes que inducen a padecer síntomas asociados a la migraña.	Relacionar aspectos de la vida cotidiana con las causas más frecuentes que producen migraña.	Relacionar aspectos de la vida cotidiana con las causas más frecuentes de enfermedades.	No relacionar aspectos de la vida cotidiana con las causas de enfermedades.
<b>Relación coenzima-migraña</b>	Induce y deduce el mecanismo de acción de las coenzimas en los procesos biológicos.	Induce y deduce poco el mecanismo de acción de las coenzimas en los procesos biológicos.	Solo deduce la acción de las coenzimas en los procesos biológicos.	Solo hace mención de la acción de las coenzimas en los procesos biológicos.
<b>Relación alimentación-migraña</b>	Tiene en cuenta y profundiza en la importancia de los hábitos alimenticios para detener o evitar un padecimiento como es el de la migraña en cuanto a sus síntomas.	Menciona la importancia de los hábitos alimenticios para detener o evitar un padecimiento como es el de la migraña en cuanto a sus síntomas.	Ve poca importancia de los hábitos alimenticios para detener o evitar un padecimiento como es el de la migraña en cuanto a sus síntomas.	No tiene en cuenta la importancia de los hábitos alimenticios para detener o evitar un padecimiento como es el de la migraña en cuanto a sus síntomas.
<b>Ruta metabólica-actividad enzimática (coenzima-apoenzima)</b>	Evalúa y diagnostica la acción biológica de algunos alimentos y/o medicamentos teniendo presente la ruta metabólica en especial actividad enzimática (Coenzima- Apoenzima), teniendo en cuenta la capacidad del ser humano de sintetizar Q10, pero no vitamina C	Solo evalúa la acción biológica de algunos alimentos y/o medicamentos teniendo presente la ruta metabólica en especial actividad enzimática (Coenzima- Apoenzima), teniendo en cuenta la capacidad del ser humano de sintetizar Q10, pero no vitamina C	Solo menciona la acción biológica de algunos alimentos y/o medicamentos teniendo presente la ruta metabólica en especial actividad enzimática (Coenzima- Apoenzima), teniendo en cuenta la capacidad del ser humano de sintetizar Q10, pero no vitamina C	No menciona la acción biológica de algunos alimentos y/o medicamentos teniendo presente la ruta metabólica en especial la actividad enzimática (Coenzima- Apoenzima), teniendo en cuenta la capacidad del ser humano de sintetizar Q10, pero no vitamina C
<b>ABP-(Coenzima- Apoenzima)</b>	Reconoce y desarrolla procesos de investigación asociados a la migraña, su prevención y tratamiento; una enfermedad muy común que afecta agudamente a la población	Solo reconoce la importancia del desarrollo de los procesos de investigación asociados a la migraña, su prevención y tratamiento; una enfermedad muy común que afecta agudamente a la población	No reconoce la importancia de los procesos de investigación asociados a la migraña, su prevención y tratamiento; una enfermedad muy común que afecta agudamente a la población	No desarrolla procesos de investigación asociados a la migraña, su prevención y tratamiento; una enfermedad muy común que afecta agudamente a la población
<b>ABP-Trabajo en quipo</b>	Desarrollar habilidades de pensamiento sistémico, crítico reflexivo y metacognitivo, a través del dialogo y trabajo en equipo; es introspectivo y proactivo	Desarrollar pocas habilidades de pensamiento sistémico, reflexión crítica y metacognición a través del dialogo y trabajo en equipo, es poco introspectivo y proactivo	Desarrollar muy pocas habilidades de pensamiento sistémico, critico reflexivo y metacognitivo, a través del dialogo y el trabajo en equipo, es muy poco introspectivo y muy poco proactivo.	No desarrolla habilidades de: pensamiento sistémico, critico reflexivo ni metacognitivo, a través del dialogo y el trabajo en equipo, no es introspectivo y tampoco proactivo.

