

**BIOINFORMÁTICA: UNA HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA
INHIBICIÓN ENZIMÁTICA DESDE LOS ESTILOS DE APRENDIZAJE**

WENDY DAYANNA DUQUE ARANDA

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

2021

**BIOINFORMÁTICA: UNA HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA
INHIBICIÓN ENZIMÁTICA DESDE LOS ESTILOS DE APRENDIZAJE**

WENDY DAYANNA DUQUE ARANDA

CÓD: 2016215025

**Trabajo de grado para optar por el título de
LICENCIADA EN QUÍMICA**

DIRECTOR

RODRIGO RODRÍGUEZ CEPEDA

Químico, M. Sc. y PhD en Educación

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

BOGOTÁ, D.C.

2021

Nota de aceptación

RODRIGO RODRÍGUEZ CEPEDA

Director

SONIA STELLA MUÑOZ MIRANDA

Evaluadora

JULIE GESSELLE BENAVIDES MELO

Evaluadora

Bogotá, 2021

AGRADECIMIENTOS

A mi madre, por ser el mejor apoyo que pudo ser, por cuidarme y facilitarme el camino hasta este punto.

A mi director, el Dr. Rodrigo, por ser un excelente guía, por su compromiso, paciencia y dedicación como maestro, sin los cuales este trabajo hubiese sido imposible de materializar.

A mis grandes compañeras de universidad, Sofía y Lina, por haber sido amigas grandiosas, por todo el amor y apoyo en los momentos en que dude de mí, por levantarme, permitirme ser, enseñarme, crecer juntas y siempre recordarme mi enorme valor y capacidad. Infinitas gracias por su compañía en esta etapa, y hacer de la universidad una de las mejores épocas de la vida.

A mis hermanos Angie y Luis; y a mi prima Stephanny por creer en mí y ofrecerme su ayuda.

A mis amigos Santiago y Jose por sus palabras, apoyo en momentos difíciles y por creer en mis habilidades y a Paula y Wilmer por su amistad, compañía y apoyo.

A Cristian, por brindarme su amor, contagiarme de luz, invitarme a creer, soñar y acompañarme en el camino.

A mis evaluadoras, por la lectura y la guía en este trabajo, lo que hizo que pudiese encaminar de mejor manera mi investigación.

A mis maestros por todas sus enseñanzas.

A todos los participantes del taller enzimas en la industria alimentaria por hacer parte de la muestra de este trabajo.

A la Universidad Pedagógica Nacional por guiarme en mi desarrollo profesional.

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
2. JUSTIFICACIÓN	3
3. OBJETIVOS	4
3.1. OBJETIVO GENERAL	4
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
4. ANTECEDENTES	5
4.1. DESDE LOS ESTILOS DE APRENDIZAJE	5
4.2. DESDE LA BIOINFORMÁTICA	6
4.3. DESDE LA INHIBICIÓN ENZIMÁTICA	7
4.4. DESDE LAS ENFERMEDADES MENTALES	8
5. MARCO TEÓRICO	10
5.1. ESTILOS DE APRENDIZAJE	10
5.2. BIOINFORMÁTICA	15
5.3. INHIBICIÓN ENZIMÁTICA	16
5.4. TRASTORNO DEPRESIVO	20
5.4.1. Tratamiento	21
5.4.2. La harmina como posible tratamiento de la depresión	21
5.5. ALIMENTOS FUNCIONALES	22
6. METODOLOGÍA	23
6.1. TIPO Y ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	23
6.2. POBLACIÓN	23
6.3. FASES DE LA INVESTIGACIÓN	23
6.3.1. Fase de planificación	23
6.3.2. Fase de diagnóstico y caracterización	24
6.3.3. Fase de diseño y aplicación	24

6.3.4.	Fase de evaluación.....	25
7.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	26
7.1.	DESDE LA PRUEBA DE ENTRADA O DIAGNÓSTICO.....	26
7.2.	DESDE LA CATEGORIZACIÓN POR ESTILOS DE APRENDIZAJE.....	30
7.3.	DESDE LAS ACTIVIDADES DEL CICLO DE APRENDIZAJE Y SU RELACIÓN CON LOS ESTILOS.....	35
7.3.1.	Actividad 1: Qué veo, Qué no veo y Qué infiero (Cuadro QQQ).....	36
7.3.2.	Actividad 2: Clase magistral y quiz.....	42
7.3.3.	Actividad 3: Ejercicio teórico sobre inhibición enzimática.....	46
7.3.4.	Actividad 4: Explorando programas bioinformáticos.....	49
7.3.5.	Actividad 5: Reflexión final.....	60
7.4.	DESDE LA CONSTRUCCIÓN DE CONOCIMIENTO Y SU RELACIÓN CON LOS ESTILOS DE APRENDIZAJE Y LA BIOINFORMÁTICA.....	65
7.4.1.	Construcción de conocimiento (pretest y postest).....	65
7.4.2.	Prueba de salida y su relación con los estilos de aprendizaje.....	73
7.4.3.	Prueba de salida y su relación con la bioinformática.....	77
8.	CONCLUSIONES.....	80
9.	RECOMENDACIONES.....	81
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
11.	ANEXOS.....	87

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Descripción general de los estilos de aprendizaje según Kolb	11
Tabla 2. Descripción de las actividades planteadas siguiendo el Ciclo de Aprendizaje de Kolb	22
Tabla 3. Indicadores para evaluar un mapa conceptual	25
Tabla 4. Grados de preferencia definidos para los 2 modos de percibir y los 2 modos de procesar descritos por Kolb	29
Tabla 5. Rúbrica de evaluación de la actividad 1	34
Tabla 6. Rúbrica de evaluación para las preguntas cerradas de la actividad 2	40
Tabla 7. Rúbrica de evaluación para las preguntas abiertas de la actividad 2	41
Tabla 8. Rúbrica de evaluación para la actividad 3	43
Tabla 9. Rúbrica de evaluación para la actividad 4	46
Tabla 10. Rúbrica de evaluación para la actividad 5	54
Tabla 11. Resultados de la prueba de entrada y salida de todos los participantes	63
Tabla 12. Rangos obtenidos en el test de Wilcoxon para el pretest y el postest	64
Tabla 13. Nivel de significancia asintótica (p-valor) obtenido con el test de Wilcoxon para el pretest y el postest.....	65
Tabla 14. Equivalente numérico de cada estilo de aprendizaje encontrado en los participantes	66
Tabla 15. Valores obtenidos en el postest y estilos de aprendizaje de cada participante	66
Tabla 16. Rangos obtenidos de la prueba Kruskal-Wallis para los estilos de aprendizaje y los postest.....	67
Tabla 17. Estadísticos de contraste de la prueba Kruskal-Wallis para los estilos de aprendizaje y los postest.....	68
Tabla 18. Resumen de prueba de hipótesis de Kruskal-Wallis para los estilos de aprendizaje y los postest	68
Tabla 19. Resultados de la actividad 4 referente al uso de herramientas bioinformáticas y los postest.....	69
Tabla 20. Rangos obtenidos con el test de Wilcoxon para el uso de herramientas bioinformáticas y los postest.....	70
Tabla 21. Nivel de significancia asintótica (p valor) obtenido con el test de Wilcoxon para el uso de herramientas bioinformáticas y el postest.	70

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ciclo de Aprendizaje según Kolb.....	9
Figura 2. Estilos de aprendizaje dentro del ciclo de Kolb	14
Figura 3. Gráfico de Lineweaver -Burk para inhibición competitiva	16
Figura 4. Gráfico de Lineweaver -Burk para inhibición acompetitiva	16
Figura 5. Gráfico de Lineweaver -Burk para inhibición mixta	17
Figura 6. Gráfico de Lineweaver -Burk para inhibición no competitiva	18
Figura 7. Mapa conceptual inicial realizado por el E7.....	26
Figura 8. Mapa conceptual inicial realizado por el E3.....	27
Figura 9. Resultados de la aplicación del LSI.....	29
Figura 10. Propuesta de recategorización según el grado de preferencias de los participantes en los modos de percibir la información	31
Figura 11. Propuesta de recategorización según el grado de preferencias de los participantes en los modos de percibir la información	32
Figura 12. Sinapsis serotoninérgica	33
Figura 13. Resultados generales de la actividad 1	34
Figura 14. Respuesta del E3 a la actividad 1	35
Figura 15. Red semántica obtenida a partir de la actividad 1 del estudiante 3	36
Figura 16. Resolución de la actividad 1 del E9.....	38
Figura 17. Red semántica obtenida a partir de la actividad 1 del estudiante 9	38
Figura 18. Resultados generales de la actividad 2.....	41
Figura 19. Resultados generales de la actividad 3.....	44
Figura 20. Resultados generales de la actividad 4.....	46
Figura 21. Red semántica obtenida a partir de la actividad 4 del grupo 1.....	47
Figura 22. Evidencia de la actividad sobre afinidad proteína-ligando realizada por el grupo 1 ..	48
Figura 23. Resultados del Docking molecular entre el Harmol y la MAO-A	49
Figura 24. Red semántica obtenida a partir de la actividad 4 del grupo 2.....	49

Figura 25. Evidencia del incumplimiento de la Moclobemida a la regla CMC-50 en el software DruLiTo y análisis realizado por el G2	50
Figura 26. Red semántica obtenida a partir de la actividad 4 del grupo 4.....	51
Figura 27. Evidencia de los resultados del G4 sobre el potencial farmacológico de la Tetrahydroharmina	52
Figura 28. Resultados del docking realizado por el G4 entre la MAO-A y la Tetrahydroharmina	52
Figura 29. Evidencia de la presencia de un puente de hidrógeno entre la MAO-A y la Tetrahydroharmina	53
Figura 30. Resultados generales de la actividad 5	54
Figura 31. Red semántica realizada a partir de la actividad 5 del estudiante 1.....	55
Figura 32. Red semántica realizada a partir de la actividad 5 del estudiante 4.....	56
Figura 33. Red semántica realizada a partir de la actividad 5 del estudiante 9.....	57
Figura 34. Mapa conceptual final realizado por el E7	58
Figura 35. Fragmento lateral izquierdo del mapa conceptual final realizado por el E3	59
Figura 36. Fragmento central del mapa conceptual final realizado por el E3.....	60
Figura 37. Fragmento lateral derecho del mapa conceptual final realizado por el E3.....	61
Figura 38. Fragmento sobre inhibición enzimática del mapa conceptual final realizado por el E3	62

LISTA DE ANEXOS

pág.

Anexo A. Instrumento de entrada y salida	78
Anexo B. Inventario de Estilos de Aprendizaje (Lara, 2016).....	79
Anexo C. Actividad 1 – Qué veo, Qué no veo y Qué infiero	80
Anexo D. Actividad 2 – Quiz sobre inhibición enzimática	81
Anexo E. Actividad 3 – Ejercicio teórico sobre inhibición	83
Anexo F. Actividad 4 - Explorando de los softwares DruLiTo, USCF Chimera y Autodock Vina	84
Anexo G. Guía de exploración de los softwares DruLiTo, USCF Chimera y Autodock Vina	85
Anexo H. Actividad 5 - Reflexión final	107

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación se desarrolla en el marco del proyecto de investigación DQU-032-S-21 “**Semillero de investigación χημεία (Chimeía) Student Chapter UPN-ACS sobre enseñanza-aprendizaje de la química y bioquímica en contexto**”, financiado por el Centro de Investigaciones de la Universidad Pedagógica Nacional (CIUP). En este trabajo se busca investigar si al relacionar los estilos de aprendizaje de Kolb con el uso herramientas bioinformáticas, se puede facilitar el aprendizaje de conceptos asociados a la inhibición enzimática contextualizada en los procesos bioquímicos de la depresión, en el marco de la educación remota mediante una secuencia de actividades estructurada desde los estilos de aprendizaje de Kolb.

De manera que, esta investigación no solo se constituye como un trabajo de grado para optar por un título académico, sino que representa una estrategia en pro de concientizar a profesores en formación sobre la importancia de investigar en temáticas relacionadas con la salud tanto física como mental, que permita no solo darles más visibilidad a enfermedades que se encuentran muy presentes en la sociedad, sino también contextualizar la enseñanza. Es decir que, surge de la necesidad de adaptar los procesos educativos a las necesidades de los estudiantes, ya sean estas de tipo afectivo, social y/o cognitivo, además de implementar nuevas estrategias didácticas que permitan enriquecer los procesos de aprendizaje.

En este contexto, la presente investigación se orientó por una metodología mixta, estructurada en cuatro fases: 1) fase de planificación, en la cual se incluye la revisión bibliográfica, el planteamiento del problema, la estructuración de los objetivos, el marco teórico, los antecedentes y el marco metodológico; 2) fase de diagnóstico y caracterización, la cual incluye la indagación en conocimientos previos y la categorización de los participantes de acuerdo con los estilos de aprendizaje; 3) fase de diseño y aplicación del ciclo de aprendizaje; la cual incluye la estructuración de la secuencia de actividades y la aplicación de estas, y por último; 4) fase de evaluación de la estrategia, la cual implica la recolección, sistematización y análisis de los resultados obtenidos por medio de instrumentos evaluativos que permitan establecer la eficacia de la estrategia; además del uso de Atlas ti para el análisis cualitativo y SPSS Statistics para el análisis cuantitativo.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad los procesos de enseñanza-aprendizaje presenciales se han visto limitados debido a situaciones de tipo epidemiológico como lo es la pandemia ocasionada por el SARS-CoV-2, por lo que, la indagación en temáticas de naturaleza bioquímica, como la cinética e inhibición enzimática que requieren de un trabajo experimental para que los estudiantes comprendan mejor los procesos que se llevan a cabo, el cual no puede ser ejecutado y por ende la enseñanza de estos conceptos depende meramente de las herramientas o estrategias que el docente utilice en espacios de educación remota. Por ende, el uso de herramientas bioinformáticas en la comprensión de conceptos asociados a la inhibición enzimática, emerge como una alternativa al desarrollo de dichas temáticas en estudiantes del ciclo de profundización de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia.

Sin embargo, el considerar utilizar herramientas bioinformáticas en las clases trae consigo otra serie de limitaciones a tener en cuenta, como lo es el hecho de poseer un equipo tecnológico adecuado y las barreras que se presentan al momento de usar diferentes programas o bases de datos, puesto que la bioinformática, según Meneses et al, (2011) trae consigo la conjugación de varias disciplinas, entre las que están la informática, las matemáticas, la estadística, la química y las ciencias biológicas no tradicionales. Este carácter interdisciplinar influye en que el profesor debe poseer conocimientos de diversas áreas para manejar adecuadamente las herramientas que desee utilizar, lo que ralentiza el proceso de diseño y aplicación de actividades, puesto que también es importante tener en cuenta el tiempo que utilizará el estudiante para llegar a manejar adecuadamente dichas herramientas.

Ahora bien, el docente ha de considerar que el conocimiento se encuentre cimentado en un enfoque didáctico que permita a los estudiantes aprender de la mejor manera, de aquí surge la idea de implementar los estilos de aprendizaje propuestos por Kolb; los cuales consideran las características individuales de cada estudiante, a la vez que se trabajan todos los estilos mediante un ciclo de aprendizaje muy completo. Para llegar a dicha clasificación por estilos, Kolb se basó en la Teoría del Aprendizaje Experiencial, por lo que otro de los retos de esta investigación se encuentra en el cómo relacionar herramientas bioinformáticas con un proceso de aprendizaje centrado en la experiencia, y por ende, en cómo contextualizar dicho conocimiento. Estos cuestionamientos conducen a la siguiente pregunta problema que se plantea a modo de guía para esta investigación:

¿Cuál es el impacto de los estilos de aprendizaje, y el uso de herramientas bioinformáticas contextualizadas desde posibles tratamientos para el trastorno de la depresión, en el aprendizaje de la inhibición enzimática en el marco de la educación remota?

2. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación pretende que los estudiantes del ciclo de profundización de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia comprendan los procesos bioquímicos de inhibición enzimática. Para lo cual se propone plantear y aplicar actividades didácticas alrededor de un estudio bioinformático sobre la *harmina*, un alcaloide de la clase beta carbonila presente en la Ayahuasca (*Banisteriopsis caapi*), y su capacidad como inhibidor de la enzima monoamino oxidasa (MAO), la cual está directamente relacionada con la oxidación de la serotonina, proceso que de no ser inhibido de forma selectiva podría influir en desequilibrios químicos que se relacionan con trastornos como la depresión clínica.

De esta manera, se pretende aportar en plantear estrategias didácticas contextualizadas en aras de evitar el aprendizaje memorístico de la bioquímica, por lo tanto, el presente trabajo de investigación propone el trastorno clínico de la depresión como contexto, la cual es la principal causa de problemas de salud y discapacidad en todo el mundo, según las últimas estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), más de 300 millones de personas viven con depresión, un incremento de más del 18% entre 2005 y 2015. (OPS/OMS, 2017).

Por otra parte, es importante resaltar que, según Ontiveros (2016), la depresión está influenciada por diferentes factores, entre ellos, genéticos, inmunológicos, bioquímicos y neurodegenerativos, además asegura de acuerdo a la revisión bibliográfica que realizó que la dieta modula cada uno de los factores mencionados, y por lo tanto tiene un impacto evidente en el curso y desarrollo de ésta. De acuerdo con lo anterior, el investigar sobre enfermedades mentales para contextualizar la enseñanza es importante no solo porque permite darle visibilidad a un trastorno que puede llegar a ser crónico y estigmatizado, sino que además fomenta la investigación desde áreas como la bioquímica y la química de los alimentos.

Adicionalmente, se destaca la utilidad de implementar en un aula de clase un modelo que responda a las necesidades de los estudiantes, reconociendo aspectos afectivos, sociales y de contexto que influyen en la manera en que el estudiante se dispone al aprendizaje. Por lo que, a modo de generar una experiencia que incluya los aspectos antes mencionados en el proceso de aprendizaje se considera pertinente enfocar la investigación en los estilos de aprendizaje, para que de esta manera todos los estudiantes se sientan partícipes de su propio proceso, además de utilizar estrategias encaminadas a la forma en que se les facilite el aprendizaje.

Finalmente, el uso de herramientas bioinformáticas es justificable desde su aplicabilidad en procesos de educación remota, pues permite crear modelos gráficos sobre los procesos de inhibición enzimática, lo que se presume facilite la comprensión de la temática de manera más dinámica y sujeta a la realidad, superando así, errores conceptuales asociados a la enseñanza de la inhibición enzimática mediante modelos rígidos como el de llave-candado.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar cómo el uso de herramientas bioinformáticas y la aplicación de los estilos de aprendizaje de Kolb influyen en la enseñanza-aprendizaje de la inhibición enzimática en un ambiente de educación remota en estudiantes universitarios.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Categorizar la muestra poblacional objeto de estudio de acuerdo con los estilos de aprendizaje de Kolb, mediante la aplicación del Inventario de Estilos de Aprendizaje (LSI).
- Estructurar e implementar una secuencia de actividades basadas en el ciclo de aprendizaje de Kolb utilizando herramientas bioinformáticas para la enseñanza de la inhibición enzimática contextualizada en el marco de la salud y los alimentos.
- Analizar los resultados de la implementación de la secuencia de actividades basadas en el ciclo de Kolb con la finalidad de medir el aprendizaje de la temática y la influencia del uso de herramientas bioinformáticas y los estilos de aprendizaje en este proceso.

4. ANTECEDENTES

Los avances en la enseñanza de la química evidencian el esfuerzo de los investigadores por proponer nuevas alternativas que favorezcan el aprendizaje de conceptos, para esto se han empleado diferentes modelos didácticos y desarrollado varias estrategias o herramientas, desde el entendimiento de los factores que influyen los procesos de enseñanza-aprendizaje. Por ende, bajo el entendido que el presente trabajo pretende evaluar la incidencia de las herramientas bioinformáticas en la enseñanza-aprendizaje de la inhibición enzimática mediada por los estilos de aprendizaje de Kolb, se presentan a continuación algunos antecedentes que permiten contextualizar la presente investigación. Estos antecedentes son investigaciones realizadas en los últimos 10 años y sobre 3 ejes centrales: los estilos de aprendizaje, la bioinformática, y la enseñanza-aprendizaje de la inhibición enzimática contextualizada desde el estudio y/o tratamiento de enfermedades mentales.

4.1. DESDE LOS ESTILOS DE APRENDIZAJE

En primer lugar, se destaca una investigación a nivel internacional en la que Parrales et al, (2017) en su artículo titulado *Estudio exploratorio sobre la aplicación del Sistema 4MAT de estilos de aprendizaje, en la enseñanza de biomoléculas* pretendían evaluar la eficiencia de aplicar el Sistema 4MAT en un proceso de enseñanza de 17 estudiantes de nivel medio superior en el área de la química en México. Para desarrollar esta investigación los autores tuvieron en cuenta el siguiente proceso: determinaron la distribución de los estilos de aprendizaje por medio de la aplicación de dos cuestionarios; indagaron en el conocimiento previo de los estudiantes por medio de un pre-test: construyeron estrategias de aprendizaje orientadas a atender los cuatro estilos de aprendizaje que propone el Sistema 4MAT; y evaluaron los conocimientos obtenidos por medio de un post-test. El resultado del análisis hecho muestra que el Sistema 4MAT es adaptable para la enseñanza de dicho tema, ya que incluye a estudiantes de todos los estilos por medio de actividades dirigidas a los cuatro estilos, dentro de un ciclo de aprendizaje (Parrales et al, 2017).

En la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, se encontraron trabajos de investigación como el desarrollado por Rodríguez-Cepeda (2017), titulado *El aprendizaje significativo de conceptos químicos, un estudio en el contexto de la resolución de problemas y los estilos de aprendizaje* el cual se centró en la construcción de conceptos asociados a las proteínas, glúcidos y lípidos, además de su relación con los estilos de aprendizaje de Honey y Mumford. Para esto, el autor planteó una metodología preexperimental sin grupo control en la que 1) identificó los estilos de aprendizaje en 102 estudiantes del ciclo de profundización de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, 2) diseño y aplicó una estrategia para la enseñanza de conceptos relacionados con las temáticas mencionadas anteriormente, utilizando actividades como indagación, clases magistrales, laboratorios, foros, etc., y 3) realizó un análisis de los resultados con paquetes estadísticos como Atlas ti, SPSS. El autor concluye que reconocer los estilos de aprendizaje de los estudiantes permite que el docente pueda adaptar

su metodología de enseñanza y diseñe métodos evaluativos acordes; asimismo obtuvo que los estudiantes con estilo reflexivo presentaron un mejor desempeño en las actividades; además señala que categorizar a todos los estudiantes es un proceso complicado debido a que un estudiante puede encajar en las características de varios estilos, por lo que propone una nueva categoría denominada “multiestilo”.

Debido a las diversas concepciones y propuestas que se han presentado en torno a los tipos de estilos de aprendizaje, también se encontró una aplicación desde la propuesta de Kolb, en la que Pizano (2017) propone una *Ruta de aprendizaje basada en el modelo de Kolb para la enseñanza de propiedades hidrófobas e hidrófilas en hidrogeles en el Colegio García de Lorenzo*, utilizando además el apoyo de una herramienta computacional; el software Avogadro. Para esto, el autor diseñó y evaluó una ruta de aprendizaje acerca de las propiedades de los hidrogeles a partir del cultivo de menta y manzanilla en un grupo de 10 estudiantes del énfasis de gestión ambiental de la institución, fundamentado en los estilos de aprendizaje del modelo de Kolb mediante una investigación cualitativa. Con este trabajo de grado, el autor obtuvo el título de Licenciado en Química de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, y logró concluir que: la caracterización de los estudiantes de acuerdo con su estilo de aprendizaje, ofrece un gran panorama para el diseño de actividades que permitan mejorar las debilidades de los estudiantes en la temática establecida; el uso de herramientas computacionales articulado a los procesos de enseñanza-aprendizaje fortalece la comprensión de conceptos abstractos.

Estas investigaciones permitieron reconocer la importancia de un enfoque pedagógico funcional como lo son los estilos de aprendizaje en la planeación, aplicación y evaluación de actividades, por lo que representan una guía para el diseño metodológico de esta investigación.

4.2. DESDE LA BIOINFORMÁTICA

En el ámbito de la bioinformática a nivel internacional (Córdoba, España), es importante resaltar el artículo *Bioinformática como recurso educativo: Proyecto de ingeniería genética* de Olaya-Abril y Cejas-Molina (2018). En dicho documento los autores pretenden proporcionar a los docentes de secundaria y/o universidad, una herramienta bioinformática que sirva de guía para comprender mejor los conceptos asociados a la mutación del gen de la óxido-nitroso reductasa. Para esto utilizaron bases de datos para la extracción de información y así obtener la secuencia del gen, diseñaron una estrategia de mutación y de cebadores para la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y posteriormente seleccionaron las enzimas de restricción (ER) que utilizaron en la planeación de este proyecto. Debido a que este proyecto no presenta una fase de aplicación, los autores afirman que el uso de la bioinformática como un recurso es importante para profundizar en el abordaje de conceptos propios de la bioquímica y otras ciencias, que pueden resultar complejos. Este trabajo es importante debido a las bases de datos que menciona y a la utilidad que estas pueden tener en el desarrollo de las actividades de aplicación planteadas en esta investigación, además proporciona una metodología clara, lo que permite esclarecer el

camino que debe seguirse al momento de interactuar con las bases de datos que aquí se contemplan.

Por otra parte, a nivel nacional se resalta el trabajo de Tamayo & Higuita (2016), titulado *Diseño de una estrategia de formación en biotecnología y bioinformática a partir de análisis prospectivos*, el cual expone un plan de formación e inserción laboral para el Departamento de Caldas-Colombia y tiene como objetivo priorizar y fortalecer la formación de capital humano. Dentro del diseño metodológico se circunscribe el análisis de criterios de interés como la demanda y oferta educativa, entre otras, además de medir el interés del Departamento por las temáticas propias del estudio. Los autores concluyen que se requieren espacios de formación frente a necesidades de capacitación.

Finalmente, se destaca el trabajo de pregrado de Barrero et al, (2020), titulado *“Desarrollo de competencias investigativas y aprendizaje de conceptos asociados al ciclo de Krebs bajo un enfoque CTSA. Una experiencia en un ambiente virtual de aprendizaje”* en la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia. En este trabajo, las autoras diseñaron una unidad didáctica, centrada en el desarrollo de 4 competencias (básicas, procedimentales, científicas e investigativas), utilizando softwares químicos como Pymol, Autodock Tools y BIOVIA Discovery Studio, para estudiar las propiedades moleculares y los efectos terapéuticos de la Mangiferina; concluyendo que la unidad didáctica facilitó la aplicación de las actividades con enfoque CTSA, además de desarrollar las competencias propuestas desde un nivel inicial a un nivel intermedio.

4.3. DESDE LA INHIBICIÓN ENZIMÁTICA

En cuanto a estrategias de enseñanza de las enzimas, su cinética e inhibición se resalta el trabajo de Rodríguez y Bory (2019) titulado *Empleo de MatLab en la clase práctica de cinética enzimática de Fundamentos de Biotecnología para Ingeniería Química*, con esta investigación los autores buscan fundamentar a los estudiantes de Ingeniería Química de la Universidad de Oriente en Cuba, en temas básicos de bioquímica como lo son la influencia de los inhibidores en la velocidad de las reacciones catalizadas por enzimas, el efecto de los factores físicos y químicos en la actividad enzimática. Con el fin de calcular gráficamente algunos parámetros, y debido a la necesidad de integrar herramientas informáticas, los autores utilizaron el programa computacional MatLab en la resolución de ejercicios. A modo de conclusión los autores afirman que “los estudiantes se apropian de la forma en la que se programa en el MatLab, lenguaje de programación nuevo para ellos, por lo que amplían su cultura y consolidan el método en que los ingenieros resuelven los problemas de la vida real, empleando herramientas matemáticas”.

A nivel nacional (Medellín, Colombia), es importante resaltar el trabajo: *Inhibición de la actividad enzimática de la polifenol-oxidasa extraída del banano (Cavendish valery) mediante sistemas bifásicos acuosos con isoespintanol y ácido ascórbico; de (Guerrero, 2009)*. Esta investigación es importante debido a la investigación realizada en nuevas fuentes de compuestos naturales con actividad antioxidante, para así evitar procesos como el pardeamiento enzimático en las frutas (banano). Para esto, el autor realizó varias pruebas de caracterización fisicoquímica, y

concluyó que el isoespintanol cumplía con los propósitos por los cuales se investigaba como la capacidad para inhibir la actividad enzimática de la polifenol-oxidasa.

Por último, el trabajo de pregrado 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. Esta investigación realizada en la Universidad Pedagógica Nacional también representa un antecedente importante a partir del uso de herramientas bioinformáticas. En este trabajo la autora resalta que la enseñanza de los modelos de inhibición enzimática tiene grandes dificultades debido a que representaciones como la de llave-candado son alejadas de la realidad. Para plantear la propuesta utilizó un enfoque de investigación cualitativo de 4 fases: el diagnóstico, la construcción de una base de datos de alcaloides de la familia Amaryllidaceae, el docking molecular y la aplicación de las actividades. La autora pudo concluir que el programa guía de actividades fue pertinente, a pesar de no haber podido ser aplicado en su totalidad, además de representar un valioso aporte para investigaciones futuras debido a la creación de dicha base de datos.

4.4. DESDE LAS ENFERMEDADES MENTALES

El trabajo de grado de Cárdenas (2014) presentado para optar por el título de Magister en Enseñanza de las Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad Nacional de Colombia, bajo el nombre de *Los neurotransmisores en el funcionamiento del cuerpo humano y las emociones. propuesta didáctica para estudiantes de ciclo IV*, la autora busca diseñar una estrategia didáctica que explique el papel de los neurotransmisores en el funcionamiento del cuerpo humano en cuanto al manejo de las emociones, por lo en su trabajo explica las diferentes actividades que utilizó para conceptuar a los estudiantes en las funciones de los neurotransmisores, además de reflexionar acerca de cómo un desequilibrio en los procesos sinápticos influye en enfermedades como el Alzheimer, el Parkinson y la depresión. Esta investigación se realizó con estudiantes de grado noveno de la IED Atanasio Girardot y para su aplicación se implementó el uso de las nuevas tecnologías (TIC).

Por último, se destaca el trabajo de pregrado de Cortés (2019), de la Universidad Pedagógica Nacional, titulado *La química de alimentos en enfermedades neurodegenerativas como cuestión sociocientífica, para desarrollar la habilidad argumentativa*. En esta investigación la autora diseña y aplica una unidad didáctica contextualizada desde la prevención y tratamiento de la Enfermedad de Parkinson, para lo cual desarrolló su metodología en 5 fases, partiendo de la recopilación de información, la fase de diagnóstico, el diseño e implementación y, por último, la evaluación de la unidad; concluyendo que los estudiantes presentaban bajos niveles de argumentación, y se les dificultaba relacionar los conceptos propios de la química de alimentos con la enfermedad estudiada, sin embargo, mediante la aplicación del instrumento final, se evidenció que la mayoría de estudiantes lograron alcanzar el nivel 2 de argumentación. En este trabajo, también se recurrió

al uso de herramientas computacionales, como el software DruLiTo, el cual es de interés en el desarrollo del presente trabajo.

Las investigaciones expuestas anteriormente representan un aporte en el desarrollo de este trabajo, pues permiten reconocer la importancia de contextualizar la enseñanza de las ciencias, estudiando temáticas de bioquímica asociadas a enfermedades o procesos fisiológicos, además del uso de productos naturales y la alimentación en la prevención o posible tratamiento de patologías o trastornos, por lo que, estos trabajos sirven de base para la construcción de nuevas secuencias o unidades didácticas. Por otra parte, este trabajo es de importancia para futuras investigaciones debido a las relaciones didácticas desarrolladas entre los estilos de aprendizaje, el uso de herramientas bioinformáticas y el estudio de β -carbolinas en el posible tratamiento de la depresión.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. ESTILOS DE APRENDIZAJE

La definición de estilos de aprendizaje es tan diversa como los modelos y clasificaciones hechos por los autores que han investigado en el tema. En términos generales un *estilo* es un conjunto de preferencias, tendencias y disposiciones, que implica la existencia de patrones conductuales y fortalezas que distinguen a un sujeto de los demás en la manera en que conduce, se viste, habla, piensa, aprende y enseña (Lozano, 2008).

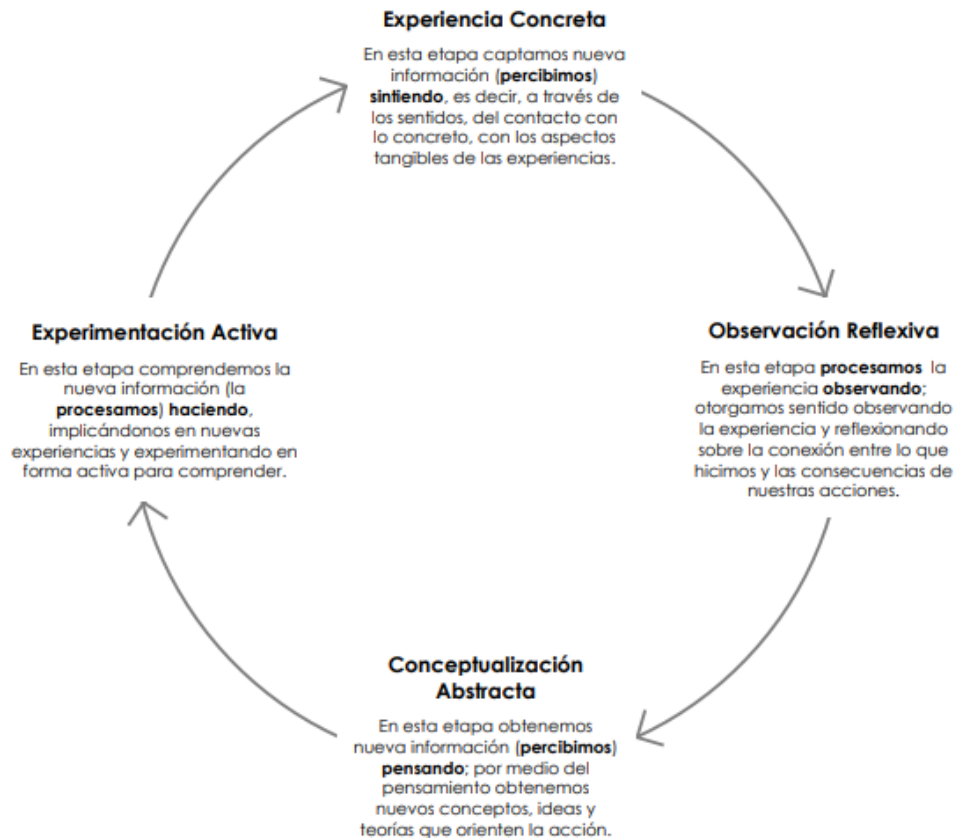
El presente trabajo se fundamenta específicamente en la Teoría de Aprendizaje Experiencial de David Kolb, quien considera que el aprendizaje es un proceso continuo basado en la experiencia y plantea que la experiencia concreta inmediata es la base para la observación y la reflexión. Estas observaciones se asimilan a una "teoría" de la que se pueden deducir nuevas implicaciones para la acción. Estas implicaciones de las hipótesis sirven luego como guías para actuar y crear nuevas experiencias (Kolb, 2014).

En otras palabras, los desarrollos de David Kolb se centran en explorar los procesos cognitivos asociados al abordaje y procesamiento de las experiencias, y en identificar y describir los diferentes modos en que realizamos dicho proceso, esto es, los diferentes estilos de aprendizaje (Pawelek, 2013, p. 2). De acuerdo con lo anterior, según Kolb, Rubin, McIntyre, James, y Brignardello, 1974 como se citó en Rodríguez-Cepeda, 2017), es posible definir que la percepción y el procesamiento son dimensiones del aprendizaje, por ende, el aprendizaje se logra según como se perciban las cosas y posteriormente como se procesan. Bajo estas dimensiones, Rodríguez-Cepeda (2017) también resalta que, el modelo de Kolb describe dos tipos de percepción: por medio de experiencias concretas (EC), y por conceptualización abstracta (CA); además de dos formas de procesamiento de la información: por medio de experiencias activas (EA), y por observación reflexiva (OR).

Estas dimensiones de aprendizaje constituyen a su vez las 4 etapas del Ciclo de Aprendizaje de Kolb, el cual se amplía en la figura 1, y se evidencia que en las etapas ubicadas en el **eje vertical** se desarrolla la actividad de percepción (por aprehensión en la experiencia en EC y por comprensión en CA), mientras que, en el **eje horizontal**, se desarrolla el procesamiento (por conexión de sentido en OR y por aplicación en EA) (Pawelek, 2013).

Figura 1

Ciclo de Aprendizaje según Kolb.



Fuente: Tomado de Pawelek, 2013, p.6.

Ahora bien, siguiendo las ideas expuestas en el Ciclo de Aprendizaje, Pawelek (2013) nos dice que el estilo de aprendizaje va a estar determinado por la combinación de preferencias en las variables percepción y procesamiento, por lo que, las personas tienden a desarrollar fortalezas en cada uno de los polos de cada dimensión de aprendizaje (un modo de percibir, sintiendo o pensando; y un modo de procesar, observando o haciendo). Esto deriva en que para Kolb (2014) existan 4 estilos de aprendizaje, los cuales se desprenden de la combinación de preferencias y se relacionan a continuación (Pawelek, 2013, p.10):

- Estilo **Divergente**, característico de los que prefieren sentir y observar (Experiencia Concreta + Observación Reflexiva).
- Estilo **Asimilador**, característico de quienes prefieren pensar y observar (Conceptualización Abstracta + Observación Reflexiva).

- Estilo **Convergente**, característico de los que prefieren pensar y hacer (Conceptualización Abstracta + Experimentación Activa).
- Estilo **Acomodador**, característico de quienes prefieren sentir y hacer (Experiencia Concreta + Experiencia Activa).

A continuación, en la Tabla 1 se muestran las características más importantes de cada uno de los estilos de aprendizaje, además de las actividades que les suelen favorecer en el aprendizaje de nuevos conocimientos.

Tabla 1.

Descripción general de los Estilos de Aprendizaje según Kolb.

Estilo de Aprendizaje	Características	Actividades que prefieren	Actividades que evitan
Divergente	<p>Poseen grandes habilidades para observar y escuchar.</p> <p>Se les facilita considerar distintos puntos de vista.</p> <p>Pueden generar gran cantidad de ideas.</p> <p>Su pensamiento es de tipo inductivo.</p> <p>Son muy sensibles, lo que los orienta al reconocimiento y comprensión de problemas sociales.</p> <p>Tienen fuertes intereses artísticos y culturales.</p> <p>Se orientan hacia la capacidad imaginativa y la conciencia del significado.</p>	<p>*Lluvia de ideas.</p> <p>*Ver y analizar un video.</p> <p>*Sintetizar.</p> <p>*Usar la imaginación y la creatividad.</p> <p>*Trabajos en grupo.</p> <p>*Simulaciones y juegos.</p>	<p>*Trabajos rígidos.</p> <p>*Actividades sin estructuración.</p> <p>*Trabajos superficiales.</p> <p>*La acción inmediata de toma de decisiones</p>

Asimilador	<p>Su fortaleza radica en el razonamiento inductivo y en la capacidad de crear modelos teóricos.</p> <p>Integran la experiencia de aprendizaje a marcos más amplios de teorías abstractas.</p> <p>Son teóricos y reflexivos.</p> <p>Poseen grandes habilidades para delimitar problemas, y explicar lo observable.</p> <p>Se sienten más atraídos por teorías lógicas que por enfoques prácticos.</p>	<p>*Leer, ver videos y films.</p> <p>*Estudios de caso.</p> <p>*Analizar resultados.</p> <p>*Discusiones.</p> <p>*Explorar modelos analíticos.</p> <p>*Clases tradicionales.</p> <p>*Diseñar experimentos.</p>	<p>*Compartir emociones y sentimientos.</p> <p>*En la que falten datos estadísticos y válidos.</p>
Convergente	<p>Sus fortalezas se encuentran en la resolución de problemas, la toma de decisiones y la aplicación de ideas.</p> <p>Poseen un razonamiento hipotético-deductivo.</p> <p>Se centran en una única respuesta o solución correcta.</p> <p>Prefieren lidiar con problemas técnicos en vez de sociales.</p> <p>Se orientan hacia los hechos y los resultados.</p>	<p>*Resolver problemas concretos.</p> <p>*Aprendizaje de manera práctica.</p> <p>*Ver demostraciones de expertos.</p> <p>*Trabajos individuales y/o grupales.</p> <p>*Buscar la aplicabilidad del conocimiento.</p> <p>*Seguir una secuencia lógica de actividades.</p>	<p>*Actividades sin enfoque práctico.</p> <p>*Actividades que impliquen problemas sociales.</p>

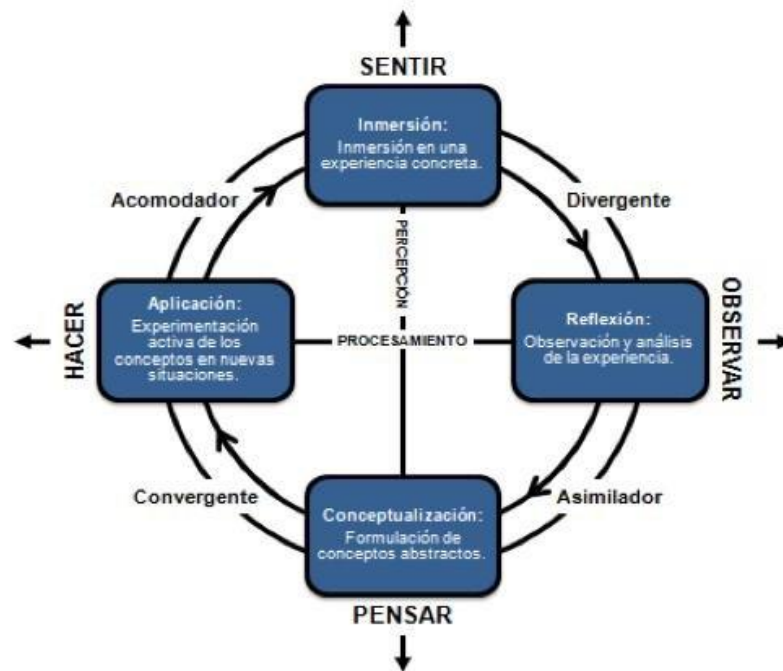
Acomodador	<p>Prefieren involucrarse en nuevas experiencias, llevar a cabo planes y tareas.</p> <p>Buscan oportunidades y les gusta tomar riesgos.</p> <p>Se adaptan fácilmente a los cambios.</p> <p>Tienden a resolver problemas de manera intuitiva (ensayo y error).</p> <p>Se sienten cómodos con otras personas, pero a veces se les considera impacientes y espontáneos.</p> <p>No se sienten muy cómodos realizando análisis de tipo lógico.</p> <p>Prefieren trabajar en equipo.</p>	<p>*Situaciones nuevas.</p> <p>*Simulaciones y dramatizaciones.</p> <p>*Liderar o dirigir.</p> <p>*Problemas con múltiples soluciones.</p> <p>*Trabajos prácticos.</p> <p>*Discusiones, debates.</p> <p>*Auto descubrir.</p> <p>*Actividades flexibles.</p>	<p>*Trabajo individual.</p> <p>*Lectura y trabajo meramente teórico.</p> <p>*Figuras de autoridad.</p> <p>*Planificación estricta.</p> <p>*Pasividad.</p>
-------------------	--	---	---

Fuente: Basado en Pawelek (2013) y Kolb (2014)

Para finalizar, se presenta la Figura 2, en la cual se relaciona el Ciclo de Aprendizaje de Kolb, con los estilos de aprendizaje presentados anteriormente, y las preferencias en cuanto a percepción y procesamiento de la información.

Figura 2.

Estilos de Aprendizaje dentro del Ciclo de Kolb.



Fuente: Tomado de Montalbán, 2011, p.188.

5.2. BIOINFORMÁTICA

La bioinformática presenta diversas definiciones de acuerdo con varios autores, por lo que podemos entenderla en términos generales como una “disciplina que estudia el desarrollo de métodos computacionales y técnicas estadísticas para resolver problemas prácticos y teóricos derivados del almacenamiento, extracción, manipulación y distribución de información relacionada con datos biológicos (principalmente de macromoléculas)” (Rodríguez-Tello, 2013). Esto indica que proporciona herramientas y recursos para favorecer la investigación biomédica y trata de desarrollar sistemas que sirvan para entender el flujo de información desde los genes a las estructuras moleculares, su función bioquímica, conducta biológica y, finalmente, su influencia en las enfermedades y la salud (Cañedo y Arencibia, 2004).

Según Meneses et al, (2011), la bioinformática se compone de dos subcampos complementarios entre sí:

- El desarrollo de herramientas informáticas y bases de datos.
- La aplicación de dichas herramientas en la generación de conocimientos biológicos para comprender mejor los sistemas vivos.

Dentro de los usos propios de la bioinformática, se encontraron algunas herramientas que resultaron de especial interés para el desarrollo de este trabajo, como lo son las bases de datos.

De acuerdo con su contenido, las bases de datos biológicas se pueden dividir en tres categorías (Meneses et al., 2011):

- *Primarias*, las cuales contienen datos biológicos originales. Son archivos de secuencia en bruto o datos estructurales, por ejemplo, GenBankm y Protein Data Bank (PDB).
- *Secundarias*, las cuales contienen información procesada computacionalmente (o manualmente curada), con base en datos primarios. Las bases de datos de secuencias de proteínas traducidas contienen la anotación funcional perteneciente a esta categoría (ejemplo Swiss-Prot y PIR).
- *Especializadas*, aquellas que atienden a un interés de investigación en particular (por ejemplo, Flybase). La base de datos de secuencias del VIH, y Ribosomal Database Project son ejemplos de bases de datos que se especializan en un determinado organismo o un determinado tipo de datos.

5.3. INHIBICIÓN ENZIMÁTICA

Las enzimas son polímeros biológicos que catalizan las reacciones químicas que hacen posible la vida, por lo que son esenciales para la desintegración de nutrientes a fin de que proporcionen energía y bloques de construcción químicos (Kennelly y Rodwell, 2016, p.60). Según, Nelson y Cox (2009), con la excepción de un pequeño grupo de moléculas de RNA catalítico, todas las enzimas son proteínas (p. 184). De manera que, además de servir como los catalizadores para todos los procesos metabólicos, su impresionante actividad catalítica, especificidad para sustrato y estereoespecificidad permiten a las enzimas desempeñar funciones clave en otros procesos relacionados con la salud y el bienestar de las personas (Kennelly y Rodwell, 2016, p.60).

En las reacciones catalizadas por enzimas, el reactante se conoce con el nombre de sustrato (S), y este interactúa con la enzima formando un complejo enzima-sustrato (ES), y debido a la especificidad de las enzimas, este proceso de interacción se describe generalmente con la analogía de “la llave y la cerradura”, en la que la cerradura (enzima) está formada por una hendidura en la superficie de la proteína que forma parte de lo que se conoce como **sitio activo** (Kennelly y Rodwell, 2016).

Ahora bien, un catalizador actúa reduciendo la barrera de energía entre el estado de transición y el estado inicial para una reacción, con lo que aumenta la fracción de moléculas que tienen la energía suficiente para alcanzar el estado de transición y hacer que la reacción vaya más rápida hacia el estado final (Mathews et al, 2002). Sin embargo, la actividad catalítica del catalizador (enzima) depende de la integridad de la conformación de la enzima, por lo que mantener las estructuras primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria son esencial para que estas lleven a cabo sus funciones (Nelson y Cox, 2009). Esto hace que factores como el pH y la temperatura, afecten la actividad enzimática. Adicionalmente, algunas enzimas requieren de un componente químico

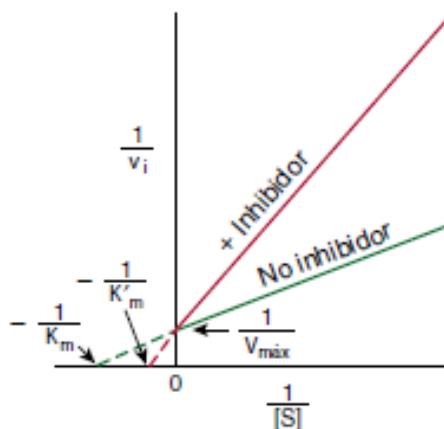
adicional para su funcionamiento, que se denomina cofactor. En palabras de Nelson y Cox (2009), un **cofactor** puede ser uno o varios iones inorgánicos o una molécula orgánica denominada **coenzima**.

Finalmente, otro factor que afecta la actividad enzimática, es la inhibición enzimática, en la que un compuesto interactúa con la enzima haciendo que esta no pueda llevar a cabo su función. En términos generales existen 2 tipos de inhibición de la actividad enzimática: la inhibición reversible y la inhibición irreversible. A su vez, la inhibición reversible se puede categorizar de acuerdo a la forma en que interactúan los inhibidores, para algunos autores como Kennelly y Rodwell, (2016), se pueden clasificar principalmente en 3 tipos: inhibición competitiva, inhibición no competitiva y mixta; mientras que, otros autores como Nelson y Cox (2009) describen 4 tipos: inhibición competitiva, a-competitiva, no competitiva (la cual describen como un caso especial) y mixta. A continuación, se describen los 4 tipos de inhibición reversible:

- **Inhibición competitiva:** En este tipo de inhibición, el inhibidor se une al sitio activo de la enzima (E) donde se uniría el sustrato (S), formando un complejo enzima-inhibidor (EI). Es decir que, las estructuras de casi todos los inhibidores competitivos clásicos tienden a asemejarse a las estructuras de un sustrato. Un inhibidor competitivo no tiene efecto sobre la velocidad máxima ($V_{m\acute{a}x.}$) pero aumenta K'_m , la constante de reacción aparente para el sustrato (Kennelly y Rodwell, 2016, p.82). La comparación entre las reacciones en las que interviene un inhibidor competitivo, y en la que este no está presente se puede apreciar en la figura 3 que se muestra a continuación.

Figura 3.

Gráfico de Lineweaver-Burk para inhibición competitiva.

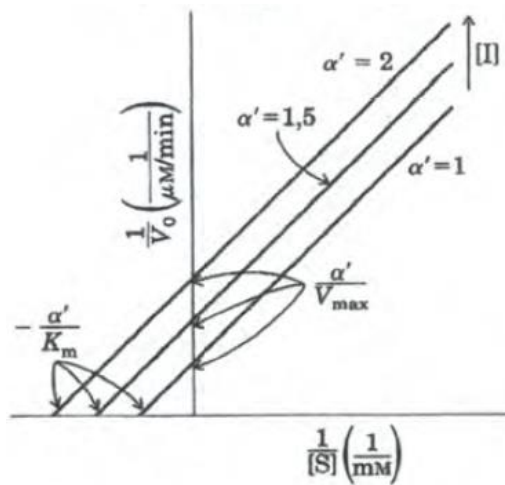


Fuente: Tomado de Kennelly y Rodwell, 2016, p. 82.

- **Inhibición a-competitiva:** En este tipo de inhibición, el inhibidor se fija únicamente al complejo enzima-sustrato (ES), por lo que se une a un sitio distinto del que se fija el sustrato en el sitio activo. Este tipo de inhibidor provoca que tanto la velocidad máxima ($V_{m\acute{a}x.}$) como la constante de reacción aparente (K'_m) disminuyan (Nelson y Cox, 2009). Por ende, al obtener el gráfico de Lineweaver-Burk de este tipo de inhibición y compararlo con una reacción sin presencia de este, se pueden observar líneas paralelas (véase la figura 4).

Figura 4.

Gráfico de Lineweaver-Burk para inhibición a-competitiva.

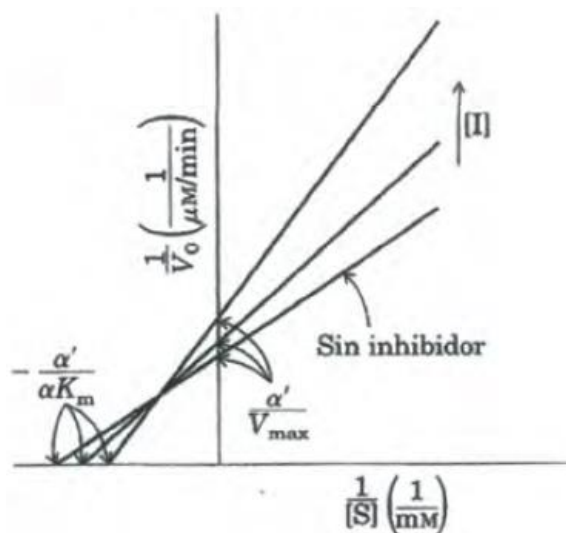


Fuente: Tomado de Nelson y Cox, 2009, p.202.

- **Inhibición mixta:** En este tipo de inhibición, el inhibidor también se fija a un sitio distinto al sustrato, pero se fija tanto a E como a ES, por lo que un inhibidor mixto afecta tanto a K_m como a $V_{m\acute{a}x}$ (Nelson y Cox, 2009, p. 203). En la figura 5 se observa la relación entre los recíprocos de la velocidad de reacción y la concentración del sustrato en presencia de un inhibidor mixto y sin presencia de este.

Figura 5.

Gráfico de Lineweaver-Burk para inhibición mixta.

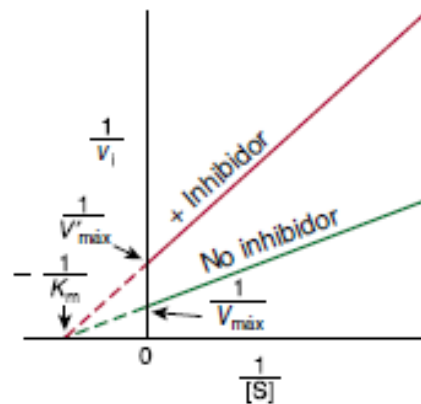


Fuente: Tomado de Nelson y Cox, 2009, p.202.

- **Inhibición no competitiva:** En este tipo de inhibición, la unión del inhibidor no afecta la unión del sustrato, puesto que se une a la enzima en un sitio distinto al sitio activo, por lo que es posible que se dé la formación de complejos enzima-inhibidor (EI) como también enzima-inhibidor-sustrato (EIS), por lo que, la eficiencia de la enzima para transformar sustrato en producto se refleja en la velocidad máxima ($V_{\text{máx}}$), la cual disminuye sin embargo, estos inhibidores no afectan la constante de reacción (K_m) (Kennelly y Rodwell, 2016). En la figura 6 se muestra la relación que existen entre los recíprocos de la velocidad de reacción y la concentración del sustrato, en presencia de un inhibidor no competitivo y sin presencia de este.

Figura 6.

Gráfico de Lineweaver-Burk para inhibición no competitiva.



Fuente: Tomado de Kennelly y Rodwell, 2016, p. 83.

5.4. TRASTORNO DEPRESIVO

El trastorno depresivo es una enfermedad que afecta al organismo (cerebro), el ánimo y la manera de pensar. Se considera como un desorden del talante y es la forma más común de sufrimiento mental (Guadarrama et al., 2006, p.66).

De acuerdo con Guadarrama et al. (2006), la depresión tiene muchas causas, las cuales incluyen (p.67):

- Factores genéticos.
- Factores químicos: alteraciones de neurotransmisores.
- Factores psicosociales como: experiencias adversas en la infancia: dificultades cotidianas y crónicas, eventos indeseables en la vida, red social limitada, baja autoestima.

Entre los factores descritos anteriormente y debido a los alcances y limitaciones de este proyecto, los cuales permiten enfocar la investigación únicamente en los factores químicos, se destaca la *hipótesis catecolamínica o de las monoaminas*. Según Turet (1976), en esta hipótesis la depresión se relaciona con una deficiencia en la actividad adrenérgica del sistema nervioso central (SNC), y la manía con exceso de la misma. En estudios un poco más actuales como el de (Guadarrama et al., 2006) y el de (Arango-Dávila et al., 2004) también se destaca esta hipótesis, debido a que existen pruebas de tipo psicológico, farmacológico y clínico que le proporcionan cada vez mayor sustento científico y permite dirigir las investigaciones farmacológicas en este sentido.

A continuación, se describen los 3 neurotransmisores asociados con las causas bioquímicas de la depresión (Guadarrama et al., 2006):

- *Serotonina*: Es producida a partir del aminoácido triptófano y ejerce una importante acción en la conducta, la apreciación del dolor, funciones cardíacas, actividad sexual y ciclo de sueño-vigilia (p. 67).
- *Norepinefrina o noradrenalina*: Es importante para mantener el estado de vigilia, debido a que contribuye a alertar al organismo para sobrevivir. Es precursor del aminoácido tirosina, la cual es convertida a dopa por la acción de la tirosina-hidroxilasa, la dopa es posteriormente convertida a noradrenalina por la enzima dopamina-beta-hidroxilasa (p. 68).
- *Dopamina*: Es un neurotransmisor inhibitorio, que se deriva del aminoácido tirosina y la síntesis se da por la misma vía que la norepinefrina. En las vías mesocortical y mesolímbica participa en el mantenimiento del estado de alerta (p. 68).

5.4.1. Tratamiento

Existen diferentes tipos de antidepresivos como los inhibidores de la monoamino oxidasa (IMAO), los antidepresivos tricíclicos (ADT), los inhibidores selectivos de la recaptación de la serotonina (ISRS), los inhibidores selectivos de la recaptación de la norepinefrina (ISRN) y los inhibidores duales. De estos, los últimos tres tipos, es decir los inhibidores selectivos tienen en la actualidad mayor importancia debido a que su efectividad es comparable a la de los ADT, pero resultan ser más seguros, pues sus efectos colaterales son menos molestos y menos frecuentes (Arango-Dávila et al., 2004). Sin embargo, en casos muy severos suelen ser más funcionales los antidepresivos IMAO, lo que hace que este tipo de fármacos sean de interés en esta investigación.

De acuerdo con Ferraz et al. (2019):

Las MAO son una familia de enzimas que catalizan la oxidación de las monoaminas, degradándolas en la hendidura sináptica y consecuentemente reduciendo la activación de sus respectivos receptores. Hay dos isoformas MAO conocidas: MAO-A y MAO-B. La MAO-A se caracteriza por unirse preferentemente a la serotonina y la noradrenalina, mientras que la MAO-B interactúa más fácilmente con la fenetilamina y la bencilamina (p. 14).

5.4.2. La harmina como posible tratamiento de la depresión

Ayahuasca es un término quechua, el cual tiene su significado en la etimología “aya”- que significa alma o espíritu muerto- y “waska”- que significa cuerda-. El brebaje generalmente es preparado con *Banisteriopsis caapi*, la cual es rica en B-carbolinas, especialmente harmina, tetrahydroharmina (THH) y harmalina y también la *Psychotria viridis*, rica en Dimetiltriptamina, que es un agonista de los receptores de serotonina 2A, 2C/1A con efectos alucinógenos (Dos Santos, 2012).

Según Escobar y Ramos (2018) la harmina parece tener cualidades deseables para el tratamiento de trastornos afectivos y del comportamiento; dentro de estas se encuentra el ser un inhibidor de la monoamino oxidasa, lo que modifica la transmisión serotoninérgica asociada a las respuestas ansiolíticas y antidepresivas. Adicionalmente es importante agregar que, aunque algunos informes han demostrado que las B-carbolinas son capaces de inhibir la MAO-B, la mayoría de las evidencias apuntan a una inhibición selectiva de la MAO-A, en algunos casos considerada como una inhibición competitiva y reversible (Ferraz et al., 2019, p.14).

El estudio de la harmina en el tratamiento de la depresión es importante puesto que se busca estructurar una guía sobre cómo un compuesto natural puede ser adicionado en un alimento cualquiera para dotarlo de propiedades específicas, en este caso concreto propiedades antioxidantes de la serotonina. A estos alimentos enriquecidos se les conoce como alimentos funcionales.

5.5. ALIMENTOS FUNCIONALES

El término Alimento Funcional, según Fuentes-Berrío et al., (2015) fue propuesto por primera vez en Japón en la década de los 80's con la publicación de la reglamentación para los "Alimentos de uso específico de salud" (Foods for Specified Health Use" o FOSHU) y se refiere a aquellos alimentos procesados que contienen ingredientes que permitan desempeñar una acción específica en los procesos fisiológicos del organismo humano, más allá de su contenido nutricional (p. 141-142).

Existen diversos procedimientos para producir alimentos funcionales, los cuales se pueden resumir a continuación (Roberfroid, 2000 citado en Araya y Lutz, 2003):

- Incrementar la concentración de un componente natural del alimento para alcanzar una concentración que se espera que induzca los efectos deseados, por ejemplo, la fortificación con micronutrientes.
- Agregar un componente que no está normalmente presente en la mayor parte de los alimentos, para el cual se haya demostrado efectos beneficiosos (fito-químicos antioxidantes y fructanos).
- Reemplazar un componente del alimento, generalmente un macronutriente cuya ingesta sea excesiva y que muestre efectos deletéreos, por ejemplo, el reemplazo de grasa por fibra dietética, componente beneficioso para la salud.

6. METODOLOGÍA

6.1. TIPO Y ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Este trabajo de investigación se desarrolló bajo un método mixto, con enfoque cuasiexperimental sin grupo control. Según Hernández-Sampieri y Mendoza, 2008 (citado en Hernández-Sampieri et al., 2014):

Los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta para realizar inferencias producto de toda la información recabada (metainferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio (p. 534).

A su vez, el diseño metodológico de este proyecto se enmarca en el enfoque cuasiexperimental, en el cual, de acuerdo con Bono (2012), “la característica principal es la ausencia de aleatorización de los tratamientos y, por lo tanto, la carencia de un control total sobre la situación” (p. 4). Cabe aclarar que en la metodología cuasiexperimental al igual que en la experimental se manipula al menos una variable independiente para observar su efecto sobre una o más variables dependientes (Hernández-Sampieri et al., 2014, p.151).

6.2. POBLACIÓN

La muestra poblacional objeto de estudio estuvo conformada por 10 estudiantes del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional todos con distinto nivel de formación, por lo que la muestra de este estudio fue de tipo no probabilístico. Según Hernández-Sampieri et al. (2014), “en las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones del investigador” (p. 176).

6.3. FASES DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño metodológico se plantea en 4 fases de investigación, las cuales se describen a continuación:

6.3.1. Fase de planificación

En esta fase se contempla la estructuración del documento desde el planteamiento del problema, los objetivos, el marco teórico y el diseño metodológico. Para el desarrollo de esta primera fase

se llevó a cabo una revisión bibliográfica de cada una de las variables de estudio: la *enseñanza de la inhibición enzimática* y su relación con la *bioinformática* y los *estilos de aprendizaje*.

6.3.2. Fase de diagnóstico y caracterización

En esta fase se busca diseñar y aplicar una prueba de entrada (diagnóstico), que a su vez se utiliza como prueba de salida (Anexo A). Esta prueba tenía como objetivo identificar los conceptos previos de los estudiantes, mediante la creación de un mapa conceptual utilizando conceptos básicos sobre la temática de inhibición enzimática, además de una corta explicación sobre el porqué planteó dichas relaciones entre conceptos.

Adicionalmente, se plantea categorizar a los estudiantes de acuerdo con su estilo de aprendizaje, por medio de la aplicación del Inventario de Estilos de Aprendizaje (Learning Styles Inventory o LSI) (Anexo B). De acuerdo con Ruble y Stout (1994), el LSI se basó en el modelo de aprendizaje experiencial, fue introducido en la década de 1970 y revisado en 1980 por David Kolb para medir las preferencias relativas que tiene un individuo en los modos de aprender, los cuales son experiencia concreta (CA), observación reflexiva (RO), conceptualización abstracta (AC) y experimentación activa (EA).

El LSI consta de 12 ítems que buscan identificar el estilo de aprendizaje predominante en una persona de acuerdo con la forma en que esta “prefiere aprender”, además de 4 columnas (Anexo B) que describen características propias de cada modo de aprender: CA, RO, AC y EA, así pues, la columna A se asocia a la CA, la columna B a la RO, la columna C a la AC y finalmente la columna D a la EA (Lara, 2016).

6.3.3. Fase de diseño y aplicación

En esta fase se realizan dos procesos importantes: 1) el diseño de la secuencia de 5 actividades (Tabla 2), las cuales se plantean siguiendo las características del Ciclo de Aprendizaje de Kolb; y 2) la aplicación de dichas actividades al grupo objeto de análisis. En la Tabla 2 que se muestra a continuación se ejemplifican las características de cada una de las actividades, donde se incluyen el instrumento de entrada y salida, los cuales no hacen parte del Ciclo de Aprendizaje de Kolb, sin embargo, permiten analizar los conocimientos adquiridos al aplicar la secuencia.

Tabla 2.

Descripción de las actividades planteadas siguiendo el Ciclo de Aprendizaje de Kolb.

SESIÓN	ACTIVIDADES	ETAPA DEL CICLO	ENFOQUE
	Actividad inicial: Mapa conceptual de entrada y	Pre-ciclo	Diagnóstico

1	categorización por estilos de aprendizaje.		
	Actividad 1: Cuadro QQQ con base en el video “la depresión mayor – base neuroquímica”.	Etapa 1: Experimentación concreta y observación reflexiva.	Estilo Divergente
	Actividad 2: Clase magistral sobre inhibición y tipos de inhibición enzimática (Quiz).	Etapa 2: Observación reflexiva y conceptualización abstracta.	Estilo Asimilador
	Actividad 3: Ejercicio de clasificación sobre tipos de inhibidores (asincrónico).	Etapa 3: Experimentación activa y conceptualización abstracta.	Estilo Convergente
2	Tutorial de manejo de los programas bioinformáticos: DruLiTo, UCSF Chimera y Auto Dock Vina.		
3	Actividad 4: Explorando los softwares DruLiTo, UCSF Chimera y Auto Dock Vina.	Etapa 4: Experimentación concreta y experimentación activa.	Estilo Acomodador
	Actividad 5: Reflexión final	Etapa 1: Experimentación concreta y observación reflexiva.	Estilo Divergente
	Actividad final: Mapa conceptual de salida.	Pos-ciclo	Análisis del proceso

Fuente: Autora, 2021.

6.3.4. Fase de evaluación

En esta fase se lleva a cabo la recolección, sistematización y evaluación de los resultados que se obtienen en la fase anterior. Para esto se realizan actividades como:

- Analizar los estilos de aprendizaje desde la forma en que prefieren percibir y procesar la información los participantes.
- Crear matrices de evaluación con una escala de valoración cualitativa y a su vez, un equivalente cuantitativo por actividad. Además de analizar la construcción de conocimiento mediante la prueba de entrada y la prueba de salida.
- Emplear programas estadísticos como SPSS para el análisis cuantitativo de los datos obtenidos, y Atlas Ti para el análisis cualitativo.

7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este apartado se compilan los resultados, el análisis de la categorización por estilos de aprendizaje, y de la aplicación de la secuencia didáctica para la enseñanza de la inhibición enzimática basada en el Ciclo de Kolb. Para esto, se evaluaron los resultados de cada actividad de manera cualitativa y cuantitativa, mediante diferentes rúbricas de evaluación que se mencionan en el análisis de cada actividad. En estas rúbricas se incluyen unos indicadores pertinentes planteados para cada actividad, puesto que cada una de las 5 actividades contaba con un enfoque diferente de acuerdo con el Ciclo de Aprendizaje de Kolb; mientras que para el análisis de la prueba de entrada y salida se utilizó una única rúbrica de evaluación (Tabla 3) y los datos cuantitativos se analizaron con el paquete estadístico SPSS utilizando estadística no paramétrica.

7.1. DESDE LA PRUEBA DE ENTRADA O DIAGNÓSTICO

En el diagnóstico o evaluación de conocimientos previos de la temática de inhibición enzimática, al igual que en la prueba de salida para evaluar la construcción de conocimientos se utilizó como instrumento el mapa conceptual (Anexo A). Tanto la prueba de entrada como la de salida se evaluaron teniendo en cuenta la misma rúbrica de evaluación (Tabla 3), la cual fue construida a partir de indicadores validados por autores como Rodríguez-Cepeda (2017) y Prats & Salinas (2018).

Los indicadores utilizados en la evaluación del pretest y el postest se encuentran compilados en la Tabla 3, donde se visualiza una escala de valoración que consta de 4 categorías: “EXCELENTE”, “SOBRESALIENTE”, “DEFICIENTE” e “INSUFICIENTE”; las cuales cuentan con una puntuación de 3, 2, 1 y 0, respectivamente. Adicionalmente, se le asignó un valor a cada indicador, el cual depende de la importancia del mismo, por ende, los indicadores con un valor de 4 son más representativos en la evaluación del mapa conceptual que los indicadores que presentan un valor de 1. Finalmente, la puntuación obtenida en la escala de valoración se multiplicaba por el valor asignado al indicador, y estos resultados se sumaban para obtener el puntaje final, el cual podía alcanzar un valor máximo de 57 puntos.

Tabla 3.

Indicadores para evaluar un mapa conceptual.

INDICADORES	ESCALA DE VALORACIÓN				VALOR X INDICADOR
	Excelente (3)	Sobresaliente (2)	Deficiente (1)	Insuficiente (0)	
Número de conceptos propuestos utilizados (NCPU)	Utiliza los 13 conceptos propuestos en el instrumento	Utiliza entre 10 y 12 de los conceptos propuestos	Utiliza entre 7 y 9 de los conceptos propuestos	Utiliza menos de 7 conceptos propuestos	2
Número de conceptos válidos (NCV)	Ubica los 13 conceptos de manera acertada en la estructura jerárquica	Ubica entre 10 y 12 conceptos de manera acertada en la estructura jerárquica	Ubica entre 7 y 9 conceptos de manera acertada en la estructura jerárquica	Ubica menos de 7 conceptos de manera acertada en la estructura jerárquica	4
Número de proposiciones válidas (NPV)	Todas las proposiciones que presenta son coherentes y válidas	La mayoría de proposiciones que presenta son coherentes y válidas	La cantidad de proposiciones válidas que presenta es deficiente con respecto a la cantidad de proposiciones que plantea	Presenta 2 o menos proposiciones válidas	4
Ramificaciones (R)	Presenta una ramificación muy alta	Presenta una ramificación alta (5)	Presenta una ramificación media	Presenta una ramificación baja o nula	1
Nivel de profundidad (NP)	Presenta una profundidad muy alta	Presenta una profundidad alta (5)	Presenta una profundidad media	Presenta una profundidad baja o nula	1
Estructura jerárquica (EJ)	Presenta una estructura jerárquica clara y organizada	Presenta el origen en la parte superior, sin embargo, en los siguientes niveles no hay una jerarquía clara	La estructura no tiene su origen en la parte superior, sin embargo, mantiene ciertas relaciones jerárquicas	Presenta una estructura confusa y no es clara la jerarquía de los conceptos	2
Frases de enlace (FdE)	Presenta frases de enlace entre todos los conceptos y todas son coherentes	Presenta la mayoría de frases de enlace y son coherentes	Faltan demasiadas frases de enlace o las que presenta carecen de coherencia	No hay frases de enlace	3
Número de conceptos nuevos válidos (NCNV)	Presenta al menos 2 conceptos válidos que se ubican de manera acertada en la estructura	Presenta al menos 1 concepto válido que se ubica de manera acertada en la estructura	Presenta al menos 1 concepto pero este no se encuentra muy bien ubicado dentro de la estructura	No presenta ningún concepto distinto a los propuestos inicialmente	2

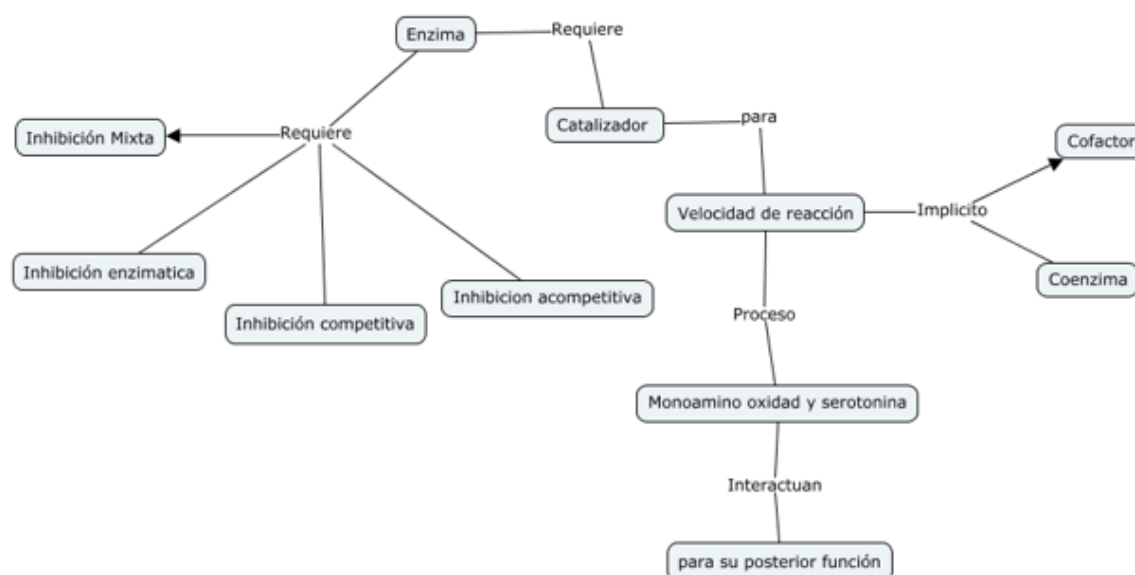
Fuente: Adaptado de Rodríguez-Cepeda (2017); y Prats & Salinas (2018).

En este apartado se expone el análisis de los instrumentos de entrada realizados por el estudiante E7 y el E3, ambos categorizados como divergentes, pero con diferencias importantes en los puntajes alcanzados. En la Figura 7 se observa el mapa conceptual inicial realizado por la E7, la cual obtuvo un puntaje de 8,0, pues, aunque fue capaz de utilizar entre 10 y 12 de los conceptos

propuestos (NCPU = 2), ubicó menos de 7 conceptos de manera acertada en la estructura jerárquica (NCV = 0) y ninguna de las proposiciones planteadas (NPV = 0) presenta validez, esto debido a que la estructura jerárquica (EJ = 0) es confusa y las frases de enlace (FdE = 1) que presenta carecen de coherencia. Dentro de las proposiciones planteadas por la E7 se encuentran frases como “enzima requiere catalizador para velocidad de reacción”, esta afirmación de por sí es inválida e incoherente pues las enzimas no requieren un catalizador para modificar la velocidad de reacción, sino que las enzimas constituyen un tipo de proteínas especializado que actúa como catalizador acelerando la velocidad de reacción (De Lera Santín, 2011; Ramírez y Ayala, 2014); por lo tanto, la forma en la que la estudiante estructura la frase demuestra que no hay un entendimiento adecuado sobre qué es una enzima.

Figura 7.

Mapa conceptual inicial realizado por la Estudiante 7.



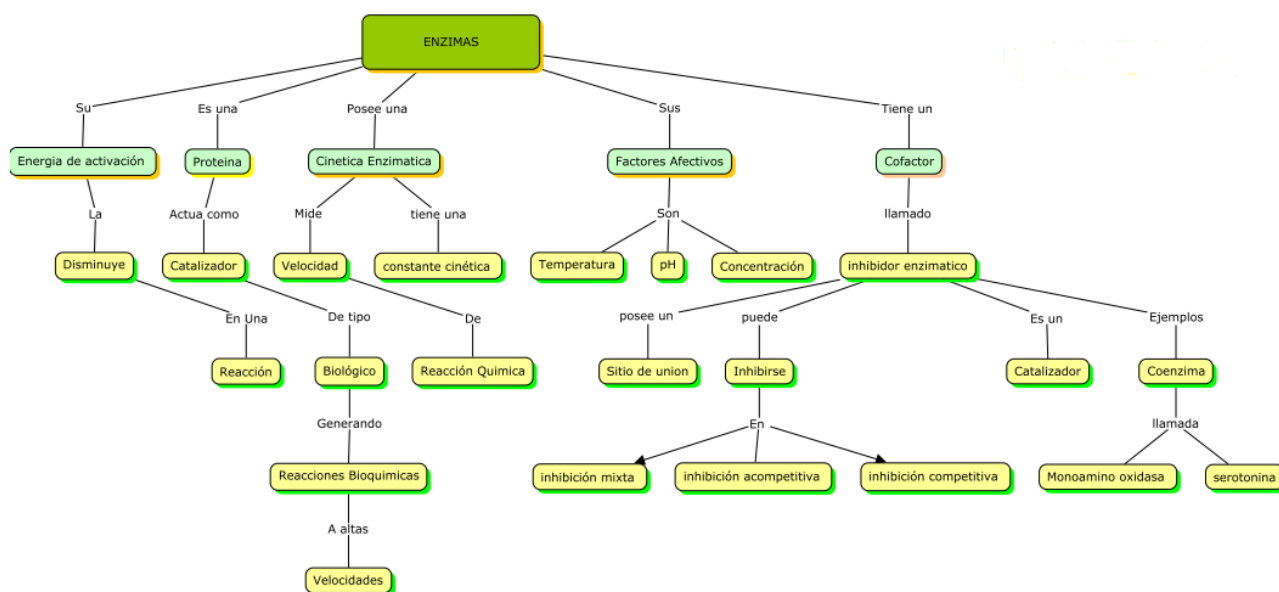
Fuente: Obtenido de la E7.