### ANEXO 3: RÚBRICA PARA LA EVALUACIÓN DE RESULTADOS DEL INSTRUMENTO N° 1 PRUEBA DE ENTRADA

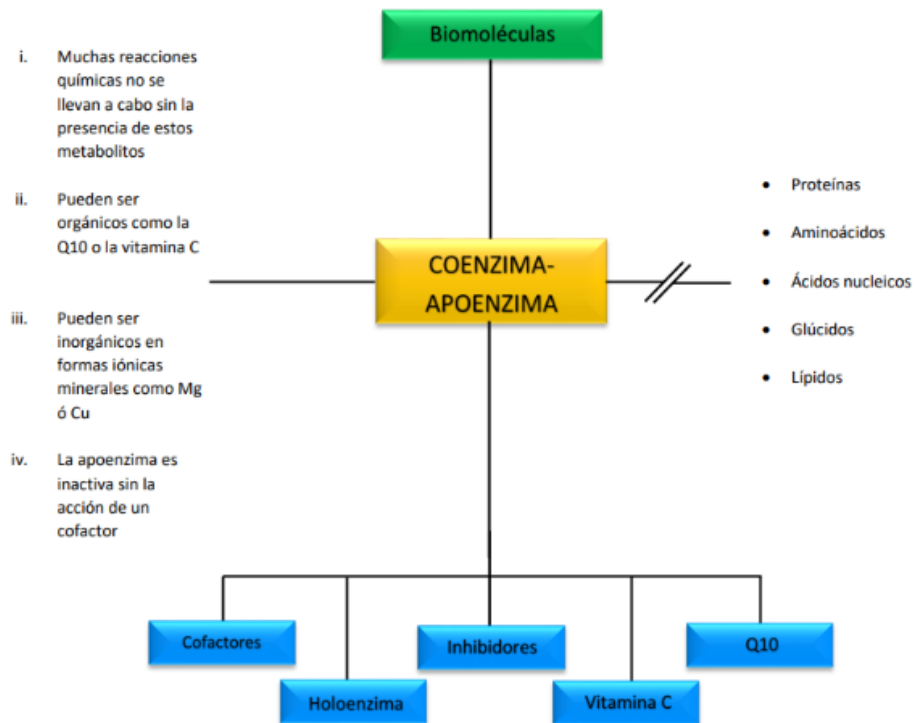
VALORACIÓN	Excelente	Bueno	Suficiente	Deficiente
CRITERIOS	5	4	3	2
<b>Tema principal</b>	Identifica ampliamente el tema principal y desarrolla el mentefacto en base a él	Identifica medianamente El tema principal y desarrolla el meta impacto en base a él.	El tema principal no se identifica fácilmente, sólo se vislumbra	No se identifica cuál es el tema principal del mentefacto
<b>Conexión de conceptos</b>	La clasificación de los conceptos esta presentado de manera lógica, éstos se relacionan unos con otros	La exposición de conceptos contra medianamente presentada y las ideas están relacionadas Unas con otras de manera lógica	No existe distinción entre las ideas principales de las secundarias. Se observa poca relación entre los conceptos. falta mayor precisión al concretar ideas	No se observa lógica entre conceptos e ideas. se presentan ideas de manera aislada, no relacionadas entre sí
<b>Organización</b>	<p>El mentefacto se presenta en forma ordenada de acuerdo al organigrama propio de este organizador:</p> <p><b>Ideas Isoordinados</b> Lado izquierdo, muestran las esencialidades. ¿Se explicitan las características esenciales del concepto?</p> <p><b>Ideas Supraordinadas</b> Lado superior que incluye al concepto. ¿Se define como miembro de algún conjunto, de alguna familia o ciencia aún más superior?</p> <p><b>Ideas excluyentes</b> Son la clase que se oponen o se excluyen mutuamente, se asocia con la operación de excluir o negar un nexo entre dos clases adyacentes. Señala la noción más próxima al concepto</p> <p><b>Ideas Infraordinarias</b> Lado inferior, especifica las clases y los subtipos del concepto</p>	<p>El mentefacto se presenta en forma relativamente ordenada de acuerdo al organigrama propio de este organizador:</p> <p><b>Ideas Isoordinados</b> Lado izquierdo, muestran las esencialidades. ¿Se explicitan las características esenciales del concepto?</p> <p><b>Ideas Supraordinadas</b> Lado superior incluye al concepto. ¿Se define como miembro de algún conjunto, de alguna familia o ciencia aún más superior?</p> <p><b>Ideas excluyentes</b> Son la clase que se oponen, se asocia con la operación de excluir o negar un nexo entre dos clases adyacentes. Señala la noción más próxima al concepto</p> <p><b>Ideas Infraordinarias</b> Lado inferior, especifica las clases y los subtipos del concepto</p>	<p>El mentefacto se presenta en forma desordenada, en su mayor parte.</p> <p><b>Ideas Isoordinados</b> Lado izquierdo, muestran las esencialidades. ¿Se explicitan las características esenciales del concepto?</p> <p><b>Ideas Supraordinadas</b> Lado superior incluye al concepto. ¿Se define como miembro de algún conjunto, de alguna familia o ciencia aún más superior?</p> <p><b>Ideas excluyentes</b> Son la clase que se no oponen o se excluyen mutuamente, no se asocia con la operación de excluir o negar un nexo entre dos clases adyacentes. Señala la noción más próxima al concepto</p> <p><b>Ideas Infraordinarias</b> Lado inferior, especifica las clases y los subtipos del concepto</p>	<p>El mentefacto se presenta en forma desordenada, de acuerdo al organigrama propio de este organizador:</p> <p><b>Ideas Isoordinados</b> Lado izquierdo, muestran las esencialidades. ¿Se explicitan las características esenciales del concepto Didáctica?</p> <p><b>Ideas Supraordinadas</b> Lado superior incluye al concepto. ¿Se define como miembro de algún conjunto, de alguna familia o ciencia aún más superior?</p> <p><b>Ideas excluyentes</b> Son la clase que, se asocia con la operación. Señala la noción más próxima al concepto</p> <p><b>Ideas Infraordinarias</b> Lado inferior, especifica las clases y los subtipos del concepto</p>