A su vez, realiza otras proposiciones cuestionables como “las enzimas requieren inhibición mixta, enzimática, competitiva, acompetitiva”, en las que no establece jerarquía dentro de los conceptos que relaciona en la frase, pues, los conceptos como -inhibición mixta-, -inhibición competitiva- e -inhibición acompetitiva- se incluyen todos dentro de los -tipos de inhibición reversible- que a su vez hacen parte de un concepto más general que es la inhibición enzimática. Además, no es adecuado afirmar que las enzimas requieran de inhibición, pues la inhibición enzimática es un factor que influye en la actividad de la enzima.

Por otra parte, al analizar la actividad inicial del Estudiante 3 (E3), la cual se muestra en la Figura 8 se encontró que, a pesar de utilizar todos los conceptos propuestos (NCPU = 3) ubicó menos de 7 conceptos de manera acertada en la estructura jerárquica (NCV = 0) lo que derivó en que presentara muy pocas proposiciones válidas (NPV = 0) con respecto al número de proposiciones expuestas en el mapa, entre las proposiciones válidas destacan 2, la definición de enzima: “es una proteína actúa como catalizador de tipo biológico generando reacciones bioquímicas a altas velocidades” y el nombramiento de algunos factores que afectan la actividad de las enzimas, “sus factores afectivos son temperatura, pH y concentración”. A pesar de que existen muchos más factores que afectan la actividad catalítica de una enzima, como lo es la concentración de sustrato y de enzima, la presencia de un inhibidor, etc., el nombrar al menos 3 factores demuestra que el estudiante tiene una idea sobre cómo puede verse afectada la actividad enzimática.

Figura 8.

Mapa conceptual inicial realizado por el Estudiante 3.



Fuente: Obtenido del E3.

Por otra parte, el estudiante realizó algunas proposiciones que carecen de coherencia, por ejemplo, “su energía de activación -refiriéndose a las enzimas- la disminuye en una reacción”, pues la función de las enzimas es disminuir la energía de activación en una reacción al adecuar el entorno fisicoquímico en el que se encuentran los reactivos para hacer más favorable la interacción entre estos (Battaner, 2013), pero en esta proposición el estudiante afirma que la energía de activación es algo propio de la enzima y no de la reacción como tal. Por otro lado, se encontró la siguiente proposición: “tiene un cofactor llamado inhibidor enzimático el cual posee

un sitio de unión”; esta frase permite presuponer que el E3 no posee claridad en la definición de los conceptos que está utilizando, lo que lo lleva a confundir las definiciones, por ejemplo, un cofactor se puede entender como una sustancia orgánica o inorgánica que es necesaria para que una enzima determinada realice su función (Ramírez y Ayala, 2014), mientras que, el inhibidor impide o retrasa la acción enzimática.

Adicionalmente, el sitio de unión no se encuentra en el inhibidor, sino que es un espacio estructural de la enzima en el que pueden encontrarse residuos de aminoácidos que permiten la interacción enzima-sustrato o enzima-inhibidor (en el caso de los inhibidores competitivos), además de cofactores en el caso que sea requerido para que la enzima lleve a cabo su función específica. (Ramírez y Ayala, 2014).

Finalmente, dentro de las proposiciones realizadas por el E3 se encontraron las siguientes frases: “las enzimas tienen un cofactor llamado inhibidor enzimático puede inhibirse en inhibición mixta, acompetitiva y competitiva” y “las enzimas tienen un cofactor llamado inhibidor enzimático es un catalizador”. Con respecto a la primera frase, se analizó en el párrafo anterior la diferencia conceptual entre inhibidor y cofactor, sin embargo, es importante resaltar que las palabras de enlace o conectores utilizadas en las proposiciones que se mencionan al inicio de este párrafo no le permitieron formar frases coherentes, pues no es correcto afirmar que un inhibidor pueda inhibirse o que el inhibidor enzimático es un catalizador, pues “un catalizador actúa disminuyendo la energía de activación aumentando así la fracción de moléculas que tienen la energía suficiente para alcanzar el estado de transición y hacer que la reacción vaya más rápida...” (Mathews et al., 2002, p. 411). Es decir que mientras un catalizador (enzima) permite que se lleve a cabo una reacción con mayor velocidad, el inhibidor impide la acción del catalizador.

7.2. DESDE LA CATEGORIZACIÓN POR ESTILOS DE APRENDIZAJE

La aplicación del test de Kolb (Anexo B) permitió categorizar a la población objetivo en al menos 3 grupos: divergentes, acomodador, y una mezcla entre convergente-asimilador. Para obtener dicha clasificación es importante mencionar que para diligenciar el instrumento (Anexo B) era necesario asignar un valor entre 1 y 4 (donde 1 hace referencia a menor preferencia y 4 a una mayor preferencia) a cada una de las columnas (A, B, C y D) de cada uno de los 12 ítems, teniendo en cuenta que ese valor no puede repetirse entre las columnas de un mismo ítem, es decir que, si, por ejemplo, en la columna A del primer ítem se asignó el valor de 3, no era posible asignar el 3 a la columna B, C o D de este mismo ítem. De esta manera, se obtiene un valor no mayor a 48 en cada columna, y posteriormente se restan los puntajes entre columnas relacionadas para obtener un valor en el eje X y otro en el eje Y de la siguiente manera:

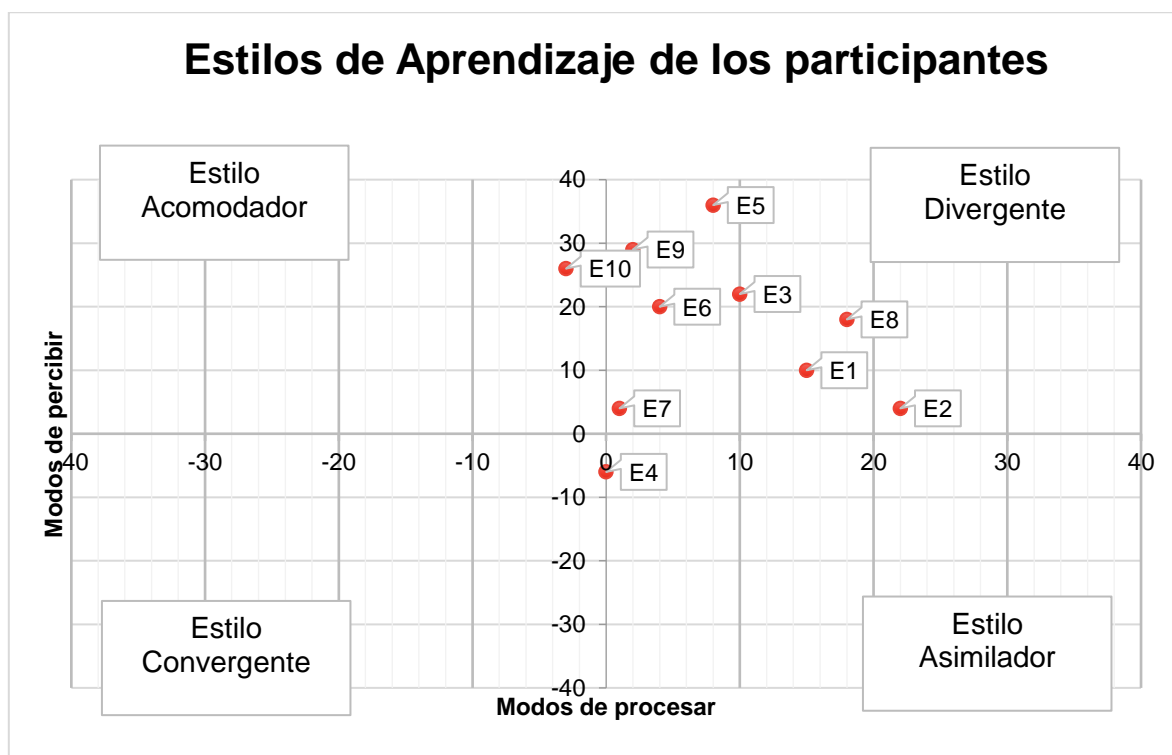
- Puntaje de la columna D – puntaje en la columna B = valor en el eje X
- Puntaje de la columna C – puntaje de la columna A = valor en el eje Y

Por ejemplo, en el caso del estudiante E6, el puntaje de la columna A fue de 22, en la columna B fue de 28, en la columna C fue de 42 y en la columna D fue de 32; por lo que, al realizar el procedimiento explicado anteriormente, se encuentra que la diferencia entre los puntajes de la columna D y B (32-28) es igual a un valor de 4 para el eje X; mientras que la diferencia entre los puntajes de la columna C y A (42-22) determina un valor de 20 en el eje Y. Ahora bien, al ubicar los valores de X y Y en un plano cartesiano se obtiene que el E6 se ubica en el cuadrante I, por lo que se clasificaría como divergente de acuerdo con el modelo de Kolb.

En la Figura 9 se aprecia que, 8 de los 10 participantes se ubican en el cuadrante I, lo que los categoriza como *divergentes*, es decir, expresan una preferencia en el modo para percibir mediante “experiencias concretas”, y en el modo para procesar la información mediante la “observación reflexiva”. Adicionalmente, el estudiante 10 (E10) se categorizó en el estilo *acomodador*, lo que hace referencia a una preferencia en el modo de percibir mediante “experiencias concretas” y al modo de procesar por medio de “experiencias activas”, mientras que, el estudiante 4 (E4) se categorizó entre dos estilos, el *convergente* y el *asimilador*.

Figura 9.

Resultados de la aplicación del Learning Styles Inventory (LSI).



Fuente: Autora.

Debido a los resultados obtenidos de la categorización por estilos de aprendizaje propuestos por Kolb, se hace pertinente proponer una recategorización de acuerdo con el grado de *preferencia* que poseen en cuanto al modo de percibir (ubicado en el “eje y” del plano) y al modo de procesar (ubicado en el “eje x” del plano). Esto a modo de explicar las diferencias en las formas de procesar y percibir que puedan presentarse entre participantes pertenecientes al mismo estilo. Para esto se definen 4 grados de preferencia: **preferencia baja**, **preferencia moderada**, **preferencia alta** y **preferencia muy alta**. Los valores para cada grado de preferencia en los diferentes modos se describen en la Tabla 4 que se muestra a continuación:

Tabla 4.

Grados de preferencia definidos para los 2 modos de percibir y los 2 modos de procesar la información descritos por Kolb.

Dimensión del Aprendizaje	Modos	Grado de preferencia	Valores asignados para cada grado
Percibir	Experiencia Concreta	Bajo	Entre 0 y 10
		Moderado	Entre 11 y 20
		Alto	Entre 21 y 30
		Muy alto	Entre 31 y 40
	Conceptualización Abstracta	Bajo	Entre 0 y -10
		Moderado	Entre -11 y -20
		Alto	Entre -21 y -30
		Muy alto	Entre -31 y -40
Procesar	Observación Reflexiva	Bajo	Entre 0 y 10
		Moderado	Entre 11 y 20
		Alto	Entre 21 y 30

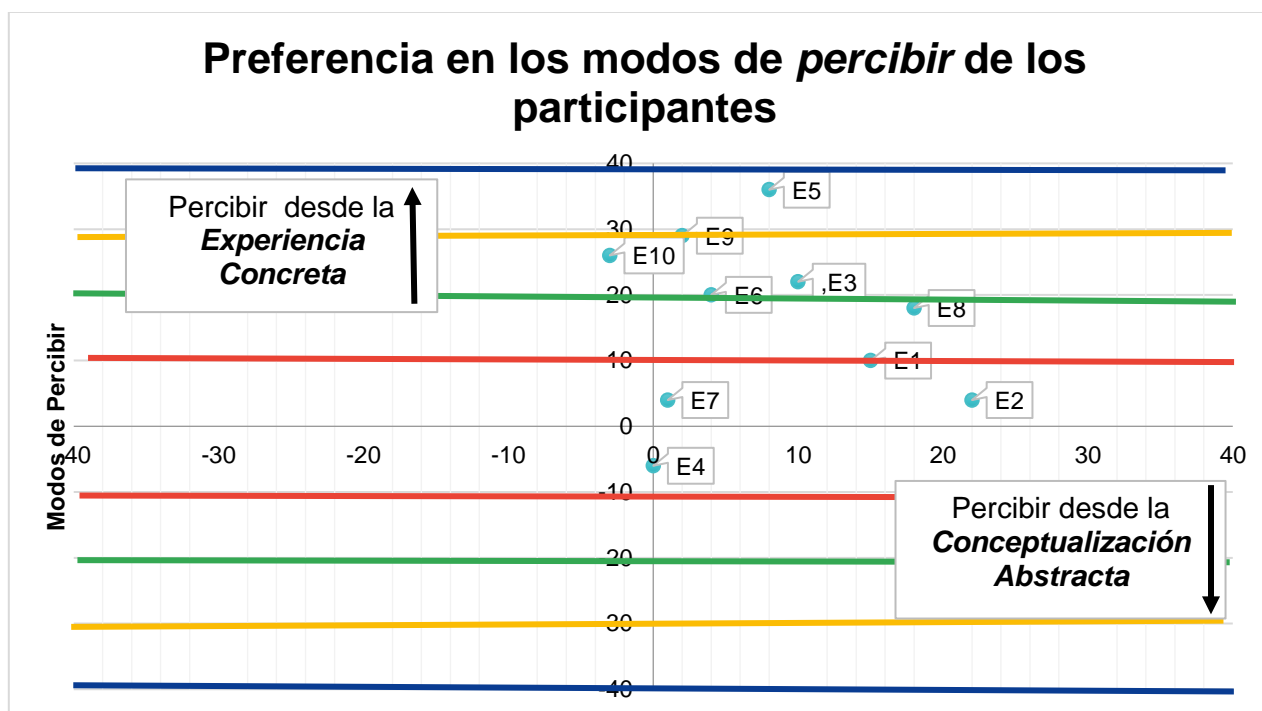
		Muy alto	Entre 31 y 40
	Experimentación Activa	Bajo	Entre 0 y -10
		Moderado	Entre -11 y -20
		Alto	Entre -21 y -30
		Muy alto	Entre -31 y -40

Fuente: Autora.

Teniendo en cuenta los valores asignados para cada grado de preferencia (Figura 9) se muestra el perfil estilístico de los estudiantes de acuerdo con la preferencia encontrada en cada uno de los *modos de percibir*, los cuales se encuentran delimitados por líneas de colores, donde el color rojo representa el límite de los que presentan una *preferencia baja*; el color verde delimitada a los que manifiestan una *preferencia moderada*, el amarillo a los que se ubican en el *grado de preferencia alta* y finalmente, el azul encierra a los que presentan un *grado de preferencia muy alta*.

Figura 10.

Propuesta de recategorización según el grado de preferencia de los participantes en los modos de percibir la información.



Fuente: Autora.

De la figura anterior se resume que:

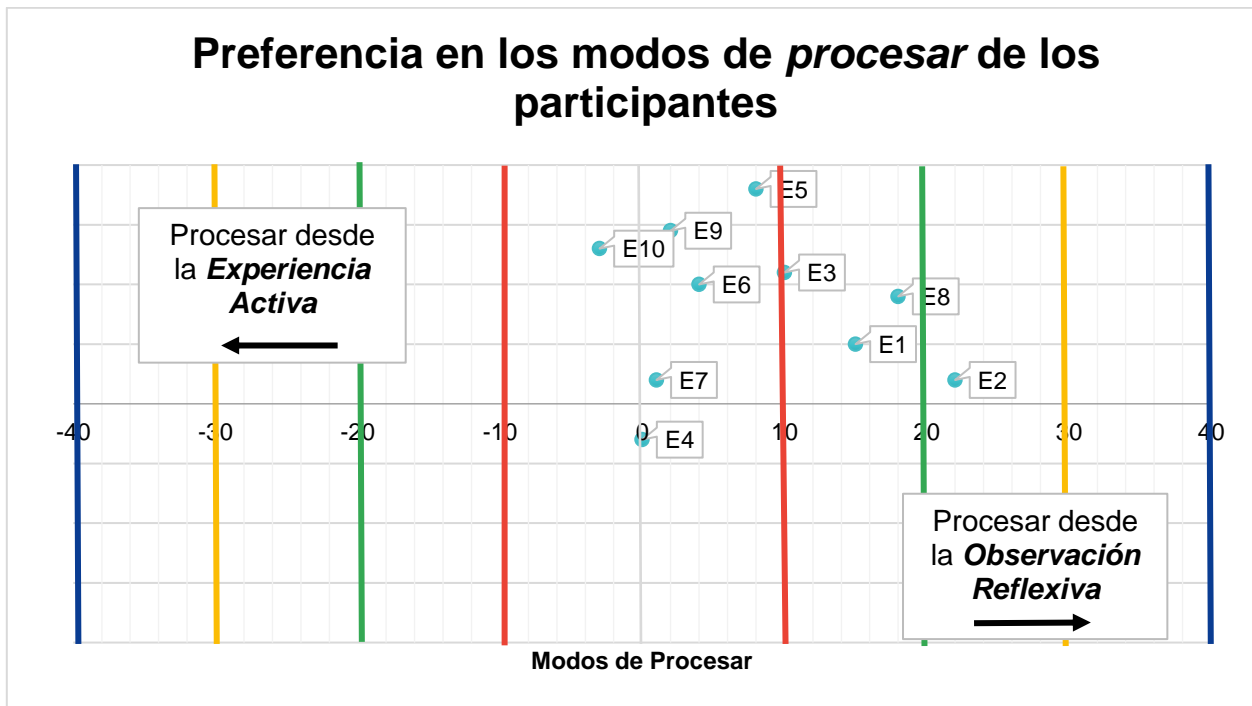
- Solo el estudiante E4 se ubica en el grado de preferencia baja hacia el modo de percibir desde la Conceptualización Abstracta.
- Los estudiantes E1, E2 y E7 se ubican en el grado de preferencia bajo hacia el modo de percibir desde la Experiencia Concreta.
- Los estudiantes E6 y E8 manifiestan un grado de preferencia moderado hacia el modo de percibir desde la Experiencia Concreta.
- Los estudiantes E3, E9 y E10 manifiestan un grado de preferencia alto por el modo de percibir desde la Experiencia Concreta.
- Solo el estudiante E5 manifiesta un grado de preferencia muy alto por el modo de percibir desde la Experiencia Concreta.

Por otra parte, desde la categoría “procesar la información”, es posible definir diferentes grados de preferencia (Figura 11), siguiendo la misma lógica que para la categorización por modos de percibir, con lo cual se puede concluir que:

- Los estudiantes E3, E5, E6, E7 y E9 se encuentran en un grado de preferencia bajo hacia el modo de procesar desde la Observación Reflexiva.
- Los estudiantes E1 y E8 se ubican en un grado de preferencia moderado hacia el modo de procesar la información desde la Observación Reflexiva.
- Únicamente el estudiante E2, se ubica en el grado de preferencia alto para el modo de procesar desde la Observación Reflexiva.
- Solamente el estudiante E10, se ubica en el grado de preferencia bajo para el modo de procesar desde la Experiencia Activa.
- Únicamente el E4 no presenta una preferencia definida hacia ninguno de los 2 modos de procesar la información.

Figura 11.

Propuesta de recategorización según el grado de preferencia de los participantes en los modos de procesar la información.



Fuente: Autora.

Así pues, se presume que al recategorizar a los estudiantes por modos de preferencia en las formas como perciben y procesan la información permite entender porque aunque 2 estudiantes sean categorizados como divergentes, unos destaquen más en habilidades propias de la experiencia concreta, lo que les permite ser más sensitivos y conectar con las vivencias de otros; mientras que, por otro lado, otros divergentes destaquen en hacer observaciones sutiles de un fenómeno y reflexionar sobre este desde un enfoque más conceptual.

7.3. DESDE LAS ACTIVIDADES DEL CICLO DE APRENDIZAJE Y SU RELACIÓN CON LOS ESTILOS

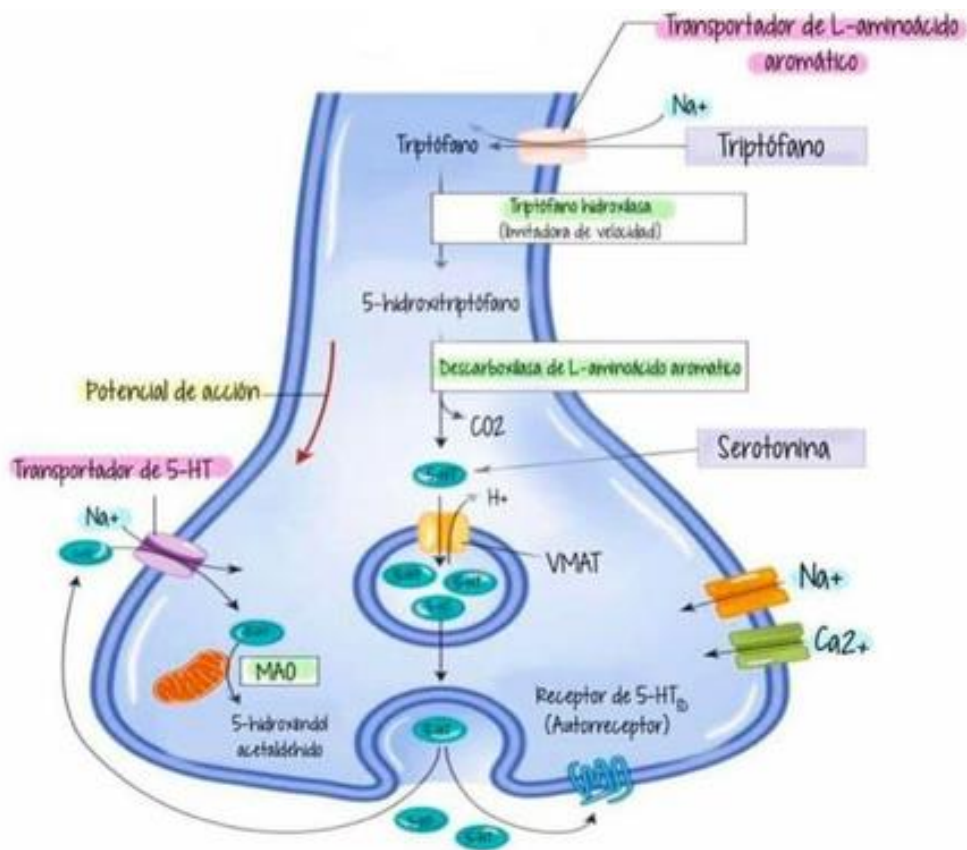
Partiendo de la categorización de los estudiantes por estilos de aprendizaje y del modelo de aprendizaje de David Kolb, se plantearon 5 actividades, cada una enfocada para un estilo de aprendizaje concreto, pero siguiendo una secuencia de tal manera que se abordara todo un Ciclo de Aprendizaje (Figura 1) en el que se incluyeran todos los estilos. Con la finalidad de analizar el desempeño de los estudiantes en cada una de las actividades, se planteó una matriz de análisis por actividad, teniendo en cuenta unos indicadores que buscan evaluar características propias del estilo al cual se dirige principalmente la actividad, además de una escala de valoración que permitió realizar un análisis cualitativo y cuantitativo de acuerdo con los objetivos y el enfoque de cada actividad.

7.3.1. Actividad 1: Qué veo, Qué no veo y Qué infiero (Cuadro QQQ)

De acuerdo con el modelo de Kolb, para lograr un aprendizaje, es necesario seguir la ruta del ciclo de aprendizaje, por lo que, al estructurar una secuencia de actividades, cada una de ellas debería estar enfocada a las particularidades de cada estilo de aprendizaje, por ejemplo, en la etapa 1 del ciclo se hace énfasis en la *experimentación concreta* y la *observación reflexiva*, esto indica que la actividad se centró en el *estilo divergente*. En esta actividad (Anexo C) se buscaba generar una experiencia concreta por medio de la visualización de un video llamado “*la depresión mayor: base neuroquímica*” y una imagen referente a la síntesis de serotonina (Figura 12), para que posteriormente los estudiantes pudiesen realizar una *observación reflexiva* con base en 3 preguntas orientadoras: ¿cuáles son las causas neuroquímicas de la depresión?, ¿qué consecuencias se presentan por el desequilibrio neuroquímico asociado a la depresión? y ¿qué sucesos pueden estudiarse para un posible tratamiento? Para esto, la actividad consta de un cuadro de 3 columnas, encabezadas por los siguientes cuestionamientos: *Qué veo*; *Qué no veo* y *Qué infiero*, presentados a modo de cuadro comparativo, de ahí que el nombre sea Cuadro QQQ.

Figura 12.

Sinapsis serotoninérgica.



Fuente: Tomada de Pinterest (s.f). <https://pin.it/QOkUQs0>

En la evaluación de esta primera actividad se tuvieron en cuenta 2 indicadores o categorías (cada una con un valor de 2,5): *argumentación* y *realización de inferencias*; además de una escala de valoración que consta de 4 opciones: Insuficiente (con valor de 1), Deficiente (con valor de 2), Sobresaliente (con valor de 3), y Excelente (con valor de 4). A continuación, en la Tabla 3 se muestra la rúbrica de evaluación utilizada.

Tabla 5.

Rúbrica de evaluación de la Actividad 1.

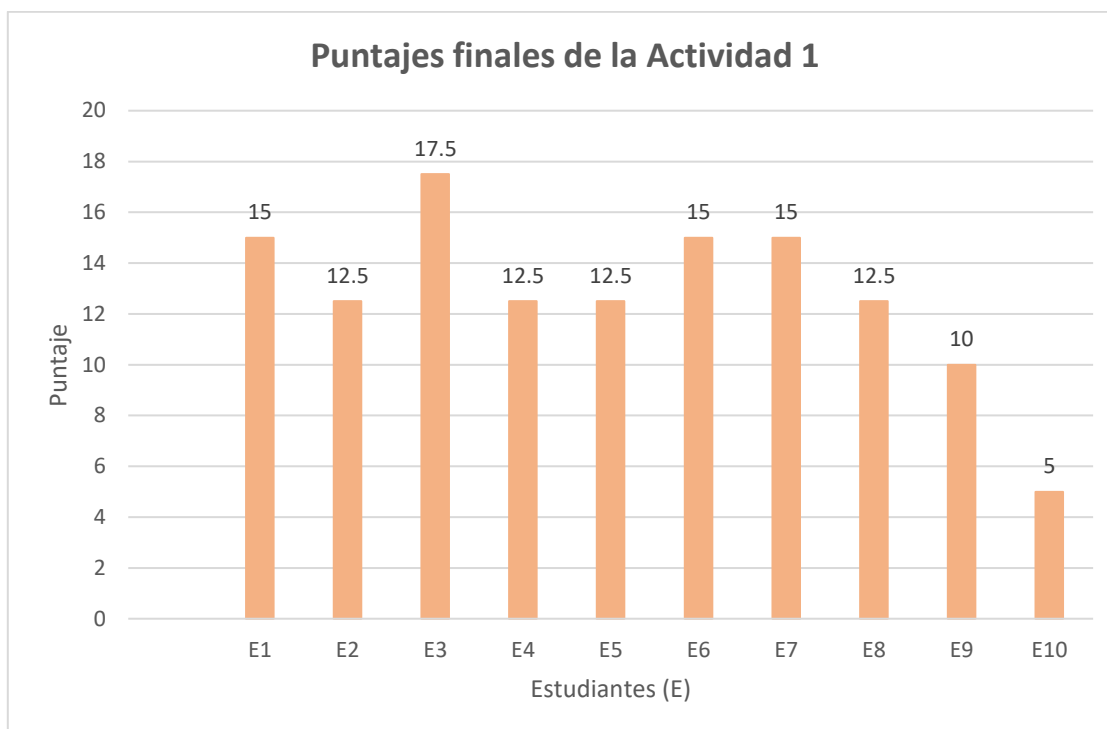
INDICADORES	ESCALA DE VALORACIÓN				VALOR X INDICADOR
	Excelente	Sobresaliente	Deficiente	Insuficiente	
Argumenta sus observaciones teniendo en cuenta las preguntas orientadoras.	Responde a las 3 preguntas planteadas de forma clara y coherente.	Responde a 2 de las preguntas planteadas de forma clara y coherente.	Responde a 1 o más de las preguntas planteadas de forma ambigua.	No responde a ninguna de las preguntas planteadas.	2.5
Realiza inferencias en cuanto a posibles tratamientos contra la depresión, derivadas de lo observado.	Extrae 2 ó más conclusiones lógicas que permitan encaminar el estudio de posibles tratamientos.	Presenta al menos 1 conclusión lógica que permita encaminar el estudio de posibles tratamientos.	Presenta 1 ó más conclusiones pero estas no permiten encaminar el estudio de posibles tratamientos.	No presenta conclusiones o inferencias.	2.5
CALIFICACIÓN	4	3	2	1	

Fuente: Autora.

Para obtener el puntaje de cada estudiante se multiplicaba el valor obtenido de acuerdo con la escala de valoración (1, 2, 3 o 4) por el valor asignado a cada indicador (2,5), obteniendo así valores entre 5 y 20, donde 5 hace referencia a que, tanto en la categoría de argumentación como en la de inferencias, el estudiante obtuvo una valoración de Insuficiente (1); mientras que, para el puntaje más alto posible (20), el estudiante debía obtener una valoración de Excelente (4) en ambos indicadores. Finalmente, los puntajes alcanzados en cada indicador se sumaban para obtener un puntaje global de la actividad, los cuales se muestran en la figura 10.

Figura 13.

Resultados generales de la actividad 1.



Fuente: Autora, 2021.

Teniendo en cuenta los resultados, desde el indicador de argumentación que busca medir “la generación de ideas” y desde el indicador de realización de inferencias que busca medir “el pensamiento inductivo”, ambas características del estilo divergente (Tabla 2), a continuación, se ejemplifican las valoraciones obtenidas por 2 estudiantes (E3 y E9), ambos categorizados como divergentes, con un grado de preferencia alto por el modo de percibir desde la Experiencia Concreta y un grado de preferencia bajo por el modo de procesar desde la Observación Reflexiva.

La valoración para el Estudiante 3 (E3) en el indicador de argumentación, el cual buscaba medir “la generación de ideas” fue Excelente (4), debido a que “responde a las 3 preguntas planteadas de forma clara y coherente”, mientras que, en el indicador de realización de inferencias, el cual buscaba medir “el pensamiento inductivo” obtuvo una valoración de Sobresaliente (3) puesto que “presentó al menos 1 conclusión lógica que permita encaminar el estudio de posibles tratamientos”. En la Figura 14, se muestra la resolución del E3, la cual se analizó en el software para análisis cualitativo Atlas ti, mediante la codificación y la creación de una red semántica para poder obtener la valoración indicada anteriormente.

Figura 14.

Respuesta del E3 a la actividad 1.

¿Qué veo?	¿Qué no veo?	¿Qué infiero?
<p><i>En el video se puede apreciar lo siguiente:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Se observa la base bioquímica del cerebro.</i> • <i>La información que se encuentra en el cerebro es transmitida gracias a una neurona que recibe impulsos eléctricos.</i> • <i>Por ende, podemos apreciar una hendidura sináptica la cual produce los neurotransmisores, en los cuales se le unen receptores específicos surgiendo el impulso eléctrico.</i> • <i>Según los vistos existen unos neurotransmisores que se unen unos receptores específicos surgiendo el impulso eléctrico.</i> • <i>Los neurotransmisores que son responsables de la depresión: Dopamina, Noradrenalina y la serotonina.</i> • <i>Por último, estos neurotransmisores son los encargados de que se cumplan unas funciones específicas del como lo son: proceso cognitivo, toma de decisiones, motivación, pérdida del equilibrio e insomnio.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Los inhibidores de la monoaminoxidasa fueron los primeros tipos de antidepresivo utilizados. Conoce los riesgos, los beneficios y los efectos secundarios de estos antidepresivos.</i> • <i>La enzima llamada monoaminoxidasa participa en la eliminación de los neurotransmisores norepinefrina, serotonina y dopamina del cerebro.</i> • <i>Los inhibidores de la monoaminoxidasa evitan que esto suceda, lo que hace que más de estas sustancias químicas cerebrales estén disponibles para efectuar cambios tanto en las células como en los circuitos que han sido afectados por la depresión.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Evitar el consumo de los alimentos como: los quesos madurados, el chucrut, las carnes curadas, la cerveza tirada o de barril.</i> • <i>Si tomas Los inhibidores de la monoaminoxidasa a y comes alimentos con alto contenido de tiramina, ésta puede alcanzar rápidamente niveles peligrosos. Esto puede ocasionar un aumento grave de la presión arterial y requerir un tratamiento de emergencia.</i> • <i>La tiramina se encuentra naturalmente en pequeñas cantidades en los alimentos que contienen proteínas. A medida que estos alimentos se añejan, los niveles de tiramina aumentan.</i>

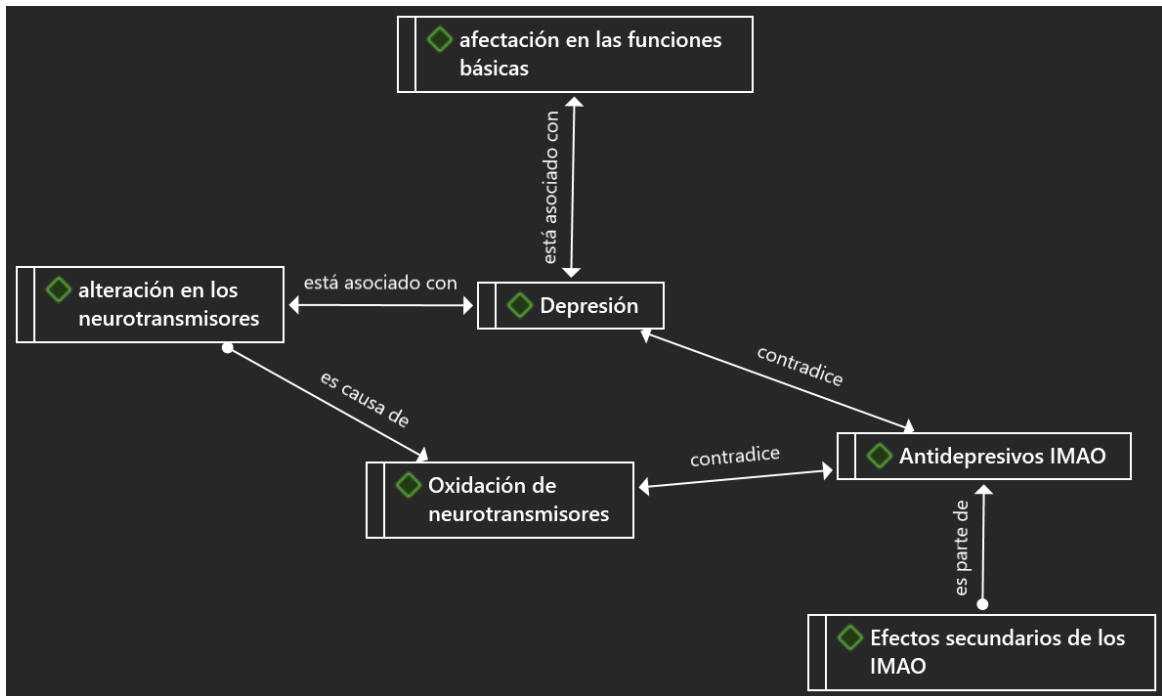
Fuente: Obtenida del E3.

Para el análisis en Atlas ti fue necesario asignar códigos a la información proporcionada por el E3. Según Vega y Riaño (2018) dicha asignación “permite codificar, en conceptos o categorías, fragmentos de información que son importantes para la investigación. Por tanto, su función es clasificar la información relacionada entre sí, a partir de un concepto” (p.28). Posteriormente, se crearon relaciones entre los códigos obtenidos de la lectura del documento, lo que permite visualizar de una manera gráfica el tipo de relación entre conceptos, facilitando la interpretación de la información (Vega y Riaño, 2018).

En la codificación de esta actividad se encontró que el E3 hace referencia a las causas, las consecuencias y los caminos que pueden estudiarse para posibles tratamientos contra la depresión, que fueron los factores en los que se centró la actividad. En la Figura 15 se muestra la red semántica realizada a partir de la información proporcionada por el E3.

Figura 15.

Red semántica obtenida a partir de la actividad 1 del estudiante 3.



Fuente: Realizado con Atlas ti. Nota: La sigla IMAO encontrada en la red semántica hace referencia a los inhibidores de la monoamino oxidasa.

De las relaciones mostradas en la red semántica anterior se extrae que el E3 es capaz de inferir información a partir de la observación reflexiva, como lo es el uso de inhibidores de la monoamino oxidasa en el tratamiento contra la depresión llegando así a conclusiones racionales a partir de la observación de una imagen referente a la síntesis de la serotonina en el cerebro, en la que se relaciona el papel de la enzima monoamino oxidasa en la oxidación de serotonina, lo que deriva en una menor disponibilidad del neurotransmisor en las neuronas y por ende, en el transporte inadecuado de este a las diversas partes del cerebro donde regula procesos básicos como el sueño y el estado de ánimo. A su vez hace referencia a las preguntas orientadoras de la actividad, las cuales se centraron en 3 factores: causas, consecuencias y posibles tratamientos para la depresión, lo que le permitió realizar la actividad de forma más completa.