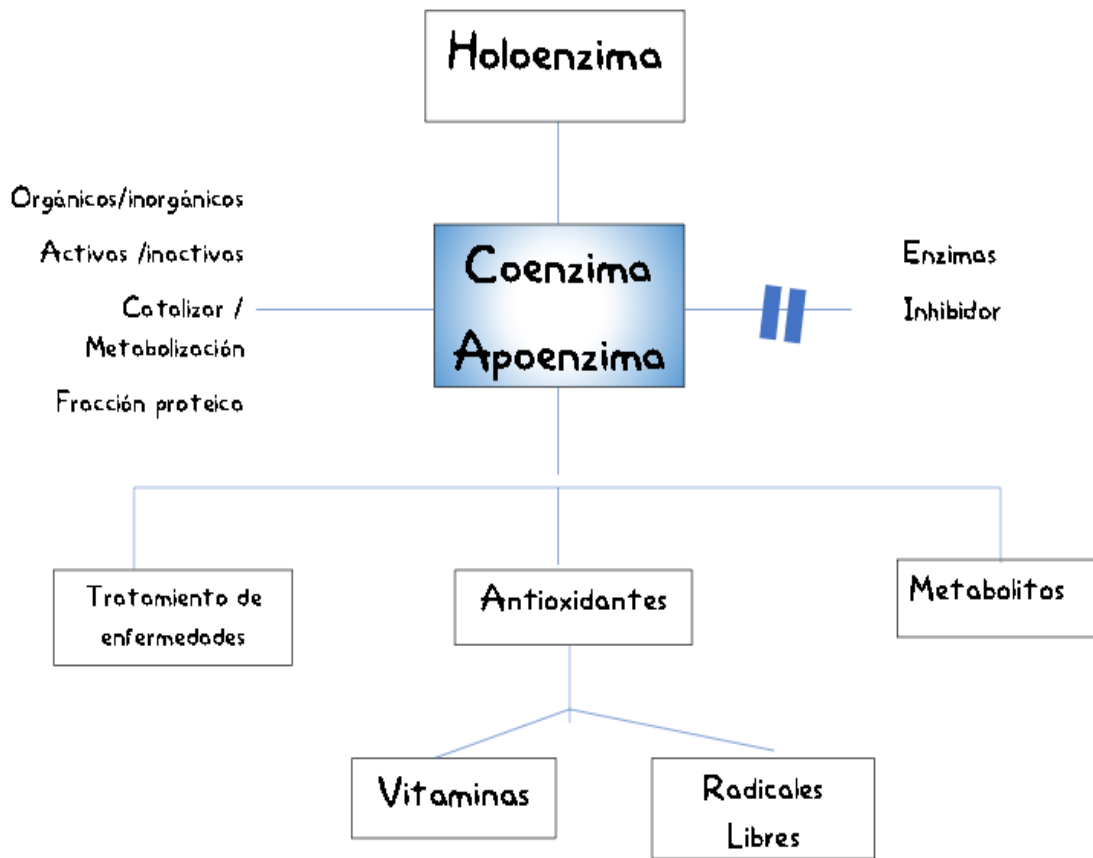
## ANEXO 4: MENEFACOTOS ELABORADOS POR ESTUDIANTES



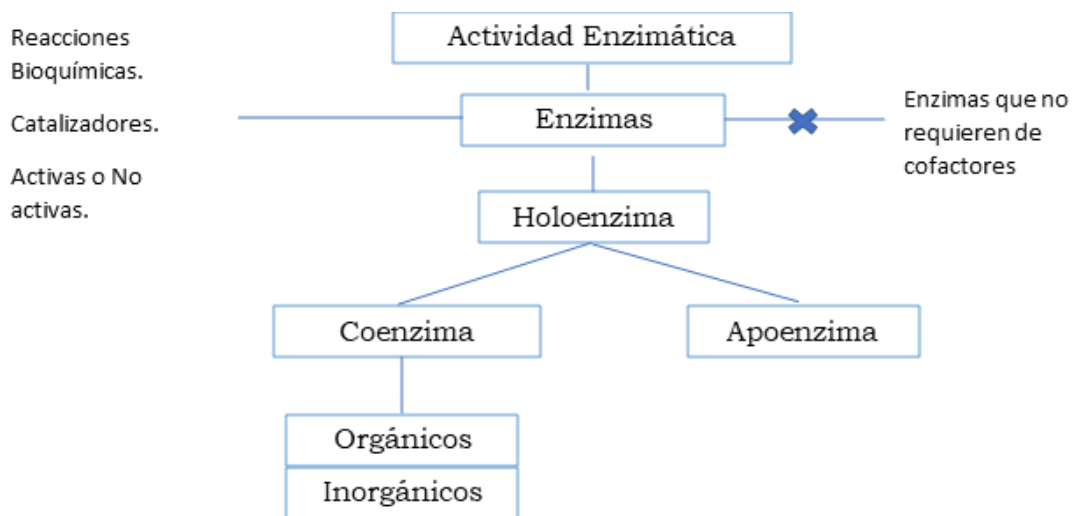
(a)



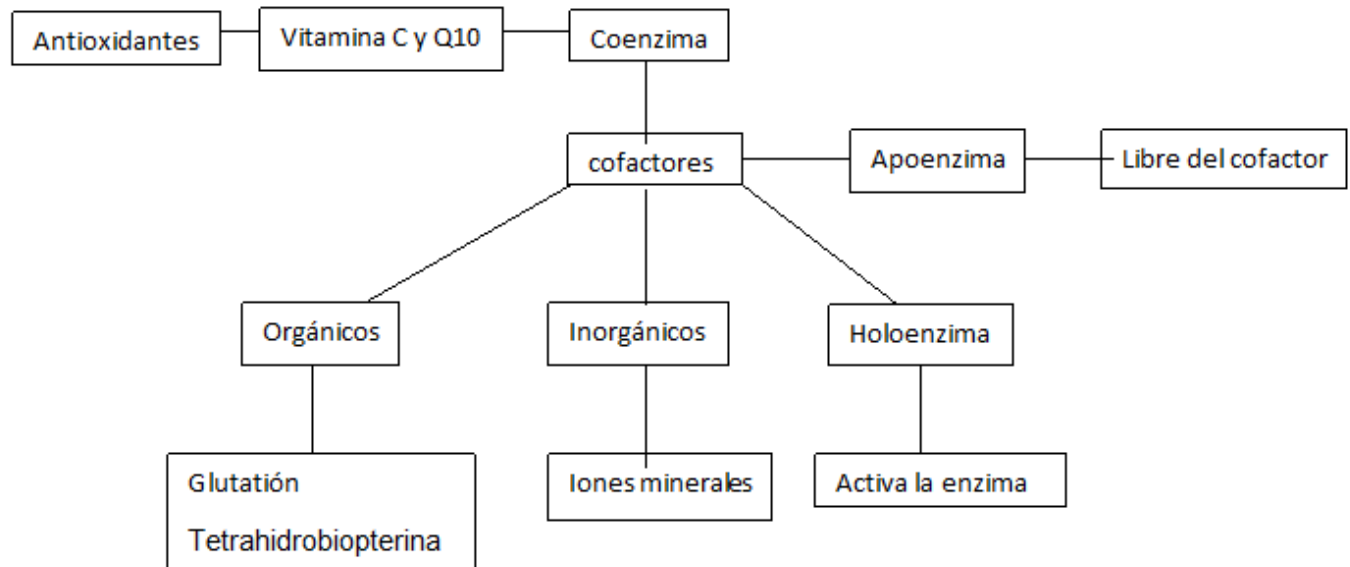
(b)



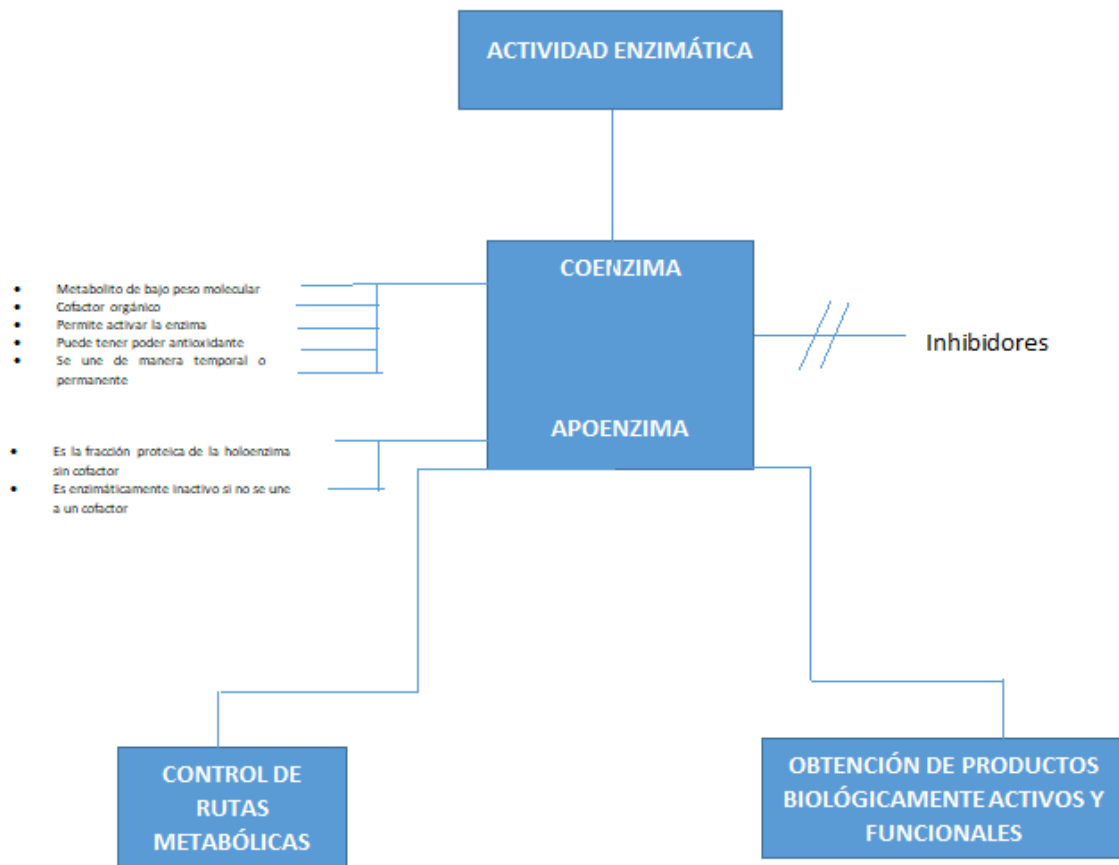
(c)