Este resultado es parcialmente acorde con lo esperado, pues entre las características más importantes del estilo divergente al cual se dirigía la actividad, se encuentran el visualizar una situación concreta desde diferentes perspectivas, capacidad para resolver problemas, formular ideas y el interés hacia las personas (Ortega et al., 2010). Por lo que, en esta actividad se evidencia que el estudiante formula ideas a partir de lo que observa e intenta inferir información de los recursos visuales utilizados. Sin embargo, en la resolución de la actividad no se evidencian

inferencias relacionadas con la comprensión de problemas sociales, es decir que el E3 no presentó conclusiones con enfoque sociales las que destacaran virtudes como la empatía y la compasión, las cuales son características del estilo divergente (Borracci y Arribalzaga, 2014) y que se relacionan con la dimensión de *percepción desde la experiencia concreta* en la cual el estudiante presentó una preferencia baja; esto lleva a presumir que al presentar un grado de preferencia más alto en el modo de *procesar la información desde la reflexión*, sus argumentaciones estén permeadas en mayor medida por el “pensar” que por el “sentir”.

Por otro parte, la valoración para el Estudiante 9 (E9) tanto para el indicador de argumentación como para el indicador de realización de inferencias fue Deficiente (2), pues “responde a 1 o más de las preguntas planteadas de forma ambigua” y “presenta 1 o más conclusiones, pero estas no permiten encaminar el estudio de posibles tratamientos”. En la Figura 16 se aprecia la resolución entregada por el estudiante, mientras que, en la Figura 17 se observa la red semántica obtenida del análisis con Atlas ti.

Figura 16.

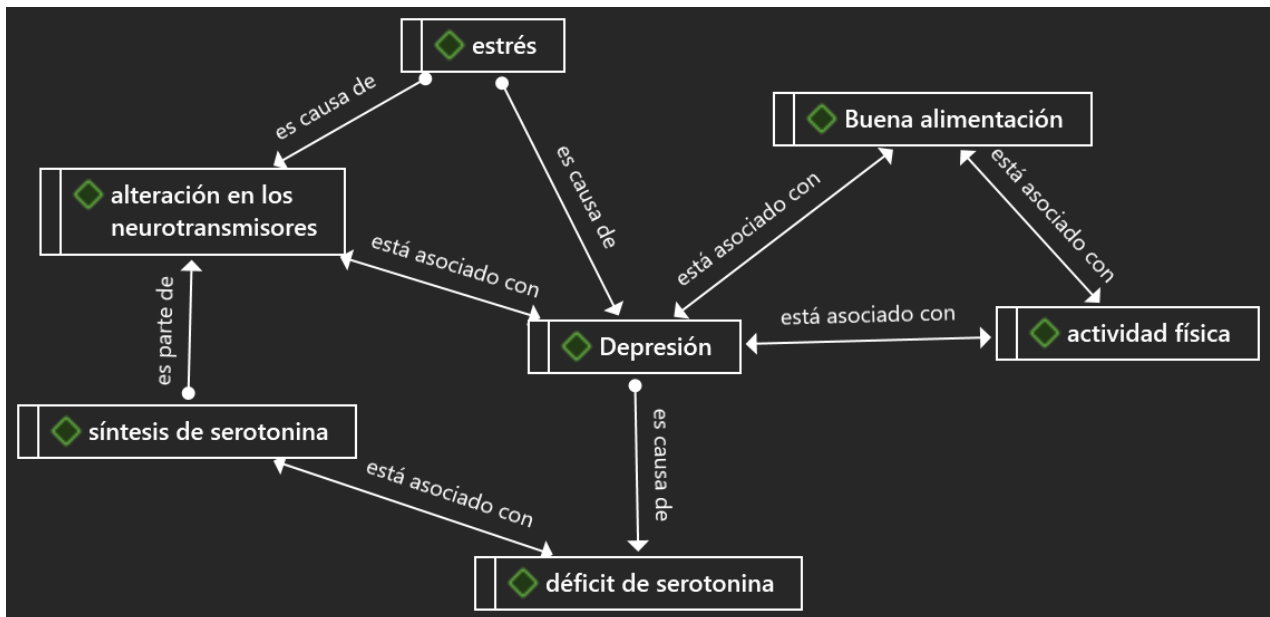
Resolución de la actividad 1 del estudiante 9.

¿Qué veo?	¿Qué no veo?	¿Qué infiero?
<p><i>A partir de esta hipótesis una importancia de los neurotransmisores y entre ellos las tres más importantes serotoninas, noradrenalina y la dopamina.</i></p> <p><i>La disminución de una de la serotonina tiene efectos muy marcados en la personalidad de una persona, que va desde la parte psicológica.</i></p> <p><i>La importancia de la síntesis correcta de este neurotransmisor a el nivel encefálico y el envío de la misma hacia cada parte del cerebro relacionado con el parte psicomotor del cerebro.</i></p> <p><i>La noradrenalina va a fortalecer los síntomas de la falta de serotonina.</i></p> <p><i>También el estrés puede alterar la disponibilidad de los neurotransmisores relacionado con la depresión.</i></p>	<p><i>Indicaciones para elevar los niveles de estos neurotransmisores, desde la dieta alimenticia, ejercicios u actividades.</i></p> <p><i>Una relación clara entre la dopamina y la depresión.</i></p>	<p><i>Que una buena dieta, buena actividad física podemos aumentar la síntesis de varias de estos neurotransmisores.</i></p> <p><i>Qué en el mundo hay muchas personas con déficit de serotonina y puede deberse a mala alimentación y el estrés de las sociedades actuales.</i></p> <p><i>Que sobresaturamos nuestro cerebro bombardeándolo la mayor parte del día, con sobreexposición a información, y no tomamos los momentos de encontrar la paz mental que podría ayudar al cerebro a una síntesis adecuada de los neurotransmisores, necesarios para una buena salud física y mental. (por la relación existente entre estrés y depresión).</i></p>

Fuente: Obtenida del E9.

Figura 17.

Red semántica obtenida a partir de la actividad 1 del estudiante 9.



Fuente: Realizada con Atlas ti.

En la resolución de esta actividad se encontró que el estudiante no presenta inferencias claras en el estudio de posibles tratamientos relacionados con la inhibición enzimática, sin embargo, relaciona la influencia de los factores como el estrés y la alteración de los neurotransmisores en el desarrollo de la depresión y el como “la buena alimentación favorece el aumento de neurotransmisores”. El E9 también se categorizó como divergente, por lo que, se esperaba destacara en la actividad, sin embargo, en la dimensión de *percepción desde la experiencia concreta* se ubicó en el grado de preferencia alta; y en el modo de *procesar la información desde la observación reflexiva* se ubicó en un grado de preferencia más bajo que el E1, por lo que, es lógico que sus argumentaciones estén permeadas en mayor medida por el “sentir” que por el “pensar”.

Las diferencias obtenidas entre dos estudiantes pertenecientes al mismo estilo, suelen ser habituales debido a que según Tripodoro y De Simone, (2015) el aprendizaje es un proceso en el cual se construyen conocimientos desde la transfiguración de la experiencia mediante el ser concreto o abstracto y entre el reflexionar o actuar, por lo que, cada individuo suele estar más adaptado a utilizar alguno de estos modos de manera predominante.

7.3.2. Actividad 2: Clase magistral y quiz

Esta actividad hizo parte de la etapa 2 del Ciclo de Aprendizaje de Kolb en la que se percibe desde la *conceptualización abstracta* y se procesa desde la *observación reflexiva*, por ende, la actividad se centró en el *estilo Asimilador*. Para esto se desarrolló una clase magistral sobre la temática de inhibición enzimática para incorporar conceptos como enzima, coenzima, inhibición y tipos de inhibición enzimática, y posteriormente un quiz para evaluar el aprendizaje mediante la

integración de la experiencia a su marco de conocimiento, a la manera como explican lo observable y reflexionan sobre lo expuesto por el profesor.

El quiz constaba de 6 preguntas (Anexo D), de las cuales 3 eran de respuesta cerrada y hacían referencia al tipo de inhibición que se mostraba en una gráfica analizando los valores de Km y Vmax; mientras que, las otras 3 preguntas eran de respuesta abierta, en 2 debía darse una explicación concreta y en la última se planteó un caso de reflexión donde el participante argumentara su respuesta teniendo en cuenta la experiencia de aprendizaje. Para el análisis de esta actividad se utilizaron 2 rúbricas de evaluación; una para las 3 preguntas cerradas con una valoración de “CORRECTA” (equivalente a una calificación de 5,0) o “INCORRECTA” (equivalente a una calificación de 1,0) y con valor por pregunta de 0,33 para un total de 1,0 contando las 3 preguntas. A continuación, se muestra la Tabla 6 con los parámetros de evaluación de las preguntas cerradas.

Tabla 6.

Rúbrica de evaluación para las preguntas cerradas de la Actividad 2.

N°	PREGUNTA CERRADA	ESCALA DE VALORACIÓN		VALOR DE LA PREGUNTA
		Correcta	Incorrecta	
P1	¿Qué ocurre con la Km y la Vmax en el tipo de inhibición que se muestra en el siguiente gráfico?	Las dos aumentan.	*Una aumenta y la otra disminuye. *Las dos disminuyen. *Las dos se mantienen constantes.	0.33333333
P4	¿Qué tipo de inhibición se presenta en el gráfico que se muestra a continuación?	Inhibición NO COMPETITIVA.	*Competitiva. *Mixta. *Acompetitiva.	0.33333333
P5	¿Qué ocurre con la Km y la Vmax en el tipo de inhibición que se muestra en el siguiente gráfico?	Las dos aumentan.	Una aumenta y la otra disminuye.	0.33333333
	CALIFICACIÓN	5	1	

Fuente: Autora.

Por otro lado, la segunda rúbrica contaba con una valoración de “BUENO” (equivalente a una calificación de 5,0), “ACEPTABLE” (equivalente a una calificación de 3,0) y “MALO” (equivalente

a una calificación de 1,0) y mientras que cada una de las 2 preguntas explicativas tenían un valor de 1,0; la pregunta argumentativa tenía un valor de 2,0. En la Tabla 7 se muestra la rúbrica de evaluación para las preguntas abiertas del quiz.

Tabla 7.

Rúbrica de evaluación para las preguntas abiertas de la Actividad 2.

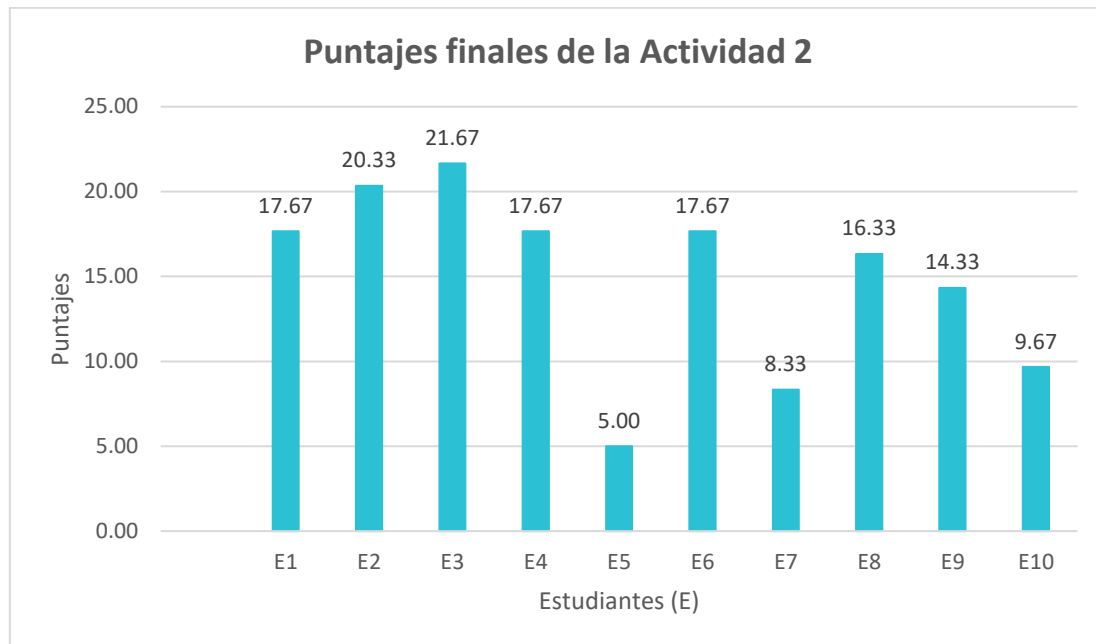
N°	PREGUNTA ABIERTA	ESCALA DE VALORACIÓN			VALOR DE LA PREGUNTA
		Bueno	Aceptable	Malo	
P2	¿Cómo definiría una isoenzima?	Genera una explicación de acuerdo con la función mencionando características importantes (como diferencias estructurales) y proporciona o no un ejemplo.	Genera una explicación basada en la función pero no menciona ninguna característica diferenciante.	La respuesta no proporciona ninguna característica que permita definir lo que es una isoenzima.	1.00
P3	¿Cuál o cuáles son las características principales de las apoenzimas?	Genera una definición teniendo en cuenta 2 características: 1) la naturaleza proteica; 2) la actividad catalítica y el uso de un cofactor.	Presenta una definición haciendo mención únicamente a una de las características: la naturaleza o la actividad catalítica.	La respuesta no proporciona ninguna característica que permita definir lo que es una apoenzima.	1.00
P6	De acuerdo con la explicación sobre inhibición enzimática, qué tipo de inhibidor considera usted, sería el que tendría menos efectos secundarios al utilizarse contra el tratamiento de la depresión mayor. Explique brevemente por qué.	Argumenta su respuesta de acuerdo con el mecanismo de acción del inhibidor específico que nombra, y esta respuesta es válida desde el punto de vista bioquímico.	Menciona un tipo de inhibidor específico pero no proporciona información sobre el porqué ese mecanismo de acción es más favorable comparado con los demás tipos de inhibidores.	Menciona un tipo de inhibidor o ninguno y además la respuesta carece de coherencia, debido a la redacción.	2.00
CALIFICACIÓN		5	3	1	

Fuente: Autora.

Así pues, la calificación de cada pregunta cerrada se multiplicaba por 0,33; mientras que, en las preguntas abiertas explicativas la calificación se multiplicaba por 1,0 y finalmente, en la pregunta argumentativa la calificación se multiplicaba por 2,0, por lo tanto, con estas valoraciones el participante podía obtener un puntaje máximo de 25 y un puntaje mínimo de 5. En la Figura 18 que se muestra a continuación se visualizan los puntajes obtenidos por cada estudiante.

Figura 18.

Resultados generales de la Actividad 2.



Fuente: Autora.

Para este caso, el análisis cualitativo se centró en la pregunta 6, la cual constituía un enfoque argumentativo, para esto, se destacan las respuestas de algunos de los estudiantes:

E3: *“Considero que el tipo de inhibidor que tendría menos efectos secundarios, son los reversibles, especialmente la de inhibición competitiva, porque el inhibidor (I) se une al mismo sitio de la enzima (E) que el sustrato (S) pero se puede desplazar añadiendo más sustrato, de modo que la K_m aparentemente aumentará con la concentración del inhibidor”.*

E4: *“El inhibidor que aumente más eficazmente la velocidad de recepción y producción es una buena opción, sin embargo, hay que tener en cuenta que puede interactuar con otros sustratos en el proceso. Por ello hay que tener en cuenta esta interacción y que no otorgue efectos secundarios al entrar otro medicamento en el sistema o enfermedades y pueda desarrollar una resistencia al cambio de aminoácidos en la depresión por ello se considera más factible el uso de inhibidores no competitivos ya que no se deforman y su estructura es rígida para la reacción”*

E7: *“Los inhibidores reversibles debido a que influyen en la degradación en niveles altos que producen presión alta”.*

Se encuentra que los estudiantes E3 y E7, categorizados como DIVERGENTES, presentan una respuesta común: el uso de inhibidores competitivos, sin embargo, el E3 destaca por poseer una mejor capacidad argumentativa sustentada desde la cinética enzimática, mientras que, el estudiante E7 no plantea frases coherentes, pues hace referencia a la degradación y al aumento

de la presión, sin embargo, no relaciona qué es lo que se degrada ni cómo se produce ese aumento en la presión. Por otro lado, el E4, perteneciente al estilo ASIMILADOR-CONVERGENTE, hace referencia a que, la interacción que se produce es inhibidor-sustrato, y no inhibidor-enzima que es como realmente sucede, lo que representa un mal entendimiento del proceso de inhibición, además, no explica cómo el hecho de tener una “estructura rígida” pueda influir o no en la inhibición de la actividad de la enzima.

Ahora bien, aunque la actividad estuvo dirigida al estilo ASIMILADOR, se encontró que el único estudiante (E4) relacionado con este estilo no presentó los resultados esperados, sin embargo, autores como Borracci y Arribalzaga (2014) encontraron que el comportamiento de los estudiantes difería de las características informadas en la bibliografía para el caso del estilo acomodador, y esto tendría un origen en factores como la muestra seleccionada, las características de procesos de enseñanza anteriores a la investigación e incluso el modelo evaluativo. Por lo que, dichas conclusiones permiten explicar porque se pueden presentar estas inconformidades en los resultados.

Por otra parte, al analizar a los E3 y E7, ambos divergentes, caracterizados por percibir desde la experiencia concreta y procesar desde la observación reflexiva, son extremadamente aptos en la generación de ideas, y debido a su capacidad imaginativa presentan altos potenciales para resolver problemas y empatizar con la gente (Ortega et al., 2019), se encuentra que, aunque ambos se categorizan en el mismo estilo presentan diferencias importantes en los puntajes obtenidos por lo que se presume que pertenecer a un mismo estilo no garantiza resultados homogéneos, debido a que siguen existiendo particularidades en los individuos, como lo son, según Ortega et al., (2019) la motivación, la edad, la experiencia y el contexto social, las cuales moldean al individuo e influyen en el proceso de aprendizaje; y que al no ser objeto de estudio de esta investigación no se puede aseverar que sean la causa de las diferencias encontradas, pero sí ser punto de partida en nuevas investigaciones.

7.3.3. Actividad 3: Ejercicio teórico sobre inhibición enzimática

Esta actividad perteneció a la etapa 3 del Ciclo de Kolb en la que se percibe desde la *conceptualización abstracta* y se procesa desde la *experimentación activa*, por lo tanto, estaba dirigida principalmente al estilo CONVERGENTE (Anexo E). Con esta actividad se buscaba que los participantes resolvieran un problema concreto partiendo de la aplicación de ideas para de esta manera clasificar y definir los diferentes tipos de inhibidores enzimáticos mediante un ejercicio teórico en el que se involucraban las velocidades iniciales de cada experiencia y la concentración del sustrato (Serotonina).

Para el análisis de esta actividad se utilizó una rúbrica de evaluación (Tabla 8) con 3 categorías de evaluación: 1) la realización de gráficas de Lineweaver-Burk, 2) la deducción de los valores de la constante (Km) y la velocidad máxima (Vmax), y 3) la argumentación de la clasificación de

los inhibidores. A continuación, se visualiza la Tabla 7 con los parámetros de evaluación de la actividad.

Tabla 8.

Rúbrica de evaluación para la Actividad 3.

CATEGORÍAS	ESCALA DE VALORACIÓN			VALOR X CATEGORÍA
	Bueno	Aceptable	Malo	
Gráficas	Presenta las gráficas de Lineweaver - Burk para cada tipo de inhibición y para la reacción sin inhibidor.	Presenta al menos 2 gráficas de las solicitadas.	No presenta gráficas en el desarrollo de los ejercicios.	1.50
Valores de Km y Vmax	Halla los valores de la constante y la velocidad máxima, teniendo en cuenta las ecuaciones presentadas para cada uno de los ejercicios planteadas.	Halla los valores de Km y Vmax de al menos 2 ejercicios y no se evidencia cómo obtiene los valores presentados.	No presenta los valores de Km y Vmax.	1.50
Argumentación	Clasifica de manera adecuada cada uno de los inhibidores expuestos teniendo en cuenta la comparación entre Km y Vmax.	Clasifica de manera adecuada al menos 2 inhibidores teniendo en cuenta los valores de Km y Vmax.	No clasifica de manera correcta ninguno de los inhibidores expuestos.	2.00
CALIFICACIÓN	5	3	1	

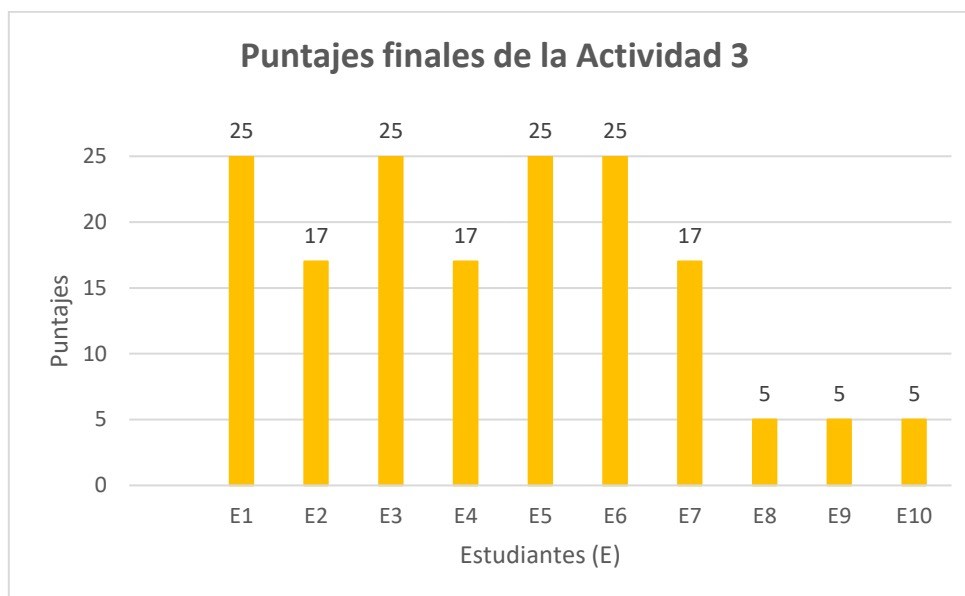
Fuente: Autora.

El valor de la categoría “gráficas” era de 1,5 al igual que el de “valores de Km y Vmax”; mientras que, el valor de la categoría “argumentación” era de 2,0. A su vez, la escala de valoración constaba de tres parámetros: “BUENO” (con valoración de 5), “ACEPTABLE” (con valoración de 3) y “MALO” (con valoración de 1); por lo tanto, para obtener la calificación de cada categoría se multiplicó el valor asignado a cada categoría por el valor asignado al parámetro que obtuviese el participante en la escala de valoración, es decir que si en la categoría de “argumentación”, la cual tiene un valor de 2,0 el estudiante obtenía una valoración de BUENO, la cual tiene un valor de 5, debía multiplicarse 2,0 por 5 y así el estudiante obtendría una calificación de 10 en la categoría evaluada. Finalmente, se sumaban las calificaciones obtenidas en cada categoría para obtener el puntaje final.

En la Figura 19 se muestran los puntajes finales de cada uno de los participantes, donde el máximo puntaje posible era de 25 y el mínimo de 5; encontrando que, 4 estudiantes alcanzaron una calificación máxima; mientras que, 3 alcanzaron la calificación de 17 puntos, y finalmente los otros 3 alcanzaron una calificación de 5 puntos.

Figura 19.

Resultados generales de la Actividad 3.



Fuente: Autora.

Debido a que la distribución en los estilos de aprendizaje en los que se categorizaron los estudiantes es bastante homogénea (8 divergentes, 1 acomodador y 1 convergente-asimilador) es inadecuado realizar aseveraciones con respecto a si la actividad planteada realmente favoreció en mayor medida al estilo CONVERGENTE, esto debido a que, la única estudiante (E4) relacionada con dicho estilo no presentó la puntuación más alta. Por otro parte, se esperaba que el estudiante 10 (E10), al categorizarse en el estilo ACOMODADOR, el cual comparte el modo de *procesar desde la experiencia activa* con el estilo convergente, también obtuviese una mejor puntuación, sin embargo, los estudiantes que alcanzaron el mayor puntaje fueron todos DIVERGENTES.

En este caso, se presume que, si bien el E10 presentó una preferencia baja en el modo de procesar la información desde la *experiencia activa*, también se ubicó en el grado de preferencia alta en el modo de percibir desde la *experiencia concreta*, es decir que, como la actividad se orientó al modo de percibir desde la abstracción, esto pudo ocasionar que para este estudiante fuese más complejo el percibir toda la información relacionada, pues esta fue expuesta a los estudiantes de manera meramente teórica y no se relacionó el “sentir”. Ahora bien, el E4 se ubicó entre los dos modos de procesar la información con una preferencia baja por el percibir desde la observación reflexiva, lo que a su vez determinaría que mediante explicaciones meramente teóricas pueda presentar falencias.

Finalmente, los factores que son sustento al porque los estudiantes divergentes obtuvieron puntajes más altos se relacionan al entorno social, la edad, los procesos de aprendizaje anteriores y la forma en que el estudiante ha llevado su proceso. La influencia de estos factores se relaciona en el análisis de las actividades anteriores.

7.3.4. Actividad 4: Explorando programas bioinformáticos.

Esta actividad perteneció a la etapa 4 del Ciclo de Aprendizaje de Kolb en la que se percibe desde la *experiencia concreta* y se procesa desde la *experimentación activa*, por lo tanto, estaba dirigida principalmente al estilo ACOMODADOR (Anexo F). Con esta actividad se buscaba que los participantes se adentraran en una nueva experiencia para comprender cómo utilizar algunas herramientas bioinformáticas en el estudio de un posible efecto farmacológico y de la afinidad proteína-ligando. Para el desarrollo de esta actividad se realizó una explicación de las herramientas a utilizar (Autodock Vina, Chimera y DruLiTo) y del proceso de análisis de los datos obtenidos con cada herramienta, acercando así a los participantes a una experiencia concreta y posteriormente, dándoles la posibilidad de experimentar mediante la simulación de un proceso de Docking molecular. Esta actividad se aplicó de manera grupal teniendo en cuenta la información contenida en la Tabla 1, donde se expresa que a los estudiantes con estilo acomodador les favorecen las actividades grupales.

Debido a la homogeneidad del grupo, no se pudieron agrupar los estudiantes por estilos de aprendizaje, por lo que se buscó que cada grupo estuviese conformado por la afinidad en los grados de preferencia de los modos de aprender. Adicionalmente a cada grupo se le asignó una molécula de estudio diferente para realizar un proceso de análisis similar mediante el uso de una guía proporcionada por la investigadora analizando la HARMINA (Anexo G). Así pues, el G1 tenía que analizar al HARMOL; el G2 a la MOCLOBEMIDA (utilizada actualmente como antidepresivo y no perteneciente a la familia de las β -carbolinas encontradas en la Ayahuasca); al G3 se le asignó la HARMALINA; y finalmente al G4, la TETRAHIDROHARMINA.

Para el análisis de esta actividad se utilizó una rúbrica de evaluación (Tabla 9) con 3 categorías de evaluación: 1) participación activa, 2) evidencias y explicación del proceso, y 3) conclusiones y argumentación. El valor de la categoría “participación activa” era de 1,5 al igual que el de “evidencias”; mientras que, el valor de la categoría “argumentación” era de 2,0. A su vez, la escala de valoración constaba de cuatro parámetros: “BUENO” (con valoración de 4), “ACEPTABLE” (con valoración de 3), “REGULAR” (con valoración de 2) y “MALO” (con valoración de 1). En la Tabla 9 se ejemplifica la rúbrica de evaluación.

Tabla 9.

Rúbrica de evaluación de la Actividad 4.

CATEGORÍAS	ESCALA DE VALORACIÓN				VALOR X CATEGORÍA
	Buena	Aceptable	Regular	Mala	
Participación activa	El estudiante lidera la actividad, demuestra capacidad para asignar tareas aunque cuente o no con los programas bioinformáticos utilizados.	Se evidencia la participación del estudiante mediante el uso del chat o del micrófono para realizar más de 2 intervenciones y/o preguntas.	Se evidencia que el estudiantes está presente en la actividad, sin embargo, no realiza más de 1 intervención o pregunta que enriquezca el proceso.	No se evidencia participación en el desarrollo de la actividad aunque este presente.	1.5
Evidencias	Presenta imágenes del proceso, acompañadas de explicaciones, resultados y conclusiones con respecto a estas.	Presenta imágenes de todo el proceso realizado, sin embargo, la explicación del proceso y los resultados obtenidos es insuficiente.	La evidencia presentada consta de unas pocas imágenes que no poseen explicación del proceso ni conclusiones de la actividad.	No presenta evidencias del trabajo exploratorio realizado en los programas bioinformáticos.	1.5
Argumentación	Presenta al menos 4 conclusiones coherentes sobre el potencial farmacológico de la molécula asignada y la afinidad proteína-ligando relacionadas con los resultados obtenidos por los programas.	Presenta al menos 2 conclusiones coherentes sobre el potencial farmacológico de la molécula asignada y la afinidad proteína-ligando relacionadas con los resultados obtenidos por los programas.	Presenta al menos una conclusión sobre el estudio exploratorio realizado pero esta no brinda información determinante que se relacione con los resultados obtenidos en los programas utilizados.	No presenta conclusiones con respecto a la afinidad proteína-ligando ni al potencial farmacológico de la molécula asignada.	2.0
CALIFICACIÓN	4	3	2	1	

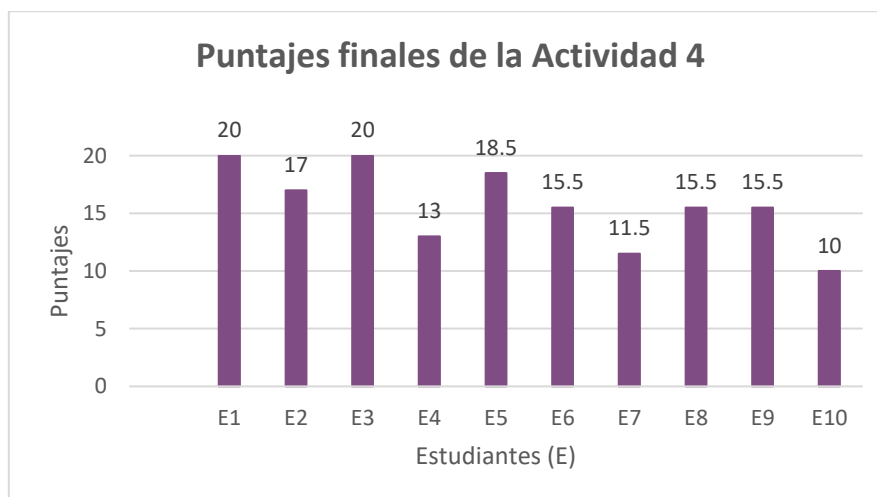
Fuente: Autora.

Ahora bien, para obtener la calificación de cada categoría se multiplicó el valor asignado a cada una de estas por el valor asignado al parámetro que obtuviese el participante en la escala de valoración, es decir, si en la categoría de “evidencias”, la cual tiene un valor de 1,5 el estudiante obtenía una valoración de ACEPTABLE, la cual tiene una valoración de 3, debía multiplicarse 1,5 por 3 y así el estudiante obtendría una calificación de 4,5 en la categoría evaluada. Finalmente, se sumaban las calificaciones obtenidas en cada categoría para obtener el puntaje final.

En la Figura 20 se muestran los puntajes finales de cada uno de los participantes, donde el máximo puntaje posible era de 20 y el mínimo de 5; encontrando que, 2 estudiantes alcanzaron una calificación de máxima y ninguno de ellos obtuvo la calificación más baja.

Figura 20.

Resultados generales de la Actividad 4.



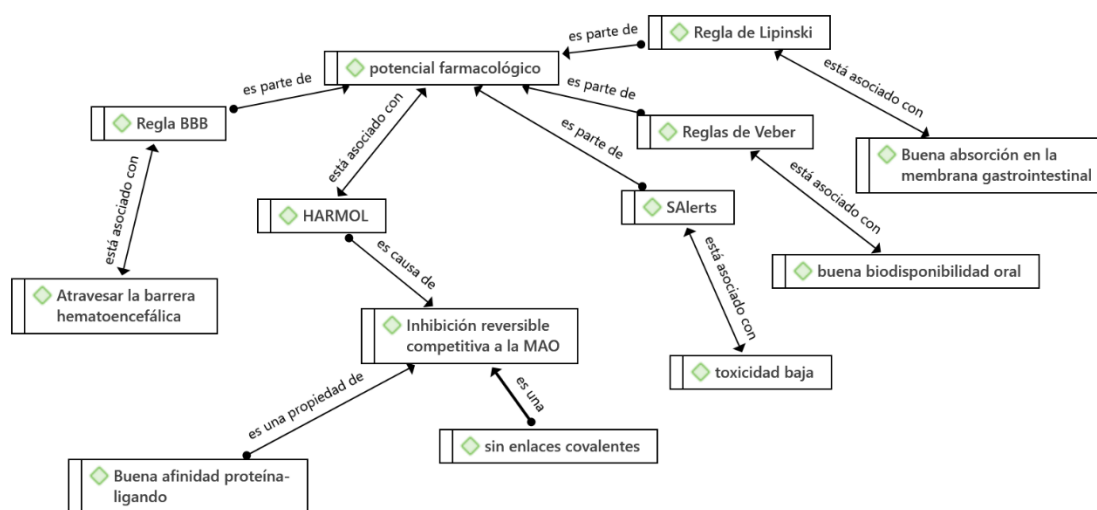
Fuente: Autora.

Ahora bien, en este caso se ejemplifica la resolución de esta actividad obtenida de los grupos de trabajo G1, G2 y G4. Todos los participantes de estos grupos, exceptuando a uno del G2 eran divergentes con diferentes grados de preferencias en los modos de aprender, por lo que, la evaluación de la actividad se realizó de manera individual.

En la Figura 21 se muestra la red semántica obtenida del G1, al cual se le asignó el HARMOL como molécula de estudio, y se encontró que realizaron las pruebas del software DruLiTo, concluyendo que: presenta una toxicidad baja, y cumplía con la Regla de Lipinski, la regla BBB y la regla de Veber, lo que la haría candidata a un estudio in vivo debido a la buena absorción en la membrana gastrointestinal, a la posibilidad de atravesar la barrera hematoencefálica y la buena biodisponibilidad oral

Figura 21.

Red semántica obtenida a partir de la actividad 4 del grupo 1 (G1).



Fuente: Realizada con Atlas ti.

Por otro lado, se encontró una gran participación de los estudiantes en el desarrollo de la actividad lo que se presume derivó en el análisis que realizaron de la afinidad proteína-ligando (Figura 22), en el que evidencian el resultado de la energía libre (conocida en el Docking como Score) de al menos 2 conformaciones de la molécula (Figura 23). La energía libre encontrada en estas 2 conformaciones fue -9,2 y -9,1 lo que permite presuponer que el harmol, es un buen inhibidor de la MAO-A. Adicionalmente, los estudiantes realizan conclusiones importantes, como el hecho de que la inhibición sería reversible, pues no presenta enlaces covalentes entre el harmol y la MAO-A, la cual es una característica propia de la inhibición irreversible; además de afirmar que la inhibición es competitiva pues al comparar la ubicación del harmol, está coincide con el sitio activo encontrado en investigaciones anteriores como la realizada por Son et al., (2018) y publicada en la base de datos Protein Data Bank con el código **2z5x**.

Figura 22.

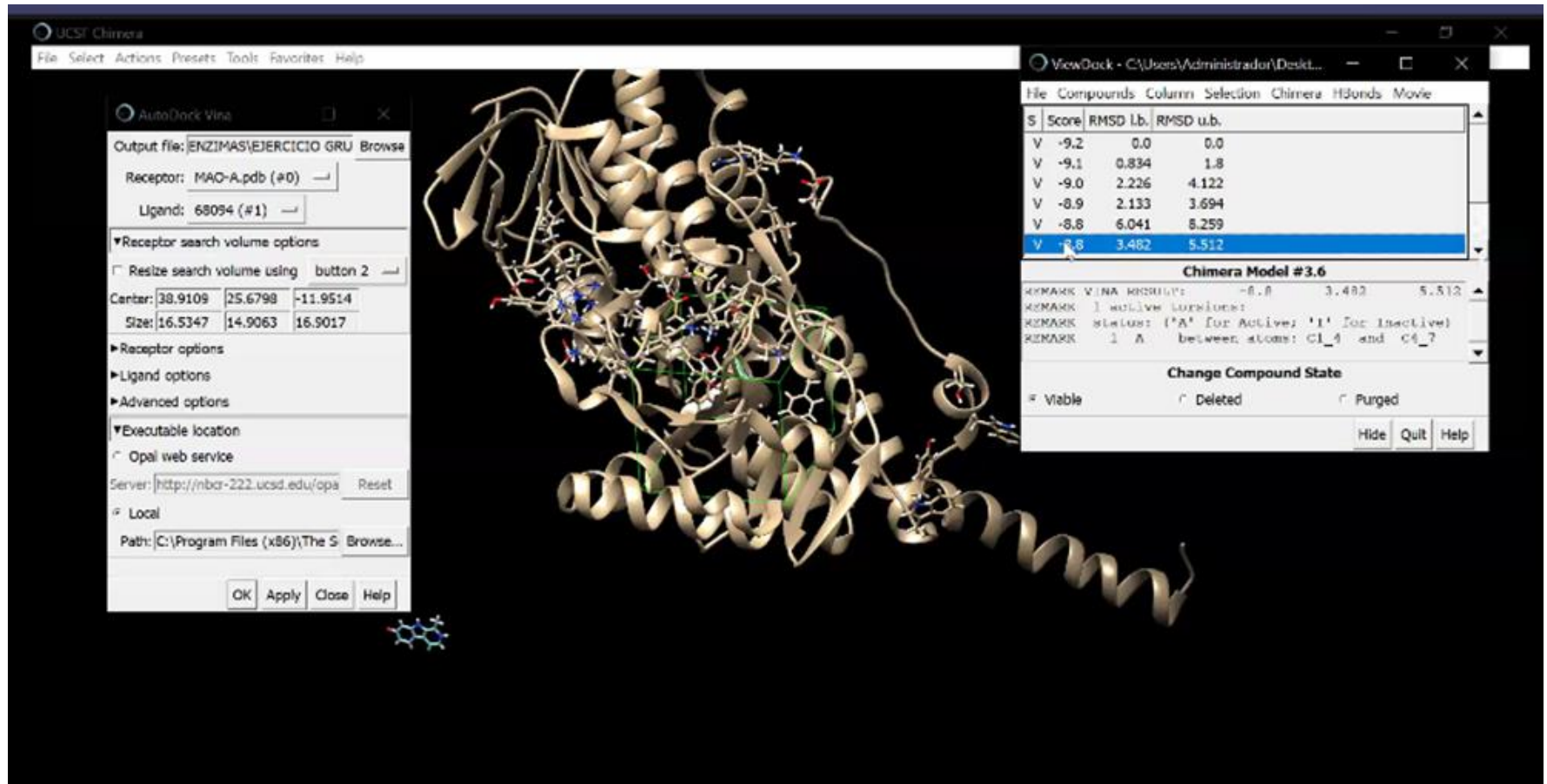
Evidencia de la actividad sobre afinidad proteína-ligando realizada por el G1.