(d)



(e)



(f)

## ANEXO 5: INSTRUMENTO N° 2 CUESTIONARIO

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE QUIMICA  
TRABAJO DE GRADO



### INSTRUMENTO N° 2 CUESTIONARIO

NOMBRE: \_\_\_\_\_ CÒDIGO: \_\_\_\_\_

El presente instrumento pretende desarrollar o fortalecer procesos de indagación, que permitan construir conocimientos, mediante preguntas orientadoras

A continuación, encontrará un cuestionario, el cual evaluará la calidad de búsqueda, la capacidad de deducción e inducción.

Resuelva el siguiente cuestionario

1. ¿Qué es la migraña?
2. ¿Qué provoca la migraña y cuáles son los síntomas más latentes?
3. ¿Qué hacer en caso de presentar síntomas de migraña?
4. ¿Conoce o ha escuchado de algún alimento y/o medicamento que alivie la migraña o ayude a prevenirla? ¿cuál? ¿Por qué considera que lo alivia (principio activo)?
5. Proponga una dieta rica en antioxidantes (Vitamina C y Q10) que sirva para la prevención o el tratamiento de una persona que ya padezca la migraña.
6. ¿Por qué el ser humano puede sintetizar Q10, pero no la Vitamina C? Explica.
7. ¿Qué parte del proceso de síntesis (ruta metabólica) de las coenzimas Q10 y Vitamina C se está viendo afectado o truncado para que se desencadenen episodios de migraña?
8. De acuerdo a lo buscado y leído, desarrolle tres preguntas de investigación que le hayan surgido.
9. Por grupos elabore una presentación donde integre y explique los ocho puntos anteriores.

## ANEXO 6: QUIZ PLATAFORMA KAHOOT

### TIPOS DE PREGUNTAS

- I. **CONOCIMIENTO:** recuerda o identifica los hechos o información específica

1. La cromatografía es un método fisicoquímico de separación en el cual los componentes se separan a partir de la presencia de dos fases:

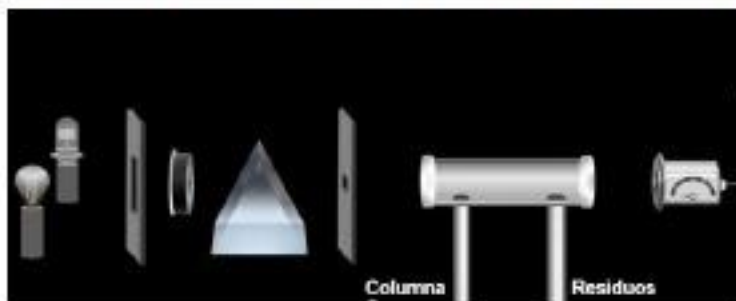
**R. FASE ESTACIONARIA-FASE MÓVIL**

FASE ESTACIONARIA-FASE GEL

FASE LÍQUIDA-FASE GASEOSA

FASE MÓVIL-FASE GASEOSA

2. La imagen representa un detector UV-VISIBLE: VERDADERO O FALSO



3. ¿Cuál es la importancia de la actividad bioquímica de las enzimas?

INHIBIR REACCIONES BIOLÓGICAS

**R. CATALIZAR REACCIONES BIOLÓGICAS**

FORMAR ENLACES COVALENTES CON EL SUSTRATO

COMPETIR CON LOS INHIBIDORES EN LAS REACCIONES BIOLÓGICAS

II. **COMPRENSIÓN:** logra inferir sobre la base de una información o actividad

4. ¿Cuál considera que es la principal ventaja y desventaja de la técnica de HPLC?

RÁPIDA VELOCIDAD DE ANÁLISIS -NO EXISTE DETECTOR UNIVERSAL

LOS RESULTADOS SON FÁCILES DE LEER- SU FUNCIONAMIENTO PUEDE SER COMPLEJO

**R. BUENA SENSIBILIDAD FRENTE A UNA DIVERSIDAD DE COMPUESTOS -TÉCNICA INSTRUMENTAL COSTOSA**

PERMITE EL ESTUDIO DE NUMEROSAS MUESTRAS-ES  
DEMORADO EL TRATAMIENTO DE LA MUESTRA

5. Organiza de forma correcta los principales componentes de un cromatógrafo de HPLC para un óptimo funcionamiento.
- Sistema de tratamiento de datos
  - Columna
  - Reservorios
  - Botella de desechos
  - Inyector
  - Detector
  - Bomba

VII, V, II, III, VI, I, IV

R. III, VII, V, II, VI, I, IV

VI, I, IV, II, III, VII, V

III, VII, V, IV, II, VI, I

6. Las moléculas orgánicas, de naturaleza no proteínica, necesarias para la actividad de las enzimas, son llamadas coenzimas; las cuales se clasifican de acuerdo con su función, ya sea como coenzimas de óxido-reducción, cuando transportan equivalentes reductores, o coenzimas de transferencia, cuando transportan grupos químicos. En ambos casos, las coenzimas son transformadas en la reacción, y regeneradas en otra. Con la anterior información ¿Cómo se clasifican las coenzimas vitamina C y Q10?

COENZIMA OXIDANTE

COENZIMA TRANSPORTADORA

R. COENZIMA REDUCTORA

TODAS LAS ANTERIORES

**III. APLICACIÓN:** recurre al conocimiento aprendido en una nueva situación

7. Si usted como analista, necesita determinar la cantidad de vitamina C presente en una mandarina, pero al obtener el jugo de esta fruta se evidencia un alto contenido de partículas suspendidas; ¿qué proceso realizaría antes de poner la muestra en el cromatógrafo?

R. FILTRAR MICROFILTRACIÓN CON PORO DE 0,45  $\mu\text{m}$

MICROFILTRACIÓN CON PORO DE 0,60  $\mu\text{m}$

COLAR CON UN COLADOR

MICROFILTRACIÓN CON PORO DE 0,45  $\mu\text{m}$

FILTAR CON PAPEL FILTRO



8. Al no haber tratado adecuadamente las partículas en suspensión y adicionalmente no haber invertido en un instrumento complementario que le ayudara a contrarrestar contaminantes indeseados, ha notado que el cromatógrafo HPLC parece que ha perdido sensibilidad y precisión ya que se han obtenido datos sin reproducibilidad, usted ¿a qué le atribuye la mala calidad en los análisis? ¿Qué le hace falta al HPLC?

UNA COLUMNA MÁS COSTOSA

R. UNA PRE-COLUMNA

RESERVORIOS CON DESGASIFICADORES

BOMBA DE DESPLAZAMIENTO

9. ¿Qué función cumple el ultrasonido en la determinación de vitamina C por la técnica de HPLC?

Retiene las impurezas e interferencias en la matriz y deja que los compuestos de interés pasen a través del cartucho con la fase.

R. Elimina los gases disueltos para prevenir la formación de burbujas, especialmente importante en bombas de mezcla de baja presión.

Aumenta el tiempo de retención de los analitos, aumenta la polaridad de la fase móvil.

**IV. ANÁLISIS:** logra dividir un tema de las partes que lo componen, esto incluye identificar las partes y establecer la relación entre ellas.

10. Dos analistas químicos pretenden analizar una porción de alimento con alta concentración de L-ácido ascórbico, ellos tras sus estudios saben que, por un lado, la fase móvil puede ser un disolvente puro o una mezcla de disolventes; y, por otro lado, la fase estacionaria debe ser una sustancia que muestre afinidades diferentes para los distintos componentes en una mezcla de la muestra, para finalmente cuantificar la cantidad de vitamina C presente en la muestra. Por lo tanto, deben definir la polaridad de la fase móvil (FM) como de la estacionaria (FE).

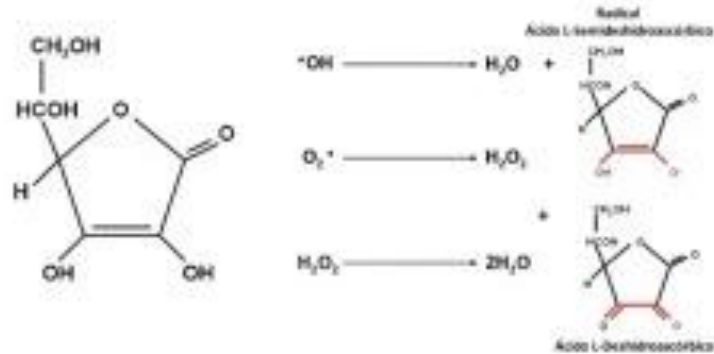
FM: APOLAR- FE POLAR

FM: POLAR- FE POLAR

FM: APOLAR- FE APOLAR

R. FM: POLAR- FE APOLAR

11. El L-ácido ascórbico tiene un gran poder antioxidante, por lo que su función principal frente a los radicales libres será la de neutralizarlos con la donación de sus equivalentes reductores.



Radical hidroxilo ( $^{\bullet}\text{OH}$ ), superóxido ( $\text{O}_2^{\bullet-}$ ) y peróxido ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) respectivamente:

- I. Un equivalente reductor
- II. Dos equivalentes reductores

R. I,II y II

II,II, y I

I,II y I

II, I, II

12. Qué alimentos le recomendaría consumir a una persona que presenta fuertes dolores de cabeza a causa de la migraña categorizada como enfermedad congénita.

R. FRUTAS, VEGETALES Y FRUTOS SECOS

FRUTAS, VEGETALES Y CARBOHIDRATOS

SOLAMENTE FRUTAS


JUGOS NATURALES Y FRUTAS



## ANEXO 7: SISTEMATIZACIÓN DE RESULTADOS KAHOOT

Question ▾ Type ▾ Correct/Incorrect ▲

3 ¿Cuál es la importancia de la actividad bioquímica de las enzimas? Quiz 80%



<input type="checkbox"/>	INHIBIR REACCIONES BIOLÓGICAS	✗	0
<input type="checkbox"/>	FORMAR ENLACES COVALENTES CON EL SUSTRATO	✗	0
<input type="checkbox"/>	COMPETIR CON LOS INHIBIDORES EN LAS REACCIONES BIOLÓGICAS	✗	0
<input checked="" type="checkbox"/>	CATALIZAR REACCIONES BIOLÓGICAS	✓	8
<input type="checkbox"/>	No answer	✗	2

6 Lea atentamente Quiz 20%

Las moléculas orgánicas, de naturaleza no proteínica, necesarias para la actividad de las enzimas, son llamadas coenzimas; las cuales se clasifican de acuerdo con su función, ya sea como coenzimas de óxido-reducción, cuando transportan equivalentes reductores, o coenzimas de transferencia, cuando transportan grupos químicos. En ambos casos, las coenzimas son transformadas en la reacción, y regeneradas en otra. Con la anterior información ¿Cómo se clasifican las coenzimas vitamina C y Q10?

<input checked="" type="checkbox"/>	COENZIMA REDUCTORA	✓	2
<input type="checkbox"/>	COENZIMA TRANSPORTADORA	✗	0
<input type="checkbox"/>	COENZIMA OXIDANTE	✗	2
<input type="checkbox"/>	TODAS LAS ANTERIORES	✗	4
<input type="checkbox"/>	No answer	✗	2

7 Lea atentamente Quiz 50%

Si usted como analista, necesita determinar la cantidad de vitamina C presente en una mandarina, pero al obtener el jugo de esta fruta se evidencia un alto contenido de partículas suspendidas; ¿qué proceso realizaría antes de poner la muestra en el cromatógrafo?