Fuente: Obtenida del G1.

Figura 23.

Resultados del Docking molecular entre el Harmol y la MAO-A



Fuente: Obtenida del G1.

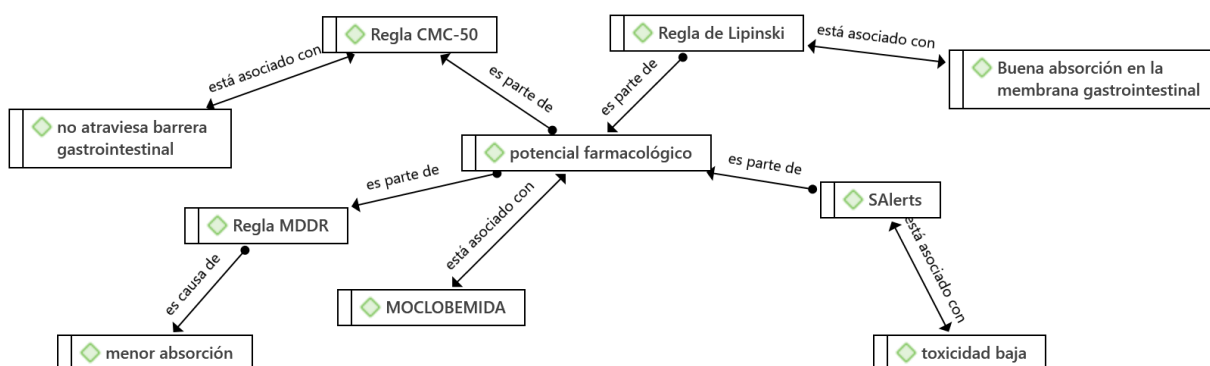
Con respecto a los resultados del docking molecular entre la MAO-A y el Harmol, los estudiantes realizan conclusiones como la que se muestra a continuación.

G1: “Podemos inferir que no tiene puentes de hidrogeno, pero a pesar de ellos se evidencia una buena afinidad donde la energía libre -9.2 y 9.1 que nos permite identificar las conformaciones proteína-ligando, entre menos sea es mejor la afinidad y las conformaciones. No presenta enlaces covalentes por lo que se puede estimar que la inhibición es reversible y por la forma en que se une el inhibidor se ve que es igual al sustrato entra por el sitio activo correspondiendo al modelo llave candado así dándonos a conocer el tipo de inhibición que para este caso en particular es inhibición competitiva y gracias a esto podemos determinar otras propiedades de la actividad enzimática”.

Por otra parte, la red semántica obtenida de los resultados del G2 (Figura 24), deja en evidencia que se les asignó un ligando que actualmente se utiliza como antidepresivo (MOCLOBEMIDA) y que no representa una innovación en el estudio de principios activos con potencial farmacológico, sin embargo, se decidió de esta manera para evidenciar cómo el hecho de incumplir algunas de las reglas analizadas en el software DruLiTo, no implica propiamente que la molécula no pueda cumplir la función de un fármaco. En este caso, se encontró que en la regla CMC-50, la molécula no atravesaría la barrera gastrointestinal pues incumple los postulados de la regla, sin embargo, según la regla de Lipinski, resulta más importante de tener en cuenta, sí se puede afirmar que la moclobemida tenga una buena absorción en la membrana gastrointestinal (Figura 25).

Figura 24.

Red semántica realizada a partir de la actividad 4 del grupo 2 (G2).



Fuente: Realizada con Atlas ti.

Figura 25.

Evidencia del incumplimiento de la moclobemida a la regla CMC-50 en el software DruLiTo y análisis realizado por el G2.

The screenshot displays the DruLiTo software interface. At the top, there are tabs for various filters: Properties, Lipinski's Rule, Ghose Filter, CMC-50-Like Rule, Veber Filter, MDDR-Like Rule, BBB Likeness, uwQED, wQED, All Selected Filters, and Summary. Below the tabs is a table with the following data:

Sr.No.	Title	MW	logP	AMR	nAtom
1	4235	268.1	0.169	74.68	35

A dialog box titled 'Customize CMC-50 Like Rule' is open in the center, showing the following parameters and ranges:

- LogP: 1.3 to 4.1
- Atom Count: 30 to 55
- Molecular Weight: 230 to 390
- Molar Refractivity: 70 to 110

Buttons for 'Reset' and 'Apply' are visible at the bottom of the dialog. Below the table, there are buttons for 'Browse', 'Calculate Properties', 'Apply Filter', and 'Reset'. At the bottom, there are checkboxes for various filters, each with a 'customize' button:

- Lipinski's Rule
- Ghose Filter
- CMC-50-Like Rule
- Veber Filter
- MDDR-Like Rule
- BBB Likeness
- Unweighted QED
- Weighted QED

Fuente: Obtenida del G2.

Con respecto a la Figura 25, los estudiantes afirman que:

G2: "El segundo parámetro que no se encuentra dentro de los rangos establecidos es la regla MDDR la cual está establecida en Número de anillos ≥ 3 , Anillos rígidos ≥ 18 y Anillos rotativos ≥ 6 y el ligando presenta Número de anillos ≥ 2 , Anillos rígidos ≥ 14 y Anillos rotativos ≥ 5 ; lo que evidencia puede presentar mayor tiempo de asimilación y menor absorción en el cuerpo".

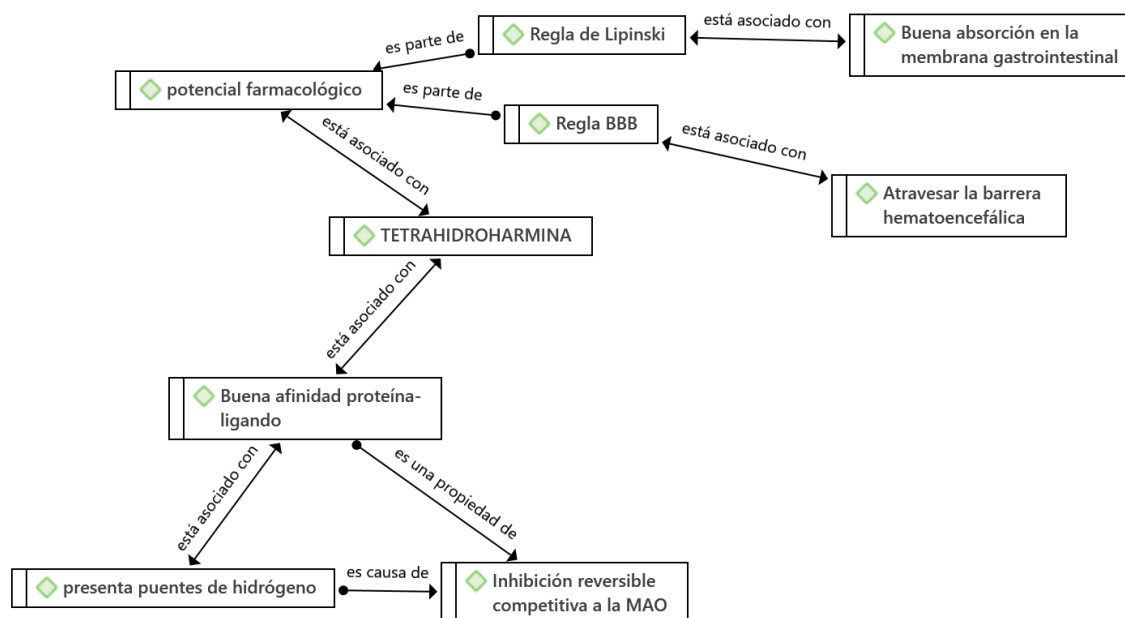
Adicionalmente, el G2 concluye que el hecho de no cumplir con todas las reglas establecidas en el software DruLiTo no es un parámetro suficiente para descartar una molécula como potencial fármaco, y para esto es necesario realizar pruebas in vivo, además que, el software DruLiTo únicamente permite concluir la posibilidad de que un principio activo sea utilizado vía oral y no intramuscular o intravenosa, como suelen utilizarse otros medicamentos. Sin embargo, este grupo no muestra evidencias con respecto a la afinidad proteína- ligando y, por lo tanto, el análisis

realizado con respecto al tipo de inhibición, y a la energía libre de las conformaciones posibles es insuficiente con respecto a lo esperado.

Finalmente, se analizan los resultados del G4 al cual se le asignó la TETRAHIDROHARMINA, un alcaloide perteneciente a la familia de las β -carbolinas y presente en la Ayahuasca en un porcentaje bajo. La red semántica obtenida a partir de las evidencias presentadas por el grupo se presenta en la Figura 26, concluyendo que la molécula presenta buenos resultados en el análisis sobre el potencial farmacológico, pues cumple la regla de Lipinski y la regla BBB, las cuales describen la capacidad de absorción en la membrana gastrointestinal y la capacidad para atravesar la barrera hematoencefálica.

Figura 26.

Red semántica realizada a partir de la actividad 4 del grupo 4 (G4).



Fuente: Obtenida con Atlas ti.

En la Figura 27 que se muestra a continuación, se evidencian los análisis realizados por el G4 con respecto a los resultados del software DruLiTo, encontrando que, de 9 reglas, la molécula incumple 3, y aun así, se postula con un potencial farmacológico interesante.

Figura 27.

Evidencia de los resultados del G4 sobre el potencial farmacológico de la Tetrahydroharmina.

Sr. No.	Title	MW	nAcidicGroup	nHB
1	159809	216.13	0	5

Selected Filters	Total Number of Molecule Filter	Total Number of Molecule Violated the Rule
Lipinskies Rule of Five	1	0
Ghose_Filter	1	0
CMC-50 Like Rule	0	1
Vebers Rule	1	0
MDDR Like Rule	0	1
BBB Likeness Rule	1	0
Unweighted QED	1	0
Weighted QED	1	0
All Selected Filters	0	1

Fuente: Obtenida del G4

Con respecto a la Figura 27, los estudiantes analizan que la Tetrahydroharmina:

- *Presenta mucha capacidad para formar enlaces con el hidrógeno para los puentes de hidrógeno.*
- *Cumple con la regla de Lipinski ya que el número de donantes es 2 y el número de aceptores 3 para el ligando y esto se puede conformar en el filtro de Lipinski o Summary en el que se observa que cumple con la regla.*
- *Cumple con la regla del peso capacidad para ya que la masa molecular es 216.13 ya que para cumplir tiene que ser menos o igual a 500.*
- *Cumple con atravesar la barrera hematoencefálica ya que no presenta hidrógenos ácidos en su estructura no presentar de los hidrógenos ácidos.*
- *No cumple con todos los filtros de la regla BBB, como por ejemplo número de enlaces de hidrógenos básicos ya que son entre 8 y 10, la masa molecular ya que debe estar entre 400 y 500 y cumple con el filtro de hidrógenos ácidos.*

Adicionalmente, en este caso particular, el G4 encontró en el resultado del Docking una buena afinidad proteína-ligando debido a los resultados de la energía libre de las diferentes conformaciones (Figura 28), además de la presencia de un puente de hidrógeno entre la MAO-A y la Tetrahydroharmina (Figura 29).

Figura 28.

Resultados del Docking realizado por el G4 entre la MAO-A y la tetrahydroharmina.

ViewDock - C:\Users\Danief\Desktop\DIVERGENTE\1234.pdbqt

File Compounds Column Selection Chimera HBonds Movie

S	Score	RMSD l.b.	RMSD u.b.	HBonds (all)	HBond Ligand Atoms	HBond Receptor Atoms
V	-9.4	0.0	0.0	1	1	1
V	-9.3	2.153	4.463	0	0	0
V	-9.2	0.832	1.766	0	0	0
V	-9.0	2.127	4.137	0	0	0
V	-9.0	6.405	9.002	0	0	0
V	-8.9	4.835	6.908	0	0	0
V	-8.9	4.221	6.697	1	1	1
V	-8.8	3.416	5.894	0	0	0
V	-8.7	1.711	2.667	0	0	0

Chimera Model #3.1

REMARK VINA RESULT: -9.4 0.000 0.000
 REMARK 2 active torsions:
 REMARK status: ('A' for Active; 'I' for Inactive)
 REMARK 1 A between atoms: O1_1 and C11_14
 REMARK 2 A between atoms: C3_6 and C7_10

Change Compound State

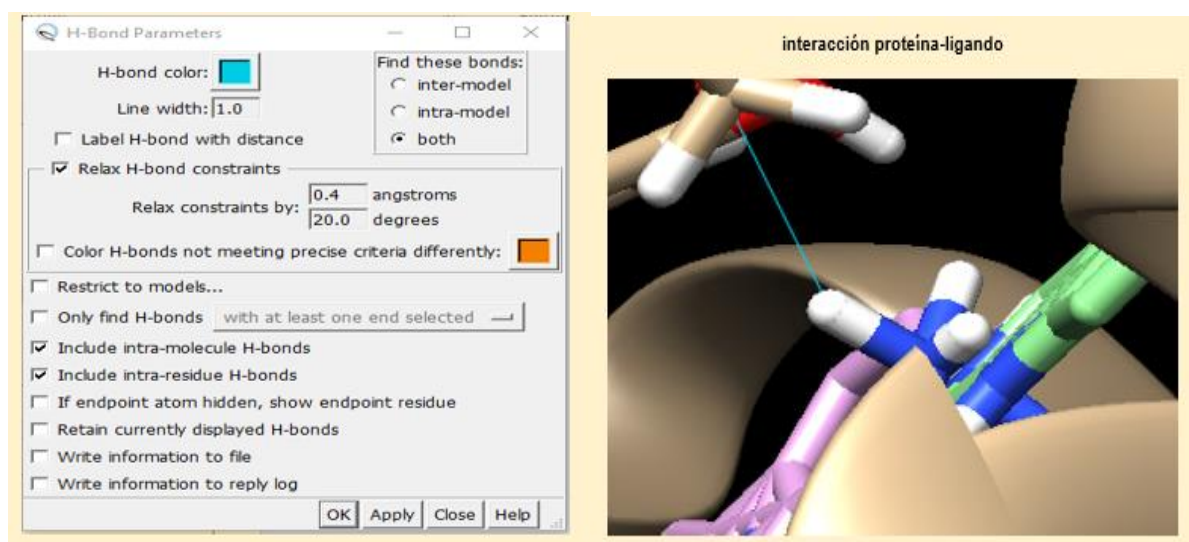
Viable Deleted Purged

Hide | Quit | Help

Fuente: Obtenida del G4 mediante el uso de Chimera USCF y Autodock Vina.

Figura 29.

Evidencia de la presencia de un puente de hidrógeno entre la MAO-A y la Tetrahydroharmina.



Fuente: Obtenida del G4 mediante el uso de Chimera USCF y Autodock Vina.

Según los resultados del G4, la afinidad de la tetrahydroharmina y la MAO-A (-9,4) es superior a la afinidad presentada en el estudio del harmol, lo que permite presumir que la tetrahydroharmina

puede actuar como un inhibidor más eficaz que el harmol, debido a que “cuanto mayor es la afinidad presentada entre el ligando y el receptor, mayor será la complementariedad y por lo tanto mayor será la actividad biológica” (Forti, 2011, p.19). La afinidad también está descrita de acuerdo con las interacciones presentadas entre el ligando y la enzima, por lo que, según Forti (2011), la presencia de puentes de hidrógeno contribuye a presentar una mayor interacción, y por tanto un mayor número de puentes de hidrógeno entre las moléculas de estudio representa una mayor energía asociada a la unión.

Por otro lado, de acuerdo con los resultados del estudio bioinformático realizado por los participantes se puede concluir que:

- Todas las moléculas de estudio (tetrahydroharmina, harmol, harmalina y harmina) presentan buena capacidad para ser absorbidas por la barrera gastrointestinal, atravesar la barrera hematoencefálica, además de poseer baja toxicidad, lo que las ubica como potenciales fármacos con buena biodisponibilidad oral según los resultados del software DruLiTo.
- La Tetrahydroharmina presenta las conformaciones con mayor energía de afinidad proteína-ligando con la enzima MAO-A, ya que los valores de score presentados en las conformaciones más importantes son de -9,4 y -9,3; además de ser el único ligando que forma puente de hidrógeno con la enzima, por lo que, se puede presumir que esta molécula sea un inhibidor efectivo en el proceso oxidativo de la serotonina.
- El Harmol presenta 3 conformaciones importantes con un score de -9,2; -9,1 y -9,0 respectivamente; mientras que las conformaciones más importantes de la Harmalina presentaron valores de -8,8 y -8,3; y las de la Harmina presentaron score de -8,5 y -8,2.
- Todas las conformaciones estudiadas clasifican a las moléculas de estudio como inhibidores reversibles de tipo competitivo de la enzima MAO.

7.3.5. Actividad 5: Reflexión final

Esta actividad de reflexión se enmarca dentro de la etapa 1 del Ciclo de Aprendizaje de Kolb, por lo que, además de ser una actividad final se presta para dar inicio a un nuevo ciclo de aprendizaje. En este caso, se eligió una actividad enmarcada en esta etapa para favorecer al estilo DIVERGENTE, en el que se categorizaron la mayoría de los participantes de esta investigación. Para esto, la actividad se centró en la resolución de una situación problema que consistía en plantear un escenario hipotético en el que una persona del entorno del estudiante estuviese diagnosticada con depresión, y que al tener síntomas difíciles de manejar con tratamientos

convencionales el recomendaría el consumo de Ayahuasca o de β -carbolinas adicionadas en algún alimento de manera experimental.

Los documentos entregados por los estudiantes fueron analizados con el software Atlas ti para la obtención de códigos y la creación de redes semánticas, y posteriormente evaluados de acuerdo con la rúbrica que se muestra en la Tabla 10. Esta rúbrica consta de un único indicador y de una escala de valoración de MALO, con una puntuación de 1; REGULAR, con una puntuación entre 3 y 4; y finalmente, BUENO, con una puntuación de 5; por lo que, el mayor puntaje posible para esta actividad era de 5 puntos, y fue obtenido por un único estudiante, el E4, categorizado como ASIMILADOR-CONVERGENTE. Por otro lado, la mayoría de participantes obtuvieron una valoración de regular y 3 estudiantes la valoración de malo. En la Figura 30 se relacionan los puntajes finales obtenidos por todos los participantes.

Tabla 10.

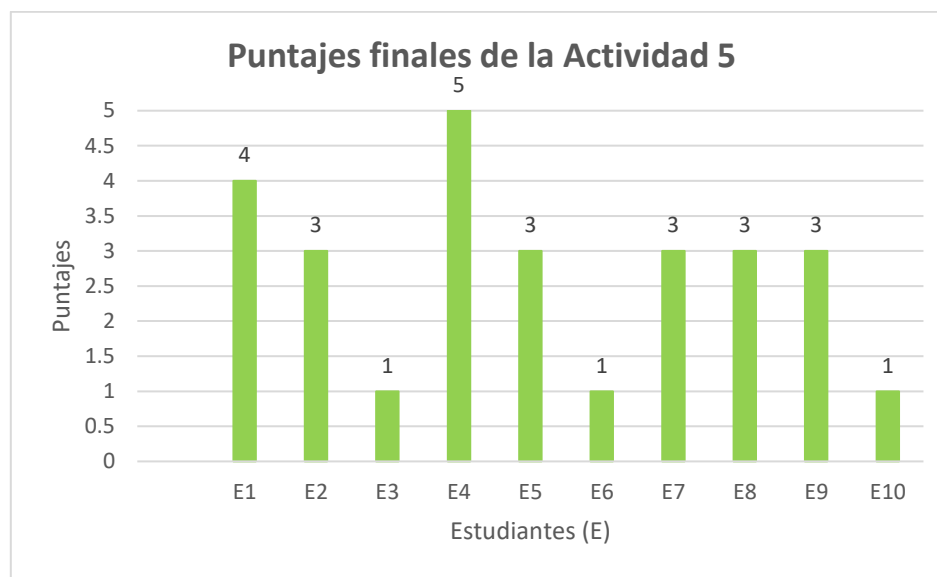
Rúbrica de evaluación de la Actividad 5.

INDICADORES	ESCALA DE VALORACIÓN		
	Bueno	Regular	Malo
Argumentación	Responde de manera coherente desde la inhibición enzimática sin realizar aseveraciones desmedidas que no se encuentren sustentadas en estudios previos	Responde desde la inhibición enzimática, sin embargo sus respuestas no poseen demasiada claridad o carecen de coherencia y evidencia.	No ofrece una respuesta satisfactoria.
CALIFICACIÓN	5	Entre 3 y 4 puntos	1

Fuente: Autora.

Figura 30.

Resultados generales de la Actividad 5.



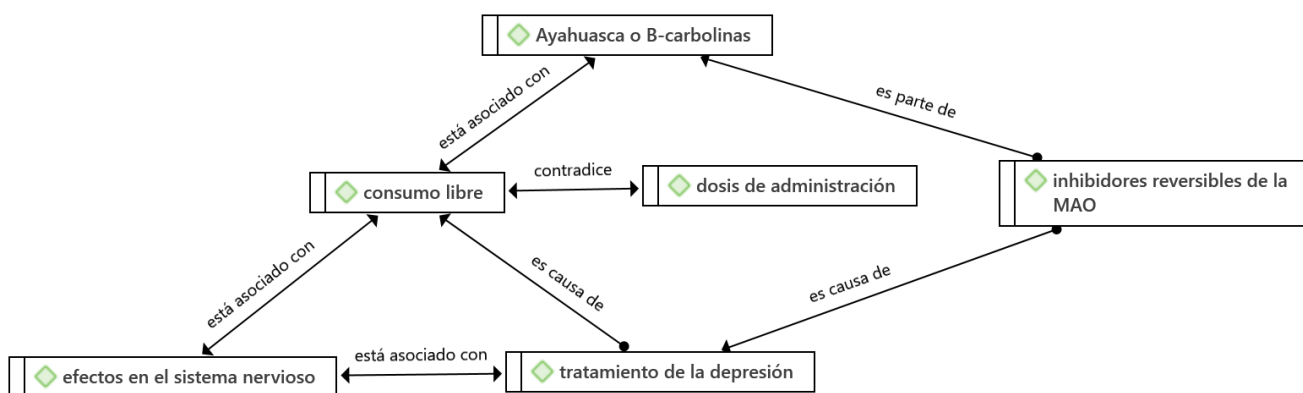
Fuente: Autora.

En este caso, se relacionan las redes semánticas creadas a partir de la resolución entregada por los estudiantes E1, E4 y E9, los cuales fueron de mayor interés de acuerdo con las puntuaciones obtenidas. Los estudiantes 1 y 9 se categorizaron como divergentes, sin embargo, el E1 se ubicó en un grado de *preferencia moderada* en la dimensión de procesar desde la observación reflexiva y un grado de *preferencia baja* en la dimensión de percibir desde la experiencia concreta; mientras que, el E9 se ubicó en un grado de *preferencia baja* en el *modo de procesar* desde la observación reflexiva y en un grado de *preferencia alta* en el modo de percibir desde la experiencia concreta; por lo que, tal como se esperaba según análisis de actividades anteriores, a pesar de que ambos sean divergentes siguen presentando diferencias que les permiten destacar más en algunos aspectos, en el caso del E9 se podría presumir que tiene una mayor orientación a percibir la información desde el sentir que a procesarla desde la reflexión, y el E1 presenta una mayor orientación divergente en la dimensión del procesamiento desde la observación reflexiva, lo que explicaría por qué se obtienen resultados claramente distintos al evaluar la misma actividad. Sin embargo, este es un suceso que suele presentarse comúnmente al utilizar los estilos de aprendizaje, ya que estos no son estáticos y pueden variar de acuerdo a factores como la edad y la exigencia de la tarea (Castejón, 1997 como se citó en De Moya et al., 2009). Finalmente, el E4 categorizado como ASIMILADOR-DIVERGENTE presentó una mejor puntuación a pesar de que la actividad no estuvo dirigida para su estilo de aprendizaje.

En la Figura 31 que se muestra a continuación, se observa que el E1 asocia que el consumo de Ayahuasca debería ser libre, sin embargo, también hace referencia a la dosis de administración, y argumenta su respuesta a la situación problema desde la existencia de inhibidores reversibles de la MAO (IMAO) en el tratamiento de la depresión. A pesar de las argumentaciones que presenta, el E1 no menciona efectos secundarios del consumo de IMAO.

Figura 31.

Red semántica realizada a partir de la actividad 5 del estudiante 1.

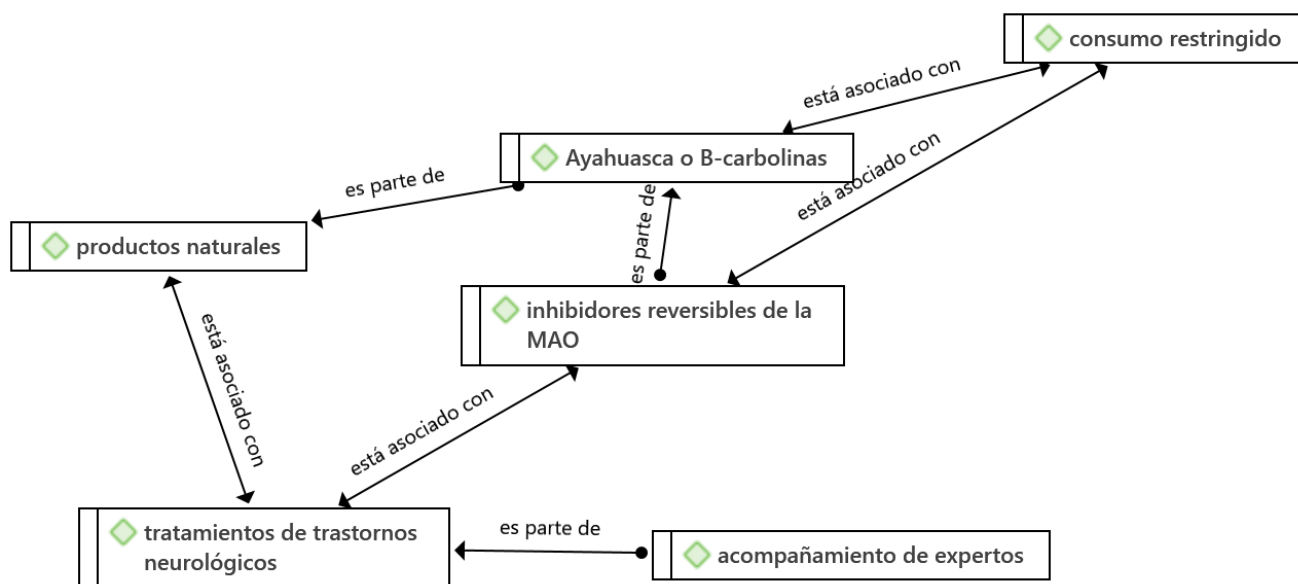


Fuente: Realizada con Atlas ti.

En la Figura 32 relacionada a continuación, se puede observar que el E4 argumenta que el consumo de Ayahuasca o de β -carbolinas, en las cuales se encuentran IMAO si bien podría recomendarse, no puede hacerse de manera ligera pues un consumo excesivo es peligroso para la salud. Adicionalmente, relaciona que las β -carbolinas se encuentran en productos naturales como el café, y que existen estudios en desarrollo sobre las implicaciones de estas en el tratamiento de trastornos neurológicos, pero que en caso de querer utilizarlas dosis de estos productos deben estar reguladas por expertos. El E4, expresa la información de manera concisa y muy teórica, es decir, solo se sustenta en una explicación objetiva, lo que claramente está relacionado con los estilos característicos en los que se categorizó, destacando la percepción desde la conceptualización abstracta, relacionada al pensamiento abstracto.

Figura 32.

Red semántica realizada a partir de la actividad 5 del estudiante 4.

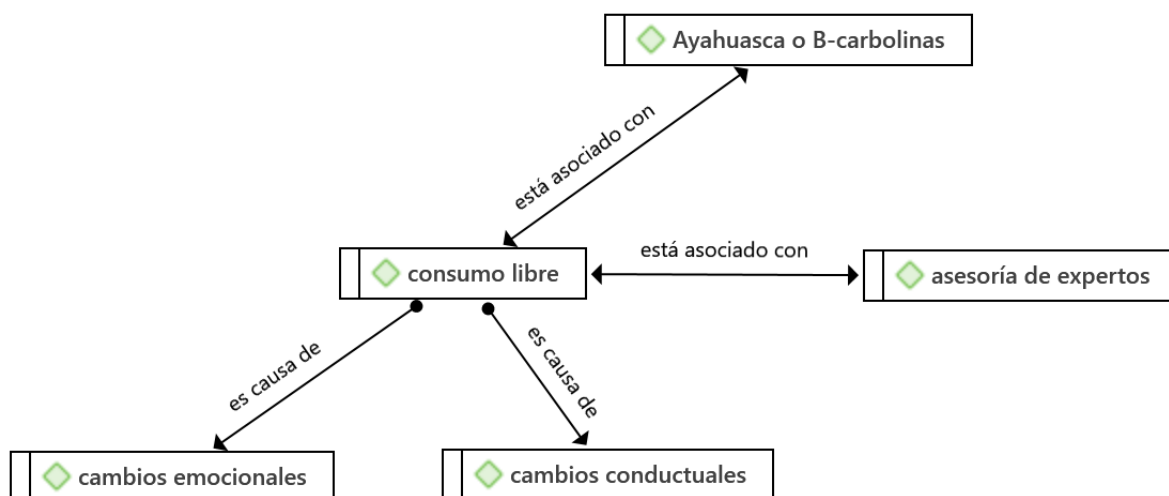


Fuente: Realizada con Atlas ti.

Finalmente, en la Figura 33 se relaciona el análisis hecho por el E9, el cual concluye que el consumo libre de Ayahuasca puede estar relacionado a cambios emocionales y conductuales importantes en el tratamiento de la depresión, sin embargo, este consumo debe estar bajo la asesoría de expertos. Pese a ello, el E9 no realiza un análisis detallado con respecto a las implicaciones que esto podría tener en personas con depresión, lo que puede deberse a que el E9 presenta una preferencia baja en el modo de procesar la información desde la observación reflexiva, y a su vez una preferencia alta en el modo de percibir la información desde la experiencia concreta, por lo que, se presume que al participante se le facilita en mayor medida conectar con la experiencia, antes de reflexionar sobre esta.

Figura 33.

Red semántica realizada a partir de la actividad 5 del estudiante 9.



Fuente: Realizada con Atlas ti.

7.4. DESDE LA CONSTRUCCIÓN DE CONOCIMIENTO Y SU RELACIÓN CON LOS ESTILOS DE APRENDIZAJE Y LA BIOINFORMÁTICA

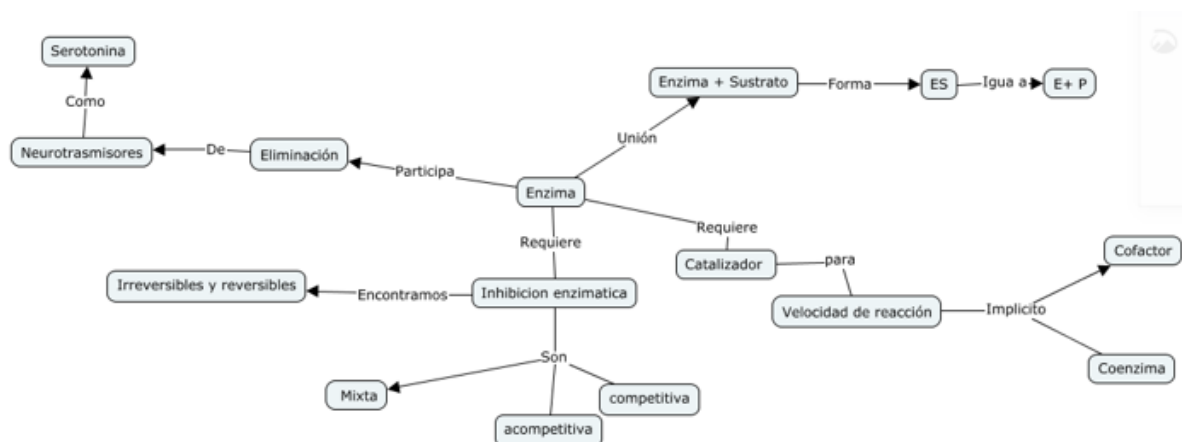
7.4.1. Construcción de conocimiento (pretest y postest)

Teniendo en cuenta el instrumento de evaluación del pretest y el postest (Tabla 3) se obtuvieron las puntuaciones para la prueba de entrada y de salida de cada uno de los participantes (Tabla 11), en las cuales, en algunos casos se encontraron diferencias sustanciales en la forma de estructurar los mapas conceptuales en cuanto a estructura jerárquica, el nivel de complejidad, el número de proposiciones válidas y la identificación de un concepto central; lo que derivó en el puntaje final que obtuvo cada estudiante.

Al comparar el mapa conceptual final realizado por la E7 (Figura 34) no se encuentran grandes diferencias que permitan establecer de manera precisa si se produjo una construcción de conocimientos en la temática de inhibición enzimática, pues el estudiante sigue utilizando frase de enlace inadecuadas como “requiere”, lo que lo lleva a generar proposiciones inválidas como: “ la enzima requiere catalizador”, lo que representa un error conceptual pues la enzima en sí misma actúa como catalizadora en reacciones bioquímicas.

Figura 34.

Mapa conceptual final realizado por el Estudiante 7.

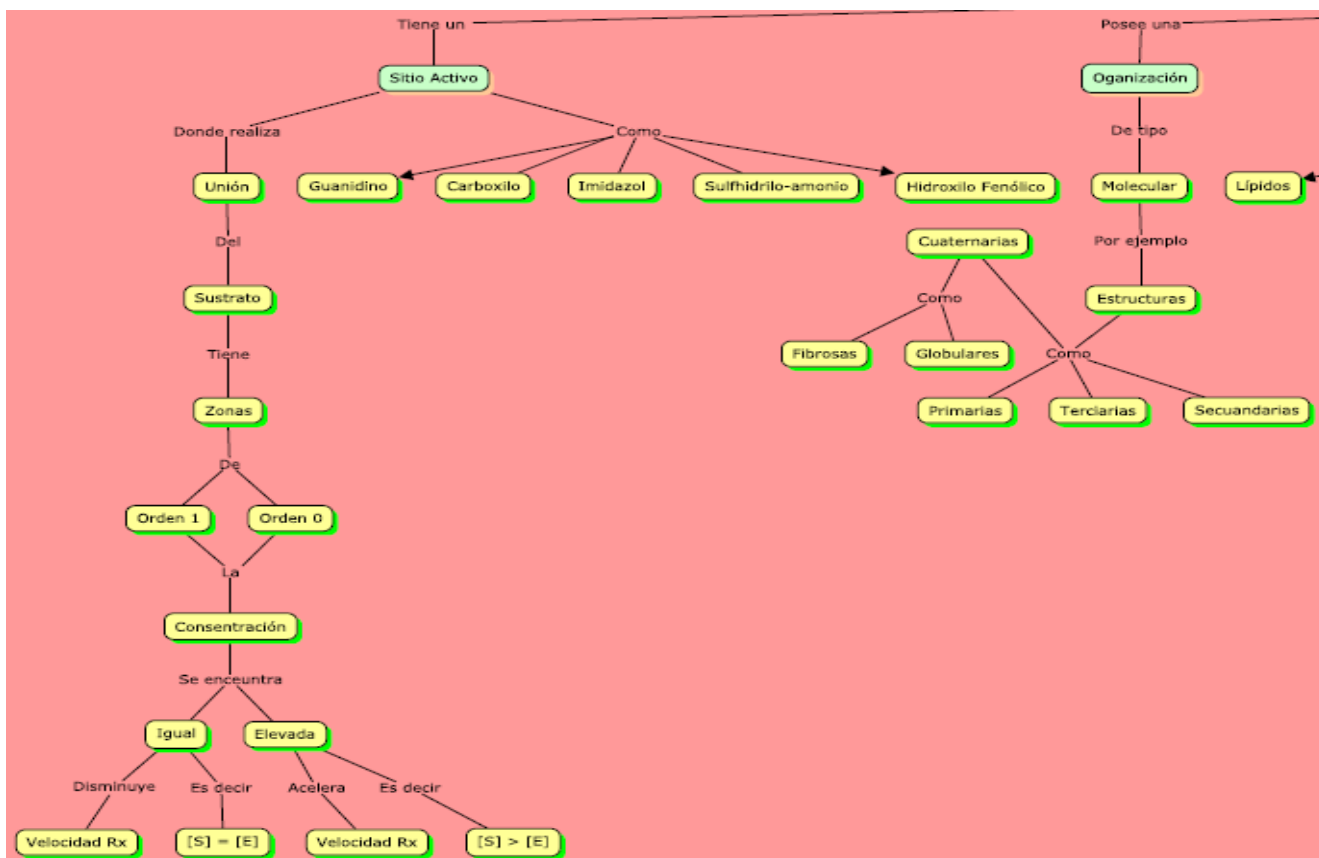


Fuente: Obtenido de la E7.

Ahora bien, al realizar un análisis del mapa conceptual final presentado por el E3 (Figura 35) (Figura 36) (Figura 37) (Figura 38) se encontraron mejores resultados, pues utilizó todos los conceptos propuestos (NCPU = 3) ubicó la gran mayoría de conceptos en la estructura jerárquica (NCV = 3) y presentó frases de enlace válidas entre casi todos los conceptos (FdE = 3) lo que derivó en que la mayoría de proposiciones que presentó sean coherentes y válidas (NPV = 2). Adicionalmente, presentó una ramificación muy alta (R = 3), un nivel de profundidad muy alto (NP = 3) y más de 2 conceptos nuevos válidos (NCNV = 3), los cuales ubicó de manera acertada en la estructura.

Figura 35.