<input type="checkbox"/>	FILTRAR CON MICROFILTRACIÓN CON PORO DE 0,60 $\mu\text{m}$	✗	2
<input type="checkbox"/>	COLAR CON UN COLADOR	✗	0
<input checked="" type="checkbox"/>	FILTRAR CON MICROFILTRACIÓN CON PORO DE 0,45 $\mu\text{m}$	✓	5
<input type="checkbox"/>	FILTRAR CON PAPEL FILTRO	✗	0
<input type="checkbox"/>	No answer	✗	3

**ANEXO 8: RESPUESTAS CORRECTAS E INCORRECTAS POR TIPO DE PREGUNTA PARA CADA ESTUDIANTE QUIZ KAHOOT**

PREGUNTAS	CONOCIMIENTO			COMPRESIÓN			APLICACIÓN			ANÁLISIS		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Correcta	Correcta	Correcta	Incorrecta	Incorrecta	Incorrecta	Incorrecta	Correcta	Correcta	Incorrecta	Correcta	Correcta
2	Incorrecta	Incorrecta	Correcta	Incorrecta	Incorrecta	Incorrecta	Correcta	Incorrecta	Incorrecta	Correcta	Incorrecta	Incorrecta
3	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta
4	Correcta	Incorrecta	Correcta	Incorrecta	Correcta	Incorrecta	Correcta	Correcta	Correcta	Incorrecta	Incorrecta	Correcta
5	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta
6	Correcta	Incorrecta	Correcta	Incorrecta	Incorrecta	Correcta	Correcta	Incorrecta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta
7	Incorrecta	Incorrecta	Correcta	Incorrecta	Correcta	Incorrecta	Incorrecta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta
8	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Incorrecta	Incorrecta	Incorrecta	Correcta	Incorrecta	Incorrecta	Correcta
9	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Incorrecta	Correcta	Correcta	Incorrecta	Incorrecta	Correcta
10	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta
11	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta
12	Correcta	Correcta	Incorrecta	Incorrecta	Incorrecta	Incorrecta	Correcta	Correcta	Incorrecta	Correcta	Incorrecta	Correcta
13	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta
14	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta	Correcta

Correcta	Correcta
Incorrecta	Incorrecta
No responde	No responde



## ANEXO 9: PRÁCTICA DE LABORATORIO DETERMINACIÓN DE VITAMINA C POR LA TÉCNICA ANALÍTICA HPLC.

### Determinación de vitamina C (ácido ascórbico) en alimentos por cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC)

#### OBJETIVOS

- Reconocer las partes de un cromatógrafo y aprender a usarlo.
- Determinar ácido ascórbico en alimentos con compuestos bioactivos empleados en la prevención y/o tratamiento de la migraña empleando la técnica de HPLC.

#### MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

Materiales	Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Columna para HPLC C18 (25 x 4) mm 5 µm MERCK LiChroC ART</li> <li>• Pipetas automáticas de 1 y 10 ml (Oxford, USA)</li> <li>• Viales (Agilent ZORBAX, USA) para HPLC (frascos pequeños)</li> <li>• Microfiltro poro 0,45 µm (Amp ®)</li> <li>• Balones de aforo 25, 50, 200 y 500 ml</li> <li>• Embudos</li> <li>• Papel filtro</li> <li>• Pipetas volumétricas</li> <li>• Frasco lavador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HPLC (PerkinElmer serie 200, USA)</li> <li>• Software de análisis certificado versión N2000 (Chromatography Data System. SURWT TECHNOLOGY INC. Hangzhou-China).</li> <li>• Detección UV/Visible (PerkinElmer serie 200, USA)</li> <li>• Equipo de Sistema de purificación de agua MILLI Q-SYTHESIS Millipore SAS67120 MOISHEI (Merck, USA)</li> <li>• Balanza analítica (Mettler Toledo modelo AX 05, México)</li> <li>• pH- metro (HACH, modelo Sesión 3)</li> <li>• Ultrasonido (Spectrum, USA)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fosfato mono básico de potasio (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>), (LOBA Chemia, India)</li> <li>• Ácido Metafosfórico (LOBA Chemia, India)</li> <li>• Ácido acético glacial concentrado (Merck, Alemania)</li> <li>• Agua grado I</li> <li>• Estándar de Vitamina C (ácido ascórbico), (CHEM SERVICE INC, USA).</li> </ul>

#### MARCO TEÓRICO

##### ¿Qué es la vitamina C?

Según la National Institutes of Health (2016), La vitamina C, conocida como ácido ascórbico, es un nutriente hidrosoluble que se encuentra en ciertos alimentos. En el cuerpo, actúa como antioxidante, al ayudar a proteger las células contra los daños causados por los radicales libres. Los radicales libres son compuestos que se forman cuando el cuerpo convierte los alimentos que consumimos en energía. Las personas también están expuestas a los radicales libres presentes en el ambiente por el humo del cigarrillo, la contaminación del aire y la radiación solar ultravioleta. Además, el cuerpo necesita vitamina C para producir colágeno, una proteína necesaria para la cicatrización de las heridas. La vitamina C también mejora la absorción del hierro presente en los alimentos de origen vegetal y contribuye al buen funcionamiento del sistema inmunitario para proteger al cuerpo contra las enfermedades.