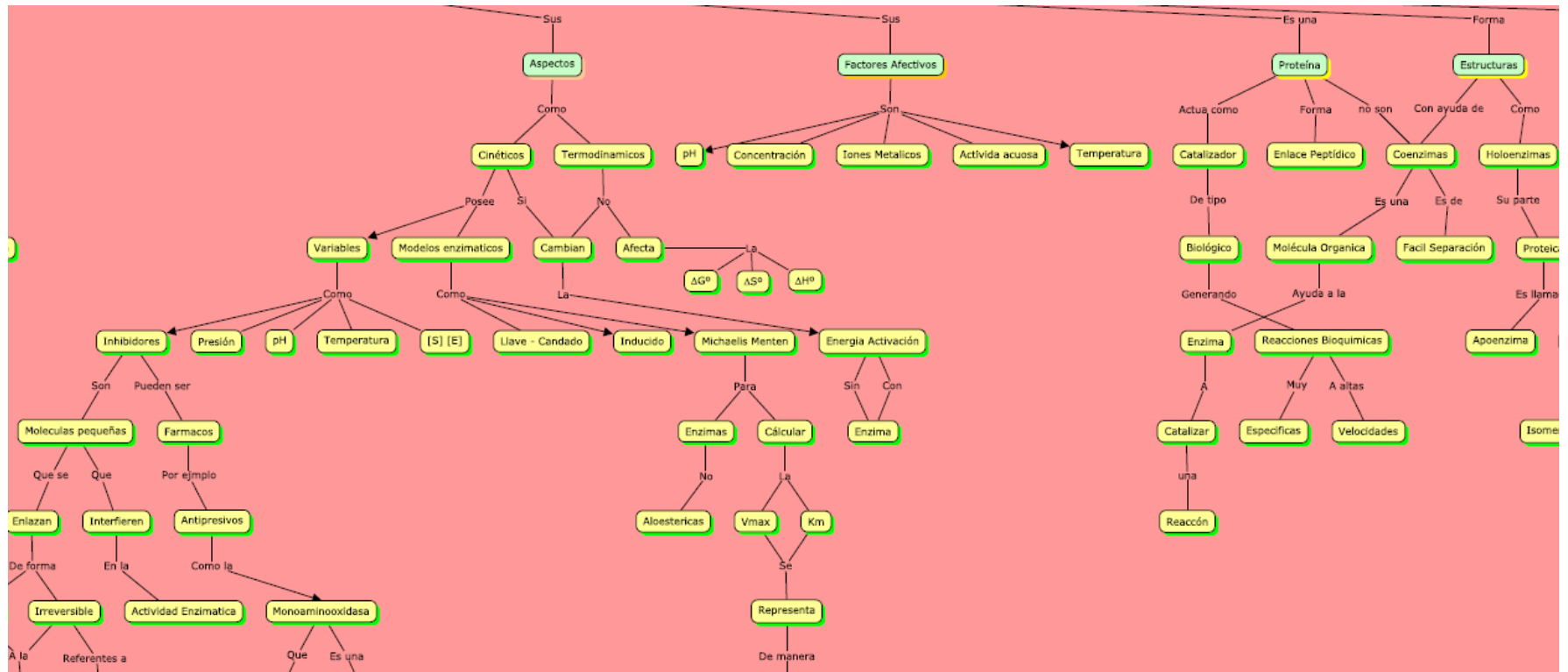
Fragmento lateral izquierdo del Mapa conceptual final realizado por el Estudiante 3.



Fuente: Obtenido del E3. Nota: El concepto central de este mapa conceptual es "enzimas".

Figura 37.

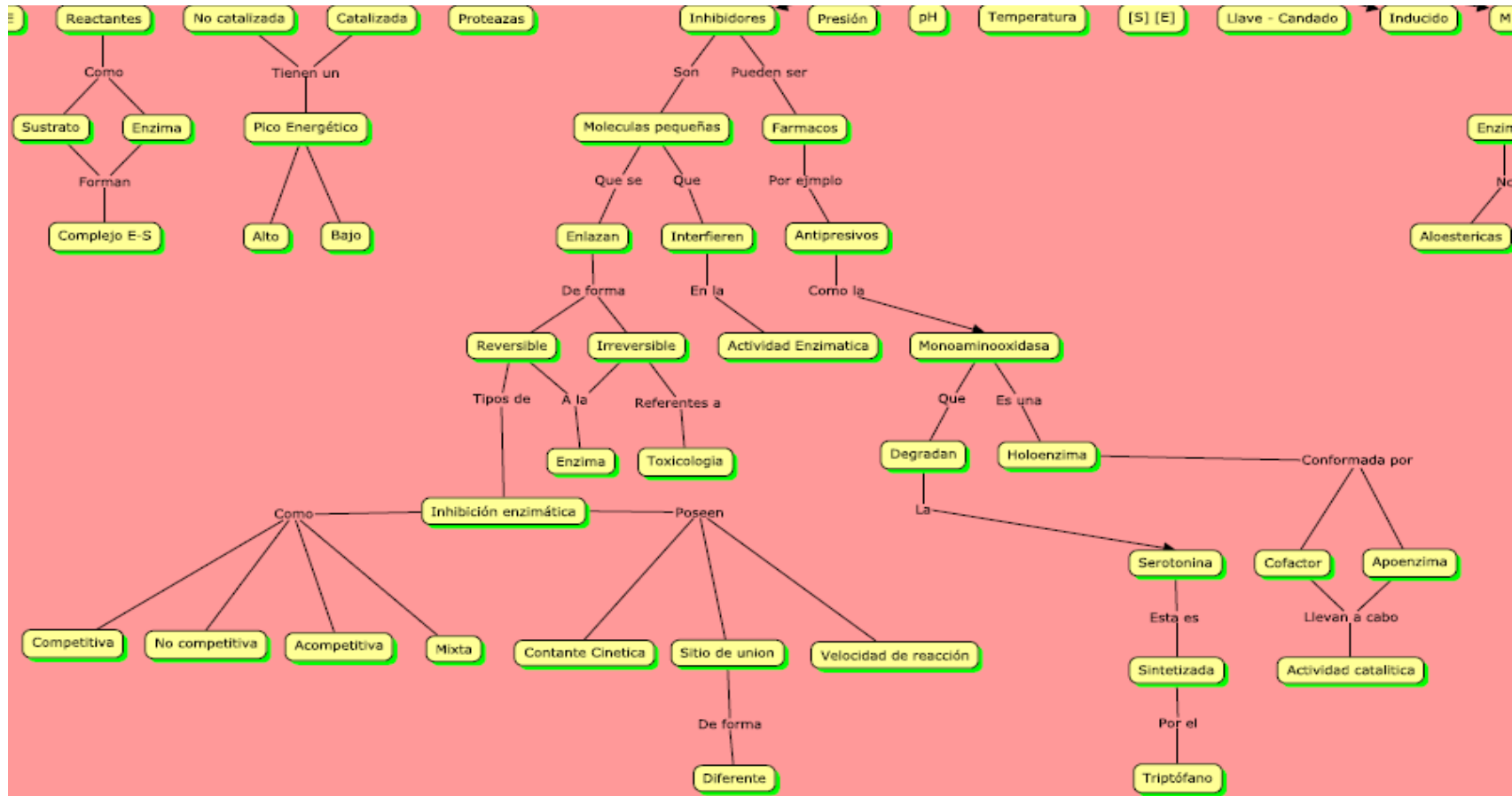
Fragmento lateral derecho del Mapa conceptual final realizado por el Estudiante 3.



Fuente: Obtenida del E3. Nota: El concepto central de este mapa conceptual es “enzimas”.

Figura 38.

Fragmento sobre inhibición enzimática del Mapa conceptual final realizado por el Estudiante 3.



Fuente: Obtenida del E3. Nota: El concepto central de este mapa conceptual es “enzimas”.

En este mapa se encuentran proposiciones como “las enzimas son proteínas que actúan como catalizadores biológicos generando reacciones bioquímicas muy específicas a altas velocidades”, “las enzimas tienen un sitio activo donde se realiza la unión del sustrato” y también otras frases que hacen referencias a aspectos cinéticos y termodinámicos, donde el estudiante afirma que “enzimas sus aspectos termodinámicos no afecta el ΔG° , ΔS° y ΔH° , pero si cambia la energía de activación”, si bien esta proposición presenta algunas frases de enlace que intervienen en la coherencia, se entiende que el estudiante afirma que las enzimas no afectan los aspectos termodinámicos de la reacción catalizada, pero sí cambian la energía de activación, lo que es coherente pues “los catalizadores además de no consumirse en un reacción y acelerar la velocidad” (Lodeiro, 2016, p.9) se caracterizan porque “no afectan las características termodinámicas del proceso global (calor puesto en juego, trabajo asociado al mismo, funciones de estado, rendimiento-equilibrio químico)” (Lodeiro, 2016, p. 43). Finalmente, en la Tabla 11 se agrupan los resultados de las pruebas de entrada y salida de todos los participantes.

Tabla 11.

Resultados de la prueba de entrada y salida de todos los participantes.

E	Conocimiento sobre Inhibición Enzimática	
	Prueba de Entrada	Prueba de Salida
E1	24.0	39.00
E2	21.0	46.00
E3	19.0	51.00
E4	18.0	24.00
E5	36.0	49.00
E6	15.0	46.00
E7	8.0	13.00
E8	13.0	13.00
E9	8.0	22.00
E10	41.0	49.00

Fuente: Autora.

Con los resultados expuestos en la Tabla 9 se realizó un análisis cuantitativo utilizando el paquete estadístico SPSS con la finalidad de evaluar la relación entre el pretest y el postest, lo que permitió analizar si hubo o no una construcción de conocimientos después de la aplicación de la secuencia de actividades. Para esto, fue necesario definir el tipo de pruebas estadísticas que podían utilizarse para el análisis.

En este caso, los resultados se presentaron en una escala de medición ordinal debido a que la variable medida es de tipo categórico y los resultados se expresan en rangos (Padilla, 2007). Según Flores-Ruiz et al. (2017) esta característica en la naturaleza de los datos permite seleccionar pruebas de estadística no paramétrica para el análisis, por lo que, en esta ocasión se eligió la prueba de rangos con signo de Wilcoxon, la cual se utiliza para dos muestras pareadas, es decir, que las dos observaciones están relacionadas entre sí, en este caso, ambas observaciones fueron tomadas en la misma población pero en tiempos distintos (antes y después de la aplicación de la secuencia didáctica), por lo que si no hay diferencias entre la población inicial (antes de la intervención) y la población final (después de la intervención), las diferencias entre dichas observaciones tenderían a cero (Dietrichson, 2019). De esta manera, se plantean dos hipótesis; la hipótesis nula (H_0) que indica que no hay diferencias significativas entre los resultados del pretest y el postest; y la hipótesis alterna (H_1) que indica que sí hay diferencias significativas entre las observaciones, es decir que, los resultados del postest son superiores a los resultados del pretest, por lo se presume que hubo una construcción de conocimientos.

El procedimiento de la prueba de Wilcoxon de acuerdo con Aragón (2016) empieza por determinar el signo de la diferencia entre los datos del antes y el después, teniendo en cuenta que los pares de datos con diferencia absoluta de cero no se consideran y los signos de más y menos tampoco. Esto permite poner por rango en orden creciente las diferencias absolutas obtenidas entre los pares de valores, y finalmente luego de haber asignado un rango a dichas diferencias absolutas se indica el signo de la diferencia para poder sumar los rangos positivos y los rangos negativos. Así pues, se obtiene un valor de significancia asintótica o “p”, el cual al compararse con el nivel de significancia establecido por el investigador (en este caso 0,05) permite rechazar o aceptar la hipótesis nula con un 5% de probabilidad de tener asociado algún error en las conclusiones. La hipótesis nula se rechaza si el valor de “p” obtenido es menor que el nivel de significancia establecido que es 0,05 (Dietrichson, 2019). Esta prueba se realizó con el paquete estadístico SPSS y se obtuvieron los rangos, los cuales se muestran en la Tabla 12 y el nivel de significancia asintótica, en la Tabla 13.

Tabla 12.

Rangos obtenidos con el test de Wilcoxon para el pretest y el postest.

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Postest - Pretest	Rangos negativos	0 ^a	.00	.00
	Rangos positivos	9 ^b	5.00	45.00
	Empates	1 ^c		
	Total	10		

a. Postest < Pretest

b. Postest > Pretest

c. Postest = Pretest

Fuente: Obtenida con el paquete estadístico SPSS.

Tabla 13.

Nivel de significancia asintótica (p valor) obtenido con el test de Wilcoxon para el pretest y el postest.

	Postest - Pretest
Z	-2.666 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	.008

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

Fuente: Obtenida con el paquete estadístico SPSS.

De acuerdo con el resultado de la significancia asintótica evidenciado en la Tabla 12, el cual es menor que el nivel de significancia escogido (0,05) se deduce que debe rechazarse la hipótesis nula, y, por ende, se concluye que existe una diferencia estadísticamente significativa entre el pretest y el postest, lo que permite establecer que hubo una construcción de conocimientos y conceptos sobre la temática de inhibición enzimática.

7.4.2. Prueba de salida y su relación con los estilos de aprendizaje

Anteriormente se obtuvo que la experiencia de aprendizaje aplicada mediante el Ciclo de Aprendizaje contribuyó a la construcción de conocimientos sobre la temática de inhibición

enzimática, por lo que, en este apartado se busca establecer la relación entre la prueba de salida y los estilos de aprendizaje, para esto, se le asignó a cada estilo un equivalente numérico de manera arbitraria, teniendo en cuenta los cuadrantes del plano cartesiano en los que se ubica cada estilo de aprendizaje, por ejemplo, el estilo divergente se ubica en el cuadrante I por lo que se decidió asignarle el valor de 1, y debido a que uno de los estudiantes presentó un estilo combinado se decidió asignar un equivalente numérico a cada una de las posibles combinaciones entre estilos, por lo que el estilo intermedio divergente-asimilador sería el estilo 2; el asimilador el estilo 3, y así sucesivamente. En la Tabla 14 que se muestra a continuación se observan los estilos de aprendizaje y su equivalente numérico.

Tabla 14.

Equivalente numérico de cada estilo de aprendizaje encontrado en los participantes.

Estilo	Equivalente numérico
Divergente	1
Divergente-Asimilador	2
Asimilador	3
Asimilador-Convergente	4
Convergente	5
Convergente-Acomodador	6
Acomodador	7
Acomodador-Divergente	8

Fuente: Autora.

Posteriormente, se reemplazó el estilo de aprendizaje de cada participante (divergente, convergente, etc.) por su equivalente numérico (1, 2, 3, etc.) para de esta forma relacionar el estilo con los resultados del postest y poder realizar un estudio estadístico comparativo entre dos muestras independientes, en SPSS. A continuación, en la Tabla 15 se muestran dichos valores.

Tabla 15.

Valores obtenidos en el postest y estilos de aprendizaje de cada participante.

Estilo	Postest
1	39.0
1	46.0
1	51.0
4	24.0
1	49.0
1	51.0
1	24.0
1	13.0
1	33.0
7	49.0

Fuente: Autora.

De acuerdo con los valores de la Tabla 15, se realizó la prueba de Kruskal-Wallis, la cual se utiliza para varias muestras independientes y probar si un grupo de datos proviene o no de la misma población (Quispe et al., 2019), permitiendo así contrastar si existe una relación estadísticamente significativa entre una variable categórica y una variable cuantitativa ordinal (Molina y Rodrigo, 2014). Para este análisis en específico, se define a los estilos de aprendizaje como la variable categórica, mientras que, los valores del postest representan la variable cuantitativa ordinal. Según Molina y Rodrigo (2014) “el contraste de hipótesis basado en la prueba de Kruskal-Wallis consiste en comparar una estimación basada en rangos de la posición de la variable cuantitativa/ordinal en las diferentes submuestras definidas por la variable categórica” (p. 8). Los rangos obtenidos con el paquete SPSS para la prueba de Kruskal-Wallis se muestran en la Tabla 16.

Por ende, con esta prueba se buscaba conocer si existían diferencias en los resultados del postest de los participantes de acuerdo con el estilo de aprendizaje, es decir, si el estilo de aprendizaje de cada participante influía en el resultado del postest. Para esto, se planteó una hipótesis nula (H_0) y una hipótesis alterna (H_1), las cuales se describen a continuación:

- H_0 : el estilo de aprendizaje del estudiante no influye en la construcción de conocimientos sobre la temática de inhibición enzimática.
- H_1 : el estilo de aprendizaje del estudiante influye en la construcción de conocimientos sobre la temática de inhibición enzimática.

Tabla 16.

Rangos obtenidos de la prueba de Kruskal-Wallis para los Estilos de Aprendizaje y los postest.

Rangos

EstiloAprendizaje	N	Rango promedio
Postest 1.00	8	5.63
4.00	1	2.50
7.00	1	7.50
Total	10	

Fuente: Obtenida con el paquete estadístico SPSS.

Ahora bien, los resultados contenidos en la Tabla 15 permiten establecer el sentido de la relación entre las variables analizadas (Molina y Rodrigo, 2014), por lo que, el estilo de aprendizaje 7 (asimilador) se encontraría asociado a mejores resultados en el postest, en caso de que se sustentara la existencia de una relación estadísticamente significativa entre las variables, lo que se deduce del valor obtenido para la significancia asintótica (0.482), el cual se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17.

Estadísticos de contraste de la prueba de Kruskal-Wallis para los Estilos de Aprendizaje y los postest.

Estadísticos de contraste^{a,b}

	Postest
Chi-cuadrado	1.458
gl	2
Sig. asintót.	.482

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación:
EstiloAprendizaje

Fuente: Obtenida con el paquete estadístico SPSS.

El valor obtenido para la significancia asintótica es mayor que el nivel de significancia escogido por el autor para la comparación (0.05) por lo que no es posible rechazar la hipótesis nula, lo que permite concluir que el estilo de aprendizaje del estudiante no influye en la construcción de conocimientos sobre la temática de inhibición enzimática (Tabla 18).

Tabla 18.

Resumen de prueba de hipótesis de Kruskal-Wallis para los Estilos de Aprendizaje y los postest.

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de Postest es la misma entre las categorías de EstiloAprendizaje.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	.482	Retener la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05.

Fuente: Obtenida con el paquete estadístico SPSS.

De acuerdo con estos resultados, no se puede asegurar de manera significativa que los estudiantes pertenecientes a un estilo de aprendizaje hayan obtenido mejores resultados en el postest, sin embargo, se presume que esto puede deberse a que la gran mayoría de los participantes (8 de 10) se categorizaron en el mismo estilo de aprendizaje, lo que no permitió realizar un análisis adecuado sobre la incidencia de la aplicación de la secuencia didáctica en los demás estilos de aprendizaje. Además, al llevar a cabo un proceso de enseñanza como un Ciclo de Aprendizaje de Kolb, no se busca comprobar que los estudiantes de un estilo particular destaquen en una actividad específica para su estilo, sino que logren desarrollar las habilidades necesarias para resaltar en actividades de diferentes tipos.

7.4.3. Prueba de salida y su relación con la bioinformática

Finalmente, se realizó una prueba de correlación entre el uso de herramientas bioinformáticas y los resultados del postest, para esto, se utilizaron los puntajes de la Actividad 4, la cual estaba encaminada desde el uso de bases de datos y software y los resultados de la prueba de salida; y se aplicó el test de Wilcoxon debido a que las dos muestras están relacionadas pero los datos se obtuvieron de dos medidas tomadas en tiempos distintos. La metodología para aplicar esta prueba ya fue anteriormente descrita en el apartado 7.3.1, por lo que, este apartado se dirige únicamente a los resultados de la aplicación del test y su respectivo análisis. En la Tabla 19 que se muestra a continuación se encuentran compilados los valores obtenidos por cada estudiante en la Actividad 4 relacionada con bioinformática y los valores del postest.

Tabla 19.

Resultados de la Actividad 4 referente al uso de herramientas bioinformáticas y del postest.

A Bionformática	Postest
20	39
17	46
20	51
13	24
18.5	49
15.5	46
11.5	13
15.5	13
15.5	22
10	49

Fuente: Autora.

Con la aplicación de este test se busca conocer si existe o no una correlación estadísticamente significativa entre el resultado de la Actividad 4 llamada “explorando programas bioinformáticos” y el resultado del postest de los participantes. Para esto, se planteó una hipótesis nula (H_0) y una hipótesis alterna (H_1), las cuales se describen a continuación:

- H_0 : el uso de herramientas bioinformáticas no influye en la construcción de conocimientos sobre la temática de inhibición enzimática.
- H_1 : el uso de herramientas bioinformáticas influye en la construcción de conocimientos sobre la temática de inhibición enzimática.

En la Tabla 20 se muestran los rangos obtenidos con el test de Wilcoxon, mientras que, en la Tabla 21 se evidencia el resultado de significancia obtenido, por lo que se puede analizar que existe una relación estadísticamente significativa entre la aplicación de la actividad enfocada en el uso de herramientas bioinformáticas y el postest, el cual describen la construcción de conocimientos sobre la temática de estudio.

Tabla 20.

Rangos obtenidos con el test de Wilcoxon para el uso de herramientas bioinformáticas y el postest

Rangos

	N	Rango promedio	Suma de rangos
Postest - A.Bioinformática Rangos negativos	1 ^a	2.00	2.00
Rangos positivos	9 ^b	5.89	53.00
Empates	0 ^c		
Total	10		

a. Postest < A.Bioinformática

b. Postest > A.Bioinformática

c. Postest = A.Bioinformática

Fuente: Obtenida con el paquete estadístico SPSS.

Tabla 21.

Nivel de significancia asintótica (p valor) obtenido con el test de Wilcoxon para el uso de herramientas bioinformáticas y el posttest.

Estadísticos de contraste^a

	Postest - A. Bioinformática a
Z	-2.601 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	.009

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

Fuente: Obtenida con el paquete estadístico SPSS.

8. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta el problema de investigación y los objetivos planteados en este trabajo de grado se concluye que:

- Frente a los resultados del Inventario de Estilos de Aprendizaje (LSI) se encontró que la mayoría de los participantes (8 de 10) se categorizó en el estilo de aprendizaje divergente, y un participante entre los estilos convergente y asimilador. Sin embargo, se encontró que todos los participantes presentaban un grado de preferencia distinto en los modos de procesar y de percibir la información, los cuales, conforman cada uno de los estilos propuestos por Kolb.
- De acuerdo con los resultados de la aplicación del instrumento de entrada y de salida se hace evidente la construcción de conocimientos sobre la temática de inhibición enzimática en la población analizada. Por lo que, es posible garantizar que la aplicación de la secuencia didáctica estructurada desde el Ciclo de Aprendizaje de Kolb, con un enfoque en el uso de herramientas bioinformáticas y contextualizada en el marco de la salud y los alimentos, es pertinente pues facilita el aprendizaje de conceptos.
- Dentro del análisis estadístico expuesto, no se encontró una relación significativa entre los estilos de aprendizaje y la construcción de conocimientos en la temática de inhibición enzimática, por lo que, no es posible garantizar que los estilos de aprendizaje encontrados en la población analizada tengan una influencia en la construcción de dichos conocimientos. Se asume que esto es debido a la homogeneidad presentada en la categorización por estilos y al tamaño de la población analizada.
- Se encontró una relación estadísticamente significativa entre el uso de herramientas bioinformáticas y la construcción de conocimientos sobre inhibición enzimática, lo que permite concluir que, al utilizar programas bioinformáticos, y en el caso puntual de este trabajo: DruLiTo, Chimera USCF y Autodock Tools; además de base de datos como Protein Data Bank y PubChem se contribuye a construir nuevos conocimientos, facilitando y dinamizando el proceso de aprendizaje, pues permite entender de manera gráfica como está constituida una enzima y como se lleva a cabo una reacción catalizada por esta, en vez de reducir la enseñanza a modelos rígidos y poco práctico como el modelo llave-candado.

9. RECOMENDACIONES

En función de los resultados expuestos se formulan algunas recomendaciones importantes que pueden servir de base en investigaciones futuras, con la finalidad de mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje.

- Los docentes deben tener en cuenta la individualidad de los estudiantes al momento de aplicar los estilos de aprendizaje. Pues si bien, este enfoque facilita la creación de actividades que favorezcan a todos los estudiantes, al encasillarlos no se toman en cuenta otros factores que influyen en el aprendizaje, como lo son la experiencia de vida y los procesos de aprendizaje que ha tenido anteriormente, por lo que, se recomienda que el docente tenga en cuenta la preferencia que posee el estudiante en cada uno de los modos de percibir y procesar la información y no meramente la clasificación por estilos, puesto que esto le permitirá enfocar de manera más precisa y adecuada las actividades propuestas.
- Se recomienda hacer uso de las herramientas bioinformáticas en todas las etapas del Ciclo de Aprendizaje, puesto que, esto le permitirá al estudiante familiarizarse con estas e incluso ir desarrollando autonomía, además por el carácter multidisciplinar de la bioinformática, es posible generar experiencias concretas que lleven a una observación reflexiva de un fenómeno de estudio, lo que posteriormente le permitirá realizar una conceptualización abstracta y finalmente llegar a la experiencia activa.
- Si bien, se demostró que el uso de herramientas bioinformáticas contribuye de manera positiva en la construcción de conocimientos, se sugiere complementar el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante el uso de laboratorios presenciales, en los que el estudiante comprenda como extraer el principio activo de la Ayahuasca, y de esta manera plantear posibles procedimientos que permitan desarrollar alimentos funcionales y realizar los estudios de calidad y seguridad. De esta manera, la investigación en temas de salud, tendría una mayor incidencia no solo en el ámbito académico, sino que además presentaría una aplicabilidad importante en el posible tratamiento de la depresión.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arango-Dávila, C. A., Escobar, M. I., & Pimienta, H. J. (2004). Fundamentos moleculares y celulares de la depresión y de los mecanismos antidepresivos. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 33, 165-185. Consultado en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcp/v33s1/v33s1a10.pdf>
- Aragón, S. L. (2016). Capítulo 12: Introducción a la estadística no paramétrica. En Aragón, S.L., *Estadística en el área de las Ciencias Sociales y Administrativas*. (p. 517-582). Alfaomega. Consultado en: <https://libroweb.alfaomega.com.mx/book/868/free/data/cap12.pdf>
- Araya, L. H, y Lutz, R. M. (2003). Alimentos funcionales y saludables. *Revista chilena de nutrición*, 30(1), 8-14. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182003000100001>
- Barrero, A., Jiménez, L., y Rendón, Y. (2020). Desarrollo de competencias investigativas y aprendizaje de conceptos asociados al ciclo de Krebs bajo un enfoque CTSA. Una experiencia en un ambiente virtual de aprendizaje. [Tesis de Pregrado, Universidad Pedagógica Nacional de Colombia].
- Battaner, A. E. (2013). *Compendio de Enzimología*. Consultado en: <https://gredos.usal.es/handle/10366/119453>
- Bono, C. R. (2012). Diseños cuasi-experimentales y longitudinales. Consultado en: <https://core.ac.uk/download/pdf/16207194.pdf>
- Borracci, R.A y Arribalzaga, E.B. Estilos de aprendizaje de Kolb en estudiantes de medicina. *Medicina (B. Aires)* [online]. 2015, vol.75, n.2, pp.73-80. Consultado en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0025-76802015000200001&lng=es&nrm=iso . ISSN 0025-7680
- Cañedo A. R, y Arencibia J, R. (2004). Bioinformática: en busca de los secretos moleculares de la vida. *ACIMED*, 12(6), 1. Consultado en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352004000600002&lng=es&tlng=es.
- Cárdenas S. L. D. (2014). Los neurotransmisores en el funcionamiento del cuerpo humano y las emociones. Propuesta didáctica para estudiantes de ciclo IV. *Facultad de Ciencias*.
- Cortés, M (2019). La química de los alimentos en enfermedades neurodegenerativas como cuestión sociocientífica, para desarrollar la habilidad argumentativa. [Tesis de Pregrado, Universidad Pedagógica Nacional de Colombia].
- De Lera Santín, A. (2011). Capítulo I: las enzimas. Aplicaciones enzimáticas en procesos de conservación y restauración de obras de arte. *Consolidación de celulosa*. Consultado en:

<https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/14292/4-%20Cap%C3%ADulo%20I.%20Las%20enzimas.pdf?sequence=4>

De Moya Martínez, M. D. V., Bravo, J. A. H., Bravo, J. R. H., & Gutiérrez, R. C. (2009). Un estilo de aprendizaje, una actividad. Diseño de un plan de trabajo para cada estilo. *Revista de estilos de aprendizaje*, 2(4).

Dietrichson, A. (2019). *Métodos Cuantitativos*. Consultado en: <https://bookdown.org/dietrichson/metodos-cuantitativos/#prefacio>

Dos Santos, R. (2012). *Ayahuasca: Physiological and subjective effects, comparison with d-amphetamine, and repeated dose assessment*. Tesis Doctoral. Barcelona, España: Universitat Autònoma de Barcelona.

Escobar C, G., y Ramos V, L. (2018). La ayahuasca bajo los ojos del mundo. *Revista Médica Herediana*, 29(4), 268-269. <https://dx.doi.org/https://doi.org/10.20453/rmh.v24i2.604>

Ferraz, C. A. A., de Oliveira Júnior, R. G., Picot, L., da Silva Almeida, J. R. G., & Nunes, X. P. (2019). Pre-clinical investigations of β -carboline alkaloids as antidepressant agents: A systematic review. *Fitoterapia*, 137, 104196.

Forti, F. (2011). *Flexibilidad conformacional de moléculas bioactivas: implicaciones en diseño de fármacos y función de globinas*. Universitat de Barcelona. [Tesis de doctorado] Consultado en: https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/82130/FLAVIO_FORTI_TESIS.pdf?sequence=1

Fuentes-Berrío, L., Acevedo-Correa, D., y Gelvez-Ordoñez, V. (2015). Alimentos funcionales: impacto y retos para el desarrollo y bienestar de la sociedad colombiana. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(2), 140-149. Consultado en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v13n2/v13n2a16.pdf>

Flores-Ruiz, E., Miranda-Novales, M. G., & Villasís-Keever, M. Á. (2017). El protocolo de investigación VI: cómo elegir la prueba estadística adecuada. *Estadística inferencial. Revista Alergia México*, 64(3), 364-370. Consultado en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/ram/v64n3/2448-9190-ram-64-03-0364.pdf>

Guadarrama, L., Escobar, A., y Zhang, L. (2006). Bases neuroquímicas y neuroanatómicas de la depresión. *Revista de la Facultad de Medicina UNAM*, 49(2), 66-72.

Guerrero, E. C. A. (2009). Inhibición de la actividad enzimática de la polifenol-oxidasa extraída del banano (Cavendish valery) mediante sistemas bifásicos acuosos con isoespintanol y ácido ascórbico. Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos.

- 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 de Colombia].
- Hernández-Sampieri, R., Fernández, C., y Baptista P. (2014). Metodología de la investigación. Ciudad de México, México: Editorial Mc Graw Hill Education, 6ta edición. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
- Kennelly, P y Rodwell, V (2016). Enzimas: cinética, mecanismo, regulación y bioinformática. En J. de León Fraga (Ed.), *Harper: bioquímica ilustrada*. (30a., p. 51-96). McGraw Hill México.
- Kolb, D. A. (2014). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. FT press. 2da Edition.
- Lara, V. H. (2016). Test de Kolb. Estilos de Aprendizaje. [PDF].
- Lodeiro, A. (2016). Catálisis enzimática. *Series: Libros de Cátedra*. Consultado en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/59590>
- Lozano, R. A. (2008). Estilos de aprendizaje y enseñanza: un panorama de la estilística educativa. México, D.F. Editorial Trillas.
- Mathews, C, K.; Van Holde, K.E., y Ahern, K. G. (2002). *Bioquímica* (3a). PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
- Meneses, E. C. A., Murillo, L. V. R., y Soto, J. F. (2011). Tecnologías bioinformáticas para el análisis de secuencias de ADN. *Scientia et technica*, 3(49), 116-121.
- Montalbán, G. J. (2011). Estilos de aprendizaje: simbolismo espacial. *Revista de Estilos de Aprendizaje*, 7(7), 184-207.
- Molina, J.G., & Rodrigo, M.F. (2014). Pruebas no paramétricas. *Open Course Ware*. Consultado en: http://ocw.uv.es/ciencias-de-la-salud/estadistica-ii/est2_t5.pdf
- Nelson, D. L., y Cox, M. M. (2009). Enzimas. En *Principios de Bioquímica de Lehninger*. (5a., p. 183-227). Ediciones Omega S.A. ISBN 978-84282-1486-5
- Olaya-Abril, A. y Cejas-Molina, M. (2018). Bioinformática como recurso educativo: Proyecto de ingeniería genética. *EDMETIC, Revista de Educación Mediática y TIC*, 7(1), 174- doi: <https://doi.org/10.21071/edmetic.v7i1.10027>
- Ontiveros, M. (2016). Depresión y Calidad de la Dieta: Revisión Bibliográfica. *iMedPub Journals*, 12 (1:6). Consultado en: <https://www.archivosdemedicina.com/medicina-de-familia/depresin-y-calidad-de-la-dieta-revisinbibliogrifica.pdf>

- OPS/ OMS. (2017). "Depresión: hablemos", dice la OMS, mientras la depresión encabeza la lista de causas de enfermedad. Consultado en: https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=13102:depression-lets-talk-says-who-as-depression-tops-list-of-causes-of-ill-health&Itemid=1926&lang=es
- Ortega, E., Romero, I. I. C., Paredes, Í., & Canquiz, L. (2019). Estilos de aprendizaje: Estrategias de enseñanza en luz. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 21(3), 710-730. Consultado en: <https://www.redalyc.org/journal/993/99360575010/html/>
- Padilla, J. C. (2007). Escalas de medición. *Paradigmas: Una Revista Disciplinar de Investigación*, 2(2), 104–125. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4942056>
- Parrales, D., Obaya, A., Morales, M y Botello, J. (2017). Estudio exploratorio sobre la aplicación del sistema 4mat de estilos de aprendizaje, en la enseñanza de Biomoléculas. *Enseñanza de las ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, (Extra), 1883-1890.
- Pawelek, J. G. (2013). El aprendizaje experiencial. Universidad de Buenos Aires. Consultado en: http://www.ecominga.uqam.ca/ECOMINGA_2011/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_5/1/3.Gomez_Pawelek.pdf
- Pizano, C. (2017). Ruta de aprendizaje basada en el modelo de Kolb, la enseñanza de propiedades hidrófobas e hidrófilas en hidrogeles. El caso del colegio Garcia de Lorenzo. [Tesis de Pregrado, Universidad Pedagógica Nacional de Colombia].
- Prats, E., & Salinas, J. (2018). Evaluación de mapas conceptuales a partir de una doble rúbrica. In *Concept Mapping: Renewing Learning and Thinking. Proc. of the Eighth Int. Conference on Concept Mapping*. Consultado en: https://www.researchgate.net/profile/Ernest-Prats-Garcia/publication/327919292_Evaluacion_de_Mapas_Conceptuales_a_Partir_de_una_Doble_Rubrica/links/5bad1738a6fdccd3cb77a1f8/Evaluacion-de-Mapas-Conceptuales-a-Partir-de-una-Doble-Rubrica.pdf
- Quispe, A., Calla, K. M., Yangali, J. S., Rodriguez, J. L., & Pucamayo, I. I. (2019). Estadística no paramétrica aplicada a la investigación científica. *Colombia: EIDEC*. Consultado en: <https://www.editorialeidec.com/wp-content/uploads/2020/01/Estad%C3%ADstica-no-param%C3%A9trica-aplicada.pdf>
- Ramírez, R. J & Ayala, A.M. (2014). Enzimas: ¿qué son y cómo funcionan? *Revista digital universitaria*, 15 (12), 1-13. Consultado en: <http://www.revista.unam.mx/vol.15/num12/art91/art91.pdf>

- Rodríguez-Cepeda, R. (2017). *El aprendizaje significativo de conceptos químicos, un estudio en el contexto de la resolución de problemas y los estilos de aprendizaje*. Consultado en: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/7653>
- Rodríguez-Tello, E. (2013). Introducción a la bioinformática. CINVESTAV-Tamaulipas. Consultado en: <https://www.tamps.cinvestav.mx/~ertello/bioinfo/sesion01.pdf>
- Ruble, T. L., & Stout, D. E. (1994). A Critical Assessment of Kolb's Learning Style Inventory. Consultado en: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED377221.pdf>
- Tamayo, A. J. A., & Higuera, V. J. C. (2016). Diseño de una estrategia de formación en biotecnología y bioinformática a partir de análisis prospectivos. *Revista ESPACIOS* | Vol. 37 (Nº 29) Año 2016. Consultado en: <https://www.revistaespacios.com/a16v37n29/16372903.html>
- Turet, M. S. (1976). Bases bioquímicas de los trastornos afectivos. *Anuario de psicología/The UB Journal of psychology*, (14), 53-78.
- Tripodoro, V. A y De Simone, G. G. (2015). Nuevos paradigmas en la educación universitaria: Los estilos de aprendizaje de David Kolb. *Medicina (B. Aires)* [online]. vol.75, n.2, pp.109-112. Consultado en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0025-76802015000200010&lng=es&nrm=iso . ISSN 0025-7680.
- Vega, R. J. A., & Riaño, V. M. J. (2018). Protocolo básico de Atlas. ti. Consultado en: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/8928/VegaRuedaJenyAngelica2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

11. ANEXOS

ANEXO A. Instrumento de entrada y salida sobre inhibición enzimática.

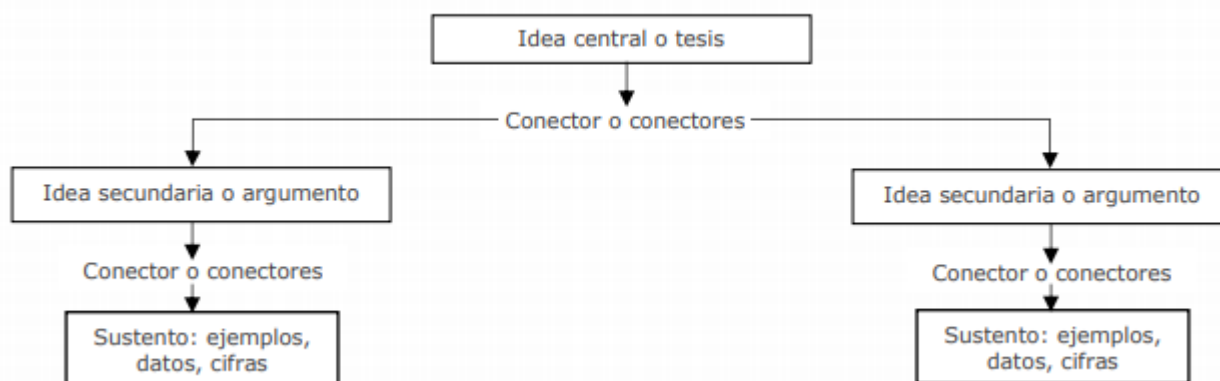
ACTIVIDAD DE DIAGNÓSTICO SOBRE INHIBICIÓN ENZIMÁTICA

Nombre: _____ Correo: _____

Un mapa conceptual es “una estrategia mediante la cual los diferentes conceptos y sus relaciones pueden representarse fácilmente. Dichos conceptos guardan entre sí un orden jerárquico y están unidos con líneas identificadas por palabras (de enlace) que establecen la relación que hay entre ellos” (Pimienta, 2008). A continuación, se muestra un ejemplo de cómo construir un mapa conceptual:

Figura 1.

Ejemplo de construcción de un mapa conceptual a partir de su jerarquía.



Fuente: Tomado de Marín (s.f).

1. Construya un mapa conceptual con los conceptos que se mencionan a continuación y explique en un párrafo corto por qué planteó dichas relaciones.

Enzima – cofactor – catalizador - inhibición enzimática – inhibición competitiva – inhibición acompetitiva – inhibición mixta – constante cinética – coenzima – monoamino oxidasa – serotonina – sitio de unión – velocidad de reacción.

Nota: Tenga en cuenta que la elaboración de este mapa conceptual es para indagar en sus conocimientos previos sobre la temática de inhibición enzimática, por lo tanto, usted NO debe consultar información en ninguna fuente, lo importante es que responda desde su conocimiento.

Referencias Bibliográficas

- Marín, A. (s.f) El mapa conceptual. Universidad de Los Andes. Consultado en: https://leo.uniandes.edu.co/images/Guias/Mapa-conceptual_L.pdf
- Pimienta, J. (2008). Constructivismo: estrategias para aprender a aprender. Pearson Education México. Tercera Edición.

ANEXO B. Inventario de Estilos de Aprendizaje obtenido de Lara (2016).

ÍTEM	A	B	C	D
Cuando aprendo:	Prefiero valirme de mis sensaciones y sentimientos	Prefiero mirar y atender	Prefiero pensar en las ideas	Prefiero hacer cosas
Aprendo mejor cuando:	Confío en mis corazonadas y sentimientos	Atiendo y observo cuidadosamente	Confío en mis pensamientos lógicos	Trabajo duramente para que las cosas queden realizadas
Cuando estoy aprendiendo:	Tengo sentimiento y reacciones fuertes	Soy reservado y tranquilo	Busco razonar sobre las cosas que están sucediendo	Me siento responsable de las cosas
Aprendo a través de:	Sentimientos	Observaciones	Razonamientos	Acciones
Cuando aprendo:	Estoy abierto a nuevas experiencias	Tomo en cuenta todos los aspectos relacionados	Prefiero analizar las cosas dividiéndolas en sus partes componentes	Prefiero hacer las cosas directamente
Cuando estoy aprendiendo:	Soy una persona intuitiva	Soy una persona observadora	Soy una persona lógica	Soy una persona activa

Aprendo mejor a través de:	Las relaciones con mis compañeros	La observación	Teorías racionales	La práctica de los temas tratados
Quando aprendo:	Me siento involucrado en los temas tratados	Me tomo mi tiempo antes de actuar	Prefiero las teorías y las ideas	Prefiero ver los resultados a través de mi propio trabajo
Aprendo mejor cuando:	Me baso en mis intuiciones y sentimientos	Me baso en observaciones personales	Tomo en cuenta mis propias ideas sobre el tema	Pruebo personalmente la tarea
Quando estoy aprendiendo:	Soy una persona abierta	Soy una persona reservada	Soy una persona racional	Soy una persona responsable
Quando aprendo:	Me involucro	Prefiero observar	Prefiero evaluar las cosas	Prefiero asumir una actitud activa
Aprendo mejor cuando:	Soy receptivo y de mente abierta	Soy cuidadoso	Analizo las ideas	Soy práctico
Suma de cada columna	A:	B:	C:	D:

ANEXO C. Actividad 1: Qué veo, Qué no veo y Qué infiero

ACTIVIDAD 1 – CUADRO QQQ

Etapas 1: Experimentación Concreta y Observación reflexiva.

Enfoque: Estilo de Aprendizaje DIVERGENTE.

Objetivo: Reflexionar sobre las diversas causas neurobiológicas de la depresión y los posibles tratamientos para este trastorno desde la inhibición enzimática.

A continuación, encontrará un instrumento conocido como el Cuadro QQQ, el cual consta de 3 columnas: qué veo; qué no veo y qué infiero. “Esta estrategia permite descubrir las relaciones de las partes de un todo (entorno o tema), con base en un razonamiento crítico, creativo e hipotético” (Pimienta, 2018).

De acuerdo con el video “la depresión mayor-base neuroquímica”: https://www.youtube.com/watch?v=iXSlqbFKMc4&t=2s&ab_channel=Butterflyeffect y la explicación de la síntesis de la serotonina, responda el Cuadro QQQ:

¿Qué veo?	¿Qué no veo?	¿Qué infiero?
<i>Escriba aquí lo que observa, conoce o reconoce del tema</i>	<i>Escriba aquí aquello que explícitamente no está en el tema pero que puede estar contenido</i>	<i>Escriba aquí aquello que deduce del tema</i>

Para finalizar esta actividad diríjase al siguiente link para realizar una lluvia de ideas sobre las inferencias que obtuvo al observar el video y la imagen: <https://www.menti.com/c73txzsvtz>

Referencias Bibliográficas

Pimienta, J. (2008). Constructivismo: estrategias para aprender a aprender. Pearson Education México. Tercera Edición.

ANEXO D. Actividad 2: Quiz sobre inhibición enzimática.

ACTIVIDAD 2 – QUIZ

Etapa 1: Conceptualización Abstracta y Observación reflexiva.

Enfoque: Estilo de Aprendizaje ASIMILADOR.

Objetivo: Integrar conceptos como enzima, coenzima, inhibición enzimática, tipos de inhibición, cinética enzimática.

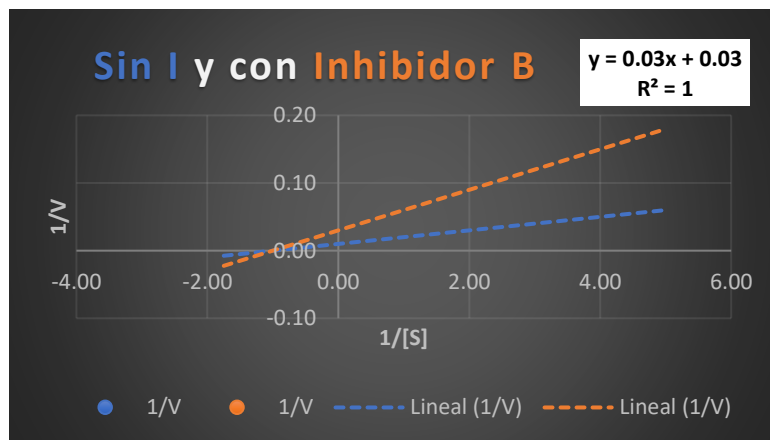
PREGUNTA 1: ¿Qué es una holoenzima?

- Enzima formada por una apoenzima y un cofactor.
- Parte proteica de una enzima.
- Componente no proteico que complementa a la enzima.

PREGUNTA 2: ¿Cómo definiría el concepto “isoenzima”?

PREGUNTA 3: ¿Cuál o cuáles son las características principales de las apoenzimas?

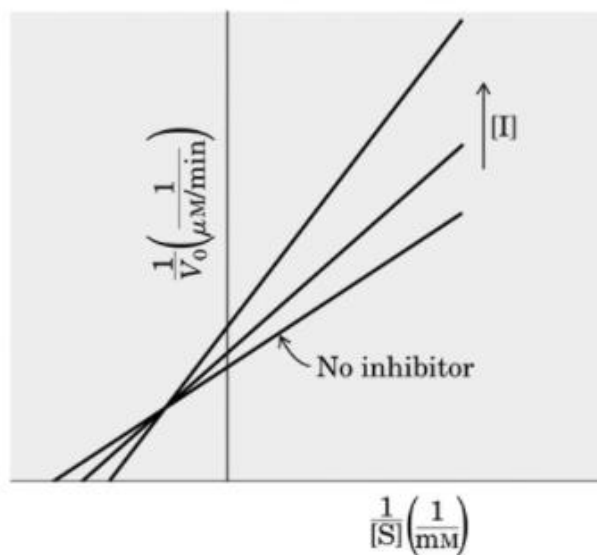
PREGUNTA 4: ¿Qué tipo de inhibición se presenta en el gráfico que se muestra a continuación?



Fuente: Autora.

- Acompetitiva.
- No competitiva.
- Mixta.
- Competitiva.

PREGUNTA 5: ¿Qué ocurre con la K_m y la V_{max} en el tipo de inhibición que se muestra en el siguiente gráfico?



Tomada de Benítez (2016).

- a) Las dos se mantienen constantes.
- b) Las dos aumentan.
- c) Las dos disminuyen.
- d) Una aumenta y otra disminuye.

PREGUNTA 6: De acuerdo con la explicación sobre inhibición enzimática qué tipo de inhibidor considera usted sería el que tendría menos efectos secundarios al utilizarse contra el tratamiento de la depresión mayor. Explique brevemente por qué:

ANEXO E. Actividad 3 – Ejercicio teórico sobre inhibición.

ACTIVIDAD 3 – EJERCICIO SOBRE INHIBICIÓN ENZIMÁTICA

Etapa 3: Conceptualización abstracta y experimentación activa.

Enfoque: Estilo de Aprendizaje CONVERGENTE.

Objetivo: Definir las características de los diferentes tipos de inhibición mediante la experimentación.

1. La desaminación oxidativa de la serotonina es una reacción catalizada por la enzima monoamino oxidasa A. Se realizó una práctica experimental llevando a cabo esta reacción en ausencia y en presencia de 4 inhibidores (A, B, C y D).
 - Realice las gráficas de Lineweaver – Burk para cada caso.
 - Halle K_m y V_{max} para el caso “sin inhibidor” y K_m' y V_{max}' para los casos de inhibición A, B, C y D.
 - Determine el tipo de inhibición.

[Serotonina] (mM)	Velocidades iniciales (mM/min)				
	(sin inhibidor)	Inhibidor A	Inhibidor B	Inhibidor C	Inhibidor D
0,20	16,67	6,25	5,56	10,00	8,89
0,25	20,00	7,69	6,67	11,11	10,81
0,50	33,33	14,29	11,11	14,29	19,05

1,00	50,00	25,00	16,67	16,67	30,77
2,00	66,67	40,00	22,22	18,18	44,44
4,00	80,00	57,14	26,67	19,00	57,14

ANEXO F. Actividad 4 – Explorando los softwares DruLiTo, UCSF Chimera y Auto Dock Vina.

ACTIVIDAD 4 – ANALIZANDO LA TETRAHIDROHARMINA

GRUPO 4

Etapa 4: Experimentación concreta y experimentación activa.

Enfoque: Estilo de Aprendizaje ACOMODADOR.

Objetivos: Realizar un Docking molecular con la tetrahydroharmina y la enzima monoamino oxidasa A.

Reflexionar sobre el potencial farmacológico de la tetrahydroharmina de acuerdo con los resultados del software DruLiTo.

Para llevar a cabo esta actividad tenga en cuenta la guía de uso de DruLiTo y la guía de uso de Chimera y Autodock Vina.

1. Obtenga su proteína (MAO-A) del Protein Data Bank: <https://www.rcsb.org/>. Para facilidad en la búsqueda, el código de esta proteína es **2z5x**.
2. Obtenga su ligando (TETRAHYDROHARMINE) del PubChem: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>
3. Con respecto a los resultados obtenidos en DruLiTo escriba algunas conclusiones sobre el potencial farmacológico de su ligando.
4. Con respecto a los resultados del Docking molecular, escriba algunas conclusiones con respecto a la afinidad proteína-ligando.

ANEXO G. Guía de explorando los softwares DruLiTo, UCSF Chimera y Auto Dock Vina



GUÍA DE USO DE LOS PROGRAMAS UCSF CHIMERA Y AUTODOCK VINA PARA HACER DOCKING MOLECULAR con la enzima Monoamino Oxidasa A y posibles inhibidores.

Por: **Wendy Dayanna Duque Aranda**

Proyecto de Investigación DQU-032-S-21 “Semillero de investigación química (Chimeía) Student Chapter UPN-ACS sobre enseñanza-aprendizaje de la química y bioquímica en contexto”.

Ingrese a la base de datos Protein Data Bank - <https://www.rcsb.org/> e ingrese en el botón de búsqueda el nombre en inglés de la proteína de interés o el código si lo conoce:

The screenshot shows the RCSB PDB website interface. At the top, there is a navigation menu with options: Deposit, Search, Visualize, Analyze, Download, Learn, More, and Documentation. A 'MyPDB' button is located on the right. The main header features the RCSB PDB logo and the text '179210 Biological Macromolecular Structures Enabling Breakthroughs in Research and Education'. A search bar is prominently displayed with the placeholder text 'Enter search term(s)' and a magnifying glass icon. Below the search bar, there are links for 'Advanced Search' and 'Browse Annotations', and a 'Help' icon. The footer includes a 'Celebrating 50 YEARS OF Protein Data Bank' banner and social media icons for Facebook, Twitter, and YouTube. On the left side, there is a sidebar with navigation options: Welcome, Deposit, Search, and Visualize. The main content area is titled 'A Structural View of Biology' and contains introductory text about the PDB archive. On the right, there is a section for 'June Molecule of the Month' featuring a 3D molecular model.

Cuando le aparezcan los resultados, puede hacer uso de los filtros que aparecen en la parte izquierda de la pantalla para delimitar su búsqueda (puede seleccionar el tipo de organismo en el que se encuentra la proteína, el método experimental con el que se cristalizó, el tipo de identidad del polímero y la resolución):

Refinements

Summary Gallery Compact -- Tabular Report -- All Selected

Displaying 1 to 25 of 179196 Structures Page 1 of 7168 Display 25 per page

SCIENTIFIC NAME OF SOURCE ORGANISM

- Homo sapiens (53087)
- Escherichia coli (6385)
- synthetic construct (5705)
- Escherichia coli K-12 (3735)
- Rattus norvegicus (3309)
- Bos taurus (3160)
- Saccharomyces cerevisiae (2913)
- Saccharomyces cerevisiae S288C (2067)
- Gallus gallus (1965)
-

2BXS

Human Monoamine Oxidase A in complex with Clorgyline, Crystal Form B
De Colibus, L., Binda, C., Edmondson, D.E., Mattevi, A.

(2005) Proc Natl Acad Sci U S A **102**: 12864

Released 2005-08-09
Method X-RAY DIFFRACTION 3.15 Å
Organisms Homo sapiens
Macromolecule AMINE OXIDASE [FLAVIN-CONTAINING]A (protein)
Unique Ligands FAD, MLG

Al encontrar la proteína que desee (2Z5X), de clic sobre el título azul:

2Z5X

Crystal Structure of Human Monoamine Oxidase A with Harmine

Son, S.Y., Ma, J., Yoshimura, M., Tsukihara, T.

(2008) Proc Natl Acad Sci U S A **105**: 5739-5744

Released 2008-04-01
Method X-RAY DIFFRACTION 2.2 Å
Organisms Homo sapiens
Macromolecule Amine oxidase [flavin-containing] A (protein)
Unique Ligands DCX, FAD, GOL, HRM

Posteriormente seleccione el botón "Download files" y elija la opción "PDB Format":

Biological Assembly 1

2Z5X

Crystal Structure of Human Monoamine Oxidase A with Harmine

DOI: 10.2210/pdb2Z5X/pdb

Classification: OXIDOREDUCTASE
Organism(s): Homo sapiens
Expression System: Saccharomyces cerevisiae
Mutation(s): No
Membrane Protein: Yes

2Z5X

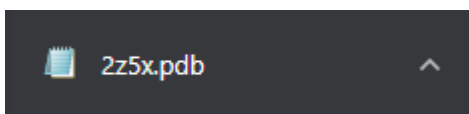
Crystal Structure of Human Monoamine Oxidase A with Harmine

DOI: 10.2210/pdb2Z5X/pdb

Classification: OXIDOREDUCTASE
Organism(s): Homo sapiens
Expression System: Saccharomyces cerevisiae
Mutation(s): No

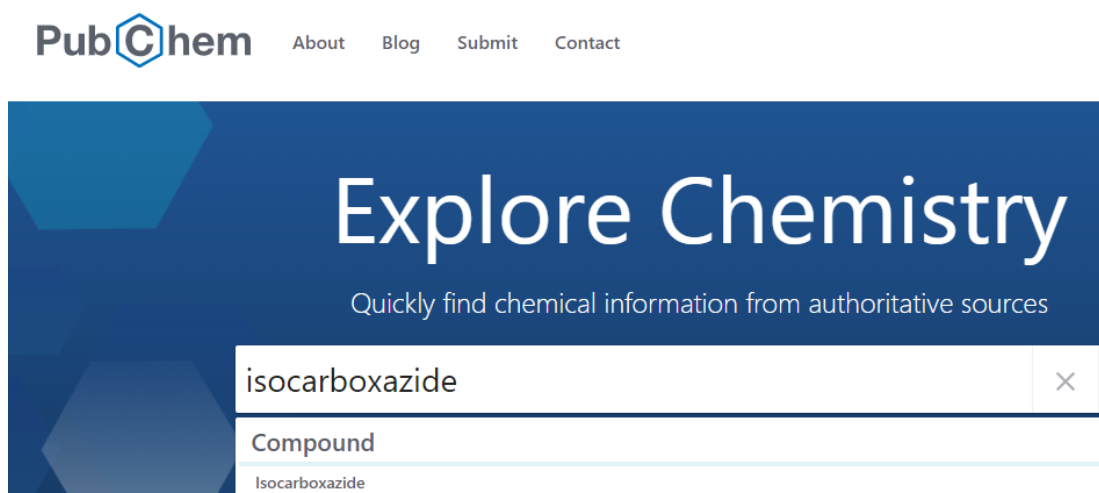
- FASTA Sequence
- PDB Format**
- PDB Format (gz)
- PDBx/mmCIF Format
- PDBx/mmCIF Format (gz)

Se descargará un archivo a su computadora:



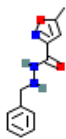
Hasta este punto usted ya tiene la enzima para su proceso de Docking molecular. Ahora deberá descargar el ligando de interés, para esto puede utilizar la base de datos de PubChem.

Ingrese a PubChem - <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/> y escriba en el motor de búsqueda el nombre en inglés de su ligando:



Dentro de las opciones, seleccione la de interés, teniendo en cuenta la estructura y el nombre del compuesto:

COMPOUND BEST MATCH



socarboxazid; 59-63-2; Isocarboxazide; Marplan; Isocarbonazid; Carbohydrazide; ...
 Compound CID: 3759
 MF: $C_{12}H_{13}N_3O_2$ MW: 231.25g/mol
 InChIKey: XKFPYPQQHFEXRZ-UHFFFAOYSA-N
 IUPAC Name: N'-benzyl-5-methyl-1,2-oxazole-3-carbohydrazide

Encontrará una muy buena descripción del compuesto, su actual uso o su potencial uso. Seleccione la opción "1 Structures" que se encuentra en los contenidos de la parte derecha de la pantalla:

Isocarboxazid

PubChem CID 3759

Structure

2D 3D

Find Similar Structures

Chemical Safety

Cite Download

CONTENTS

- Title and Summary
- 1 Structures**
- 2 Names and Identifiers
- 3 Chemical and Physical Properties
- 4 Spectral Information
- 5 Related Records
- 6 Chemical Vendors
- 7 Drug and Medication Information
- 8 Pharmacology and Biochemistry

Dirijase al apartado “1.2 3D Conformer” y de clic en “Download”:

1.2 3D Conformer

Find Similar 3D Structures

Get Image Download

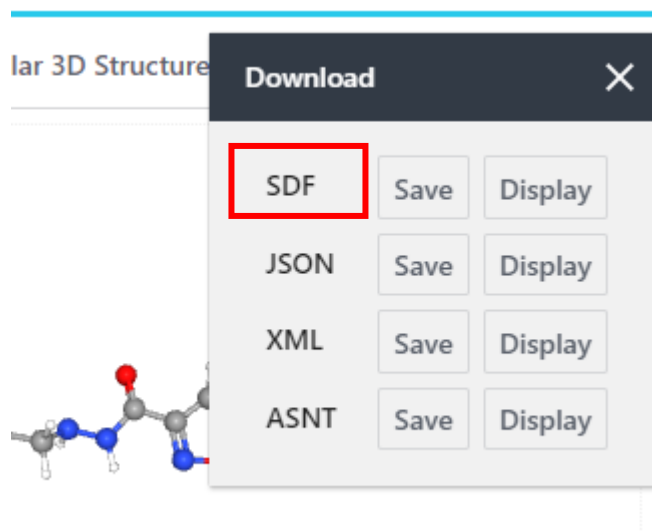
Download

Interactive Chemical Structure Model

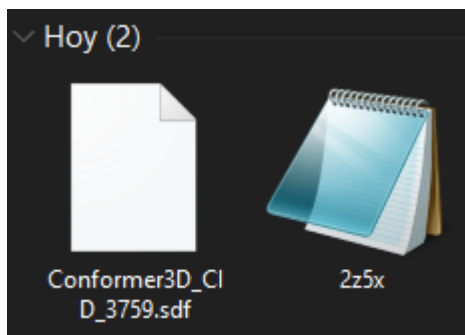
- Ball and Stick
- Sticks
- Wire-Frame
- Space-Filling
- Show Hydrogens
- Animate

PubChem

Elija el formato “SDF” y de clic en “Save” para comenzar la descarga:



Verifique que ambos archivos aparezcan en su carpeta de descargas:

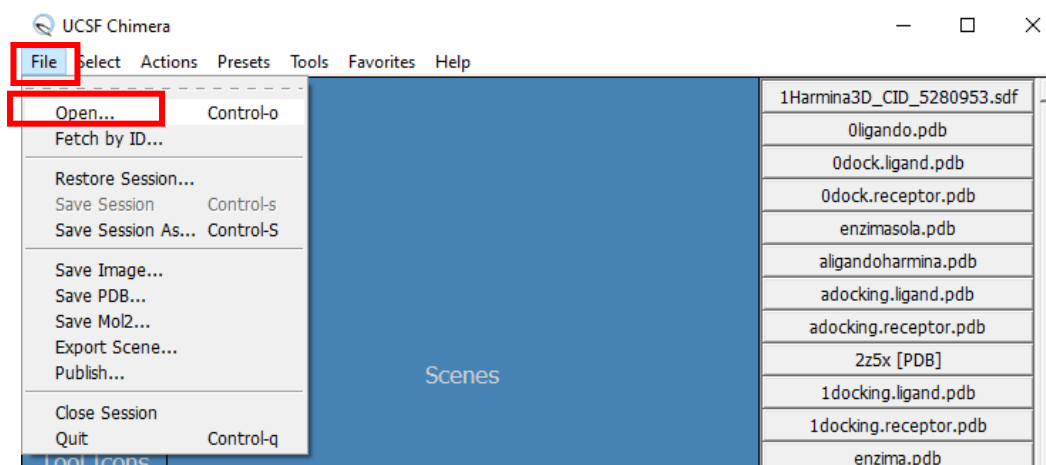


Con estos archivos, y la anterior descarga de los programas UCSF Chimera y Autodock Vina, ya es posible realizar el Docking molecular.

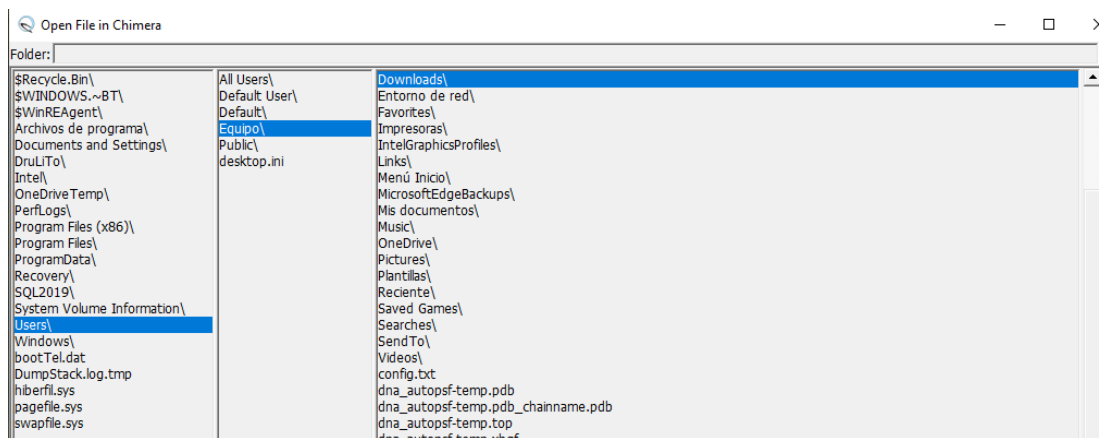
1. Ingrese al programa UCSF Chimera:



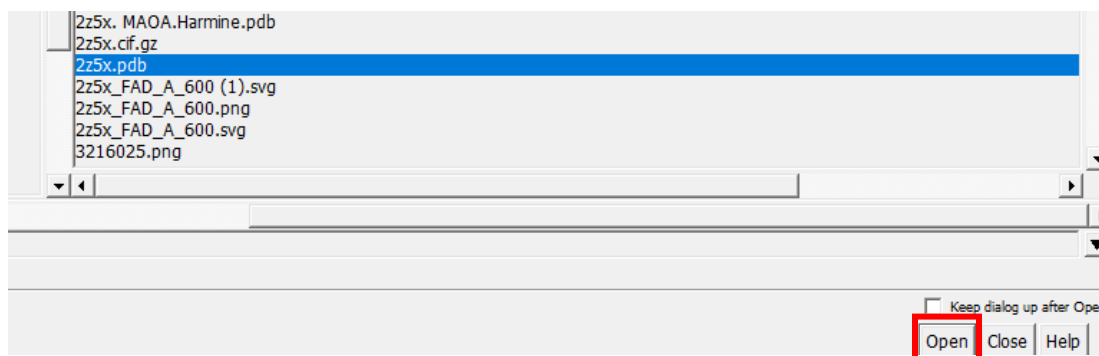
2. Encontrará una interfaz como la que se muestra a continuación. Inicialmente debe cargar la proteína, para esto seleccione la opción "file" y posteriormente "open":



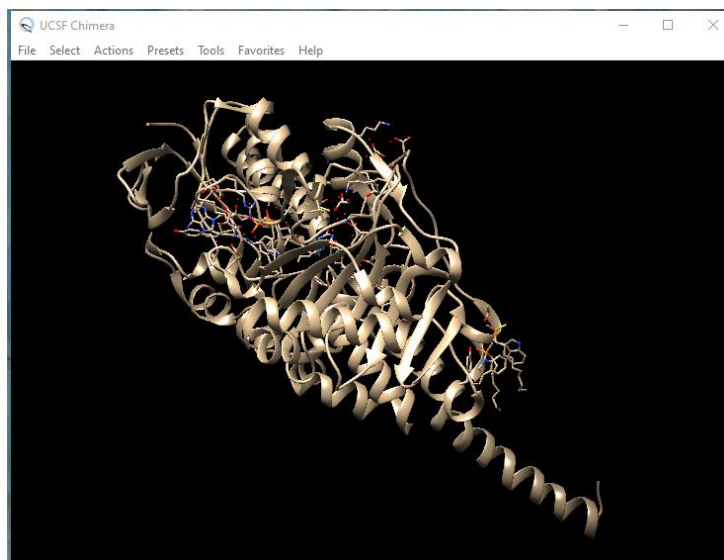
3. Seleccione la carpeta en la que se encuentra la proteína:



4. Busque el archivo, si no cambió el nombre recuerde que es 2z5x.pdb. Seleccione el archivo y de clic en "open":



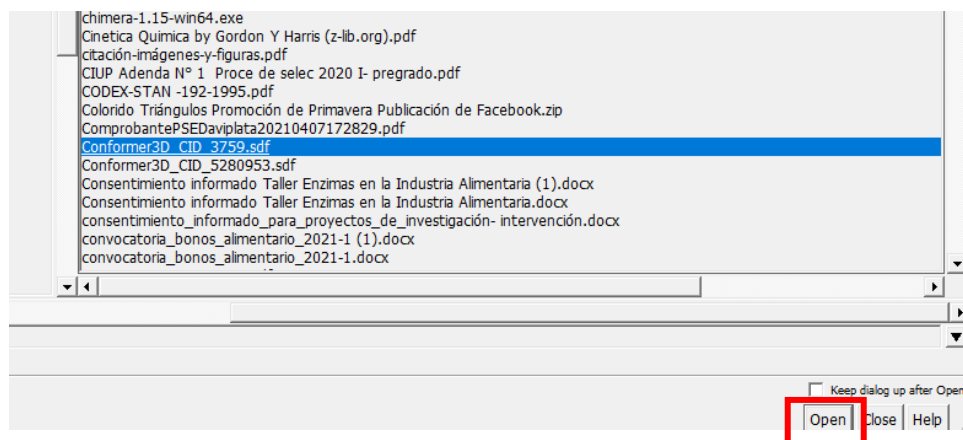
5. Posteriormente le aparecerá la proteína con los residuos con los que fue cristalizada para el Protein Data Bank:



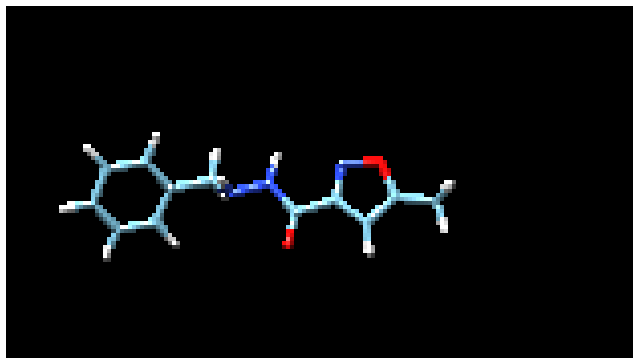
6. Ahora, deberá cargar el ligando que descargó el PubChem, para esto seleccione nuevamente la opción “file” y posteriormente la opción “open”:



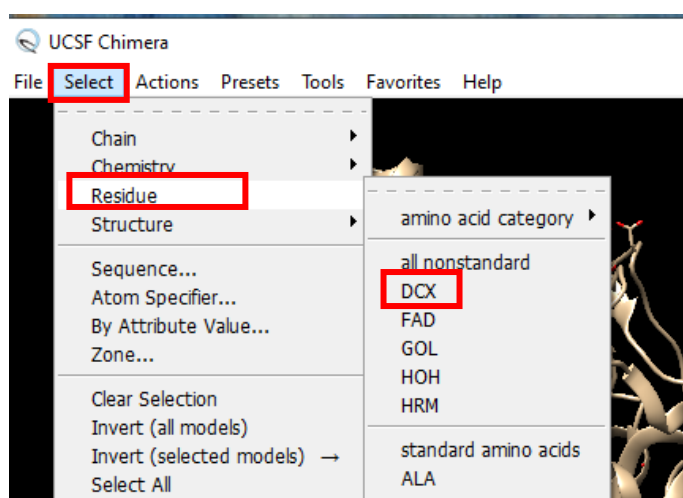
7. Busque el archivo que descargó de PubChem, selecciónelo y de clic en el botón “open”:



8. Verifique que haya aparecido su compuesto en la interfaz de Chimera:



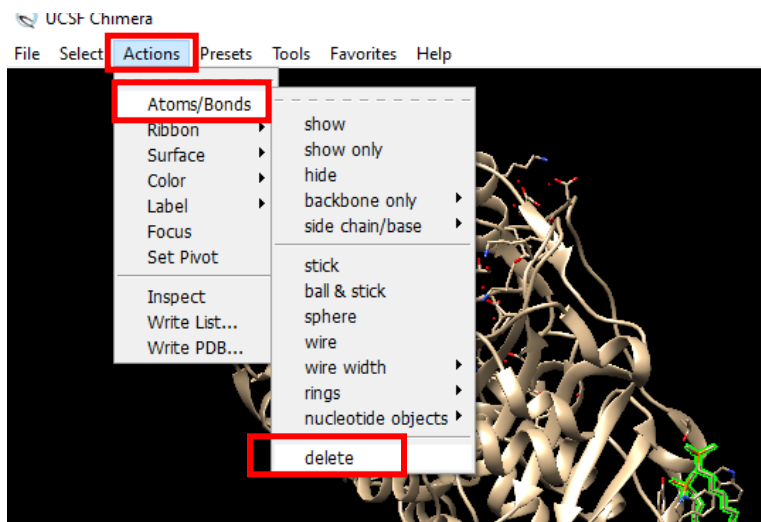
9. Posteriormente deberá borrar todos los residuos que vienen unidos a la proteína de interés. Para esto seleccione la opción “Select”, luego “Residue” y seleccione DCX:



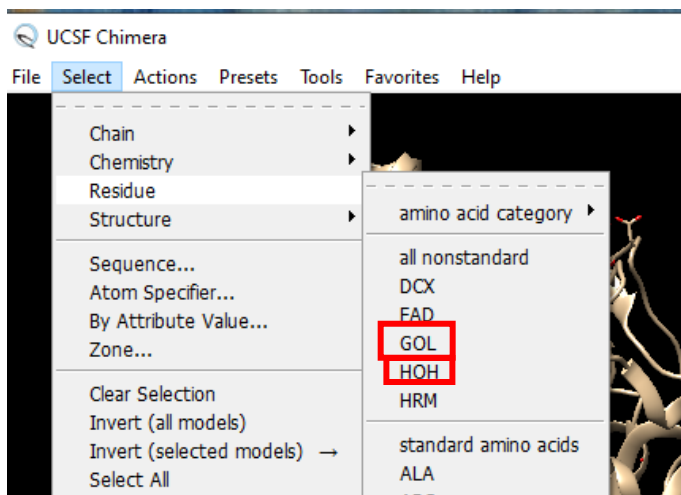
10. El residuo seleccionado aparecerá subrayado de un color verde:



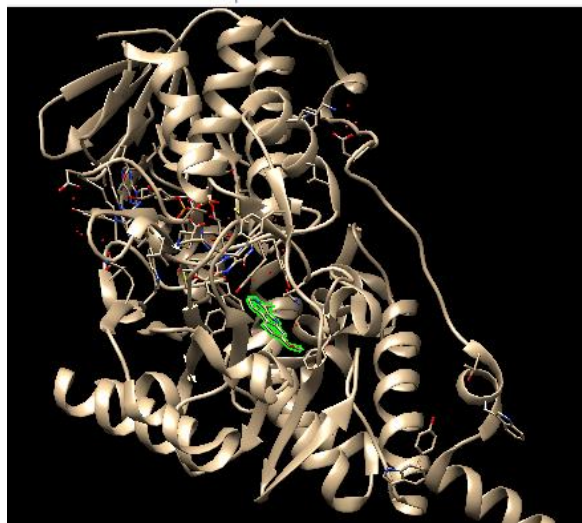
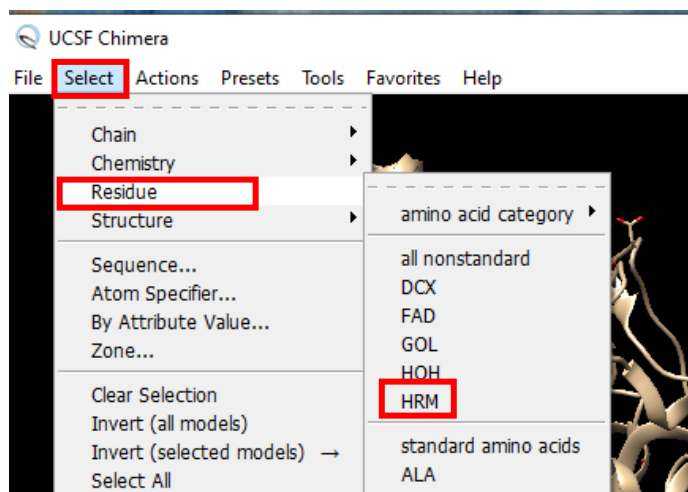
11. Dirijase a la opción “Actions”, seleccione la opción “Atoms/Bonds” y finalmente de clic en la opción “delete”. Podrá apreciar como el residuo que seleccionó se borrará.



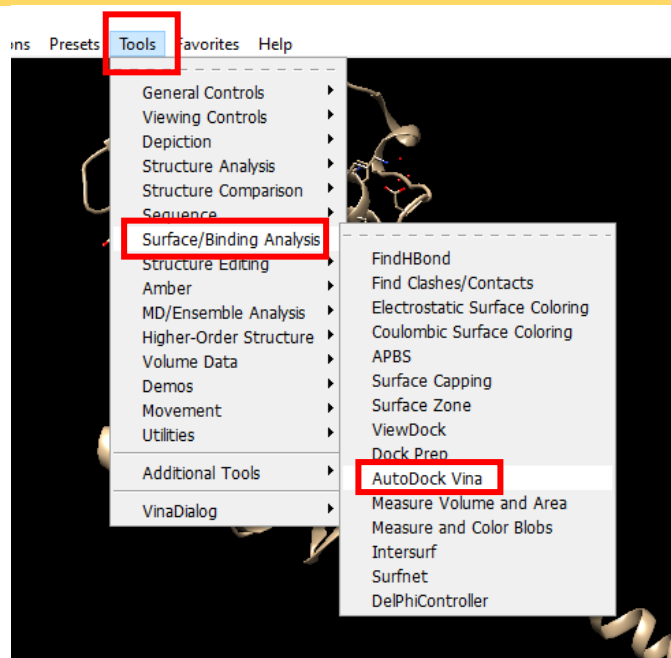
12. Repita desde el punto 9 para borrar los demás residuos, exceptuando el HRM (pues este servirá de guía para reconocer el sitio de unión de su ligando), y el FAD que es el cofactor.