##### ¿Qué es cromatografía líquida de alta eficacia?

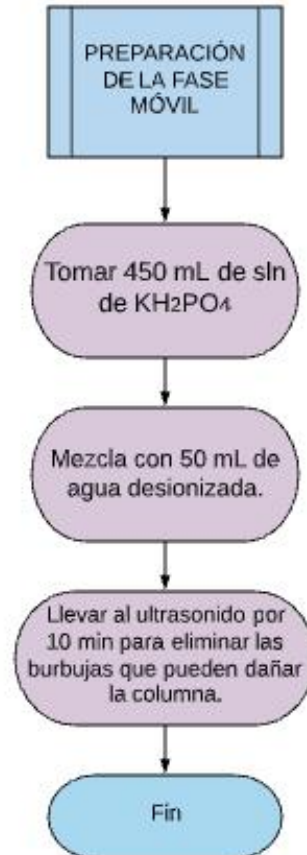
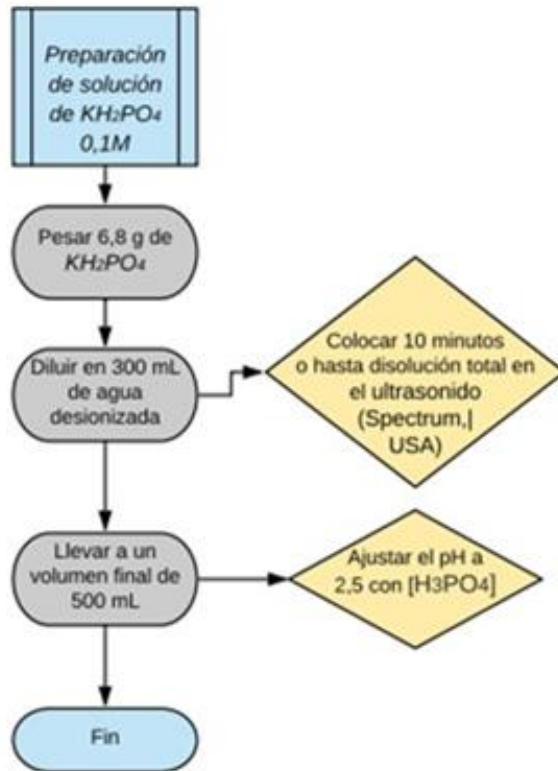
Según Nieves (2020) la Cromatografía Líquida de alta Eficiencia o HPLC por sus siglas en inglés High Performance Liquid Chromatography, es una técnica que desarrollada a partir de la necesidad de hacer más eficientes los análisis cromatográficos. Desde la optimización de algunos procesos de la cromatografía líquida, como la aceleración, automatización y adaptación a muestras mucho más pequeñas. Esto se logra con la intervención de equipos y software, que hacen de la técnica un método analítico instrumental.



## PROCEDIMIENTO

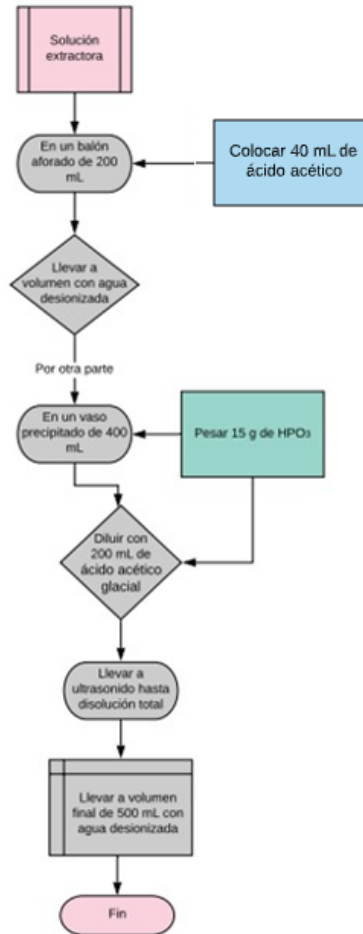
### Preparación de Reactivos

*Preparación de la fase móvil ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0,1M; Agua proporción 90:10)*





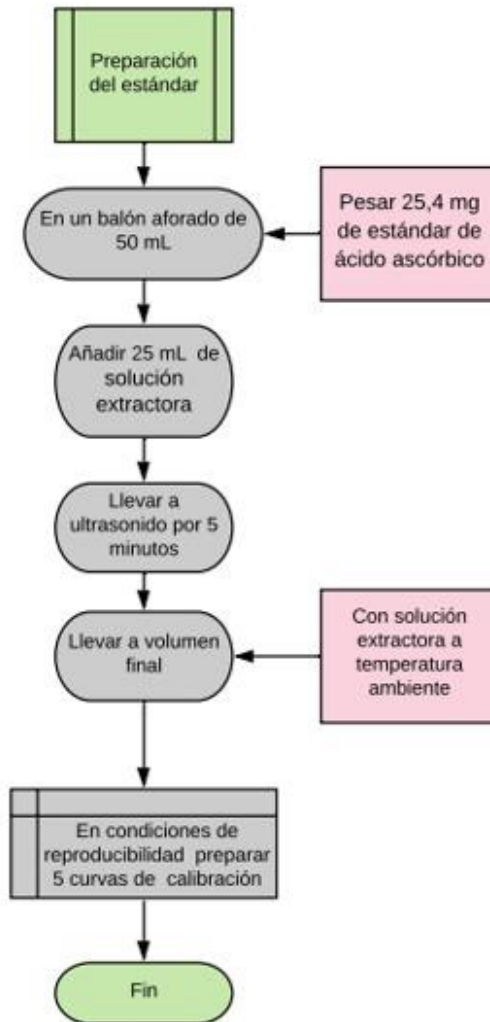
Preparación de la solución extractora





### Preparación de la curva de calibración

#### Preparación del estándar





Preparación de los estándares





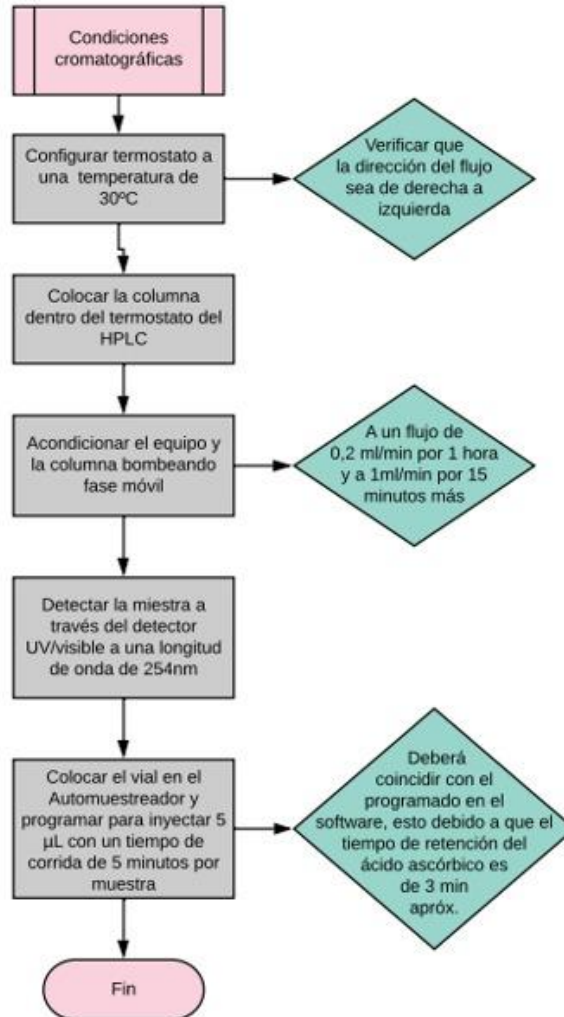
Preparación de la muestra







Condiciones cromatográficas



**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
TRABAJO DE GRADO**



**Bibliografía**

- Aguirre Arias, S. L. (2017). Validación del método para la determinación de vitamina C (ácido ascórbico) en alimentos por Cromatografía Líquida de Alta Eficacia (HPLC) en el laboratorio ECUACHEMLAB Cía. Ltda (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería Bioquímica).
- Castro Gómez, J. C., Gutiérrez Rodríguez, F., Acuña Amaral, C., Cerdeira Gutiérrez, L. A., Tapullima Pacaya, A., Cobos Ruiz, M., & Imán Correa, S. A. (2013). Variación del contenido de vitamina C y antocianinas en *Myrciaria dubia* "camu camu". *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 79(4), 319-330.
- NIH. (2016). Datos sobre la vitamina C. *National Institutes of Health*, 1–4. Retrieved from <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminCDatosEnEspañol/>
- Nieves, T. (2020). Transformación de prácticas evaluativas en el laboratorio de química. Una propuesta para HPLC. Trabajo de maestría de docencia. Universidad Pedagógica Nacional.
- Pighín, A. F. (2010). Espinaca fresca, supercongelada y en conserva: contenido de vitamina C pre y post cocción. *Revista chilena de nutrición*, 37(2), 201-207.
- Rojas-Barquera, D., & Narváez-Cuenca, C. E. (2009). Determinación de vitamina C, compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante de frutas de guayaba (*Psidium guajava* L.) cultivadas en Colombia. *Química Nova*, 32(9), 2336-2340.



## ANEXO 10: INSTRUMENTO 1 MENTEFACTO.

### INSTRUMENTO N° 1 PRUEBA DE ENTRADA

NOMBRE: \_\_\_\_\_

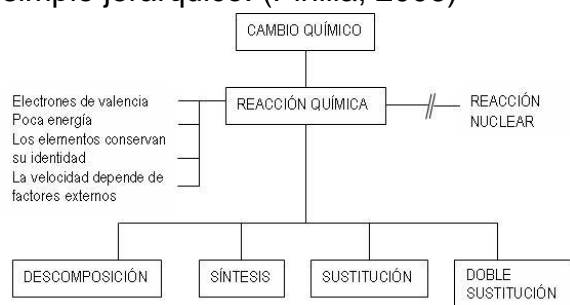
CÓDIGO: \_\_\_\_\_

El siguiente instrumento está diseñado con el fin de identificar sus ideas previas relacionadas al tema de actividad enzimática y su relación con enfermedades como la migraña.

Cuenta usted con un tiempo de 20 minutos para desarrollar un mentefacto, el cual evaluará la claridad de conceptos y una relación coherente de ideas primarias y secundarias.

#### ¿Qué es un mentefacto?

Un mentefacto es un diagrama jerárquico cognitivo que organiza y preserva el conocimiento, en él se plasman las ideas fundamentales y se desechan las secundarias. Los mentefactos conceptuales realizan dos funciones: organizan las proposiciones y preservan los conceptos así almacenados, mediante un diagrama simple jerárquico. (Pinilla, 2006)



**Ilustración 16: Ejemplo de mentefacto para el tema de Reacción química.** Tomado de: <https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Feduteka.icesi.edu.co>

#### Actividad enzimática

La acción de las enzimas es absolutamente necesaria para los sistemas vivos, ya que las reacciones sin catalizar tienden a ser lentas y por ende las posibilidades que tiene una molécula de reaccionar y obtener productos biológicamente activos y funcionales, de ahí que las enzimas proporcionen el medio adecuado para el control de las rutas metabólicas.

A su vez, muchas de las reacciones bioquímicas controladas por enzimas no se pueden llevar a cabo a menos que cuenten con la adición de metabolitos de poco peso molecular o también llamados “cofactores” (LERA SARTIN, A., 2011).

Los cofactores se pueden encontrar dos tipos: 1. Los inorgánicos (determinados iones minerales como: magnesio, zinc, cobre, etc.) y 2. Los orgánicos (Coenzima Q10, Glutación, Vitamina C, Tetrahydrobiopterina) denominadas coenzimas, las cuales se unen de manera temporal o permanente,



permitiendo activar la enzima, este conjunto se denomina holoenzima, por otro lado, la fracción proteica de la holoenzima, libre del cofactor, se denomina apoenzima y tiene la característica de ser enzimáticamente inactiva, hasta que se le une al cofactor. Dicho lo anterior, la vitamina C y la Q10 son coenzimas con un fuerte poder antioxidante, ya que atacan algunos radicales libres presentes en el organismo y también muestran resultados favorables en el tratamiento de enfermedades cuyo principal problema radica en el estrés oxidativo que ocurre en las células, como por ejemplo en la migraña.

Finalmente, en estas reacciones también se pueden encontrar los inhibidores, las cuales son sustancias que disminuyen, o incluso anulan, actividad enzimática.

**ACTIVIDAD:** De acuerdo a lo anterior selecciones las palabras más importantes y elabore un mentefacto tomando como tema central los conceptos de **coenzima** y **apoenzima**.



## ANEXO 11: PREGUNTAS INSTRUMENTO FINAL, FORO.

### PREGUNTAS FORO

**Para el desarrollo de éste foro se debe responder de forma individual y comentar la opinión por lo menos de dos compañeros.**

- Los seres humanos no tienen la capacidad de sintetizar vitamina C en el organismo, pero si la Coenzima Q10, se han realizado estudios que determinaron que el uso de estas dos coenzimas permite disminuir y/o prevenir la principal molestia de la migraña que consiste en fuertes dolores de cabeza. ¿Aparte de estos dos compuestos, qué otros podrían disminuir y/o prevenir la migraña? ¿Por qué? Tenga en cuenta que los compuestos también presentan contraindicaciones y tome una postura crítica.
- Determine ¿cuáles son las ventajas y desventajas en el proceso de actividad enzimática de cada coenzima (coenzima Q10 y vitamina C) y a partir de la acción metabólica; ¿cuál considera que es la más eficiente y eficaz como un tratamiento para la migraña? Argumente.
- La coenzima Q10 se presenta en el cuerpo humano en tres estados de óxido/reducción: 1) La forma oxidada denominada «ubiquinona» (Q), la forma reducida «ubiquinol» (QH<sub>2</sub>) y existe un estado intermedio de óxido-reducción en el que la molécula se denomina «ubisemiquinona» (Q)<sub>1</sub>. Describa cuál de las tres formas de la CoQ10 desarrolla actividad antioxidante y qué papel desempeña en el proceso de peroxidación lipídica.