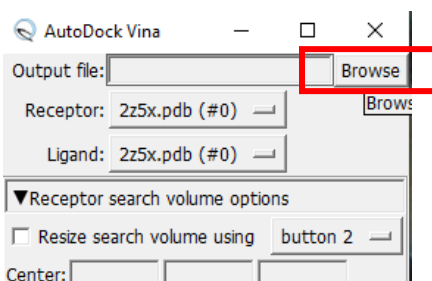
13. Teniendo la guía del residuo HRM, es necesario crear la caja en la que el software buscará las conformaciones posibles del ligando de estudio. Para esto seleccione la pestaña “Select”, luego la opción “Residue” y finalmente la opción “HRM”.



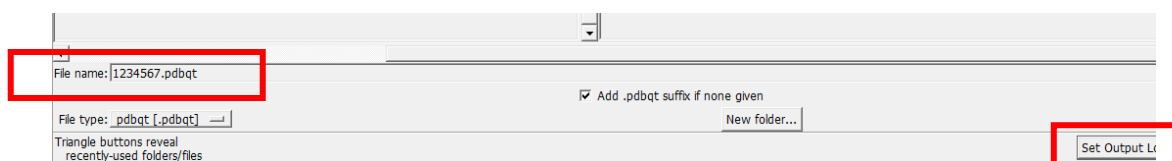
14. Seleccione la pestaña “Tools”, luego la opción “Surface/ Binding Analysis” y finalmente la opción “Autodock Vina”.



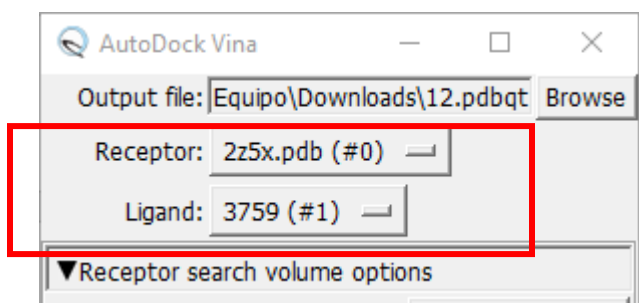
15. Cuando aparezca la ventana que se muestra a continuación de clic en el botón “Browse”, le aparecerá otra ventana para que le asigne un nombre al archivo con los resultados del Docking.



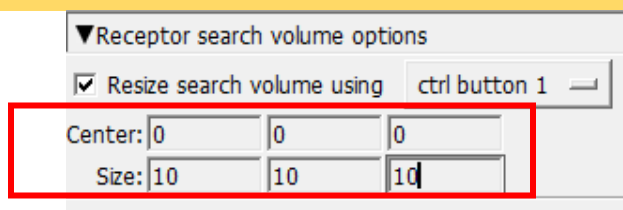
16. Coloque el nombre que desee con la terminación pdbqt (ejemplo: 12345.pdbqt), y de clic en el botón “Set Output Location”:



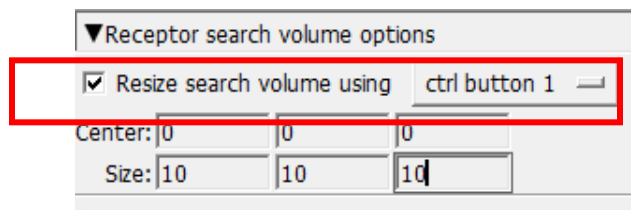
17. Verifique que en el espacio de “Receptor” este seleccionada la proteína, y en “Ligand” el compuesto orgánico que descargó de PubChem. Si no es así, debe modificarlo:



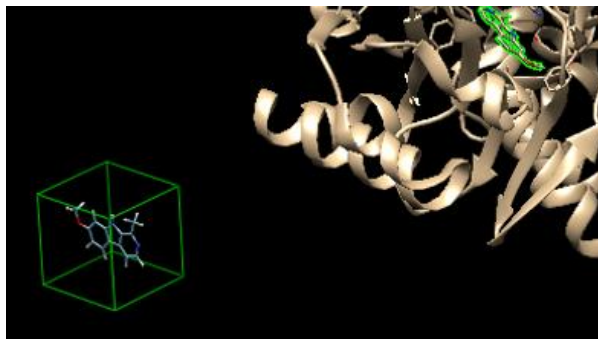
18. Establezca los valores iniciales de cada lado de la caja (puede escribir las coordenadas del centro de la caja como (0, 0, 0) y los lados con un valor de 10 cada uno):



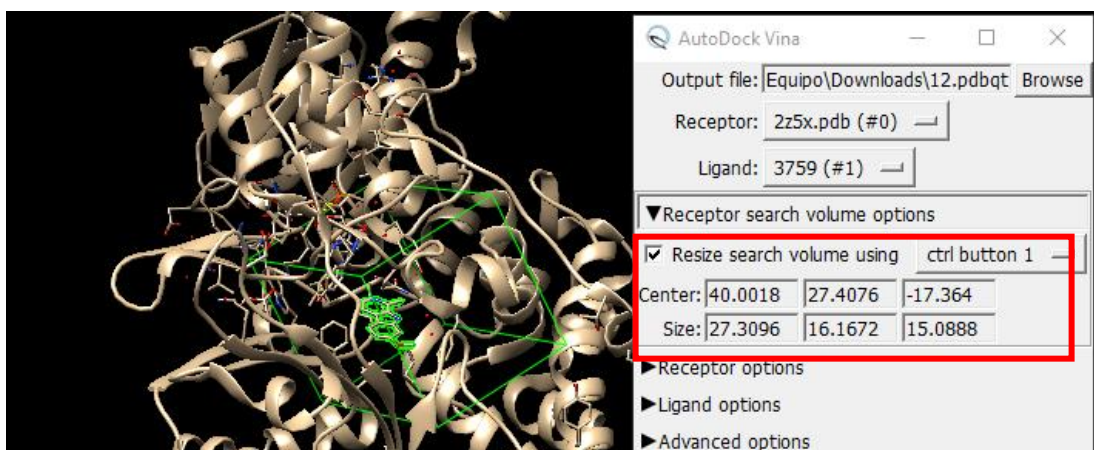
19. Marque la opción “Resize Search volumen using...” y seleccione la mejor opción para acomodar de manera manual la caja en el sitio activo (para este caso se escogió la opción <<ctrl + button 1>>



20. Aparecerá la caja en la interfaz del programa:



21. Usando la tecla ctrl + button 1 (el button 1 hace referencia al clic izquierdo del mouse) acomode la caja en el sitio de unión (guíese por el residuo que se seleccionó en el paso 13) de manera manual y verifique que los valores en la ventana cambien.



22. Verifique que las opciones de receptor estén de la manera en que se muestran a continuación (de no ser así, modifíquelas para que la opción -Ignore water- sea la única que aparezca como "false").

▼ Receptor options

Add hydrogens in Chimera: true

Merge charges and remove non-polar hydrogens: true

Merge charges and remove lone pairs: true

Ignore waters: false

Ignore chains of non-standard residues: true

Ignore all non-standard residues: false

23. En opciones avanzadas seleccione el número de conformaciones que desea obtener (si selecciona únicamente 1 conformación, Autodock vina le proporcionará la opción en que la energía de enlace sea más favorable). Las demás opciones no las modifique.

▼ Advanced options

Number of binding modes: 9

Exhaustiveness of search: 8

Maximum energy difference (kcal/mol): 3

24. En opciones ejecutables, seleccione “local” y posteriormente en Browse ubique el lugar en el que guardo Autodock Vina al momento de descargarlo. Sino posee Autodock vina en su computador intente con la opción “Opal web service” sin embargo, esta no siempre es funcional.

▼ Executable location

Opal web service

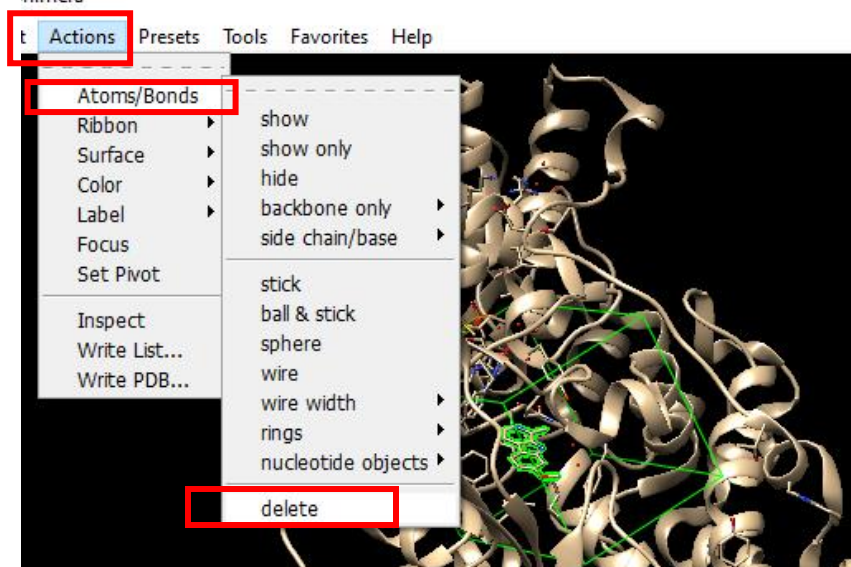
Server:

Local

Path:

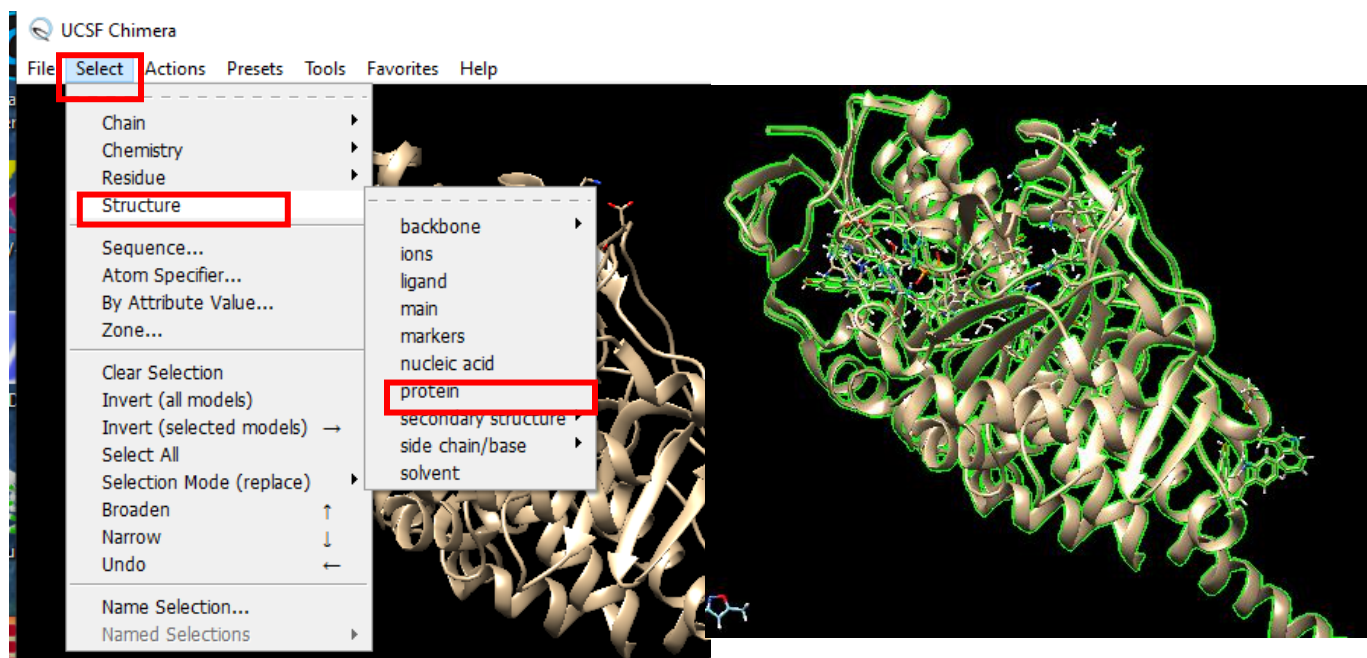
Antes de seleccionar la opción “Apply” minimice la ventana pues es necesario preparar la proteína y el ligando para el docking (es decir, agregar cargas e hidrógenos).

25. Finalmente, seleccione y elimine el residuo de referencia “HRM”:

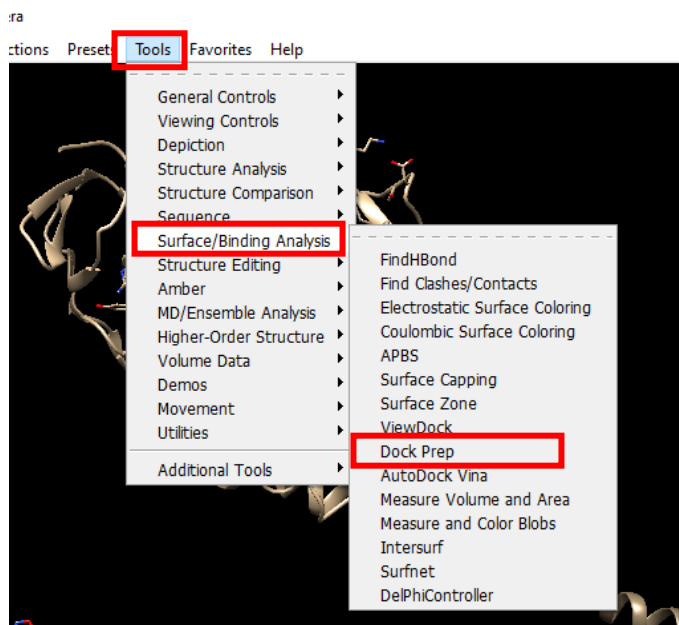


PREPARACIÓN DE LA PROTEÍNA

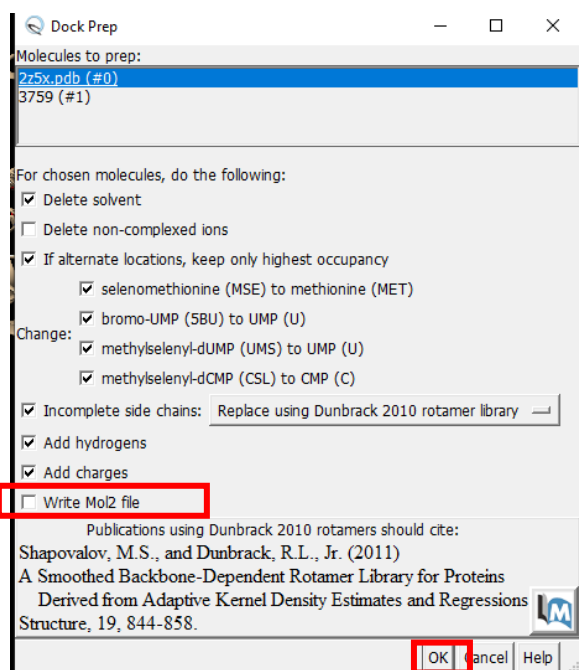
1. Seleccione la pestaña “Select”, la opción “Structure” y finalmente la opción “Protein”, de esta forma quedará seleccionada la proteína:



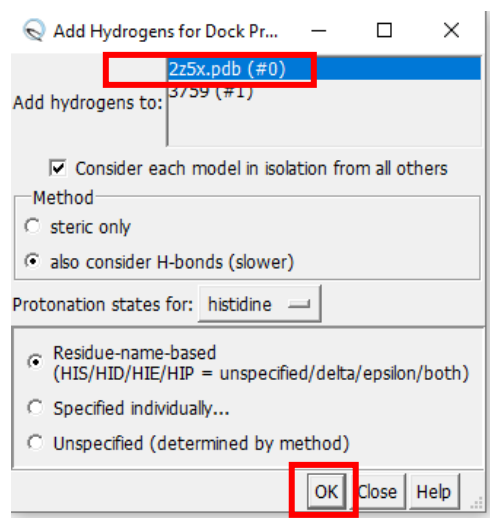
2. Diríjase a la opción “Tools”, seleccione la opción “Surface/ Binding Analysis” y finalmente “Dock Prep”:



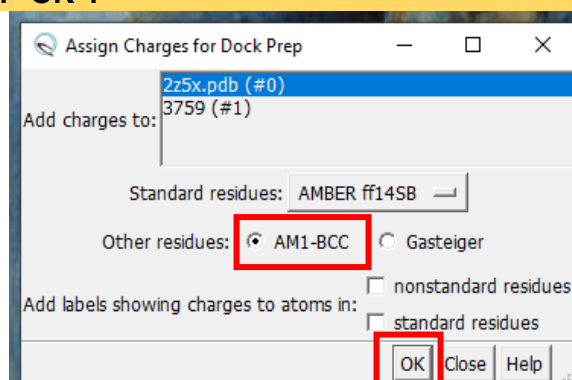
3. Le aparecerá una ventana como la que se muestra a continuación. Debe seleccionar únicamente a la proteína (2Z5X.pdb), y quitar únicamente la opción “Write Mol2 file” de las que vienen por defecto. Finalmente, de clic en el botón “OK”:



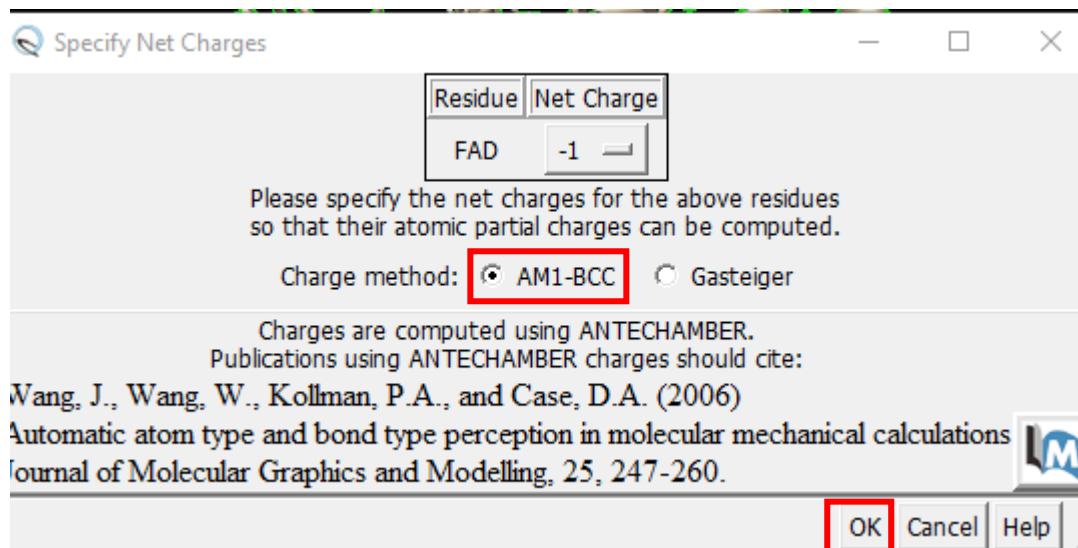
4. Aparecerá otra ventana, en la que no debe quitar ninguna opción, simplemente verifique que se encuentre seleccionada únicamente la proteína y de clic en “OK”:



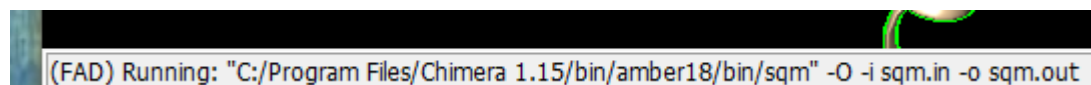
5. En la siguiente ventana seleccione el método, en este caso, la opción “AM1-BCC” y finalmente de clic en “OK”:



6. Verifique nuevamente que aparezca el método que seleccionó y de clic en el botón “OK”:

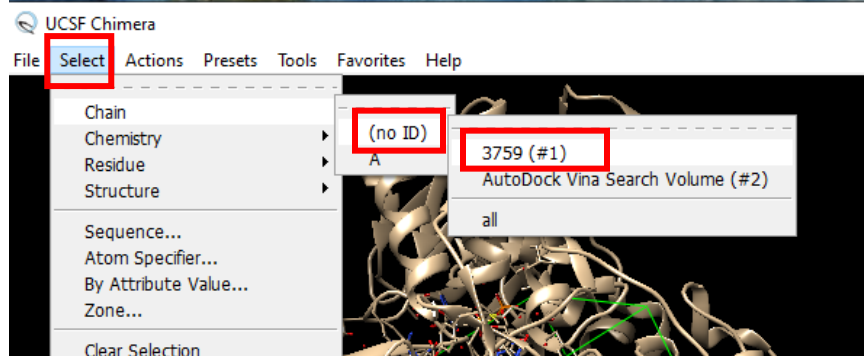


7. Espere a que el programa termine de agregar los cambios en la estructura de la proteína:

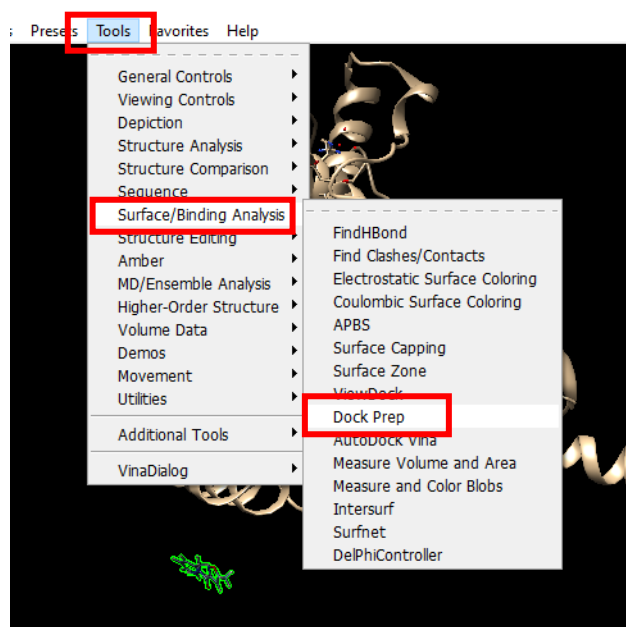


PREPARACIÓN DEL LIGANDO

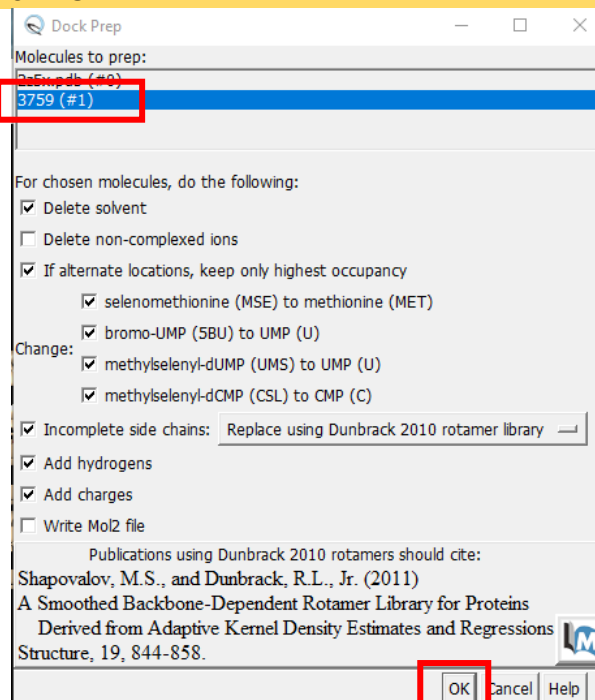
1. Seleccione el ligando, en la pestaña “Select”, luego en la opción (no ID) y finalmente seleccione el ligando que usted agregó.



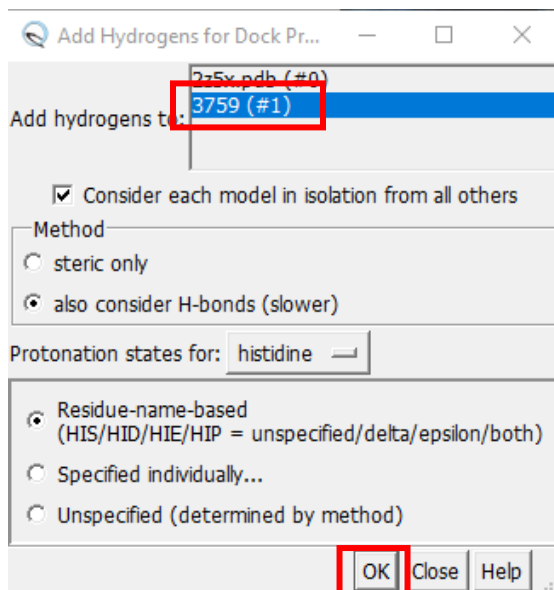
2. En la pestaña “Tools” seleccione la opción “Surface/ Binding Analysis” y luego “Dock Prep”.



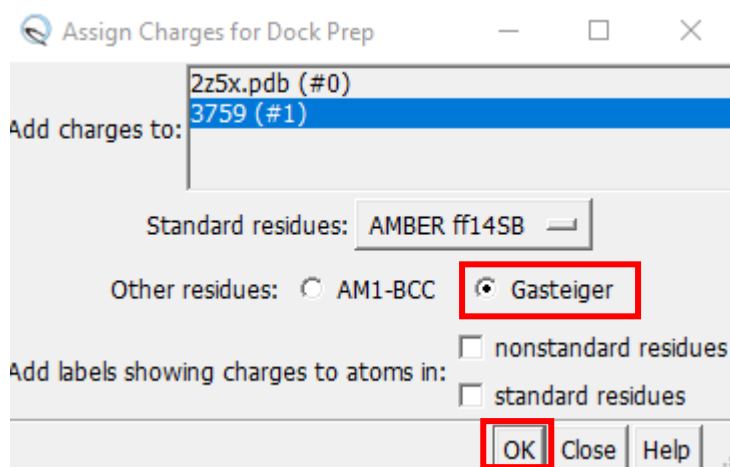
3. Seleccione el ligando, teniendo en cuenta de no seleccionar la opción “Write Mol2 file” (porque esto lo lleva a crear un archivo, lo cual no es necesario), y finalmente de clic en “OK”:



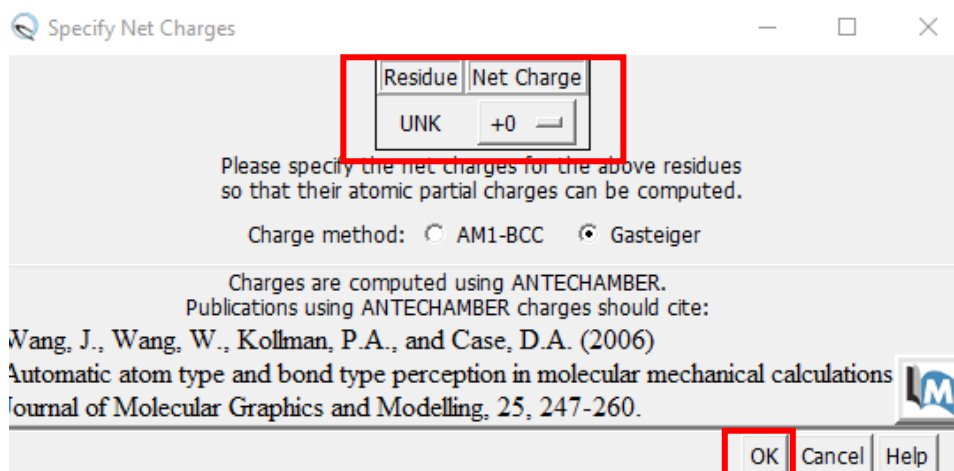
4. En la siguiente ventana verifique que esté seleccionando el ligando y de clic en “OK”:



5. En la próxima ventana, seleccione el método “Gasteiger” y de clic en “OK”:

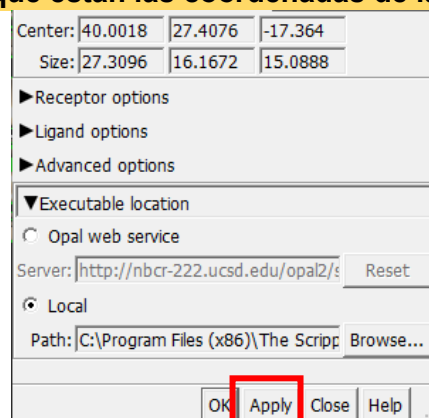


6. Verifique la carga neta de su ligando y de clic en “OK”:



DOCKING MOLECULAR

1. Retome la ventana en la que están las coordenadas de la caja y de clic en “Apply”:



2. Posteriormente aparecen las energías (Score) de los resultados del Docking:

S	Score	RMSD l.b.	RMSD u.b.
V	-8.5	0.0	0.0
V	-8.5	2.049	7.151
V	-8.2	2.084	7.176
V	-8.1	1.172	1.379
V	-7.8	2.109	7.317
V	-7.4	1.692	2.128
V	-6.3	3.038	7.314

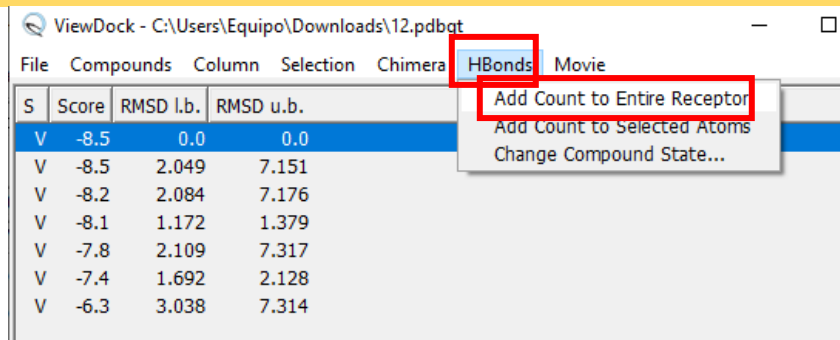
Chimera Model #3.1

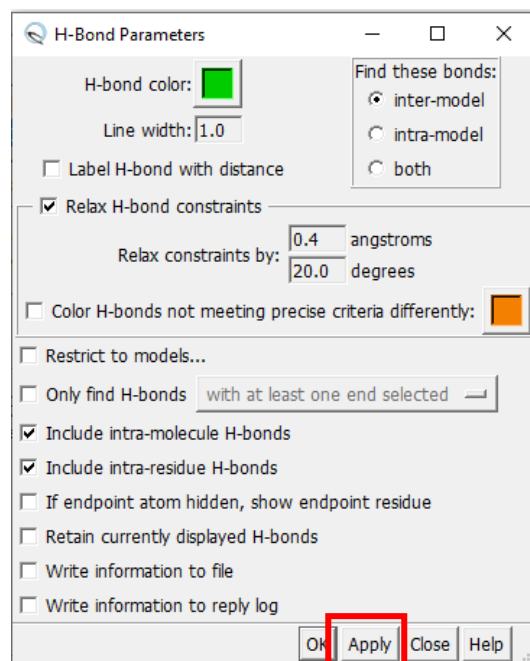
```

REMARK VINA RESULT:      -8.5      0.000      0.000
REMARK 4 active torsions:
REMARK status: ('A' for Active; 'I' for Inactive)
REMARK  1 A  between atoms: N1_3 and N2_4
REMARK  2 A  between atoms: N1_3 and C1_6
REMARK  3 I  between atoms: N2_4 and C6_11
REMARK  4 A  between atoms: C1_6 and C2_7
REMARK  5 A  between atoms: C5_10 and C6_11

```

3. Puede seleccionar la pestaña “HBonds”, luego la opción “Add Count to Entire Receptor” y le aparecerá una nueva ventana en la que únicamente debe dar clic en “Apply” para que le aparezcan los puentes de hidrógeno que se forman en cada una de las conformaciones.

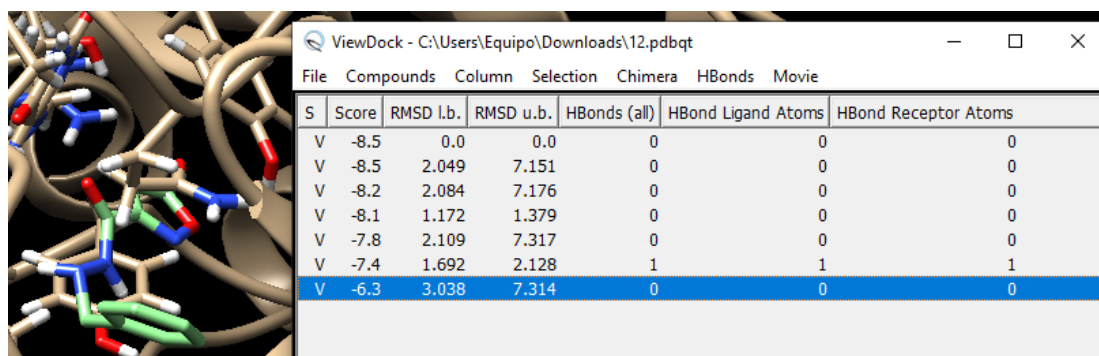
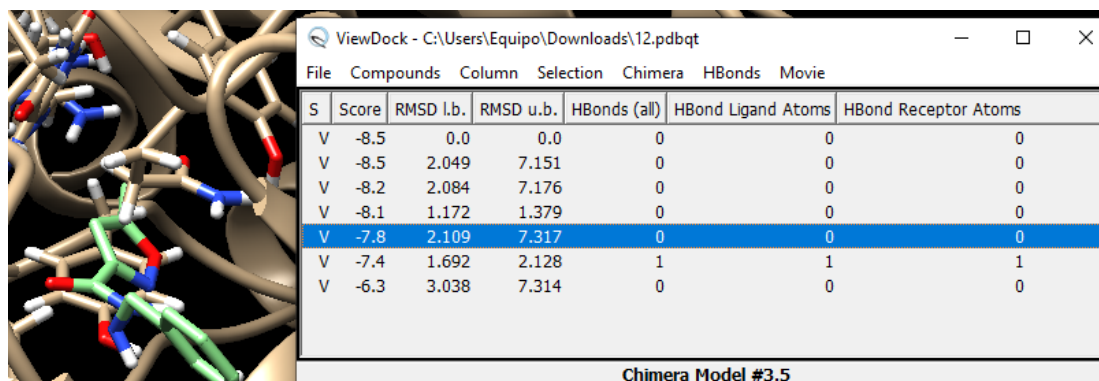
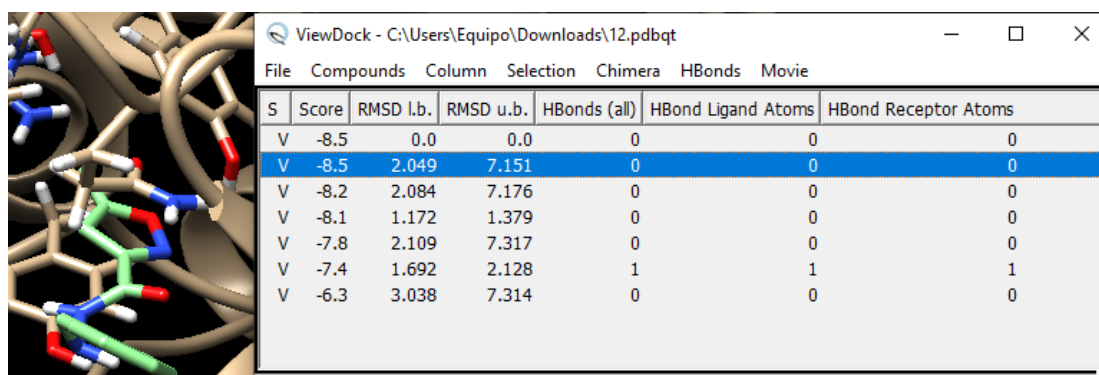
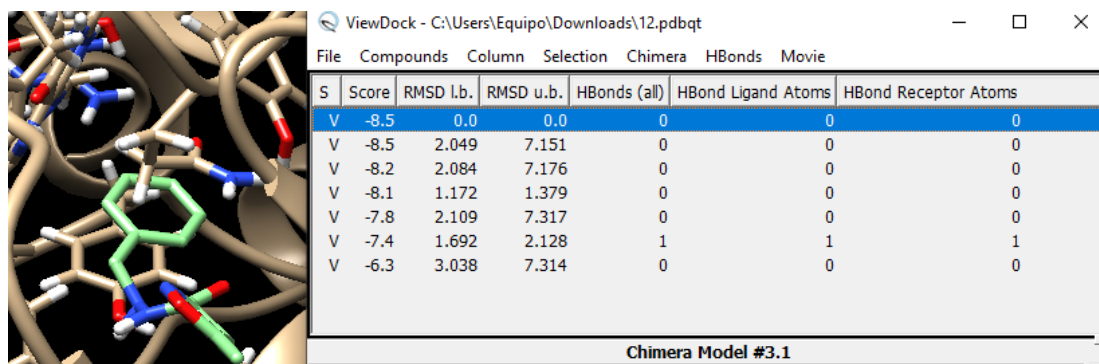




4. En la ventana de los resultados ya podrá ver los puentes de hidrógeno presentes en cada conformación.

S	Score	RMSD l.b.	RMSD u.b.	HBonds (all)	HBond Ligand Atoms	HBond Receptor Atoms
V	-8.5	0.0	0.0	0	0	0
V	-8.5	2.049	7.151	0	0	0
V	-8.2	2.084	7.176	0	0	0
V	-8.1	1.172	1.379	0	0	0
V	-7.8	2.109	7.317	0	0	0
V	-7.4	1.692	2.128	1	1	1
V	-6.3	3.038	7.314	0	0	0

5. Finalmente puede seleccionar cada una de las conformaciones obtenidas para la interacción proteína-ligando e ir visualizándolas con la interfaz de UCSF Chimera.



ANEXO H. Actividad 5 – Reflexión final.**ACTIVIDAD 5 – REFLEXIÓN FINAL****Etapa 1:** Experimentación Concreta y Observación reflexiva.**Enfoque:** Estilo de Aprendizaje DIVERGENTE.**Objetivo:** Reflexionar con respecto a los conocimientos abordados en las últimas tres sesiones si los compuestos β -carbolinas podrían ser utilizados en la industria de alimentos como algún tipo de aditivo alimentario.

De acuerdo con la *situación problema* que se muestra a continuación realicé una reflexión (puede ser en un escrito o en un organizador gráfico):

Imagine que usted tiene un conocido cercano que ha sido diagnosticado con depresión mayor, sus síntomas han perdurado durante años y son bastante fuertes, por lo que usted ha notado que últimamente su tratamiento farmacológico no le funciona. De acuerdo con las temáticas vistas en las tres últimas sesiones, ¿considera usted que sería bueno recomendarle consumir Ayahuasca o algún alimento adicionado con β -carbolinas? Justifique su respuesta.